



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea Magistrale  
in Economia e Gestione delle Aziende

Tesi di Laurea

**L'utilizzo del DDMRP per la risoluzione di  
problematiche aziendali:**

il caso Futura Serramenti s.r.l.

**Relatrice**

Ch.ma Prof.ssa Daniela Favaretto

**Laureando**

Davide Zanin

Matricola 863810

**Anno Accademico**

2020 / 2021



*Alla mia famiglia, per avermi accompagnato durante questo lungo percorso e per avermi dimostrato che assieme è possibile superare qualsiasi ostacolo.*

*A Valentina, che con amore ha sempre creduto in me, che è stata presente in ogni momento e mi ha aiutato nei momenti di difficoltà.*

*Un doveroso ringraziamento alla Professoressa Daniela Favaretto e al Dott. Alessandro Marin, i quali con la loro professionalità, chiarezza e disponibilità hanno riposto la loro fiducia su di me e hanno permesso a questo elaborato di prendere vita.*



# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1 - I SISTEMI DI PIANIFICAZIONE TRADIZIONALI .....</b>	<b>5</b>
1.1 Cenni storici.....	5
1.2 L'MRP e la sua inadeguatezza nel mercato odierno.....	9
<b>CAPITOLO 2 – DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (DDMRP).....</b>	<b>27</b>
2.1 La variabilità il principale ostacolo del flusso .....	27
2.2 Il DDMRP: gli elementi fondanti.....	30
2.2.1 <i>Distribution Requirements Planning (DRP)</i> .....	31
2.2.2 <i>Lean manufacturing</i> .....	32
2.2.3 <i>Theory of Constraints</i> .....	37
2.2.4 <i>Six Sigma</i> .....	39
2.2.5 <i>Innovazione: la forza del disaccoppiamento</i> .....	40
2.3 Position: Strategic Inventory Positioning .....	45
2.4 Protect: Buffer profiles and levels.....	54
2.4.1 <i>Profili di buffer</i> .....	55
2.4.2 <i>Attributi individuali dei buffer</i> .....	57
2.4.3 <i>Calcolo delle zone e livelli dei buffer</i> .....	60
2.5 Protect: Dynamic adjustments .....	63
2.6 Pull: Demand Driven Planning .....	69
2.6.1 <i>La Net Flow Position e le priorità di pianificazione</i> .....	72
2.6.2 <i>Simulazione di generazioni degli ordini con l'utilizzo del DDMRP</i> .....	75
2.7 Pull: Demand Driven Execution .....	80
2.7.1 <i>Buffer status alerts</i> .....	80
2.7.2 <i>Synchronization alerts</i> .....	83

<b>CAPITOLO 3 – FUTURA SERRAMENTI S.R.L. E L’UTILIZZO DEL DDMRP PER LA RISOLUZIONE DI PROBLEMATICHE AZIENDALI.....</b>	<b>87</b>
3.1 Storia.....	87
3.2 Strategia, organigramma e struttura.....	88
3.3 Mercato .....	89
3.4 Prodotti.....	92
3.5 Le attività interne.....	94
3.5.1 <i>Ciclo produttivo</i> .....	96
3.5.2 <i>Gestione degli approvvigionamenti</i> .....	98
3.6 Problematiche nella gestione degli approvvigionamenti e la loro risoluzione con l’utilizzo del DDMRP .....	102
3.6.1 <i>Buffer del componente “profilo telaio” (101.350)</i> .....	105
3.6.2 <i>Buffer del componente “profilo anta” (103.381)</i> .....	110
3.6.3 <i>Buffer del componente “profilo fermavetro” (107.265)</i> .....	113
 <b>CONCLUSIONI .....</b>	 <b>117</b>
 <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	 <b>119</b>
 <b>SITOGRAFIA.....</b>	 <b>125</b>

## INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figura 1.1: esempio di distinta base.....	10
Figura 1.2: lead time produttivo, orizzonte di pianificazione e orizzonte di visibilità degli ordini.....	15
Figura 1.3: nervosismo dell'MRP.....	16
Figura 1.4: aumento della variabilità degli ordini verso i soggetti a monte della supply chain .....	18
Figura 1.5: effetto bullwhip .....	19
Figura 1.6: funzione di perdita dell'inventario Taguchi .....	20
Figura 1.7: distribuzione bimodale dell'inventario.....	21
Figura 1.8: inefficienze dell'MRP nel "Nuovo Normale" .....	24
Figura 2.1: Illustrazione dell'accumulo di ritardo .....	29
Figura 2.2: pilastri del DDMRP .....	31
Figura 2.3: produzione Pull con sistema kanban .....	36
Figura 2.4: sistema Drum-Buffer-Rope (DBR) .....	38
Figura 2.5: orizzonti di pianificazione con l'utilizzo dei buffer .....	42
Figura 2.6: decoupled explosion.....	43
Figura 2.7: i cinque componenti del DDMRP .....	44
Figura 2.8: distinta base prodotti FPE ed FPF .....	47
Figura 2.9: flusso produttivo dei prodotti FPE e FPF .....	48
Figura 2.10: punti di disaccoppiamento all'interno del flusso produttivo dei prodotti FPE e FPF .....	50
Figura 2.11: distinta base prodotto FPB con indicazione del CLT.....	51
Figura 2.12: distinta base prodotto FPB con indicazione dei punti di disaccoppiamento e DLT .....	52
Figura 2.13: matrice delle distinte basi .....	53
Figura 2.14: zone del buffer.....	54
Figura 2.15: combinazione dei profili di buffer .....	57
Figura 2.16: diversi andamenti dell'ADU in relazione all'orizzonte temporale.....	59
Figura 2.17: confronto tra ADU calcolata con dati storici, previsionali o mix di entrambi .....	60

Figura 2.18: informazioni riguardanti il componente A.....	61
Figura 2.19: informazioni riguardanti il componente.....	64
Figura 2.20: aggiustamento del buffer a seguito di una modifica dell'ADU.....	64
Figura 2.21: aggiustamento del buffer in seguito ad una diminuzione del lead time.....	65
Figura 2.22: aggiustamento del buffer in seguito dell'introduzione di un MOQ.....	66
Figura 2.23: aggiustamento pianificato del buffer utilizzando il DAF .....	67
Figura 2.24: utilizzo del DAF per gestire introduzione ed eliminazione di un prodotto..	68
Figura 2.25: order spike threshold e order spike horizon .....	72
Figura 2.26: order spike threshold e order spike horizon di diversa lunghezza.....	72
Figura 2.27: buffer componente A .....	73
Figura 2.28: calcolo percentuale della NFP in relazione al TOG.....	74
Figura 2.29: schermata di pianificazione DDMRP con diverse priorità di pianificazione	75
Figura 2.30: dati relativi al componente Esempio.....	75
Figura 2.31: simulazione DDMRP giorno 1 .....	76
Figura 2.32: simulazione DDMRP giorno 2 .....	77
Figura 2.33: simulazione DDMRP giorno 3 .....	78
Figura 2.34: simulazione DDMRP giorno 4 .....	78
Figura 2.35: simulazione DDMRP giorno 5 .....	78
Figura 2.37: simulazione DDMRP giorno 7 .....	78
Figura 2.36: simulazione DDMRP giorno 6 .....	78
Figura 2.38: simulazione DDMRP giorno 8 .....	79
Figura 2.39: differenze tra le informazioni a disposizione dei pianificatori con MRP e DDMRP.....	81
Figura 2.40: avvisi sullo stato dei buffer .....	81
Figura 2.41: calcolo dei projected on-hand alert status .....	82
Figura 2.42: material synchronization alerts .....	84
Figura 2.43: lead time alert.....	85
Figura 3.1: evoluzione delle quote di mercato dei serramenti in Italia .....	90
Figura 3.2: quote di mercato in unità di finestre vendute nel mercato dei serramenti in Italia .....	91
Figura 3.3: distribuzione colorazione infissi richiesti dai clienti nel 2020.....	94
Figura 3.4: distinta base finestra ad un'anta.....	95
Figura 3.5: processo produttivo finestra ad un'anta .....	96



Figura 3.6: calcolo kanban componente 113.292 .....	101
Figura 3.7: posizionamento buffer DDMRP .....	104
Figura 3.8: domanda componenti nei primi 8 giorni del 2020.....	105
Figura 3.9: andamento buffer componente 101.350 e picchi di domanda .....	106
Figura 3.10: risultati simulazione buffer componente 101.350.....	106
Figura 3.11: valori simulazione buffer 101.350 per la determinazione dei fattori di lead time e variabilità.....	108
Figura 3.12: demand settings e buffer settings componente 101.350 .....	108
Figura 3.13: modifica valori buffer componente 101.350.....	109
Figura 3.14: andamento buffer componente 101.350 a seguito delle modifiche apportate .....	109
Figura 3.15: andamento buffer e relativi picchi di domanda componente 103.381 .....	111
Figura 3.16: risultati simulazione buffer componente 103.381.....	111
Figura 3.17: andamento buffer componente 103.381 con intervallo calcolo ADU di 30 giorni .....	112
Figura 3.18: risultati simulazione buffer componente 103.381 a seguito della modifica dell'ADU .....	113
Figura 3.19: andamento buffer e risultati simulazione del componente 107.265 con i dati della prima versione.....	114
Figura 3.20: andamento buffer e risultati simulazione del componente 107.265 con i dati della seconda versione .....	115
Tabella 1.1: scenario passato vs scenario attuale .....	14
Tabella 3.1: modalità di gestione degli approvvigionamenti per ogni componente.....	102
Tabella 3.2: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 101.350 .....	110
Tabella 3.3: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 103.381 .....	113
Tabella 3.4: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 107.265 .....	115



## INTRODUZIONE

Alla base della continua evoluzione dell'industria dei giorni nostri c'è la necessità per le imprese di innovarsi. Essere in grado di stare al passo con i cambiamenti, infatti, permette alle stesse imprese di sopravvivere, di mantenere il passo dei competitor e di eccellere.

In un contesto in cui il mercato si presenta estremamente dinamico, con i cicli di vita dei prodotti venduti sempre più brevi ed i clienti sempre più esigenti nella richiesta di soluzioni personalizzate e con tempi di tolleranza bassi, le imprese sono messe sempre più sotto pressione, trovandosi a gestire una moltitudine di informazioni. Per affrontare una situazione di questo tipo, con la conseguente mitigazione degli effetti che questi fattori sono in grado di scaturire, è necessario che esse definiscano una corretta pianificazione.

L'American Production and Inventory Control Society (APICS) Dictionary, definisce con il termine "pianificazione" il processo di definizione degli obiettivi aziendali e la scelta dei vari modi in cui utilizzare le risorse dell'organizzazione per raggiungere tali obiettivi. Una corretta pianificazione porta l'impresa a definire correttamente i propri punti di forza e di debolezza, permette di affrontare in modo corretto i cambiamenti che avvengono all'esterno, nonché garantisce un miglior coordinamento tra le risorse aziendali, riuscendo così a maturare un buon vantaggio nei confronti dei competitor.

Riuscire a definire una corretta pianificazione, inoltre, permette ad un'impresa di perseguire il suo fine principale: soddisfare i clienti.

Per poter soddisfare al meglio i clienti, le aziende devono essere in grado di gestire perfettamente i propri flussi e di consegnare i loro prodotti nel giusto tempo richiesto (Miclo *et al.*, 2015). Quest'ultimo aspetto, però, non può prescindere dalla presenza di una corretta gestione dell'inventario con il fine di evitare, non solo ritardi nelle consegne, ma anche carenze di materie prime necessarie alla produzione, la presenza di scorte eccessive con la conseguente fuoriuscita di denaro oppure di un esaurimento prematuro delle stesse. Si tratta di una serie di problemi che non solo comportano la formazione di blocchi ai flussi di cassa in entrata, ma minano anche la redditività di una società.

La gestione dei flussi fisici o economici può avvenire utilizzando una molteplicità di metodi. Il Material Requirements Planning (MRP) risulta uno dei più noti a livello mondiale e si basa su una logica *push* dove è l'azienda a "spingere" i prodotti finiti verso il cliente. Non mancano metodi *pull* come la *Lean Production*, la quale, basandosi sulla metodologia *just-in-time*, elimina gli sprechi all'interno dell'azienda e si basa sull'effettiva domanda del cliente per determinare l'avvio delle attività produttive. In aggiunta ad essi però, esiste un metodo differente che unisce i principi di ognuno di essi, una sorta di metodologia ibrida tra tecniche *push* e *pull*: il Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP).

Il DDMRP è un metodo di pianificazione ed esecuzione multilivello nato nel 2011, in grado di proteggere e promuovere il flusso di informazioni rilevanti attraverso la creazione e la gestione di buffer di scorte in punti di disaccoppiamento posizionati strategicamente. Tale metodologia nasce con l'intento di mettere a disposizione delle aziende uno strumento al passo con i tempi, a differenza di alcuni sistemi tradizionali come l'MRP il quale, nato negli anni '60, non ha modificato le sue regole di base nel tempo adattandole ai cambiamenti del mercato esterno, risultando ora una metodologia basata su una logica antiquata.

Il seguente elaborato è composto da tre capitoli. Nel primo verrà effettuato un breve excursus storico dei principali sistemi di pianificazione convenzionali, soffermandosi prevalentemente sull'MRP e sulle inadeguatezze che tale metodo presenta se confrontato con il contesto attuale. Tali inadeguatezze risulteranno essere il "trampolino di lancio" attraverso cui gli autori Carol Ptak e Chad Smith, definirono per la prima volta il DDMRP. A quest'ultima metodologia è dedicato il secondo capitolo, dove in particolare si descriveranno i suoi sei pilastri fondamentali e le cinque fasi che caratterizzano il suo funzionamento. Tale descrizione risulta essere fondamentale per comprendere quanto poi verrà esposto nel terzo ed ultimo capitolo. Al suo interno, infatti, verrà presentata una piccola azienda del triveneto "Futura Serramenti s.r.l.", la quale sarà la base su cui verrà simulata l'implementazione del DDMRP per la risoluzione di problematiche aziendali.

L'obiettivo dell'elaborato sarà quello di verificare se la simulazione del DDMRP all'interno dell'azienda è in grado di risolvere problemi legati alla gestione degli approvvigionamenti oppure no. Operativamente, per riuscire nell'intento, verrà presa in considerazione la distinta base di uno dei prodotti di punta dell'azienda, si analizzerà la

gestione degli ordini dei suoi componenti e si individueranno le problematiche da risolvere attraverso il DDMRP. Come sarà possibile leggere nelle pagine finali, i risultati raggiunti da questa simulazione saranno molto buoni e verrà analizzato come la metodologia è in grado di risolvere le problematiche identificate.



# CAPITOLO 1 - I SISTEMI DI PIANIFICAZIONE TRADIZIONALI

## 1.1 Cenni storici

Durante il XX secolo molti studiosi portarono contributi significativi allo sviluppo e avanzamento dei sistemi di controllo e pianificazione dei materiali (Mabert, 2007). Tutto ebbe inizio nel 1911 quando Frederick Winslow Taylor, ingegnere ed imprenditore statunitense, cercò di rendere più efficienti le attività produttive e la produttività degli operai pubblicando il suo saggio "*The Principles of Scientific Management*", conosciuto anche con il nome "L'organizzazione scientifica del lavoro". Taylor sosteneva che l'obiettivo principale delle organizzazioni fosse quello di garantire la massima prosperità ai dirigenti, collegata alla massima prosperità dei dipendenti che si sarebbe verificata solamente dopo aver garantito la massima produttività. I tre principi cardine dell'Organizzazione scientifica del lavoro erano (Isotta, 2011): analizzare le caratteristiche della mansione da svolgere, creare il prototipo del lavoratore ideale per quel tipo di mansione e selezionare il lavoratore ideale, al fine di formarlo e introdurlo nell'azienda. Ciò che propose Taylor fu quello di suddividere in sottoattività più semplici il lavoro di ogni operaio e determinando i movimenti necessari a garantirne lo svolgimento eliminando qualsiasi perdita di tempo. Le tecniche di definizione degli standard da lui sviluppate e successivamente applicate ampiamente da Henry Gantt, Frank e Lilian Gilbreth e Harrington Emerson, sono ancora la base per la pianificazione di manodopera e la retribuzione di incentivi ai lavoratori per aver prodotto di più (Plossl, Orlicky 1994).

Un ulteriore ed importante contributo arrivò grazie a Ford W. Harris, il quale nel 1913 presentò per la prima volta la formula per calcolare l'EOQ (*Economic Order Quantity*), meglio conosciuto come "lotto economico", ossia l'applicazione matematica per calcolare il lotto ottimale da ordinare. Gli studi di Harris furono la base per la nascita di ulteriori varianti nei decenni successivi, diventando un componente chiave in qualsiasi testo di gestione operativa contenente un capitolo sulla gestione dell'inventario (Mabert, 2007). In seguito, nel 1934, R. H. Wilson capì che il mercato stava cambiando sensibilmente, in quanto la domanda stava diventando sempre più variabile e di conseguenza difficile da prevedere. L'attività di Wilson fu quella di dimostrare come l'utilizzo della statistica

avrebbe potuto aiutare a ridurre gli errori delle previsioni, le carenze dei materiali e le consegne ai clienti (Plossl, Orlicky, 1994). I suoi studi portarono a dividere in due parti distinte il controllo dell'inventario: da una parte determinando la quantità di materie da acquistare o da produrre e dall'altro la determinazione del ROP (*Reorder Point*), o "punto di riordino". Esso risulta essere il livello di scorte nell'inventario che una volta raggiunto determina l'emissione di un ordine al fornitore evitando la situazione di *stock-out*.

Tutti i contributi appena presentati furono svolti principalmente manualmente, utilizzando carta e penna, ma dagli anni '50 la nascita del computer cambiò drasticamente il modo in cui pianificare i fabbisogni all'interno delle aziende. Infatti, lo sviluppo e il miglioramento delle tecnologie informatiche permise a nuovi metodi di prendere vita. Tra questi vi è sicuramente l'MRP (*Material Requirements Planning*), il quale fu una metodologia innovativa non più basata su metodi statistici legati a consumi storici e previsioni della domanda, che generavano in modo sistematico errori, quali potevano essere il punto di riordino o l'EOQ. L'MRP, invece, sfruttò la potenza di calcolo dei computer per effettuare più velocemente e senza generare errori una grande quantità di calcoli utili a garantire una corretta pianificazione dei fabbisogni. L'intento dell'MRP era quello di ridurre le giacenze in magazzino ed avere disponibili solamente le quantità necessarie per soddisfare la domanda della clientela.

Gli studi riguardanti l'MRP iniziarono durante gli anni '60, grazie a Joseph Orlicky, il suo padre fondatore. Inizialmente Joseph mosse i suoi primi passi all'interno della J.I. Case Company ed in seguito in IBM, all'interno della quale incontrò Oliver Wight e George Plossl anch'essi attivi nello studio di questo metodo innovativo. Assieme, nel 1971, presentarono per la prima volta al mondo l'MRP alla quattordicesima edizione della conferenza APICS (American Production and Inventory Control Society) (Mabert, 2007). Da questo momento in poi l'interesse nei confronti dell'MRP aumentò notevolmente grazie al supporto dell'APICS in prima istanza ed in seguito di IBM. Iniziarono, così, ad essere implementati i primi miglioramenti.

Nel 1972 venne aggiunto un nuovo modulo all'MRP originario, chiamato *Capacity Requirements Planning* (CRP) il quale aveva come obiettivo quello di determinare le capacità richieste ai centri di lavoro, in ogni periodo, per il raggiungimento degli obiettivi (Plossl, Orlicky 1994) andando così a verificare se i piani di produzione



risultanti dall'MRP fossero fattibili o meno. Con l'unione di questo modulo il sistema venne poi definito *MRP closed-loop*.

In seguito nel 1975, Joseph Orlicky pubblicò il libro "*Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*" e circa 700 aziende manifatturiere avevano implementato o stavano implementando sistemi MRP (Orlicky, 1975).

Nei seguenti anni ci furono ulteriori evoluzioni, fra tutte quelle apportate in seguito ai contributi di Oliver Wight e George Plossl. In particolare il primo, verso il 1979, guidò l'MRP ad evolversi nell'MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), ossia la pianificazione delle risorse aziendali o di produzione. Wight sostenne che fosse necessario integrare la produzione con la pianificazione e il controllo di altre risorse associate alla produzione come la finanza e la distribuzione (Mabert, 2007). In questo modo vennero aggiunti al metodo una serie di principi contabili tali da tracciare tutta l'attività finanziaria sottesa.

Infine, negli anni '90, grazie alle attività di Ling e Goldratt, l'MRP II venne esteso ulteriormente a seguito dell'integrazione delle operazioni di vendita e pianificazione, definite con l'acronimo S&OP (*Sales and Operation Planning*). Tale approccio integra una serie di informazioni che riguardano vendite, clienti, produzione, aspetti finanziari. Questa evoluzione portò ad un'ulteriore cambio di nome e l'MRP II divenne ERP (*Enterprise Resource Planning*).

L'ERP è un sistema di gestione aziendale che comprende set integrati di software, che possono essere utilizzati, quando implementati con successo, per gestire e integrare tutte le funzioni aziendali all'interno di un'organizzazione (Shehab *et al.*, 2004). L'ERP aggiunge ulteriori funzionalità all'MRP II in quanto quest'ultimo è focalizzato nel pianificare e programmare le risorse interne, mentre l'ERP in aggiunta a ciò pianifica e programma le risorse dei fornitori basate sulle richieste dinamiche dei clienti (Chen, 2001).

L'ERP è caratterizzato da un insieme di moduli: finanza, logistica, pianificazione del fabbisogno di materiali (MRP), vendite, controllo dei dati tecnici, risorse umane. Tutti questi pacchetti nel loro complesso, permettono al sistema di facilitare il flusso di informazioni tra la catena di approvvigionamento interna ed esterna dell'organizzazione. In questo modo, a differenza del passato, le funzioni aziendali non

sono più gestite in maniera autonoma, ma vengono accorpate in un database comune favorendo le interazioni e lo scambio di informazioni tra le stesse.

In concomitanza con quanto esposto nelle righe precedenti, a cavallo tra gli anni '80 e '90 si delineò in tutto il mondo un'ulteriore nuovo approccio per la gestione dei fabbisogni chiamato *Just-in-Time* (JIT). Con questo termine andiamo ad indicare un metodo logistico/produttivo che ha come obiettivo quello di andare a ridurre o eliminare lo stazionamento del materiale in attesa di essere lavorato, andando a produrre solamente quando necessario, ossia, quando si verifica la domanda da parte del cliente. Tutti i processi producono le parti necessarie, nel tempo necessario, utilizzando lo *stock* minimo per sostenere i processi insieme (Sugimori, Kusunoki, Cho, Uchikawa, 1977). La filosofia di base risulta essere quella di ridurre al minimo gli sprechi e non avere nessun materiale in eccesso all'interno dei magazzini. Questo metodo venne sviluppato inizialmente in Giappone da Toyota durante gli anni '50. L'azienda al termine della Seconda Guerra Mondiale si trovava in condizioni critiche, come il resto dell'industria giapponese, con poche risorse a disposizione e l'obiettivo di incrementare la produttività. I manager Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare il giovane ingegnere Taiichi Ohno decisero di intraprendere una strada per rilanciare la produzione all'interno dell'azienda, profondamente diversa da quella occidentale. Infatti, nei paesi occidentali, in quegli anni, la produzione era caratterizzata dall'utilizzo della catena di montaggio, un processo di assemblaggio introdotto nei primi anni del '900 da Henry Ford, imprenditore statunitense fondatore della Ford Motor Company, il quale, sfruttò i principi dell'Organizzazione scientifica del lavoro di Taylor e ne diede un'applicazione pratica.

Il metodo JIT si basava su una logica *pull*, andando ad invertire l'approccio tradizionale tipicamente *push* caratterizzante per esempio l'MRP. Nei sistemi *pull* l'inizio delle attività produttive non risultano essere mai anticipate rispetto agli ordini, infatti tali sistemi mirano a gestire direttamente la produzione dalla domanda reale, con l'obiettivo di ridurre la variabilità creata dalla pianificazione e diminuire la quantità di *work in progress* (WIP) all'interno del processo solamente a quelli strettamente necessari (Miclo *et al.* 2015), viceversa, nei sistemi *push* si anticipano le attività produttive rispetto alle effettive richieste della clientela, con la conseguenza che la quantità di WIP lungo il processo aumentano sensibilmente e una variazione della domanda comporterà degli scompensi notevoli.

I concetti principali del JIT andarono poi a comporre uno dei due pilastri del Toyota Production System, la cui trasposizione occidentale è meglio conosciuta con i termini di *Lean production* o *Lean manufacturing*.

## 1.2 L'MRP e la sua inadeguatezza nel mercato odierno

Tra i vari sistemi di pianificazione tradizionali, quello che ha ottenuto notevole successo data anche la longevità è sicuramente l'MRP. Basti pensare che, l'80% delle aziende produttive che usano sistemi ERP per gestire la propria *supply chain* implementano anche il modulo dell'MRP (Ptak, Smith, 2018).

Il Material Requirements Planning, conosciuto anche con la sigla MRP, viene definito da APICS come un insieme di tecniche che utilizza la distinta base, i dati dell'inventario e il piano principale di produzione per calcolare i fabbisogni dei materiali e rilasciare delle raccomandazioni per effettuare gli ordini di rifornimento degli stessi. Inoltre, essendo *time-phased*, emette delle ulteriori raccomandazioni per riprogrammare gli ordini aperti quando le date di ricezione sono passate.

L'MRP, partendo dal piano principale di produzione (MPS) determina (1) la quantità di tutti i componenti e materiali richiesti per fabbricare gli articoli e (2) la data in cui i componenti e i materiali sono necessari. La pianificazione viene realizzata facendo esplodere la distinta base e compensando il fabbisogno netto dei materiali necessari prendendo in considerazione le quantità disponibili in magazzino oppure già ordinate e utilizzando il *lead time* appropriato.

Di conseguenza le tre principali funzioni dell'MRP sono quelle di (Plossl, Orlicky 1994): pianificare e controllare l'inventario, pianificare e ripianificare il rilascio di ordini prioritari ed infine fornire dati per la pianificazione dei fabbisogni.

I tre principali input dell'MRP sono: la distinta base o *Bill of materials* (BoM), i dati relativi all'inventario e il piano principale di produzione o *Master production schedule* (MPS).

La distinta base o *Bill of materials* (BoM), è un elenco di tutti i sottoinsiemi, parti e materie prime e la quantità di ciascuno di essi, necessari per la realizzazione di un determinato prodotto finito.

Generalmente una distinta base viene rappresentata come rappresentato nella Figura 1.1.

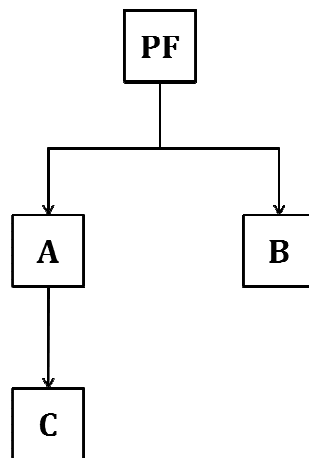


Figura 1.1: esempio di distinta base

Fonte: elaborazione personale

Il layout grafico presenta una struttura a rientri indentata, chiamata anche struttura “scalare”, essa risulta essere utile per distinguere visivamente ogni articolo e relativi componenti. Ogni rientro, infatti, corrisponde a un livello della struttura del prodotto (Chase *et al.*, 2012).

Il secondo input è lo stato dell’inventario, ossia il livello delle giacenze di tutti gli articoli sotto il controllo dell’azienda. Vengono incluse al suo interno le quantità stoccate in magazzino, quelle che sono state ordinate e quelle disponibili.

Ed infine, l’ultimo input sarà il *Master Production Schedule* (MPS) o piano principale di produzione, il quale è un piano formale che definisce quali prodotti devono essere realizzati, in che quantità e con quali tempistiche in un determinato arco temporale. L’orizzonte temporale minimo è l’insieme delle tempistiche necessarie per garantire l’approvvigionamento e la produzione di un bene o l’erogazione di un servizio, presumendo che non vi siano scorte in magazzino.

Nella formulazione dell’MPS è necessario che vengano conciliate diverse esigenze di diverse funzioni aziendali come (Fontana, Caroli, 2017):

- Esigenze della produzione, che richiede un ritmo produttivo costante per produrre lotti di grandi dimensioni, sfruttare le economie di scala e abbattere sia i costi di produzione che i tempi di *set-up*.

- Esigenze del commerciale, che vorrebbe poter disporre in ogni momento di una grande quantità di prodotti per garantire un servizio di livello elevato al cliente.
- Esigenze dell'amministrazione, che vorrebbe abbattere i costi derivanti dalle scorte di materie prime e prodotti finiti.
- Esigenze del personale, che vorrebbe dei piani di produzione con un profilo di utilizzo al livello della manodopera.

L'MPS farà confluire al suo interno non solo gli ordini confermati dai clienti ma anche le politiche di gestione delle scorte, il piano aggregato di produzione e la previsione della domanda.

Definiti i tre input, il sistema MRP operativamente fornirà ai pianificatori i dati necessari per aiutarli nella gestione delle scorte e nella produzione dei prodotti. In particolare, il sistema si occupa di calcolare una serie di fabbisogni lordi di componenti necessari a garantire la produzione di prodotti finiti indicati nell'MPS, effettuando l'esplosione della loro distinta base dai livelli più alti fino a quelli inferiori terminali. Il sistema, in seguito, si occuperà di svolgere l'attività di "nettificazione" attraverso la quale, prendendo in considerazione i fabbisogni lordi dei vari componenti, le scorte disponibili di ognuno di essi e gli ordini rilasciati, calcolerà il loro fabbisogno netto. Una volta determinato tale quantitativo, il sistema MRP svilupperà una serie di raccomandazioni, una per ogni articolo, andando ad indicare a ritroso, partendo dalla data di consegna, il momento in cui rilasciare gli ordini prendendo in considerazione il loro *lead time* e garantire una copertura corretta.

L'obiettivo principale dell'MRP sarà quello di avere i materiali giusti, nel posto giusto, al momento giusto. Ossia rispondere alle fatidiche tre domande: Che cosa ordinare? Quando ordinare? Quanto ordinare?.

L'MRP quindi agirà con l'intento di garantire bassi livelli di inventario, abbattendo gli sprechi di denaro, garantendo la disponibilità di materiali, componenti e prodotti per la produzione che è stata pianificata e per garantire le consegne ai clienti. Infine, permetterà di pianificare tutte le attività di produzione, i programmi di consegna e le varie attività di acquisto.

L'output dell'MRP è l'elenco degli ordini di produzione, di acquisto e di conto lavorazione esterno da emettere in un determinato periodo: in pratica esso è il piano di lavoro operativo dell'ufficio produzione, dell'ufficio acquisti e dell'ufficio conto lavoro

(Levy 2006). Altro output importante dell'MRP è il consiglio di riprogrammare un piano quando non è fattibile, revisionando le consegne anticipandole oppure comunicando al cliente il ritardo.

Andando più nel dettaglio gli output derivanti dall'attività dell'MRP sono principalmente:

- Material Plan: descrive l'insieme delle materie prime e i componenti di assemblaggio necessari per ottenere i prodotti finali che si vorranno produrre, indicando nello specifico le quantità e quando dovranno essere necessarie.
- Programma di acquisto consigliato: in relazione alle date indicate nel *Material Plan*, vengono determinate le date nelle quali dovranno essere effettuati gli ordini ai fornitori tenendo conto dei *lead time*, in modo tale che tutti i materiali siano a disposizione nel momento in cui si dovrà avviare la produzione.
- Programma di produzione consigliato: descriverà le date massime di inizio e fine di ogni fase del processo di produzione per garantire la produzione del prodotto finito entro la scadenza prefissata.
- Altri report.

La forza di questo sistema sta nel fatto di riuscire a creare un collegamento tra i prodotti finiti e i suoi componenti. Inoltre, di riuscire a calcolare in modo esatto le quantità di materiali richieste perseguendo così l'obiettivo di ridurre drasticamente le giacenze all'interno del magazzino. Infine, prendendo in considerazione i *lead time* dei componenti, riesce a sincronizzare perfettamente gli ordini ai fornitori con l'intero processo produttivo.

Gli ordini pianificati del prodotto finito stabiliranno i fabbisogni lordi dei componenti, per far sì che siano disponibili al momento in cui verrà effettuato l'ordine principale per la produzione del prodotto. L'esplosione dei fabbisogni all'interno dell'MRP avviene a partire dall'MPS e attraverso tutti i livelli di componenti seguendo i legami, dalla cima alla base della struttura della distinta base. I fabbisogni lordi dei vari articoli verranno compensati con le quantità disponibili in magazzino e le quantità su ordinazione, il rimanente sarà la quantità che comporrà il fabbisogno netto, il quale verrà ulteriormente coperto da una serie di ordini parametrizzati alla dimensione del lotto ed ai tempi di consegna. Tutta la procedura verrà eseguita ripetutamente per tutti gli

elementi in successione dei livelli inferiori fino a che non si raggiungerà un componente acquistato o una materia prima in cui termina l'esplosione (Plossl, Orlicky 1994).

Dopo aver compreso il funzionamento del sistema MRP, è fondamentale ora approfondire un'importante tematica a suo riguardo, la quale risulterà essere utile per poter comprendere in modo migliore il passaggio alla nuova metodologia che verrà presentata nel seguente capitolo.

L'MRP fu ideato negli anni '50 al termine della Seconda Guerra Mondiale, dove le aziende vennero riconvertite alla produzione di beni di consumo dopo aver sostenuto la battaglia con la produzione di armamenti. Il contesto in cui il sistema si sviluppò risultava essere completamente diverso rispetto al contesto con cui ora si deve confrontare. Un tempo, infatti, i tempi di tolleranza del cliente era ben maggiori rispetto a quanto lo sono ora, la varietà di prodotti non era elevata, le catene di approvvigionamento erano limitate al territorio nazionale ed infine il ciclo di vita del prodotto era molto lungo.

Lo scenario odierno invece si presenta in una situazione opposta. La varietà di prodotti presenti nel mercato è molto elevata, le catene di approvvigionamento estese in tutto il mondo, guidate dalla ricerca di bassi costi, con la conseguenza che l'outsourcing è divenuta una pratica molto più diffusa ed infine il ciclo di vita del prodotto e del suo sviluppo si sono ridotti notevolmente. Diversi autori (Sullivan, 2012; Bennet, Lemoine, 2014; Millar *et al.*, 2018 ecc.) definiscono il mondo industriale attuale come VUCA. Questo acronimo identifica quattro aggettivi che descrivono le caratteristiche del mercato odierno: volatile (*Volatile*), incerto (*Uncertain*), complesso (*Complex*), ambiguo (*Ambiguous*). Altri autori come Ptak e Smith (2016), definiscono lo scenario odierno con il termine "Nuovo Normale" le cui caratteristiche sono presenti nella seconda colonna della Tabella 1.1, contrapposte alle circostanze di un tempo su cui l'MRP ha posto le basi.

SCENARIO	IN PASSATO	OGGI (“Nuovo Normale”)
Complessità <i>supply chain</i>	Bassa. <i>Supply chain</i> lineari, integrate verticalmente.	Alta. <i>Supply chain</i> frammentate ed estese oltre i confini nazionali.
Ciclo di vita del prodotto	Lungo. Misurato in anni o decenni.	Corto. Misurati in mesi o anni.
Tempo di tolleranza del cliente	Lungo. Misurato in settimane e mesi.	Corto. Misurato in giorni.
Complessità del prodotto	Bassa.	Alta. Prodotti complessi formati da numerosi componenti.
Personalizzazione del prodotto	Bassa. Poche opzioni e caratteristiche disponibili.	Alta. Diverse configurazioni e personalizzazioni per ogni cliente.
Varietà del prodotto	Bassa.	Alta.
Accuratezza delle previsioni	Alta. Una bassa varietà, cicli di vita lunghi e un tempo di tolleranza del cliente alta rendono le previsioni accurate.	Bassa. Un’alta varietà, cicli di vita del prodotto corti e un tempo di tolleranza basso rendono le previsioni poco accurate.

Tabella 1.1: scenario passato vs scenario attuale

Fonte: (Ptak, Smith 2016)

L'MRP durante gli anni, dalla sua forma primordiale, ha subito una serie di modifiche in termini di nuove funzioni aziendali integrate al suo interno, ma l'algoritmo alla sua base non ha subito nessun tipo di variazione, rimanendo lo stesso che era stato pensato durante gli anni '50. Essendo noti i cambiamenti avvenuti al contesto con cui ogni giorno le aziende si devono confrontare è normale affermare che il sistema risulti essere inadeguato per il mercato attuale. Questa affermazione, seppur forte si basa sul fatto che l'MRP fonda le sue radici su circostanze e fattori non più attuali per il mondo in cui stiamo vivendo. Si tratta di un sistema che non è più adatto ad operare in modo efficace nel “Nuovo Normale”. All'interno delle aziende che ancora oggi lo utilizzano si vengono a generare una serie di problematiche che verranno approfondite maggiormente nelle pagine successive.

Come descritto nelle pagine precedenti, l'MRP è un calcolatore che ottenuti i suoi tre input fondamentali: distinte basi, situazione degli inventari e piano principale di produzione, il quale è una rielaborazione in termini produttivi della domanda della clientela, restituisce una serie di output in particolare la pianificazione degli ordini di componenti che si dovranno rilasciare per poter soddisfare la domanda. Per far in modo



che il risultato dell'attività del sistema sia corretto è necessario che tutti gli input siano corretti. Tuttavia però, chiarite le circostanze caratterizzanti il "Nuovo Normale", sarà quasi impossibile che tale affermazione possa verificarsi.

In prima battuta, i prodotti sono più complessi e caratterizzati da una grande quantità di componenti al loro interno, di conseguenza è molto più probabile, rispetto ad un tempo, incorrere in errori nella redazione delle distinte base a causa di codici prodotto errati o mancanti. Di conseguenza, se l'MRP ottenesse in input una distinta base errata è normale presumere che l'output che genererà non sarà valido.

In seconda battuta, i dati dell'inventario potrebbero non essere precisi in seguito ad una errata quantificazione degli scarti che si sono prodotti dall'attività produttiva. Potrebbe quindi verificarsi la situazione in cui risultano essere presenti in magazzino dei materiali che nella realtà non vi sono. Questo genera delle tensioni nel processo produttivo poiché non si ha la disponibilità di materie prime.

Infine, in terza ed ultima battuta, come precedentemente è stato specificato, l'orizzonte temporale di pianificazione deve almeno essere pari al "lead time cumulativo", ossia il tempo necessario per garantire la produzione del prodotto finito compresi i vari lead time di acquisto e produzione.

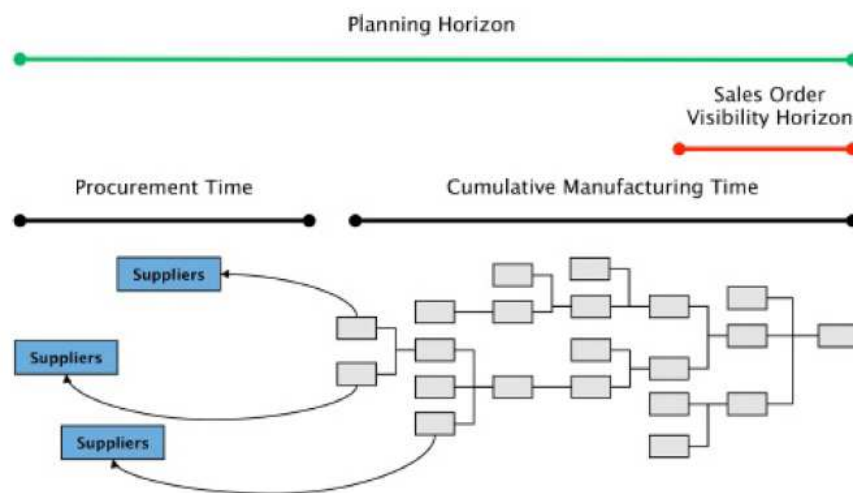


Figura 1.2: lead time produttivo, orizzonte di pianificazione e orizzonte di visibilità degli ordini  
Fonte: (Ptak, Smith 2016)

Se un'azienda volesse usare solamente la domanda effettiva per evitare mancanze, sarebbe necessario che il tempo di tolleranza del cliente fosse pari o maggiore al lead time cumulativo. Nei mercati odierni però questo non accade, i tempi di tolleranza del

cliente sono sempre più brevi con delle filiere allungate e sempre più complesse, come è rappresentato nella Figura 1.2. Per questo motivo, in particolare nelle aziende che utilizzano l'MRP, si utilizzano anche le previsioni per garantire la presenza dei materiali necessari per soddisfare la domanda. L'utilizzo delle previsioni però porta con sé una serie di problematiche. In prima istanza, tutte le previsioni sono basate su un livello intrinseco di imprecisione, infatti, qualsiasi previsione porta con sé un margine di errore in particolare nel "Nuovo Normale" a causa dell'elevata variabilità. In seconda istanza, tanto più dettagliata sarà la previsione, meno precisa sarà. Infine, maggiore sarà l'orizzonte temporale utilizzato per prevedere la domanda futura, meno accurati saranno gli ordini pianificati e di conseguenza saranno maggiori le correzioni che si dovranno effettuare.

Nota la natura dell'MRP di rendere tutti gli elementi di una distinta base dipendenti tra loro, cambiare frequentemente i programmi è l'essenza del problema del "nervosismo" del sistema (Mather, 1977) e causa una riduzione della produttività, un aumento dei costi, una ridotta disponibilità all'interno dell'inventario e confusione all'interno dell'officina (Hayes, Clark 1985).

Il dizionario APICS definisce il "nervosismo" come la caratteristica di un sistema MRP quando piccole variazioni ad un livello superiore (livello 0 o 1 della distinta base) oppure dei piccoli cambiamenti all'interno del piano principale di produzione causano modifiche significative in termini di tempi e quantità ai livelli inferiori.

La Figura 1.3 descrive in modo sintetico i concetti appena esposti. Le frecce blu tratteggiate indicano i cambiamenti che a cascata si ripercuotono sui livelli inferiori della distinta base di un prodotto in seguito ad un cambiamento della domanda del prodotto FPA, posizionato al livello 0.

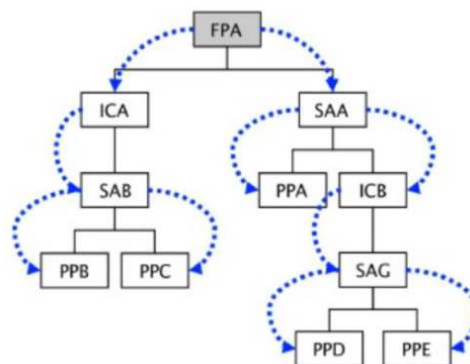


Figura 1.3: nervosismo dell'MRP  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Qinyun Li e Stephen M. Disney (2017) hanno definito un modello matematico in grado di misurare il nervosismo originato da ordini di *call-off*, ossia ordini che dovranno essere soddisfatti immediatamente, e da previsioni di ordini, ossia previsioni di ordini futuri. Dallo studio dei due autori è risultato che nel breve periodo, se si verificano aumenti delle quantità richieste dai clienti, esse potranno essere soddisfatte solamente con attività volte ad accelerare le attività produttive o le consegne. Mentre, se diminuiscono le quantità richieste, si genererà materiale in eccesso che andrà ad aumentare le giacenze all'interno del magazzino. In entrambi i casi l'azienda dovrà sostenere spese maggiori, nel primo caso spendendo una somma maggiore per accelerare l'arrivo degli ordini, mentre nel secondo caso le maggiori spese saranno dettate dall'investimento che dovrà essere effettuato per aumentare lo spazio in magazzino per lo stoccaggio del materiale in eccesso.

In aggiunta a tutto ciò, vi è un'ulteriore fenomeno che è facile osservare all'interno delle *supply chain*, ossia l'effetto frusta (*bullwhip effect*).

L'elevata variabilità ed incertezza del mercato moderno generano degli effetti significativi sulla domanda del cliente ed in particolare tutto ciò causa delle conseguenze negative lungo l'intera *supply chain*. L'incertezza si manifesta in particolare con quello che viene chiamato effetto *bullwhip* ("effetto frusta") o effetto Forrester, poiché definito per la prima volta dal professor Jay Forrester (1961), il quale intraprese una serie di studi per simulare l'andamento della domanda e degli ordini all'interno di una *supply chain* utilizzando l'approccio della dinamica industriale (Wang, Disney, 2016).

Il dizionario APICS, definisce l'effetto *bullwhip* come un grande cambiamento a monte della *supply chain* generato da un piccolo cambiamento della domanda a valle della stessa. Le giacenze in magazzino potranno passare rapidamente dall'essere scarse all'essere in eccesso. Questo è causato dalla natura della comunicazione degli ordini a monte e dai ritardi riguardanti il trasposto lungo l'intera *supply chain*. Nella Figura 1.4 è presente una rappresentazione dell'effetto frusta all'interno di una *supply chain* composta da quattro attori: cliente, dettagliante, grossista e produttore. La Figura è composta da quattro riquadri uno per ogni attore della *supply chain*, il quale conterrà la rispettiva variazione degli ordini nel tempo. In alto a sinistra è indicata la domanda dei clienti e poi a seguire in senso orario, gli ordini effettuati dal dettagliante, produttore e grossista. È facile notare come a seguito di una domanda dei clienti non eccessivamente

variabile, essa risulta essere sempre più marcata risalendo i vari attori della *supply chain*, fino al raggiungere picchi elevatissimi di ordini da parte del produttore a fronte di una variabilità della domanda finale molto bassa.

Questo effetto diventa particolarmente significativo quando il costo derivante dalle fluttuazioni nella produzione/ordinazione supera il costo del mantenimento delle scorte (Wang, Disney, 2016). L'unico modo per eliminarlo sarà quello di sincronizzare l'attività di tutti gli attori che operano all'interno della *supply chain*.

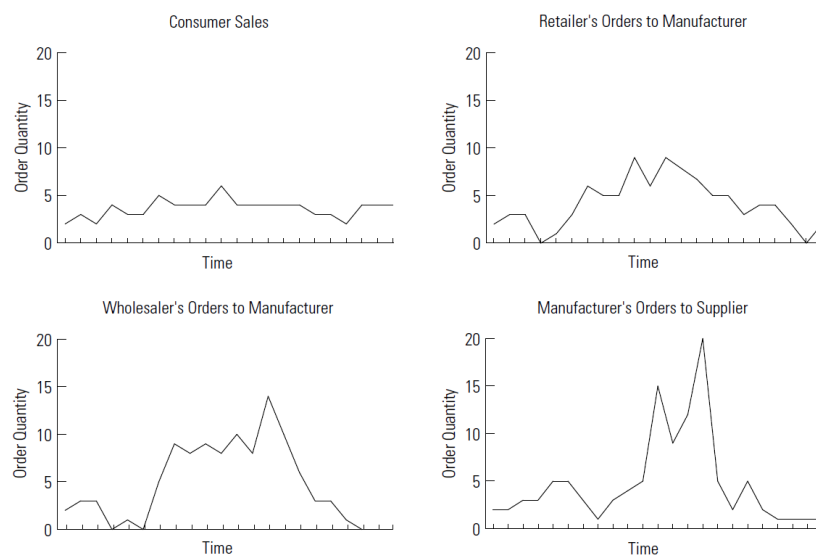


Figura 1.4: aumento della variabilità degli ordini verso i soggetti a monte della supply chain  
Fonte: (Lee, Padmanabhan, Whang, 1997)

Riguardo al tema dell'effetto frusta, importanti sono stati i lavori di Lee, Padmanabhan e Wang (1997), i quali non hanno solamente favorito la diffusione del termine "*bullwhip effect*" a livello accademico, ma hanno dimostrato, attraverso i modelli, che l'effetto è il risultato delle interazioni strategiche tra i membri razionali della catena di approvvigionamento. Questa idea risultava essere un'importante differenza in confronto ai precedenti lavori. Infatti, Forrester (1961), assumeva che i membri della *supply chain* adottassero specifici comportamenti e Serman (1989), prendeva in considerazione attori che non possedevano piena razionalità ed erano inclini a percezioni errate.

I tre autori inoltre hanno proposto quattro principali cause dell'effetto: l'aggiornamento delle previsioni di domanda utilizzando informazioni della domanda passata, il razionamento dell'offerta, le oscillazioni del prezzo e la gestione dei lotti (Lee,

Padmanabhan , Wang, 1997). La distorsione delle informazioni che si viene a generare porta i vari attori della *supply chain* ad accumulare scorte per contrastare l'elevato grado di variabilità della domanda finale.

L'effetto *bullwhip* è il risultato del mancato allineamento delle informazioni e dei materiali rilevati lungo l'intera *supply chain*, come è possibile osservare nella Figura 1.5.

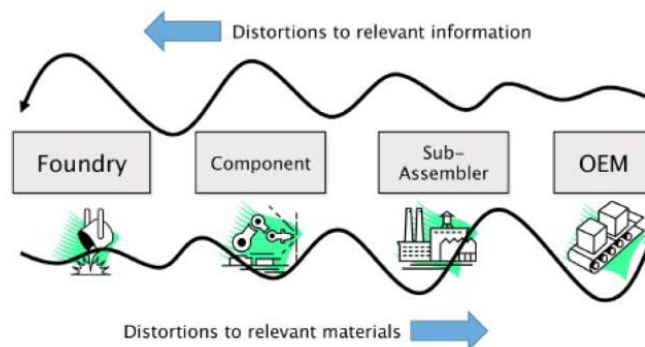


Figura 1.5: effetto bullwhip  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Per informazioni intendiamo la comunicazione degli ordini a monte della catena, mentre per materiali, intendiamo la fornitura dei prodotti lungo l'intera catena.

La freccia ondulata superiore nell'immagine identifica la distorsione delle informazioni rilevanti. Il verificarsi di una piccola distorsione a valle si propaga, risalendo l'intera *supply chain*, amplificandosi sempre di più. Tali distorsioni sono principalmente causate dal "nervosismo".

Invece, la freccia ondulata inferiore nell'immagine identifica la distorsione dei materiali rilevanti. Anche in questo caso il verificarsi di una piccola distorsione a monte si propaga amplificandosi a valle. Tutto questo a causa di carenze e ritardi nelle spedizioni che generano un accumulo cronico di ritardi lungo l'intera *supply chain*. È fondamentale ricordare che se manca un singolo componente, sia di un prodotto complesso che semplice, si può verificare il blocco dell'intero assemblaggio del prodotto finito, causando una serie di mancate vendite.

In aggiunta a tutto quello che è già stato esposto, Ptak e Smith (2016) hanno messo in luce un'ulteriore problematica molto importante che si viene a generare a livello organizzativo a causa della struttura logica del sistema, la quale genera delle prestazioni

non ottimali degli inventari delle aziende che lo utilizzano. Tale inefficienza è definita “distribuzione bimodale”.

Il punto di partenza è la Figura 1.6, la quale rappresenta attraverso la freccia orizzontale la quantità di materiale all’interno dell’inventario. Da sinistra verso destra la quantità in magazzino aumenterà, mentre al contrario da destra verso sinistra la quantità diminuirà. La linea tratteggiata invece identifica due punti critici relativi alle scorte in magazzino:

- Punto A: punto in cui l’azienda ha un livello di scorte insufficienti. In questo punto si verificheranno carenze di materiale con la conseguenza di mancate vendite e accelerazioni per velocizzare gli ordini di arrivo.
- Punto B: punto in cui l’azienda ha un livello di scorte eccessivo. In questo punto si verificherà un impiego eccessivo di liquidità e di spazio per mantenere all’interno del magazzino la merce.

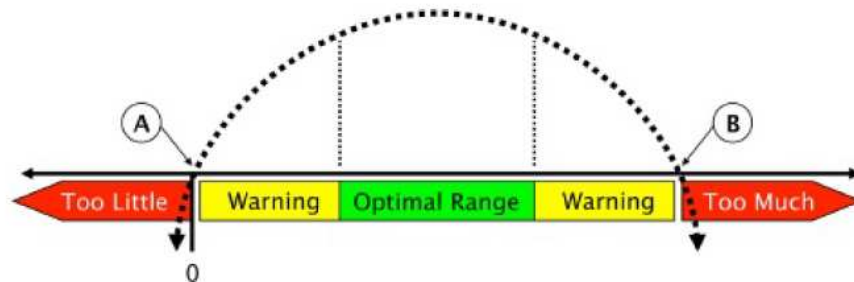


Figura 1.6: funzione di perdita dell’inventario Taguchi

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Noti i punti A e B sarà normale presupporre che un livello ottimale di merce in magazzino si troverà all’interno di essi. Indicativamente la zona ottimale viene etichettata con il colore verde nella Figura 1.6, più ci si sposterà a destra o sinistra di essa maggiori saranno i problemi che si verranno a verificare (Ptak, Smith 2016). La raffigurazione è coerente con la funzione di perdita sviluppata dallo statista giapponese Genichi Taguchi, tramite la quale si riesce a descrivere la perdita di valore dei prodotti dell’azienda in mancanza di qualità. Più l’inventario si sposta verso il punto B minore sarà il ritorno sul capitale circolante. Invece, più si sposta verso il punto A, aumenteranno le carenze e diminuiranno le vendite. Se si considera l’inventario di

un'azienda che utilizza il sistema MRP per pianificare i propri fabbisogni, si noterebbe come esso abbia una distribuzione bimodale, come rappresentato nella Figura 1.7.

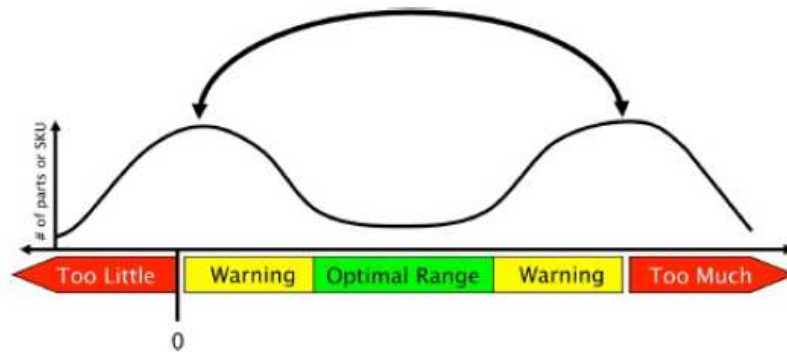


Figura 1.7: distribuzione bimodale dell'inventario

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

La distribuzione bimodale può avvenire su due livelli distinti (Ptak, Smith, 2016):

- Si verifica a livello di un singolo componente in un determinato periodo di tempo, la cui quantità in magazzino oscillerà avanti e indietro tra una posizione di eccesso ed una di carenza. La distribuzione bimodale si presenta per il fatto di avere una separazione netta tra le due situazioni e la probabilità di avere una quantità ottimale è molto limitata.
- Si verifica a livello di un gruppo di componenti in uno specifico momento. Se si osservassero le quantità di questi elementi in uno specifico momento si noterebbe come alcuni risultano in eccesso mentre altri in una quantità limitata. Le carenze di un qualsiasi componente risultano essere deleterie soprattutto nel momento in cui un prodotto finito richiede l'assemblaggio di essi. La mancanza di una parte potrebbe bloccare la consegna di molti altri prodotti.

La distribuzione bimodale è caratterizzata da una grande quantità di elementi in una posizione di carenza, che generano mancate vendite, e di una ulteriore grande quantità in una posizione di eccesso, che rallentano il flusso del capitale circolante e aumentano i costi di stoccaggio degli stessi, creando una oscillazione tra queste due situazioni. Questa è una caratteristica fisiologica dei sistemi MRP, i quali, ogni qual volta vengono eseguiti, comporteranno la presenza di elementi o nella "campana" sinistra oppure in quella

destra. Solo una piccola parte di componenti si troverà nella zona ottimale, la quale ci rimarrà per un lasso di tempo molto ristretto. In un sondaggio svolto dal *Demand Driven Institute* tra il 2011 e il 2014, è risultato come l'88% delle 500 aziende prese in considerazione nel campione hanno evidenziato un andamento bimodale all'interno dei loro magazzini.

Il principale motivo per cui la distribuzione bimodale si genera all'interno di un'azienda è la combinazione tra i tratti che caratterizzano l'MRP, il tipo di domanda che viene utilizzata e l'ambiente volatile della catena di approvvigionamento con cui l'azienda si deve confrontare.

Ad amplificare questo fenomeno vi sono le politiche di lottizzazione, che verranno perseguite dalle aziende per migliorare l'efficienza produttiva e soprattutto per ottenere prezzi più vantaggiosi. Esse influenzano il modo in cui l'MRP effettuerà tutti i calcoli e determinerà lo spostamento dei materiali all'interno della *supply chain*. Le varie politiche includono soprattutto la quantità minima dell'ordine di un determinato prodotto, indicato anche con la sigla MOQ (*Minimum Order Quantity*), la quantità massima e la quantità dei multipli che si potranno ordinare.

Un esempio pratico spiegherà più facilmente l'amplificazione del fenomeno. Ipotizziamo di avere un componente il cui ordine minimo (MOQ) è di 100 e dovrà essere ordinato in multipli di 50. Se la domanda del prodotto finito è di 101 pezzi, si dovrà ordinare 150 pezzi del componente, ossia 100 di ordine minimo più 50 di multiplo. Se la domanda scendesse a 99 però, la quantità ordinata del componente sarà di 100. Di conseguenza, una modifica di 2 prodotti finiti comportano una modifica di 50 unità del componente ordinate. Maggiori saranno le differenze tra le politiche di lottizzazione dei vari componenti di una distinta base, maggiori saranno le conseguenze del verificarsi di tale effetto.

L'insieme delle distorsioni generate dall'MRP, porta i pianificatori ad adottare delle procedure che permettano loro di svolgere le proprie attività senza dover incorrere a molteplici problemi da dover risolvere. Di solito, la soluzione tipica risulta essere quella di utilizzare i fogli di calcolo. I dati vengono estratti dal sistema di pianificazione per poi essere inseriti, organizzati e manipolati all'interno di tali fogli secondo regole personali non condivise da tutta l'organizzazione. I dati modificati verranno poi ricaricati nel sistema andando così a sostituire le raccomandazioni originali date dal sistema che



verranno ignorate. Questa è una pratica molto diffusa, infatti, dalla stessa ricerca condotta dal *Demand Driven Institute*, sul campione di 500 aziende, il 95% ha dichiarato di usare fogli di calcolo Excel per effettuare attività di pianificazione. Di questi, quasi il 70% afferma che tali fogli di calcolo vengono usati in misura pesante o moderata (Ptak, Smith, 2016). L'impiego dei fogli di calcolo, però, non può essere un'alternativa valida dal momento che gli stessi contengono molti errori all'interno e coloro che li creano saranno gli unici in grado di utilizzarli e modificarli. Jeremy Olshan nel 2013, in un articolo nel *Wall Street Journal's* scrisse che il 90% dei fogli di calcolo contengono errori (Olshan, 2013) e Ray Panko (1998), in una serie di studi indicò come nei fogli di calcolo anche dopo un sviluppo attento sono presenti errori nell'1% o più delle formule all'interno delle celle e in fogli di calcolo con migliaia di formule ci potranno essere dozzine di errori non rilevati. Singolare è anche il caso che portò la famosa JP Morgan a perdere sei miliardi di dollari a causa di un errore all'interno di una formula in un foglio di calcolo.

Giunti a questo punto della riflessione non risulta quindi più efficace per le aziende lavorare utilizzando solamente il sistema? Il fatto che nella realtà le aziende continuino a preferire l'utilizzo di strumenti che aggirino l'utilizzo dell'MRP dimostra quanto maggiori possano essere i problemi riguardo l'utilizzo dello stesso. Infatti, gli autori Ptak e Smith hanno affermato che le aziende che seguono alla lettera le indicazioni dell'MRP, riscontrano una crescita considerevole dello *stock* in magazzino affiancata da una riduzione del livello di servizio (Ptak, Smith 2016).

Per concludere, nella Figura 1.8 è rappresentato uno schema che riassume tutte le inefficienze della pianificazione convenzionale se posta in contatto con il contesto odierno. L'MRP, ponendo tutti i componenti di una distinta base dipendenti tra loro genera due distorsioni in particolare: la distorsione delle informazioni e la distorsione dei materiali. In un contesto attuale, il tempo che i clienti sono disposti ad aspettare è nettamente inferiore rispetto al *lead time* totale di produzione, per questo motivo le aziende, con vari metodi, dovranno prevedere quella che sarà la domanda dei clienti. Con l'utilizzo delle previsioni l'azienda non sarà esente dal commettere errori, ma esse avranno la percezione di accorciare i tempi di attesa e rispondere alla domanda dei clienti per tempo. A mano a mano che giungerà la domanda effettiva essa aggiornerà le previsioni iniziali, ma questi continui aggiornamenti faranno reagire il sistema

generando il fenomeno del “nervosismo”. I pianificatori dovranno quindi adottare vari sistemi volti ad assicurare delle azioni correttive che contrastino tutto ciò. Il risultato di queste continue pratiche è di aumentare notevolmente la distorsione delle informazioni.

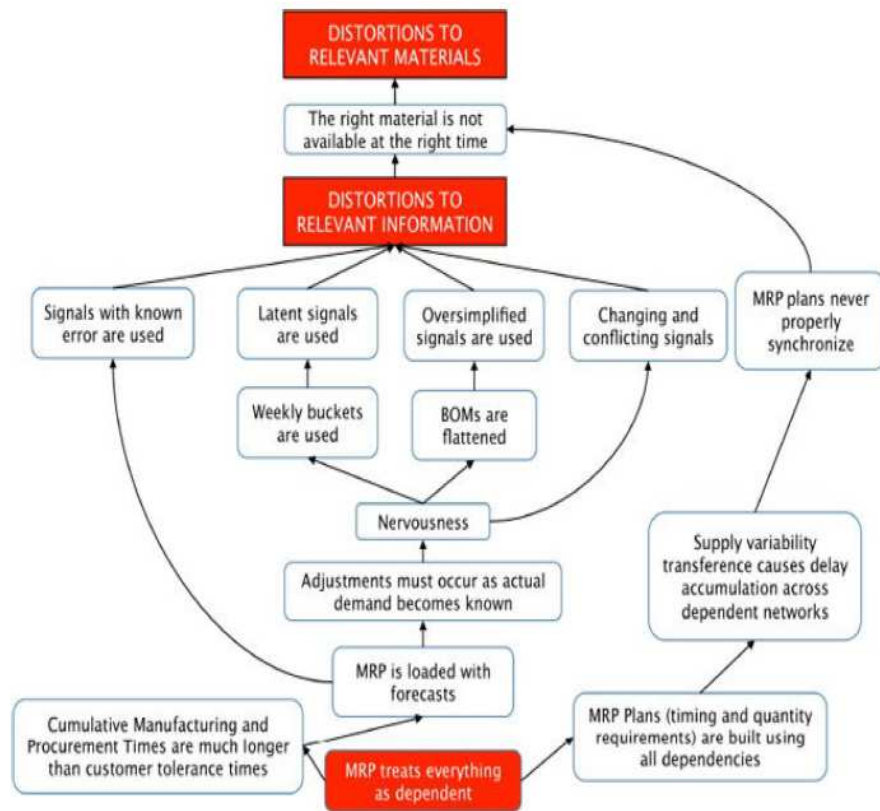


Figura 1.8: inefficienze dell’MRP nel “Nuovo Normale”  
 Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Presupponendo che tutti gli input dell’MRP siano corretti, per garantire che la giusta quantità di materiali siano disponibili nel momento giusto, risulta fondamentale che tutte le attività produttive che si svolgono all’interno della *supply chain* siano in linea con le pianificazioni effettuate. Questa è una condizione pressoché impossibile da garantire date le caratteristiche del contesto attuale. Le conseguenze di tutto ciò saranno: ritardi nelle consegne, errori o intoppi che accumuleranno del ritardo difficile da recuperare e non permetterà di avere tutto il materiale necessario nel momento in cui lo si necessita. La logica alla base dell’MRP è la principale causa della creazione, trasmissione ed amplificazione della variabilità lungo l’intera *supply chain*.

Il breve excursus storico all'inizio del capitolo ed in seguito gli approfondimenti riguardo l'MRP e le sue inadeguatezze nel contesto odierno pongono le basi per poter analizzare e approfondire nel seguente capitolo l'argomento centrale dell'elaborato ossia il *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP), una nuova metodologia che ha come obiettivo principale quello di superare le inefficienze dei metodi di pianificazione tradizionali.



## **CAPITOLO 2 – DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (DDMRP)**

Dopo aver analizzato brevemente i vari sistemi di pianificazione tradizionali che si sono susseguiti nel tempo, in particolar modo il funzionamento del *Material Requirements Planning* (MRP), è stato svolto un approfondimento ulteriore sulle inadeguatezze di tale sistema in relazione al contesto odierno con cui si deve confrontare. Al fine di migliorare il flusso di informazioni e materiali ed ottenere delle *supply chain* più agili, risulta fondamentale riesaminare i sistemi di pianificazione convenzionali ed effettuare un cambiamento radicale nel modo in cui le aziende gestiscono le proprie catene di approvvigionamento (Harding, Ptak, 2012).

In questo contesto si colloca il *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP), un modello di pianificazione della produzione e degli approvvigionamenti innovativo, nato nel 2011 con l'intento di superare le inefficienze dei sistemi di pianificazione tradizionali, in particolar modo quelle dell'MRP.

Nel seguente capitolo verrà analizzato il DDMRP, inizialmente approfondendo i suoi elementi fondanti e la logica sottostante, focalizzandosi sul concetto di favorire il flusso di materiali ed informazioni all'interno della *supply chain*. In seguito, verranno esposti i cinque passaggi da seguire per una corretta implementazione dello stesso. Tale ultima parte risulterà fondamentale per comprendere i passaggi che verranno esposti successivamente all'interno del caso studio preso in esame.

### **2.1 La variabilità il principale ostacolo del flusso**

Prima di addentrarci nell'analisi del nuovo sistema è fondamentale riprendere alcuni elementi già anticipati nel capitolo precedente.

Per garantire delle performance alte da parte della *supply chain* è fondamentale che venga garantita, all'interno di essa, una corretta velocità del flusso delle informazioni e materiali rilevanti trasmessi attraverso tutti gli attori della catena di approvvigionamento.

Il flusso delle informazioni rilevanti si muoverà dal cliente fino al fornitore di materie prime, mentre il flusso dei materiali rilevanti seguirà il verso opposto, ossia dal fornitore al cliente finale.

Plossl (1994) definì la prima legge dell'industria manifatturiera con la quale affermava che:

*“tutti i benefici saranno direttamente proporzionali alla velocità del flusso di materiali ed informazioni”.*

“Tutti i benefici” risulta essere una definizione molto ampia: per questo motivo Ptak e Smith (2016) hanno identificato sei aspetti che concorrono a definire meglio tale espressione:

- Servizi: un sistema con un buon flusso di informazioni e materiali produce risultati consistenti ed affidabili. Questo ha implicazioni nel collidere con le aspettative dei clienti, non in termini di consegna ma soprattutto in termini di qualità.
- Ricavi: quando i servizi sono costantemente alti, la quota di mercato tende a salire.
- Qualità: quando i processi si svolgono secondo le previsioni stabilite, si genera meno confusione e di conseguenza meno errori.
- Livello dell'inventario: materie acquistate, *work-in-progress* (WIP) e prodotti finiti diminuiranno all'interno dell'inventario in modo direttamente proporzionale al tempo che un prodotto impiega per attraversare l'intero sistema. Maggiore sarà il flusso, minore sarà il tempo di attraversamento.
- Costi: quando il flusso è lento, si dovranno effettuare attività e spese aggiuntive per chiudere il gap che si è venuto a creare.
- Liquidità: quando la velocità del flusso è massimizzata, le spese dell'azienda verranno convertite in tempi molto rapidi in entrate, di conseguenza, non saranno necessarie le attività e spese addizionali citate precedentemente.

Il flusso è fondamentale per tutte le imprese, di conseguenza, i nuovi sistemi di pianificazione devono essere pensati in modo tale da operare con l'intento di

proteggerlo e promuoverlo, facendo sì che diventi il ponte tra le azioni locali ed i benefici globali. Risulta fondamentale precisare però che le aziende per avere successo non debbano semplicemente muovere dati e materiali velocemente all'interno del sistema. Oggi, infatti, qualsiasi organizzazione si trova ricoperta da una grandissima quantità di materiali irrilevanti (*"too much of the wrong stuff"*) e poche informazioni e materiali rilevanti (*"too little of the right stuff"*). Per questo motivo il flusso di informazioni e materiali diviene rilevante nel momento in cui sarà allineato all'output richiesto o alle aspettative del mercato (Ptak, Smith, 2016).

Il principale fattore che influisce negativamente sul flusso di informazioni e materiali rilevanti è sicuramente la variabilità. Essa non va intesa come limitata ad un unico processo ma ad un fenomeno ben più ampio che riguarda l'intera *supply chain*. Nel capitolo precedente sono stati presentati il concetto di effetto frusta e di nervosismo ed è normale presupporre come, all'aumentare della complessità del sistema, maggiori saranno le variabilità che si generano all'interno dalle varie interdipendenze che si verranno a creare. Vi è una relazione tra il numero di interdipendenze definite dai sistemi tradizionali come l'MRP e il nervosismo generale del sistema, come viene rappresentato nella Figura 2.1.

Nella figura, nella parte inferiore è presente la distinta base di un prodotto finito chiamato FPA, la quale rappresenta una struttura dipendente di vari componenti che confluiranno in tale prodotto.

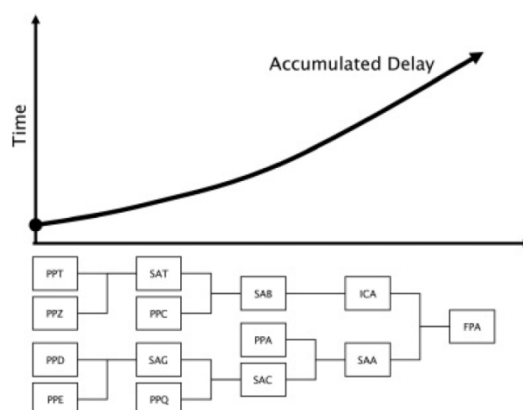


Figura 2.1: Illustrazione dell'accumulo di ritardo

Fonte: (Ptak, Smith 2016)

Nella parte superiore, invece, è presente un grafico che illustra come al susseguirsi delle varie interdipendenze della struttura e di conseguenza, all'aumentare della variabilità, vi sia un corrispondente accumulo di ritardo. Il segnale della domanda potrebbe essere perfetto, ma l'accumulo di ritardo influenzerà comunque l'ambiente se vi saranno delle variazioni interne.

Promuovere e proteggere il flusso di informazioni e materiali rilevanti è una prerogativa fondamentale dei nuovi sistemi di pianificazione poiché permetteranno alle imprese di poter generare performance elevate e restare al passo dei propri competitor. Verso questa strada si è mosso il DDMRP.

## **2.2 Il DDMRP: gli elementi fondanti**

Il *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) è un metodo formale di pianificazione ed esecuzione multilivello in grado di proteggere e promuovere il flusso di informazioni rilevanti attraverso la creazione e la gestione di buffer di scorte in punti di disaccoppiamento posizionati strategicamente. Il DDMRP nasce nel 2011 grazie a Carol Ptak e Chad Smith i quali nella terza edizione di *Orlicky's Material Requirements Planning* (Ptak, Smith, 2011) introdussero il progetto iniziale del sistema come un'alternativa formale di pianificazione e controllo a quelli che in quei tempi erano presenti. Durante lo stesso anno, inoltre, gli stessi autori fondarono il Demand Driven Institute, il quale iniziò a pubblicare una serie di articoli e casi studio sul tema con l'intento di estendere la conoscenza di tale sistema nel mondo.

Il DDMRP si fonda su sei pilastri principali, come rappresentato nella Figura 2.2. Essi sono nell'ordine il *Material Requirements Planning* (MRP), il *Distribution Requirements Planning* (DRP), i principi della *Lean*, la Teoria dei Vincoli (TOC), il *Six Sigma* ed infine degli elementi innovativi. Il modello di conseguenza utilizza gli aspetti positivi dell'MRP e li unisce ai principi di altre filosofie sviluppate.



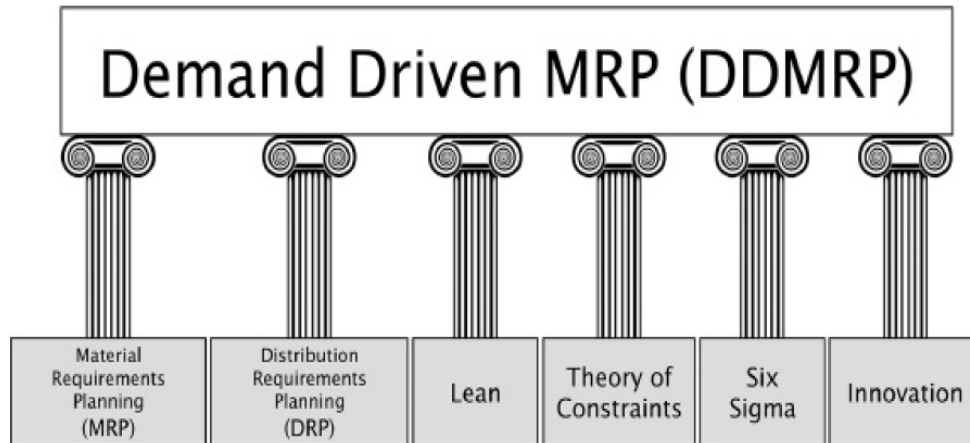


Figura 2.2: pilastri del DDMRP

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Per quanto riguarda il primo pilastro, esso è stato ampiamente approfondito nel capitolo precedente, di conseguenza nei seguenti paragrafi andremo ad analizzare i restanti cinque.

### 2.2.1 Distribution Requirements Planning (DRP)

Il *Distribution Requirements Planning* (DRP), o pianificazione dei fabbisogni di distribuzione, è un sistema che utilizza una struttura logica analoga a quella dell'MRP tanto da essere definito come una sua estensione (Lin *et al.* 2001). In generale esso risulta essere utilizzato per determinare tanto una serie di piani di spedizione all'interno di una rete distributiva quanto i fabbisogni delle varie risorse necessarie al *network*. Tale strumento permette agli utenti di anticipare quale magazzino all'interno della propria struttura necessiterà di prodotti utilizzando i dati relativi ai loro inventari e alle relative domande interne delle stesse strutture (Gimenez *et al.* 2000). In questo modo il sistema, utilizzando le previsioni di mercato, le scorte presenti nei vari inventari e i vari *lead time* di spedizione, determinerà che magazzino dovrà essere reintegrato e quando; nonché determinerà quando lo *stock* risulterà essere al di sotto del punto di ordino a causa della domanda in arrivo. Tale *stock* verrà calcolato con la formula:

$$\text{Stock in magazzino} = \text{quantità disponibile} + \text{quantità ordinata} - \text{quantità richiesta}$$

È facile intuire che quando verrà segnalata una carenza di inventario, il sistema controllerà la disponibilità nel magazzino di rifornimento stabilito. Se anch'esso non disporrà di scorte sufficienti, il sistema a cascata verificherà i magazzini successivi con priorità inferiore. Una volta identificato il magazzino in grado di effettuare il rifornimento verrà generato un ordine consigliato da parte del sistema.

### 2.2.2 *Lean manufacturing*

Un altro pilastro fondamentale per il DDMRP risulta essere l'insieme dei principi della *Lean production* o *Lean manufacturing*.

Come anticipato brevemente nel capitolo precedente, il termine *Lean production* è la trasposizione occidentale del *Toyota Production System* (TPS), una innovativa riorganizzazione aziendale nata in Giappone al termine della Seconda guerra mondiale ed implementata in Toyota, con l'obiettivo di rilanciare l'industria nipponica. In quegli anni, l'azienda si trovava in condizioni critiche, poiché il mercato dell'automobile era dominato dai colossi americani Ford e General Motors, i quali, avevano ottenuto la loro posizione dominante grazie all'applicazione della "catena di montaggio"; in aggiunta a ciò, l'azienda aveva poche risorse a disposizione e l'obiettivo di incrementare la produttività. Viste le conseguenze negative, i manager Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare il giovane ingegnere Taiichi Ono decisero di intraprendere una strada per rilanciare la produzione all'interno dell'azienda, profondamente diversa da quella occidentale.

In occidente le attività produttive erano caratterizzate dall'utilizzo della "catena di montaggio", un processo di assemblaggio introdotto nei primi anni del '900 da Henry Ford, imprenditore statunitense fondatore della Ford Motor Company. Questa tecnologia meccanica era caratterizzata da un nastro trasportatore che portava con sé tutti quanti i componenti che dovevano essere assemblati tra loro, gli operai ne assemblavano uno per volta con movimenti ripetitivi, permettendo così un forte abbattimento dei tempi di produzione e sfruttando le economie di scala che determinavano un abbattimento notevole dei costi.

La valutazione delle attività svolte avveniva principalmente utilizzando due indicatori: il primo confrontava la quantità di pezzi prodotti con l'obiettivo che si era prefissato, il secondo, invece, valutava la qualità di ciò che era stato prodotto in termini di numero di

riparazioni che si doveva effettuare. L'utilizzo di questo approccio comportava che la catena di produzione non doveva mai essere fermata e le eventuali difettosità che si sarebbero verificate nel mentre sarebbero state inizialmente ignorate per poi essere risolte alla fine del processo. Womack, Jones e Ross (1990) spiegano come per Ohno, che visitò per diverse volte gli stabilimenti Ford a Detroit, tale metodologia adottata dall'azienda nascondesse enormi sprechi, chiamati dall'azienda giapponese *Muda*.

Per questo motivo la strada intrapresa dai manager di Toyota fu l'opposto di quella intrapresa nei paesi occidentali, rafforzata anche dal fatto che la loro era ancora una piccola impresa e i macchinari che avevano a disposizione non gli permettevano di adottare il sistema della catena di montaggio. Essi si focalizzarono sulla domanda dei clienti, adottando il sistema di produzione *just-in-time*, ovvero producendo solamente nel momento in cui era necessario e nelle quantità richieste. Attuando questa riorganizzazione industriale, riuscirono ad essere più flessibili alle variazioni di mercato e ad abbattere una grande quantità di sprechi. Inoltre, essi rivalutarono notevolmente la figura dell'operaio, poiché, se nelle aziende che utilizzavano la *mass production* il dipendente doveva solamente eseguire degli ordini, in Toyota invece, diventa fondamentale sfruttare al massimo le capacità dei propri lavoratori facendo in modo che svolgessero solamente attività in grado di arrecare valore aggiunto al prodotto finale. Altro elemento focale riguardava il fatto di aumentare la responsabilizzazione degli operai facendoli partecipare attivamente alla gestione e al miglioramento del prodotto. Come primo passo era necessario che, nell'eventualità in cui si verificasse un'anomalia, l'operatore avesse l'obbligo di stoppare la linea di produzione. In questo modo, gli operai riconoscevano in modo tempestivo le difettosità che si presentavano in fase di produzione determinando così l'immissione nel mercato di un prodotto molto più affidabile e con un livello qualitativo molto più elevato. Di conseguenza, non è più il nastro trasportatore che impone il ritmo ai lavoratori, come avveniva nella catena di montaggio, ma il contrario. Come secondo passo, tutti i lavoratori dovevano essere informati sulle parti da trattare in modo prioritario e sullo stato di avanzamento della produzione in generale. Infine come terzo *step*, ogni lavoratore doveva partecipare attivamente al miglioramento. Si viene a generare così un'azienda in cui tutti quanti, dirigenti, rappresentanti, operai, partecipano attivamente alla risoluzione dei problemi, adottando quello che viene chiamato "controllo visibile".

La *Lean manufacturing*, si basa su due pilastri fondamentali: il *Just-in-time* ed il *Jidoka*.

La definizione di *Just-in-time* è già stata definita precedentemente ma per una migliore comprensione verrà presentata ulteriormente. Con il termine *Just-in-time* andiamo ad indicare un metodo logistico/produttivo che ha come obiettivo quello di andare a ridurre o eliminare lo stazionamento del materiale in attesa di essere lavorato, andando a produrre solamente quando necessario, ossia, quando si verifica la domanda da parte del cliente. Tutti i processi producono le parti necessarie, nel tempo necessario, utilizzando lo *stock* minimo per sostenere i processi insieme (Sugimori *et al.* 1977). Generalmente gli *stock* intermediari lungo il ciclo produttivo sono apprezzati in un sistema convenzionale di controllo della produzione perché permettono di contrastare fluttuazioni della domanda e assorbire possibili inconvenienti. Nonostante ciò, Toyota vede lo *stock* come una collezione di problemi e cattive cause (Sugimori, *et al.* 1977) da eliminare, in quanto questi sono il risultato di sovrapproduzione, ossia il peggiore dei *Muda*.

Il *just-in-time* si compone di tre elementi fondamentali: *takt time*, sistema “*pull*” e sistema *One-Piece-Flow*.

Il cosiddetto *takt time*, è il rapporto fra le ore totali di lavoro disponibili e il numero di esemplari da produrre in quell’intervallo di tempo, secondo la richiesta del cliente (Imai, 1997). Per esempio, se in una giornata abbiamo a disposizione otto ore lavorative e i prodotti da produrre ogni giorno sono 120, il *takt time* sarà pari a:

$$\textit{takt time} = (8 \text{ ore} \times 60 \text{ minuti/ora}) / 120 \text{ prodotti} = 4 \text{ minuti/prodotto.}$$

Di conseguenza, le singole fasi di lavorazione non potranno avere una durata superiore ai quattro minuti, perché ciò determinerebbe una produzione inferiore a quella necessaria, ma di contro parte, non possono nemmeno essere inferiori, perché si verrebbe a generare una produzione sovrabbondante. Di solito quando si tratta di produzioni di massa, il *takt time* è all’ordine dei secondi.

È molto importante però non confondere il *takt time* con il *cycle time*, quest’ultimo è il tempo che un operatore dedica all’esecuzione della sua fase operativa. Un’azienda che adotta il *just-in-time* cercherà di far avvicinare il più possibile questi due tempi e di rendere simili tra di loro i *cycle time* delle diverse linee produttive.

Con il sistema *One-Piece-Flow*, invece, si definisce la corretta sequenza di tutte le fasi di lavorazione andando a predisporre nell’ordine i vari macchinari, successivamente il

flusso produttivo sarà “unitario”: un solo elemento per volta passerà da una fase all'altra. Non si formerà nessun magazzino intermedio ed in tal modo si abbrevierà il *lead time*. Questo sistema permette, inoltre, di identificare, nella fase immediatamente successiva a quella che ha generato un problema, pezzi non conformi, facilitando notevolmente il controllo da parte degli operatori.

Infine, la produzione si definisce “pull” quando a determinare l'avvio del processo produttivo è l'ordine da parte del cliente. Lo strumento principale, usato per la gestione del sistema “pull”, è il *Kanban*, parola giapponese che significa “cartello” o “segnale”. Si tratta di un vero e proprio sistema visivo, che trasmette una serie di istruzioni comunicando informazioni sui materiali da approvvigionare o i componenti da produrre. L'obiettivo principale di questo sistema è di evitare la sovrapproduzione di prodotti o componenti e garantire una produzione *just-in-time*. Questa procedura funziona con dei veri e propri cartellini (*kanban*) che accompagnano dei contenitori con, all'interno, diversi prodotti finiti o componenti. In questi *kanban* saranno riportate una serie di informazioni: numero di identificazione, numero componente, descrizione componente, da dove arriva (fornitore) e dove deve andare (cliente). I cartellini possono essere di due tipi:

- *Kanban* di trasporto (sigla KB-T): utilizzato per spostare componenti o prodotti da un processo ad un altro (Sugimori, *et al.* 1977);
- *Kanban* di produzione (sigla KB-P): utilizzato per ordinare la produzione della porzione ritirata dal processo precedente (Sugimori, *et al.* 1977). Le informazioni in questo cartellino di solito sono: il numero di codice della parte da produrre, la capacità del contenitore e il numero del centro fornitore.

Ogni centro di produzione ha un punto di stoccaggio all'ingresso dei materiali di cui necessita per svolgere la lavorazione ed uno in uscita per i prodotti finiti. Generalmente i contenitori pieni all'ingresso hanno applicato il cartellino KB-T, mentre quelli pieni nello stoccaggio in uscita il KB-P.

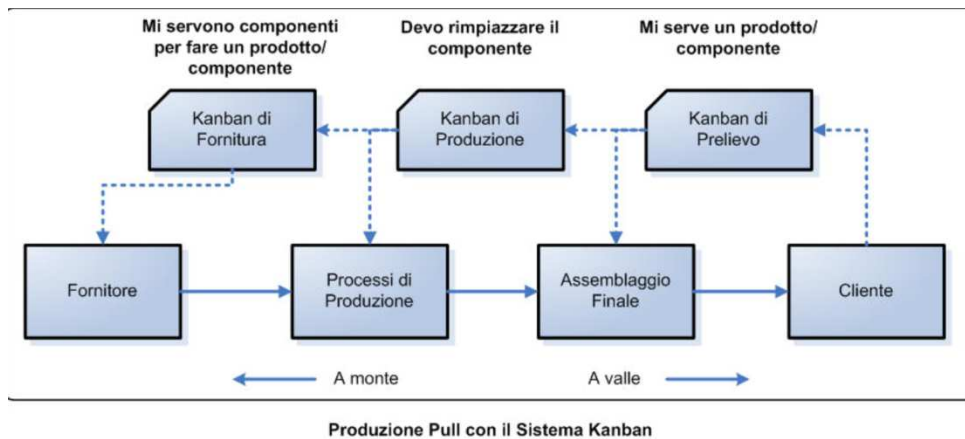


Figura 2.3: produzione Pull con sistema kanban

Fonte: <https://www.leanmanufacturing.it>

Come si può vedere nella Figura 2.3, il sistema *Kanban* a livello operativo ha inizio quando un cliente ordina un prodotto. In tal modo, il *Kanban* di prelievo andrà a prelevare il prodotto finito dai contenitori pieni nello stoccaggio in uscita nel processo di assemblaggio finale, con lo scopo di consegnarglielo. A sua volta, questo centro di produzione necessiterà di componenti per effettuare l'assemblaggio di ulteriori prodotti finiti per rifornire il contenitore svuotato andando a rifornirsi dalla fase precedente (processi di produzione). Di conseguenza, il centro "processi di produzione" necessiterà di componenti dai fornitori per effettuare le lavorazioni che gli permettano di riempire i contenitori di prodotti che sono appena stati prelevati dal processo di assemblaggio. Quindi, quando gli elementi di un contenitore iniziano ad essere utilizzati, il cartellino KB-T viene rimosso e attaccato in un contenitore presente allo *stock* in uscita del processo precedente e contenente le parti che si stanno utilizzando, andando a sostituire il cartellino KB-P presente fino a quel momento. Arrivati a questo punto, bisogna andare a rifornire ciò che è stato prelevato dal processo precedente nel più breve tempo possibile. In questo modo, le attività produttive nelle fasi finali dell'assemblaggio saranno connesse, come una catena, ai precedenti *step* garantendo una produzione *just-in-time* dell'intero processo (Sugimori, *et al.* 1977). Da qui ne deriva il sistema "pull", in cui si produce solo quando è necessario operando a ritroso, ovvero partendo dalla domanda del cliente e "tirando" lungo il ciclo di trasformazione le quantità dei sottoprodotti necessarie, dosandone la richiesta in base all'ordine finale.

Infine, il secondo pilastro è il *Jidoka*, termine giapponese che significa “automazione con un tocco umano”. Il punto focale è che l’output sia dotato di una qualità del 100% e, per fare in modo che tutto sia possibile, è necessario che vengano rispettate due condizioni:

- L’impianto deve fermarsi quando la qualità non è più assicurata.
- L’intervento sulla macchina non deve in alcun modo alterare la qualità dell’output.

Se queste due condizioni vengono rispettate si riuscirà ad eliminare il legame rigido tra uomo e macchina, infatti, dotando i macchinari di idonei dispositivi di fermata, quando la qualità del prodotto non è ottimale, si permette di dare “intelligenza” alle macchine stesse. Così facendo l’uomo non sarà più portato alla supervisione costante del macchinario permettendogli di svolgere altre attività che garantiscono un valore aggiunto.

Questo secondo pilastro, pur essendo semplice ed immediato, è fondamentale per un’azienda che vuole adottare una sistema *Lean*, in quanto è importante operare bene fin da subito evitando le difettosità. È risaputo infatti, che solo riducendo al minimo le scorte si ha la possibilità di gestire i problemi con maggiore efficienza. *Jidoka* significa anche, capire le cause che hanno determinato il verificarsi di un problema e adottare di conseguenza le giuste misure.

Ciò che si vuole enfatizzare della *Lean manufacturing* è sicuramente il concetto di produrre quando vi sarà un reale fabbisogno senza basarsi su nessun tipo di previsione. Inoltre, vi sarà un flusso continuo di materiali e informazioni il quale verrà garantito con una riduzione sistematica della variabilità all’interno della *supply chain* grazie alla responsabilizzazione dei dipendenti, i quali in prima persona, risolveranno i problemi che si verranno a presentare in fase di produzione.

### 2.2.3 Theory of Constraints

Un ulteriore approccio al controllo della produzione che pone le basi per la definizione del metodo DDMRP è la teoria dei vincoli o “*Theory of constraints*” (TOC). Tale metodologia nasce nel 1979 grazie a Eliyahu Goldratt il quale attuò un’evoluzione dell’OPT (*Optimized Production Timetables*), ossia un software di schedulazione dei

tempi di produzione, in un software di programmazione della produzione integrata comprendente tre aree correlate tra loro: logistica/produzione, misurazione delle prestazioni e *problem solving* (Spencer, Cox, 1995). Il principio della metodologia TOC si basa sul fatto che all'interno di ogni sistema esista almeno un vincolo che limiti la capacità del sistema stesso nel realizzare prestazioni più elevate rispetto all'obiettivo che si era prefissato (Watson *et al.*, 2007). Per garantire che l'output del sistema sia massimizzato sarà necessario garantire il massimo utilizzo di tale vincolo. Di contro parte, massimizzare l'utilizzo di una risorsa che non costituisce nessun tipo di vincolo non aumenterà la produzione ma comporterà la generazione di inventario in eccesso. Per garantire che il vincolo venga utilizzato al 100%, Goldratt sviluppò una metodologia di schedulazione chiamata *drum-buffer-rope* (DBR), traducibile con i termini "tamburo-tampone-corda". Il vincolo, sarà il "tamburo" e determinerà il ritmo di produzione. La "corda" è il meccanismo di rilascio del materiale, la quale lo rilascerà in relazione al ritmo del vincolo evitando che venga inviato materiale in eccesso. Infine, l'intero rilascio del materiale sarà garantito nel tempo tramite l'utilizzo dei buffer, ossia i "tamponi", i quali verranno posizionati in posizioni strategiche con l'intento di proteggere le date di spedizione e prevenire il mancato invio di materiale al vincolo, assicurando che il ritmo scandito dal tamburo venga garantito (Watson *et al.*, 2007). Nella Figura 2.4 viene schematizzata la metodologia appena presentata.

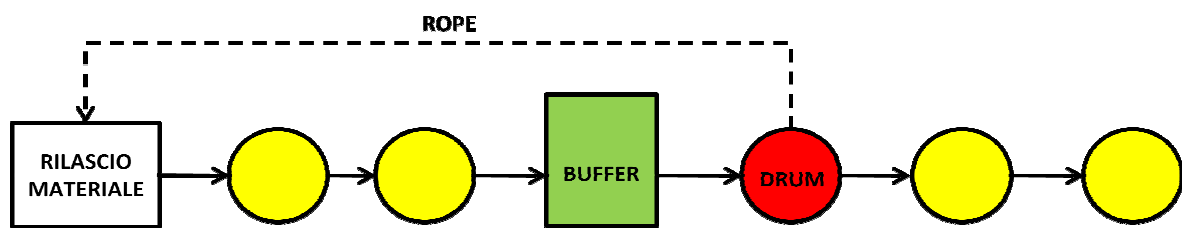


Figura 2.4: sistema Drum-Buffer-Rope (DBR)

Fonte: elaborazione personale

Maggiore sarà la grandezza del buffer, maggiore sarà la protezione che si darà al vincolo, ma con il conseguente aumento dei *work-in-progress* e del *lead time*.

Nel considerare che i vincoli possono essere di tre tipi: fisici (risorsa con capacità inferiore alla domanda), di mercato (domanda inferiore alla capacità delle risorse) e politici (regole formali o informali che limitano la capacità produttiva); il DBR è



destinato a far fronte ai soli vincoli fisici o di mercato. Una volta individuato il vincolo, l'obiettivo per la pianificazione sarà quello di sincronizzare la produzione con le richieste del cliente (Perez, 1997).

Anche in questo caso, l'utilizzo del buffer per mantenere continuamente alimentato il vincolo farà in modo che il flusso venga mantenuto costante e le scadenze rispettate. Inoltre, gestire la fornitura di materiali al vincolo con l'utilizzo della "corda" eviterà, inoltre, di generare sovrapproduzioni e limitare la quantità di materiale lungo l'intero processo produttivo.

#### 2.2.4 Six Sigma

L'ultimo approccio i cui aspetti sono alla base del DDMRP è il *Six Sigma*. La metodologia *Six Sigma* venne sviluppata dall'azienda Motorola nel 1985 con l'intento di contrastare la competizione dei *player* giapponesi dell'industria elettronica e effettuare dei miglioramenti consistenti a livello qualitativo (Harry, Schroeder, 2000). Linderman *et al.* (2003) definiscono il *Six Sigma* come un metodo organizzato e sistematico in grado di garantire il miglioramento strategico di processi e nuovi prodotti e lo sviluppo di servizi basandosi sull'utilizzo di metodi statistici e scientifici con l'intento di ridurre la percentuale di difetti definiti dai clienti. Montgomery e Woodall (2008) a loro volta affermano che il *Six Sigma* è un approccio statistico, disciplinato e orientato al progetto la cui funzione si snoda nella riduzione della variabilità, nella rimozione di difetti e nell'eliminazione di sprechi di prodotti, processi e transazioni. La metodologia *Six Sigma* mira quindi all'eliminazione dei difetti e degli sprechi, piuttosto che al semplice miglioramento della prestazione media (Fontana, Caroli, 2017). L'obiettivo del *Six Sigma* è quello di ridurre la variabilità delle caratteristiche chiave di qualità di un prodotto intorno a valori *target* specifici fino al raggiungimento di un livello in cui guasti e difetti sono estremamente improbabili. Operativamente dovrà determinare esattamente ciò che il cliente richiede per poi definire i difetti in termini di "criticità alla qualità" e allo stesso tempo garantire la diminuzione della variabilità interna. Il metodo utilizzato si basa sul ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*): definizione del problema, mappatura del processo e delle esigenze del cliente; identificazione di dati e variabili utili a misurare lo stato del processo; analisi dei dati raccolti definendo delle correlazioni cause ed effetto e determinando differenti fonti di variabilità;

miglioramento del processo sulla base dell'analisi effettuata ed infine controllo dei risultati raggiunti con il miglioramento implementato.

Il nome di tale metodologia deriva dal fatto che si controlla a livello statistico lo scarto quadratico medio di un processo, generalmente indicato con la lettera greca *Sigma*. La metodologia, nello specifico, ha come obiettivo finale di raggiungere un controllo del processo tale da avere solamente 3,4 parti difettose per milione, un traguardo che si raggiunge se l'output del processo risulterà essere racchiuso all'interno di limiti di controllo definiti dalla media +/- 6 volte la deviazione standard (Linderman *et al.*, 2003). Una spiegazione dettagliata di tale metodologia non vi sarà all'interno di questo elaborato, ma ciò che si voleva sottolineare è come la stessa cerchi di diminuire la variabilità interna per migliorare le performance aziendali, elemento fondamentale per il DDMRP.

### *2.2.5 Innovazione: la forza del disaccoppiamento*

L'ultimo pilastro del DDMRP come indicato nella Figura 2.2 è l'innovazione, un termine molto ampio che riguarda diversi ambiti della metodologia. Per prima cosa, il termine "innovazione" sottolinea come il DDMRP prenda in considerazione i metodi e i tratti fondamentali degli altri pilastri, precedentemente presentati, per combinarli tra loro generando un nuovo sistema di pianificazione in grado di rispondere alle esigenze del contesto attuale. A garantire l'unione di tutti gli elementi è il disaccoppiamento. Non si tratta di un concetto nuovo, ma a cambiare è il modo in cui verrà utilizzato. Per riuscire a comprendere ciò è necessario fare un piccolo passo indietro a quanto già presentato nel primo capitolo. L'MRP si è diffuso molto velocemente ed in poco tempo, poiché riusciva a calcolare esattamente il reale fabbisogno dei vari componenti necessari alla produzione del prodotto finito. In questo modo si riusciva ad avere una sincronizzazione quasi perfetta con l'intera catena di fornitura. La stessa logica di calcolo del sistema però fece scaturire diverse problematiche, tra tutte in particolare nervosismo ed effetto frusta, le quali si verificavano principalmente poiché il sistema poneva tutti i componenti dipendenti tra loro e di conseguenza aumentavano in modo proporzionale al numero di interdipendenze tra i vari prodotti. Per risolvere queste problematiche non era necessario avere un nuovo sistema con una potenza di calcolo maggiore ma bensì avere

un sistema che rivoluzionasse la sua struttura di base. È in questo preciso punto che si inserisce il concetto di disaccoppiamento.

Il dizionario APICS definisce il disaccoppiamento come un modo per creare indipendenza tra la fornitura e l'utilizzo del materiale. Esso consiste nel posizionare dei buffer tra le varie operazioni svolte all'interno della *supply chain* in modo tale che le fluttuazioni del tasso di produzione delle operazioni di fornitura non limitino le produzioni successive. Il disaccoppiamento può essere inteso come un "muro" che disconnette due entità, facendo in modo che gli eventi in corso da un lato siano indipendenti da quelli che accadono nell'altro. Questi "muri" vengono chiamati "punti di disaccoppiamento", ossia i punti nel processo produttivo in cui vengono posizionati i buffer per creare indipendenza tra processi o entità. Ptak e Smith (2016) spiegano come il disaccoppiamento blocchi la propagazione della variabilità sia in entrata che in uscita, infatti non verrà eliminata a livello locale, ma si eviterà che essa si amplifichi e propaghi lungo l'intera *supply chain*.

Il concetto di disaccoppiamento era presente sia all'interno della *lean manufacturing* che all'interno della teoria dei vincoli, con dei connotati leggermente diversi. All'interno della *lean*, vengono utilizzati i *kanban* che perseguono l'obiettivo di disaccoppiare le varie attività produttive in modo tale che qualsiasi attività venga attivata solo nel momento in cui la successiva la richiede. Approccio totalmente contrario rispetto all'MRP, il quale non presenta nessun punto di disaccoppiamento e rende ogni attività dipendente dalle altre. Nella teoria dei vincoli, invece, come spiegato precedentemente, i buffer fungono da punti di disaccoppiamento non con l'obiettivo di limitare la variabilità all'interno del processo, ma con l'obiettivo di garantire un'alimentazione costante di materiali ai vincoli stessi.

L'innovazione del DDMRP risulta essere quella di unire questi approcci tra loro. L'idea di fondo consisterà nel posizionare, in punti strategici, dei buffer che fungeranno da punti di disaccoppiamento rendendo le varie fasi indipendenti tra loro, ma mantenendo la logica MRP tra un buffer ed un altro. I buffer, se dimensionati correttamente, garantiranno una continua fornitura di materiale alle varie fasi successive riuscendo così da una parte ad abbattere notevolmente il *lead time* e dall'altra riuscire ad avere un segnale della domanda più stabile. Come viene mostrato nella Figura 2.5, i vari buffer

definiranno dei punti di disaccoppiamento che formeranno degli orizzonti di pianificazione più brevi ed indipendenti tra di loro.

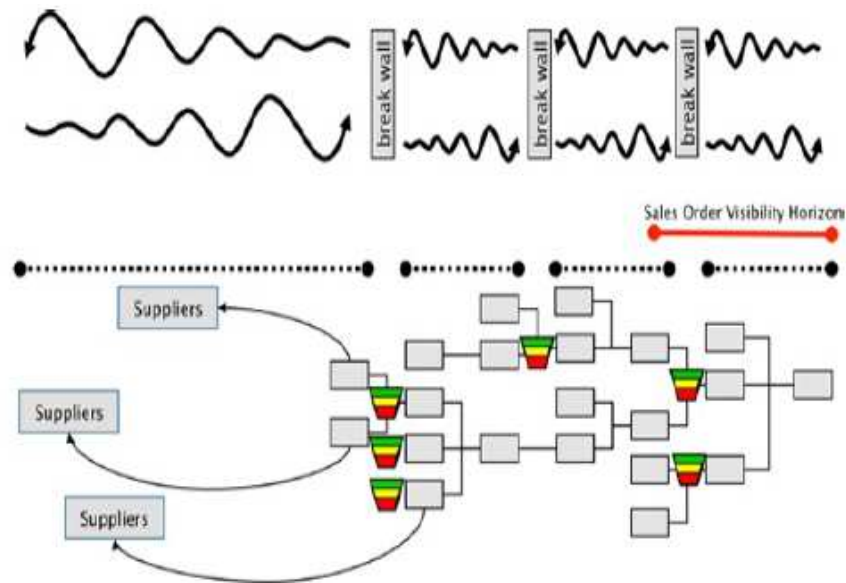


Figura 2.5: orizzonti di pianificazione con l'utilizzo dei buffer  
 Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

L'utilizzo dei punti di disaccoppiamento, oltre a garantire una diminuzione del *lead time* che comporta benefici sia in termini di consegne ai clienti, che nelle tempistiche di fornitura, garantisce la riduzione degli orizzonti di pianificazione. Essa porta ad avere dei punti di disaccoppiamento all'interno dell'orizzonte di visibilità degli ordini dei clienti, come indicato nella Figura 2.5, trasmettendo un input al sistema attraverso la sola domanda reale. In questo modo si riesce a risolvere uno dei problemi dell'MRP, dove non essendoci nessun punto di disaccoppiamento e con degli orizzonti di pianificazione molto lunghi, i pianificatori erano costretti ad utilizzare le previsioni, contenenti sistematicamente errori, per diminuire i tempi di attesa. Quando i buffer dei punti di disaccoppiamento corrispondono all'orizzonte di visibilità dell'ordine di vendita la variabilità della domanda si riduce (Ptak, Smith, 2016).

Infine, un'ulteriore beneficio nell'utilizzo dei punti di disaccoppiamento riguarda la *decoupled explosion*, ossia l'esplosione dei fabbisogni dei componenti di un prodotto padre verrà bloccata ogni volta che essa incontrerà un buffer, come è visibile nella

Figura 2.6. Nella rappresentazione viene confrontata l'esplosione della distinta base effettuata con l'MRP a sinistra e con il DDMRP a destra. Tutto questo sarà possibile poiché i buffer garantiranno continuamente la disponibilità di componenti ai livelli superiori e diventeranno loro stessi il punto di partenza di un'ulteriore esplosione. Risulta importante precisare come il fabbisogno di un buffer sarà indipendente dai fabbisogni dei livelli superiori. La *decoupled explosion* risulterà essere un elemento fondamentale per il DDMRP in quanto gli permetterà di prevenire il nervosismo, poiché grandi cambiamenti ai livelli superiori non si propagheranno lungo tutti i livelli inferiori (Ptak, Smith, 2016).

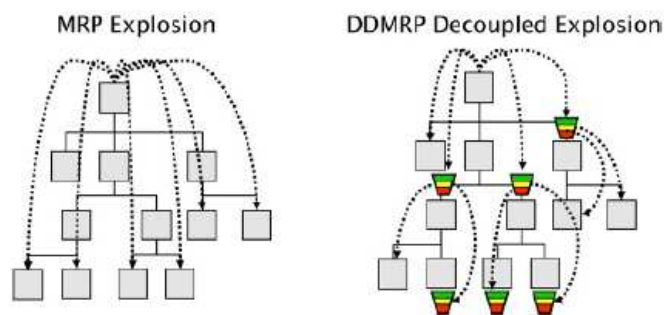


Figura 2.6: *decoupled explosion*

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Il disaccoppiamento risulta essere una soluzione valida per le circostanze del Nuovo Normale con cui le imprese dovranno confrontarsi. Le catene di approvvigionamento sono state estese a livello globale rendendole più complesse, più fragili e maggiormente soggette ad elevati tassi di variabilità. Riuscire ad interrompere, in posizioni strategiche, le varie dipendenze che si vengono a creare, permetterà alle aziende di ridurre i *lead time*, diminuire la variabilità all'interno della *supply chain* ed in particolare eliminare l'effetto frusta che i sistemi di pianificazione convenzionali creano sistematicamente.

Il *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) risulta quindi essere un approccio ibrido tra le varie teorie presentate, esso utilizzerà il concetto dell'esplosione del prodotto e della temporizzazione degli ordini dall'MRP; della *Lean*, utilizzerà i concetti di eliminazione degli sprechi e la logica *pull*; dal *Six Sigma* l'aggiustamento adattivo osservando variazioni anomale ed infine dal TOC, il riuscire a concentrarsi sui colli di bottiglia e il posizionamento di buffer in posizioni strategiche dell'inventario per

favorire il flusso (Miclo *et. al*, 2019). Il tutto abilmente unito da elementi del tutto innovativi.

Comprese le basi che lo caratterizzano, il DDMRP è composto da cinque elementi sequenziali, come rappresentato nella Figura 2.7, i quali vengono raggruppati nelle tre attività principali del metodo: *Position*, *Protect* e *Pull*. Per meglio comprenderne la funzione si vuole ora introdurre brevemente.

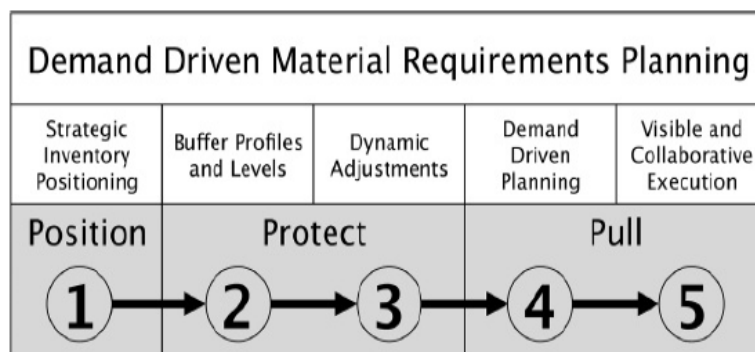


Figura 2.7: i cinque componenti del DDMRP

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Il primo elemento è lo “*Strategic Inventory Positioning*” e risulta essere la fase in cui si identificano le posizioni strategiche in cui andare ad inserire i vari punti di disaccoppiamento con i relativi buffer. Agire in questo modo permetterà di bloccare il proliferare della variabilità lungo tutta la *supply chain*, ridurre i *lead time*, accorciare gli orizzonti temporali e renderli indipendenti tra loro.

Il secondo elemento è il “*Buffer Profiles and Levels*”, attraverso il quale si definiranno le caratteristiche e i livelli dei vari buffer. Ogni buffer sarà caratterizzato da tre zone distinte (verde, gialla, rossa) ognuna con finalità diverse e che dovrà essere calcolata utilizzando determinati valori in modo tale che ogni buffer riesca ad assorbire la variabilità che si verrà a generare.

Il terzo elemento è il “*Dynamic adjustments*”, ossia l’aggiustamento dinamico dei buffer. Le tre zone definite nel passaggio precedente non saranno statiche ma si adatteranno ai cambiamenti interni o esterni.

Il quarto elemento è il “*Demand Driven Planning*”, ossia il processo attraverso cui il DDMRP, utilizzando un proprio algoritmo, sarà in grado di effettuare i vari ordini, basandosi sulla domanda effettiva in un orizzonte temporale breve.

Infine, il quinto ed ultimo elemento, è la “*Visible and collaborative execution*”, ossia la gestione da parte del sistema degli ordini di fornitura aperti. Grazie a segnali chiari e precisi, è possibile identificare quali priorità necessitano di attenzione. Più basso è il livello del buffer strategico, maggiore sarà la priorità assegnata (Favaretto, Marin, 2018). A seguire verrà analizzato, con maggiore precisione, ogni passaggio appena presentato.

### **2.3 Position: Strategic Inventory Positioning**

Come anticipato nel precedente paragrafo, il DDMRP si basa sull'utilizzo dei punti di disaccoppiamento per proteggere e promuovere il flusso di informazioni e materiali rilevanti. Essi gli permettono di ottenere un beneficio bilaterale, nonché di mitigare la distorsione del segnale della domanda e la variabilità della *supply chain*. La domanda che ci si pone risulta essere: dove dovranno essere posizionati i punti di disaccoppiamento? Si noti infatti che la loro localizzazione è una decisione strategica che avrà delle ripercussioni importanti sull'intero sistema.

Ptak e Smith (2016) all'interno del loro manuale definiscono sei criteri che dovranno essere presi in considerazione per definire il corretto posizionamento dei punti di disaccoppiamento:

- *Customer Tolerance Time*: ossia il tempo che il cliente sarà disposto ad aspettare per la consegna di un prodotto o servizio prima di cercare un prodotto e servizio alternativo all'interno del mercato.
- *Market Potential Lead Time*: risulta essere il *lead time* che permette all'impresa di aumentare i prezzi o ottenere maggiori quote di mercato attraverso nuovi o esistenti canali. Esso risulta importante da prendere in considerazione se un'impresa vorrà essere più reattiva o nel caso voglia aumentare la propria quota di mercato.
- *Sales Order Visibility Horizon*: esso indica l'intervallo di tempo che intercorre tra la conferma d'ordine del cliente e la data di consegna dei prodotti o i segnali della domanda dipendente dell'ordine. Solitamente tale orizzonte temporale risulta essere pari o maggiore al *customer tolerance time*, in generale però all'aumentare

di tale intervallo maggiore sarà la capacità dell'impresa di riconoscere eventuali picchi della domanda ed essere quindi pronta per soddisfarli.

- *External variability*: la variabilità esterna considera sia la variabilità della domanda che quella dell'offerta. La prima fa riferimento ai potenziali picchi o oscillazioni della domanda che possono prendere alla sprovvista un'azienda. Tale variabilità potrà essere alta, con prodotti e parti soggetti a frequenti picchi all'interno del tempo di tolleranza dei clienti; media, con picchi occasionali all'interno dei tempi di tolleranza dei clienti o bassa, domanda stabile con prodotti e parti con pochi o nessun picco. La seconda invece si riferisce alla puntualità con cui i fornitori consegnano le materie prime. Generalmente viene verificata confrontando la data promessa di arrivo con quella effettiva di ricezione. Anche in questo caso la variabilità potrà essere alta, con interruzioni o ritardi frequenti della fornitura; media, con interruzioni o ritardi occasionali oppure bassa, quando la fornitura è affidabile e puntuale.
- *Inventory Leverage and Flexibility*: esso fa riferimento all'effetto leva che si verrebbe a generare con la definizione di una distinta base dettagliata. Essa potrebbe far affiorare dei componenti che risulteranno essere critici, sui quali sarà importante valutare il possibile inserimento di un buffer. Possibili componenti critici potrebbero essere componenti condivisi tra più prodotti oppure caratterizzanti prodotti finiti con una domanda molto variabile.
- *Critical Operation Protection*: esso fa riferimento all'individuazione e protezione di risorse critiche quali macchinari con capacità ridotte, operazioni di assemblaggio che necessitano la presenza contemporanea di una molteplicità di prodotti, operazioni critiche le cui interruzioni comprometterebbero in maniera significativa l'attività aziendale. Il concetto di risorsa critica è presente anche nella "teoria dei vincoli" in cui il vincolo (*drum*) risulterà essere un'operazione critica che formerà un collo di bottiglia che dovrà continuamente essere alimentato.

Di seguito verrà presentato un esempio tratto dal manuale di Ptak e Smith (2016) che ci permetterà di approfondire e comprendere maggiormente come applicare in modo pratico i concetti appena presentati. Prima di fare ciò è necessario definire alcune tipologie di *lead time* che verranno utilizzate di seguito:



- *Manufacturing lead time (MLT)*: il tempo necessario per la produzione di ogni componente. Tale intervallo varierà a seconda che l'approccio risulti essere *make-to-stock* o *make-to-order*. Nel primo caso sarà l'intervallo tra il rilascio dell'ordine e l'arrivo dello stesso in azienda, nel secondo invece, l'intervallo tra il rilascio dell'ordine da parte del cliente che avvia la produzione e la consegna al cliente stesso.
- *Cumulative lead time (CLT)*: risulta essere la somma dei tempi del percorso più lungo e critico all'interno di una distinta base.
- *Purchasing lead time (PLT)*: il tempo necessario per ottenere un componente acquistato. Esso comprenderà al suo interno il tempo di preparazione e rilascio dell'ordine, il *lead time* del fornitore, tempi di consegna, ricezione ed ispezione.

Nella Figura 2.8 sono presenti le distinte basi di due prodotti finiti FPE ed FPF. I cerchi vicino ad ogni componente identificano il loro MLT o PLT, nel caso in cui siano delle materie prime acquistate esternamente. Per esempio, per il prodotto finito FPE ha un MLT pari a 2 giorni mentre il suo componente 205P ha un PLT di 20 giorni. Inoltre, per lo stesso prodotto il suo CLT è pari a 26 giorni (20 giorni del PLT dei componenti 205P e 204P + 4 giorni di MLT del componente 101 + 2 giorni del MLT del prodotto finito FPE). Per il prodotto FPF il suo CLT è invece pari a 27.

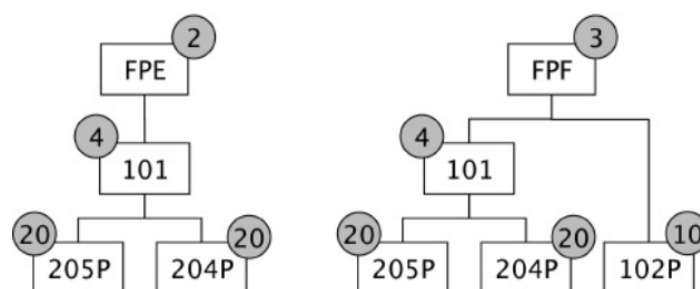


Figura 2.8: distinta base prodotti FPE ed FPF

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Nella Figura 2.9 invece è mostrato il ciclo di lavorazione di entrambi i prodotti. Vengono rappresentate la sequenza delle attività che si devono svolgere e i vari centri di lavoro coinvolti.

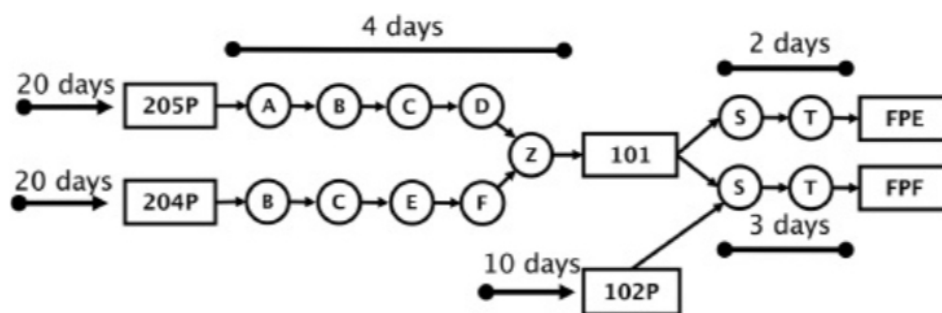


Figura 2.9: flusso produttivo dei prodotti FPE e FPF

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Da questa rappresentazione è possibile comprendere come per produrre il prodotto finito FPE siano necessari 2 giorni di lavorazioni nei centri di lavoro S e T, mentre per il prodotto finito FPF saranno necessari 3 giorni di lavorazioni nei medesimi centri.

La risorsa Z può essere definita un “punto di convergenza” ossia un punto dove diversi percorsi si uniscono, mentre il componente 101 risulta essere un “punto di divergenza”, ossia un punto dove tale parte è diretta in diversi percorsi di produzione che culmineranno in altrettanti diversi articoli finali.

Per riuscire a definire correttamente i vari punti di disaccoppiamento sono necessarie maggiori informazioni, in particolare bisogna considerare che il tempo di tolleranza della clientela per entrambi i prodotti è di tre giorni, così come l’orizzonte di visibilità degli ordini. In aggiunta, è necessario specificare come i clienti non siano disposti a pagare di più per gli articoli, ma il volume di vendita del prodotto FPE aumenterebbe se l’azienda riuscisse ad adempiere alle richieste in giornata. La variabilità esterna della domanda non è elevata, occasionalmente si verificano ordini di grandi dimensioni, però nel caso in cui si verificassero l’orizzonte di visibilità salirebbe a due settimane. La variabilità esterna lato fornitura, invece, pone in risalto che i fornitori dei componenti 205P e 204P sono affidabili e puntuali nelle consegne. Mentre il fornitore del componente 102P consegna abitualmente in ritardo (Ptak, Smith, 2016).

Noti i sei criteri che devono essere presi in considerazione per una corretta definizione dei punti di disaccoppiamento, verranno ora di seguito analizzati per determinare il corretto posizionamento dei vari punti lungo l’intero flusso produttivo dei due prodotti

presi in considerazione; tale analisi, infine, culminerà con i buffer posizionati come rappresentato nella Figura 2.10.

Il primo criterio da analizzare è il *customer tolerance time*, che risulta essere pari a 3 giorni. Affermare ciò significa che è necessario posizionare due punti di disaccoppiamento rispettivamente presso il componente 101 e 102P, essendo che entrambi saranno seguiti da una serie di lavorazioni con una durata massima di 3 giorni. Con riguardo il *market potential lead time*, ossia il secondo criterio, si prevede sia necessario posizionare un ulteriore punto di disaccoppiamento nel prodotto finito FPE poiché solo garantendo la continua disponibilità dello stesso, si riuscirà a soddisfare la richiesta della clientela in un unico giorno, aumentando sensibilmente i volumi di vendita.

Con il criterio di *sales order visibility* valgono le stesse precisazioni fatte riguardo il primo criterio, infatti si dovranno posizionare i due punti di disaccoppiamento presso i componenti 101 e 102P, in modo da garantire una corretta sincronizzazione tra la produzione interna e la domanda esterna.

Il quarto criterio da considerare è la variabilità esterna. Essa non è elevata, al di fuori di qualche picco occasionale il quale, in ogni caso, verrà presagito con un anticipo di circa due settimane. Di conseguenza, data una variabilità della domanda bassa e l'aver già posizionato un buffer presso il prodotto finito FPE in relazione agli interventi dettati dai criteri precedenti, non saranno necessari ulteriori punti di disaccoppiamento. Differente, invece, è la questione riguardante la variabilità della fornitura, in questo caso infatti è noto come il fornitore del componente 102P consegni il materiale abitualmente in ritardo. Di conseguenza sarà prudente per evitare situazione di *stock-out* posizionare un punto di disaccoppiamento nel componente 102P, già identificato dai criteri presi in rassegna precedentemente. I componenti 205P e 204P, invece, vengono approvvigionati dai fornitori rispettando i *lead time* stabiliti, di conseguenza non richiedono nessun intervento.

Il quinto criterio, *inventory leverage and flexibility*, identifica il componente 101 come un possibile candidato per il posizionamento di un punto di disaccoppiamento. Quest'ultimo infatti, essendo un "punto di divergenza", risulta essere un componente comune a entrambi i prodotti finiti, nonché una risorsa critica. È intuibile capire che sarà necessario posizionare un buffer presso di lui.

Infine, l'ultimo criterio da prendere in considerazione è la protezione delle operazioni critiche, che nel nostro caso fa riferimento alla risorsa Z, in quanto soggetta all'effetto frusta derivante dai 20 giorni di approvvigionamento dei componenti 204P e 205P e dagli ulteriori 4 giorni dedicati alle loro lavorazioni interne. Sebbene i fornitori di tali componenti risultano essere puntuali nelle consegne, è fondamentale in ogni caso stabilire un punto di disaccoppiamento in ognuno di essi, per evitare di non essere in possesso della quantità di materiale necessaria per garantire lo svolgimento delle varie attività lavorative. Infatti, se l'azienda non riuscisse a produrre la risorsa Z, l'intero ciclo produttivo si bloccherebbe causando squilibri gravi per l'azienda (Ptak, Smith, 2016). Al termine di tutta questa analisi si raggiungerà il posizionamento dei buffer nei punti di disaccoppiamento rappresentati nelle Figura 2.10.

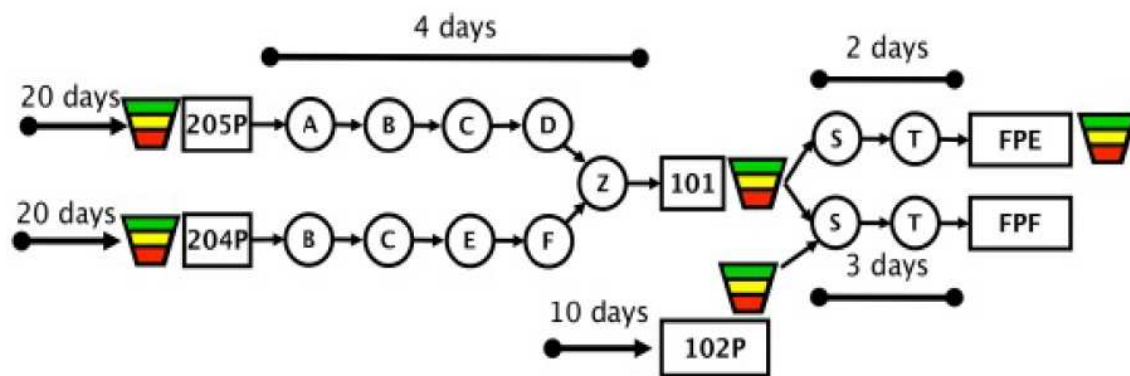


Figura 2.10: punti di disaccoppiamento all'interno del flusso produttivo dei prodotti FPE e FPF

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Con questa configurazione, i prodotti FPE potranno essere forniti in tempistiche brevi con la conseguente crescita della quota di mercato e del fatturato. In aggiunta, lo *stock* presente in FPE sarà minimizzato dal basso *lead time* dal buffer posizionato nel componente intermedio 101.

Il prodotto FPF potrà essere così elaborato con una logica *assemble-to-order*, per una serie di motivi: in *primis* sono presenti due buffer rispettivamente nei componenti 101 e 102P; la variabilità della domanda è bassa; ed infine, il buffer in FPE riduce il rischio di carenza di capacità dei centri di lavoro S e T che potrebbero influenzare negativamente il *lead time* di 3 giorni del prodotto.

Con ciò i punti di disaccoppiamento nei componenti 204P e 205P limiteranno al minimo la variabilità della fornitura da parte dei fornitori, garantiranno un continuo flusso di materiali per la produzione della risorsa critica Z e accorceranno in generale il *lead time* totale di produzione (Ptak, Smith, 2016).

L'utilizzo dei punti di disaccoppiamento introduce però un nuovo tipo di *lead time*, ossia il *decoupled lead time* (DLT), il quale viene definito come il percorso più lungo all'interno della distinta base non bufferizzato. L'MRP, infatti, possiede una limitazione intrinseca legata al solo riconoscimento di due tipologie di *lead time*: il *lead time* di produzione (MLT) e il *lead time* cumulativo (CLT) (Ptak, Smith, 2016). Il *lead time* produttivo presuppone la simultanea presenza di tutti i componenti per garantire la produzione del prodotto, ma come è già stato descritto precedentemente, si tratta di una situazione che difficilmente si verrà a verificare in quanto la variabilità si propagherà e vi sarà un continuo accumulo di ritardi. Di conseguenza, l'utilizzo del MLT porterà le aziende a sottostimare il tempo effettivamente trascorso. Il CLT, invece, essendo la sequenza temporale più lunga all'interno della distinta base del prodotto, per le assunzioni appena fatte comporterà una sovrastima dei tempi di consegna (Ptak, Smith, 2016). Nella Figura 2.11 è presentata la distinta base del prodotto FPB, dove i numeri all'interno dei quadrati neri identificano i *lead time* dei rispettivi componenti associati, mentre in giallo è segnato il CLT che risulta pari a 16. Il MLT del prodotto FPB invece sarà pari a 1.

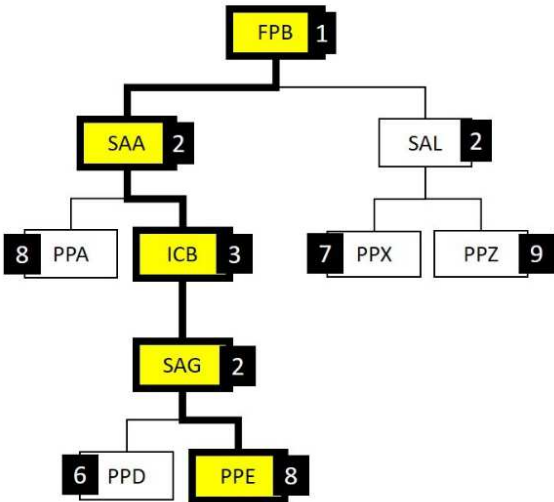


Figura 2.11: distinta base prodotto FPB con indicazione del CLT

Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/ddmrp-innovation-series-part-1-chad-smith>

È utile notare come inserendo i punti di disaccoppiamento le assunzioni verranno invalidate: i componenti disaccoppiati è normale presumere che siano disponibili nel momento in cui verrà rilasciato l'ordine.

Risulta quindi chiara la definizione appena esposta di DLT, il quale ragionevolmente si andrà a posizione nel mezzo tra il MLT, che risulta essere una sottostima del *lead time*, e il CLT, che risulta essere al contrario una sovrastima. Infatti, nella figura 2.12 è sempre rappresentata la distinta base del prodotto FPB, ma con indicati i punti di disaccoppiamento che determinano tre DLT diversi per tre componenti diversi. In questo esempio il DLT del prodotto FPB sarà pari a 3 (percorso giallo). Si può notare come il DLT risulti maggiore del MLT e minore del CLT del prodotto finito FPB.

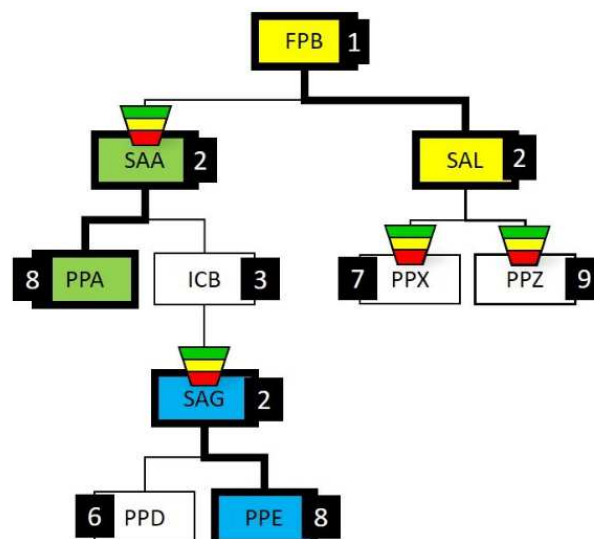


Figura 2.12: distinta base prodotto FPB con indicazione dei punti di disaccoppiamento e DLT

Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/ddmrip-innovation-series-part-1-chad-smith>

L'utilizzo del *decoupled lead time* comporterà quindi l'utilizzo di un *lead time* più realistico, nonché aiuterà i pianificatori a determinare le corrette tempistiche di rifornimento dei fabbisogni e dei livelli di giacenza dei vari buffer (Ptak, Smith, 2016).

Non è scontato che accada che le imprese, all'interno del proprio ciclo produttivo, presentino due prodotti i quali, nonostante rappresentati da una propria distinta base, condividano determinati componenti. In questa situazione il DLT risulta uno strumento estremamente forte se combinato con un altro strumento chiamato "matrice delle distinte basi". Si tratta di una matrice, come rappresentato nella Figura 2.13, all'interno della quale ogni colonna rappresenterà un componente padre, mentre in ogni riga

comparirà un componente figlio (o viceversa). L'incontro tra componente padre e figlio determina delle celle che identificheranno le varie interconnessioni tra le varie strutture dei diversi prodotti (Ptak, Smith, 2016). Grazie alla matrice si è posti davanti ad una rappresentazione chiara e schematica di quelli che sono i componenti condivisi tra le varie distinte basi. Tale strumento permetterà di determinare come un eventuale punto di disaccoppiamento in un punto condiviso possa influire nel DLT.

		Parent Items												
		FPA	FPB	FPC	101	102	201	203	207	202	301	303	310	306
Component Items	101		1											
	102			1										
	201	1			1	1								
	203	1												
	207				1									
	202					1								
	301						3							
	302P						3							
	303							1						
	310								1					
	306									1				
	305P									1				
	401P										3			
	402P											1		
	403P											1		
	410P												1	
411P												1		
404P													1	

Figura 2.13: matrice delle distinte basi  
 Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Non necessariamente tutti i componenti condivisi, messi in luce da questa matrice, ospiteranno un punto di disaccoppiamento, in quanto, verranno posizionati dei buffer solamente presso componenti che influenzeranno il DLT del componente padre, che nella Figura 2.13 risultano essere i componenti segnati con la casella in grigio. Il maggior numero di DLT che un componente condiviso impatterà, maggiore sarà il valore e l'effetto per l'intero ambiente del posizionamento di un punto di disaccoppiamento presso quel componente (Ptak, Smith, 2016).

In conclusione, è importante precisare come il DDMRP abbia una logica sottostante diversa rispetto all'MRP. Se in quest'ultimo a partire dalla domanda del prodotto finito si generavano a cascata tutti i fabbisogni dei suoi componenti sottostanti, definendo una serie di ordini dipendenti tra loro, con il DDMRP l'esplosione della distinta base si fermerà quando incontrerà un punto di disaccoppiamento. La gestione dei livelli di ogni buffer, argomento che verrà trattato successivamente, avverrà in maniera indipendente

l'uno con l'altro ed ogni catena di componenti della distinta base racchiusi all'interno di due buffer avrà i propri fabbisogni ed il proprio *decoupled lead time*.

## 2.4 Protect: Buffer profiles and levels

La seconda fase del DDMRP è rappresentata da un meccanismo che garantisce ai punti di disaccoppiamento di rimanere disaccoppiati, ossia i buffer. Essi saranno degli *stock* appositamente dimensionati, nonché il cuore dell'intero sistema (Ptak, Smith, 2016). I buffer perseguono tre obiettivi principali: assorbire gli shock derivanti dalla variabilità della domanda o offerta andando a ridurla o eliminarla; comprimere i *lead time* ed infine determinare le decisioni riguardanti il rilascio di ordini di fornitura.

I vari buffer dovranno contenere al loro interno la giusta quantità di materiale in modo da favorire il flusso di informazioni e materiali rilevanti, evitando che si venga a verificare lo stesso problema generato dai sistemi di pianificazione convenzionali in cui l'inventario tipicamente assumeva la forma di una distribuzione bimodale.

Il buffer, nel DDMRP, assumerà una struttura rappresentata nella Figura 2.14, caratterizzata dalle tre zone colorate (verde, giallo e rosso), ognuna delle quali perseguirà specifici scopi.

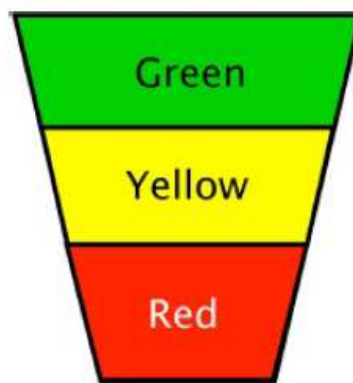


Figura 2.14: zone del buffer

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

La zona verde è il cuore del processo di generazione degli ordini di fornitura, essa determinerà la frequenza media e la dimensione degli ordini e potrà essere determinata



utilizzando tre fattori diversi. In generale, il risultato maggiore sarà la dimensione della zona in questione (Ptak, Smith, 2016).

La zona gialla, a sua volta, svolge la funzione di copertura dell'inventario del buffer durante il *lead time* di rifornimento.

Infine, la zona rossa ha come obiettivo quello di mitigare gli effetti della variabilità e gli eventuali ritardi nella ricezione degli ordini. Essa è determinata dalla somma di due parti distinte: la zona rossa di base e la zona rossa di sicurezza (Ptak, Smith, 2016).

Ogni zona del buffer verrà calcolata utilizzando determinati valori in relazione al gruppo, chiamato "profilo di buffer", a cui verrà assegnato.

I vari profili di buffer, attributi e le formule da utilizzare per il calcolo delle zone verranno approfonditi nelle pagine seguenti.

#### *2.4.1 Profili di buffer*

Un profilo di buffer è un raggruppamento di parti che hanno caratteristiche simili, in grado di gestire in modo pratico ed efficace una grande quantità di parti disaccoppiate (Ptak, Smith, 2016). Un'azienda generalmente ha tanti prodotti e componenti diversi tra loro, ognuno dei quali si comporterà in modo diverso dagli altri. Molti di essi, però, si comportano allo stesso modo. In questo modo, definendo un profilo di buffer che rispetta determinate regole e procedure si riesce a gestire tutte queste parti più facilmente. È fondamentale precisare, però, che questi profili di buffer non raggruppano prodotti con caratteristiche fisiche e di mercato simili, ma raggruppano prodotti o componenti che avranno in comune tre fattori specifici: tipologia del componente, *lead time* e variabilità (Ptak, Smith, 2016).

La tipologia di componente viene presa in esame, in quanto è indispensabile definire, in ottica di raggruppamento, se l'elemento è un prodotto finito, un semilavorato, una materia prima acquistata oppure distribuita. Distinguere i vari elementi permette di arginare il problema per cui il loro controllo viene assegnato a persone o gruppi diversi, evidenziando come la conoscenza specifica di quel particolare elemento la possiede chi lo gestisce in prima persona. Anche il livello di controllo che l'organizzazione esercita sui vari componenti varierà in base alla tipologia, infatti, si avrà un controllo differente a seconda che sia un componente acquistato oppure prodotto internamente.

Generalmente, come esposto da Ptak e Smith (2016) all'interno del proprio libro, i prodotti finiti verranno identificati con la lettera "M" (*Manufactured*), i semilavorati con la lettera "I" (*Intermediate*), le materie prime acquistate con la lettera "P" (*Purchased*) ed infine le materie prime distribuite con la lettera "D" (*Distributed*).

Il secondo fattore, invece, è il *lead time*, il quale viene suddiviso in almeno tre categorie: corto (S), medio (M) e lungo (L). Il *lead time* che verrà preso in considerazione sarà quello disaccoppiato. L'assegnazione di una categoria piuttosto che un'altra dipenderà dalla tipologia di prodotto e dal mercato in cui l'azienda opera. Ad ogni categoria verrà inoltre assegnato un valore numerico, il quale verrà utilizzato per calcolare la dimensione di alcune zone del buffer. Ptak e Smith (2016) hanno indicato come ad un componente con un *lead time* lungo verrà assegnato un valore compreso tra 0,2 e 0,4; in caso di un componente con *lead time* medio tra 0,41 e 0,6 ed infine in caso di un componente con *lead time* breve un valore tra 0,61 e 1. Risulta facile notare come all'aumentare del *lead time*, minore è il coefficiente numerico che verrà associato. Tale fattore verrà utilizzato, per esempio, per il calcolo della zona verde. Più piccolo è il fattore minore sarà la dimensione della zona verde. Si noti che tale zona determina la dimensione e la frequenza media dell'ordine, di conseguenza all'aumentare del *lead time* gli ordini saranno più piccoli e più frequenti. Questo approccio potrebbe risultare essere in contraddizione con le pratiche convenzionali adottate dai pianificatori, i quali in presenza di componenti con un *lead time* elevato, preferiscono effettuare ordini di grandi dimensioni con diversi mesi di anticipo per garantire che sia disponibile la quantità necessaria per tempo. Il DDMRP invece adottando un approccio contrario garantisce una maggiore protezione del flusso di informazioni e materiali, ed inoltre, garantisce un segnale ai fornitori a monte più costante ed in linea con i reali fabbisogni.

Infine, il terzo fattore che deve essere considerato è la variabilità, sia dal punto di vista della domanda che della fornitura. In entrambi i casi, analogamente al *lead time*, la variabilità viene classificata in tre categorie diverse: alta (H), media (M) e bassa (L). Ad ognuna di queste categorie verrà assegnato un valore che fungerà da fattore moltiplicativo per il calcolo delle varie zone (Ptak, Smith, 2016). Anche in questo caso, la scelta riguardante la categoria di variabilità da assegnare ad ogni componente varierà in relazione alla tipologia, per esempio, un prodotto acquistato sarà maggiormente

influenzato dalla variabilità della fornitura, mentre un prodotto finito da quella della domanda e al mercato in cui opera l'azienda. Sarà il personale che di volta in volta effettuerà la corretta suddivisione. I valori assegnati per ogni categoria sono simili agli intervalli di valori del *lead time*. In presenza di bassa variabilità l'intervallo di valori sarà compreso tra 0 e 0,4; in presenza di media variabilità l'intervallo sarà tra 0,41 e 0,60 ed infine nel caso in cui la variabilità fosse alta l'intervallo in questione sarà compreso tra 0,61 e 1 (Ptak, Smith, 2016).

Dall'intersezione dei tre parametri appena presentati, ossia tipologia prodotto, *lead time* e variabilità, si determinano 36 profili differenti di buffer come rappresentato nella Figura 2.15. Ogni codice, che identifica il profilo di buffer, è caratterizzato da tre lettere: la prima definisce la tipologia del componente, la seconda il *lead time* ed infine la terza la categoria di variabilità. Per esempio, il codice "PLM", identifica un buffer contenente un prodotto acquistato (*purchased*, "P"), caratterizzato da un *lead time* lungo (*long*, "L") e da una variabilità media (*medium*, "M").

		Part Type					Variability Category
		Purchased	Manufactured	Distributed	Intermediate		
Lead Time Category	Short	PSL	MSL	DSL	ISL	Low	
		PSM	MSM	DSM	ISM	Medium	
		PSH	MSH	DSH	ISH	High	
	Medium	PML	MML	DML	IML	Low	
		PMM	MMM	DMM	IMM	Medium	
		PMH	MMH	DMH	IMH	High	
	Long	PLL	MLL	DLL	ILL	Low	
		PLM	MLM	DLM	ILM	Medium	
		PLH	MLH	DLH	ILH	High	

Figura 2.15: combinazione dei profili di buffer

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

#### 2.4.2 Attributi individuali dei buffer

Dopo aver definito il profilo del buffer è necessario valutare gli attributi delle singole parti stoccate. Questi attributi sono: il *lead time*, la quantità minima di riordino (MOQ), la localizzazione ed infine il consumo medio giornaliero (ADU).

Il primo attributo elencato è il *lead time*, che come già ampiamente specificato precedentemente va inteso come il *decoupled lead time*.

Il secondo attributo, il MOQ o quantità minima di riordino, risulta essere la quantità minima che un fornitore è disposto ad accettare per un qualsiasi ordine effettuato. Il suo livello impatterà in modo significativo nei vari livelli del buffer.

Il terzo attributo fa riferimento alla localizzazione geografica delle varie parti, tale parametro verrà trattato solo nel caso in cui si facesse riferimento ad un distributore, ma non sarà l'oggetto di questa tesi.

Infine l'ultimo parametro elencato è il consumo medio giornaliero o *Average daily usage* (ADU). L'ADU identifica il tasso di utilizzo medio giornaliero di una determinata parte e risulta essere un elemento fondamentale per il calcolo delle tre zone del buffer. Per determinare tale valore è necessario considerare alcuni fattori (Ptak, Smith, 2016):

- la durata del periodo che si prende in considerazione;
- la frequenza di aggiornamento;
- la decisione di prendere in considerazione un periodo passato o futuro oppure un mix di entrambi;

Essendo l'ADU un valore risultante dalle media di una serie di valori, la scelta dell'orizzonte temporale da prendere in considerazione è focale, in quanto, se l'orizzonte è breve il risultato rispecchierà maggiormente la situazione reale ma sarà maggiormente soggetto a repentine variazioni. Al contrario, se si calcola una media su un orizzonte temporale troppo lungo, il risultato sarà un valore molto piatto che non rispecchierà le effettive variazioni della domanda nel tempo (Ptak, Smith, 2016). Questo viene rappresentato nella Figura 2.16, in cui viene definito l'andamento della ADU con un orizzonte temporale di 1, 12 e 52 settimane. È facile notare come l'andamento è molto variabile se l'orizzonte scelto è una settimana, che si distingue da un andamento totalmente piatto in vista di un orizzonte molto più lungo pari a 52 settimane. La scelta dell'orizzonte temporale dovrà rispecchiare l'effettiva capacità dell'azienda di colmare le variazioni che si vengono a verificare nel consumo, infatti, alcune aziende non avranno una copertura di materiale tale da gestire le elevate fluttuazioni che si vengono a generare nel caso in cui l'orizzonte scelto sia pari ad una settimana.

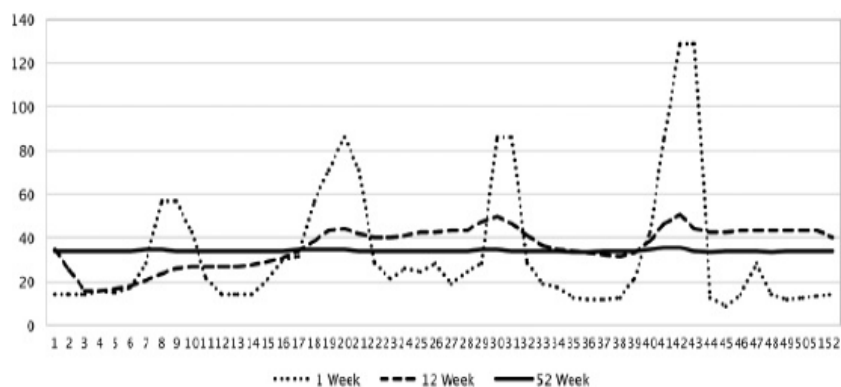


Figura 2.16: diversi andamenti dell'ADU in relazione all'orizzonte temporale

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

A seguito della decisione dell'orizzonte temporale che si utilizzerà, risulta fondamentale stabilire anche la frequenza con cui si aggiornerà il calcolo. Ptak e Smith (2016) spiegano come l'aggiornamento, se effettuato di rado, causi delle variazioni di grandi dimensioni e favorirebbe il generarsi dell'effetto frusta. Di conseguenza, essi propongono che sia più opportuno effettuare un aggiornamento dei calcoli molto frequentemente per garantire stabilità all'intero sistema.

Infine, un'ultima considerazione riguarda la tipologia di orizzonte temporale considerato. Esso, infatti, potrà essere un orizzonte passato, futuro oppure un orizzonte misto in cui si utilizzano sia dati storici che previsioni future. L'utilizzo di dati storici potrebbe non rendere visibili eventuali picchi o cali repentini della domanda; mentre, l'utilizzo delle previsioni, come anticipato nel primo capitolo, comporta errori sistematici. Per questo motivo, come rappresentato nella Figura 2.17 e da quanto esposto dagli autori Ptak e Smith (2016), l'approccio migliore risulta essere quello di utilizzare un mix di dati storici e di dati derivanti da previsioni future, poiché restituirebbe un risultato molto più vicino alla domanda effettiva. È fondamentale precisare come il DDMRP utilizzi dati previsionali, i quali però, non verranno utilizzati per la determinazione degli ordini, come verrà spiegato di seguito, ma per determinare delle condizioni di contorno del sistema.

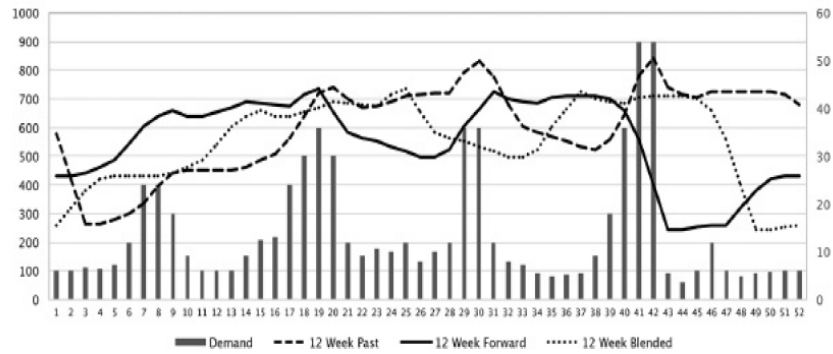


Figura 2.17: confronto tra ADU calcolata con dati storici, previsionali o mix di entrambi

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

### 2.4.3 Calcolo delle zone e livelli dei buffer

I buffer, come spiegato precedentemente, sono costituiti da tre zone, ognuna delle quali persegue uno scopo specifico e avrà una propria dimensione derivante dalla combinazione degli attributi assegnati al buffer in relazione al profilo di appartenenza.

- Zona Verde: il dimensionamento della zona verde avviene tramite la risoluzione di tre equazioni. Il maggior risultato derivante dalle stesse sarà il valore assegnato alla zona (Ptak, Smith, 2016):

1. Nel caso in cui venga imposto o si desidera che tra i vari ordini incorra un determinato numero di giorni il calcolo da effettuare sarà :

$$ADU \times \text{ciclo di ordine imposto o desiderato.}$$

2. Utilizzando il *decoupled lead time*:

$$DLT \times ADU \times \text{fattore di lead time (LTF).}$$

3. Se il fornitore definisce uno specifico MOQ, esso dovrà essere confrontato con il risultato delle altre due equazioni per stabilire il dimensionamento della zona.

- Zona Gialla: il dimensionamento di questa zona avverrà solo ed esclusivamente utilizzando la seguente equazione (Ptak, Smith, 2016):

$$ADU \times DLT.$$

- Zona Rossa: il dimensionamento della zona rossa si basa sulla risoluzione di tre equazioni, le quali definiranno rispettivamente la “zona rossa di base”, la “zona rossa di sicurezza” ed infine la “zona rossa totale” (Ptak, Smith, 2016):

1. Zona Rossa di base:

$$ADU \times DLT \times LTF.$$

2. Zona Rossa di sicurezza:

$$\text{Zona rossa di base} \times \text{fattore di variabilità (VF)}.$$

3. Zona rossa totale:

$$\text{Zona rossa di base} + \text{Zona rossa di sicurezza}.$$

Per facilitare la comprensione di queste formule di seguito verrà presentato un esempio. Nella Figura 2.18 sono presenti i dati relativi al componente “A”, un prodotto acquistato esternamente, il cui *lead time* è medio (fattore di lead time assegnato pari a 0,5) e caratterizzato da una variabilità bassa (fattore di variabilità assegnato pari a 0,3), il cui profilo di buffer è “PML”.

Avarage Daily Usage (ADU)	20
Profilo di buffer	P, M (0,5), L (0,3)
MOQ	50
Ciclo di ordine imposto o desiderato	4 giorni
<i>Decoupled Lead</i> (DLT)	10 giorni

Figura 2.18: informazioni riguardanti il componente A

Fonte: elaborazione personale

La zona verde del buffer, la quale ricordiamo determinerà la frequenza e la dimensione degli ordini, sarà il maggiore dei valori derivanti dalle tre equazioni presentate precedentemente:

1. Utilizzando il ciclo di ordine imposto o desiderato:

$$ADU \times \text{ciclo di ordine imposto o desiderato} = 20 \times 4 = 80.$$

2. Utilizzando il *decoupled lead time*:

$$DLT \times ADU \times LTF = 10 \times 20 \times 0,5 = 100.$$

3. MOQ = 50.

Dal confronto dei tre risultati ottenuti la dimensione della zona verde sarà pari a 100.

La zona gialla che svolge la funzione di copertura dell'inventario del buffer, si calcherà nel seguente modo:

$$\text{Zona Gialla} = ADU \times DLT = 20 \times 10 = 200.$$

Infine, si calcherà la zona rossa la quale dovrà mitigare gli effetti della variabilità e gli eventuali ritardi nella ricezione degli ordini ed è caratterizzate da due zone:

$$\text{Zona Rossa di Base} = ADU \times DLT \times LTF = 20 \times 10 \times 0,5 = 100;$$

$$\text{Zona Rossa di Sicurezza} = \text{Zona Rossa di Base} \times \text{Fattore di variabilità} = 100 \times 0,3 = 30;$$

$$\text{Zona Rossa} = \text{Zona Rossa di Base} + \text{Zona Rossa di Sicurezza} = 100 + 30 = 130.$$

Al termine di tutti i calcoli sarà possibile determinare l'estremità superiore chiamata "top of green" (TOG), determinata dalla somma delle 3 zone, nel nostro esempio sarà pari a 430, ossia Zona Verde (100) + Zona Gialla (200) + Zona Rossa (130).

Una volta effettuati i calcoli presentati sarà possibile effettuare delle analisi riguardanti il comportamento dei componenti, per esempio:

- Dal rapporto tra la Zona Verde e l'ADU si determinerà la frequenza media con cui si effettueranno gli ordini. Nel nostro caso sarà pari a 5 giorni in quanto:

$$\text{Zona Verde (100) / ADU (20) = 5 giorni.}$$

- Dal rapporto tra la Zona Rossa e l'ADU si determineranno i giorni di sicurezza del buffer. Riguardo al nostro esempio saranno 6 o 7 giorni:

$$\text{Zona Rossa (130) / ADU (20) = 6,5 giorni.}$$



Di conseguenza, il buffer riuscirà ad assorbire variabilità e ritardi per 6/7 giorni.

- Dal rapporto tra Zona Gialla e Zona Verde si determinerà il numero medio di ordini aperti contemporaneamente. Nel nostro caso saranno 2:

$$\text{Zona Gialla (200) / Zona Verde (100) = 2 ordini.}$$

Operativamente potrebbe risultare più agevole, nel caso in cui si svolgessero i calcoli manualmente, calcolare per prima la Zona Gialla e successivamente la Zona Verde e Rossa, in quanto quest'ultime saranno una percentuale della Zona Gialla. Inoltre, il profilo assegnato al buffer influisce molto nella determinazione delle varie zone.

I calcoli appena presentati identificano la tipologia di buffer predominante all'interno del DDMRP. Essa risulta essere una delle tre possibili alternative che si possono utilizzare. Infatti, un'ulteriore tipologia, anziché avere dei buffer formati da tre zone dinamiche determinate con particolari fattori e che si potranno modificare nel tempo, utilizzerà dei buffer con tre zone statiche e sottoposte a determinati vincoli. In aggiunta, vi è un'ulteriore tipologia, ossia i buffer Min-Max, i quali hanno solamente due zone, una verde ed una rossa, le quali vengono dimensionate in modo simile alla tipologia di buffer presentata nelle pagine precedenti. La logica sottostante a quest'ultima tipologia, però, risulta essere molto simile alla logica del punto di riordino (Ptak, Smith, 2016).

## **2.5 Protect: Dynamic adjustments**

Nel precedente paragrafo sono state presentate le varie formule da utilizzare per definire la dimensione delle tre zone che compongono i buffer. Tale dimensionamento, però, dovrà essere dinamico per rispondere ai continui cambiamenti con cui le attuali *supply chain* devono confrontarsi (Ptak, Smith, 2016). Se varia un fattore che determina il dimensionamento del buffer è fondamentale che vengano aggiornati tutti i buffer interessanti per mantenerli al passo del contesto in cui devono operare. Gli aggiornamenti dei fattori potranno essere effettuati attraverso ricalcoli automatici oppure tramite modifiche pianificate (Ptak, Smith, 2016).

Come già spiegato precedentemente, l'ADU ed il *lead time* sono i due principali parametri che impattano sulla definizione di tutte e tre le zone del buffer. In particolare modo l'ADU risulta essere il fattore che maggiormente tende a cambiare e che dovrà essere aggiornato in modo sistematico. Prendendo come spunto un esempio presente nel libro di Ptak e Smith (2016), si riuscirà a comprendere maggiormente come la modifica di tale parametro impatti sul dimensionamento dei buffer.

Nella Figura 2.19 è presente una tabella contenente tutti i valori del nostro componente utilizzato come esempio. Risulta facile riscontrare come tutti i parametri risultano essere statici a differenza dell'ADU che varia. In questo modo si ha la possibilità di verificare l'impatto che la modifica di tale parametro ha sul dimensionamento dei buffer che è visibile nella Figura 2.20.

Date	Red	Yellow	Green	ADU	Red Base	Red Safety	DLT	LTF	VF
1-Jan	70	100	50	10	50	20	10	0.5	0.4
15-Jan	84	150	75	15	75	30	10	0.5	0.4
1-Feb	128.8	230	115	23	115	46	10	0.5	0.4
15-Feb	212.8	380	190	38	190	76	10	0.5	0.4
1-Mar	252	450	225	45	225	90	10	0.5	0.4
15-Mar	291.2	520	260	52	260	104	10	0.5	0.4
1-Apr	308	550	275	55	275	110	10	0.5	0.4
15-Apr	324.8	580	290	58	290	116	10	0.5	0.4
1-May	302.4	540	270	54	270	108	10	0.5	0.4
15-May	313.6	560	280	56	280	112	10	0.5	0.4
1-Jun	324.8	580	290	58	290	116	10	0.5	0.4
15-Jun	296.8	530	265	53	265	106	10	0.5	0.4

Figura 2.19: informazioni riguardanti il componente

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

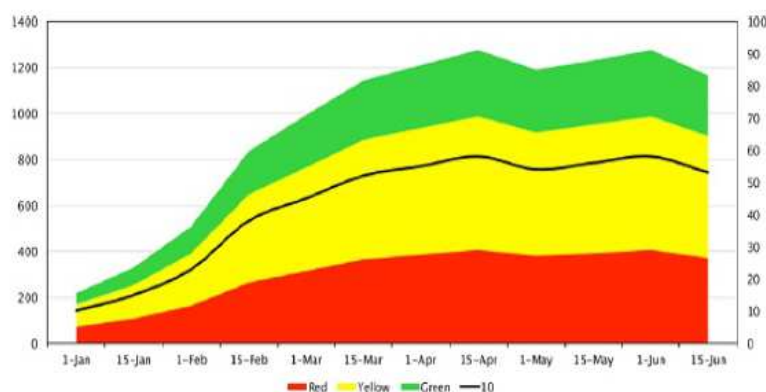


Figura 2.20: aggiustamento del buffer a seguito di una modifica dell'ADU

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Dalla rappresentazione è facile verificare come un aumento costante dell'ADU vi sia corrisposta un aggiustamento dei buffer che varierà in modo sincrono.

In seguito, l'esempio procede analizzando il comportamento del buffer in risposta alla modifica del *lead time* e il fattore di *lead time* associato, come è possibile vedere nella Figura 2.21. Data la contrazione del *lead time* da 10 a 5 il fattore associato aumenterà da 0,5 a 0,7 in quanto si modificherà il profilo del buffer da un *lead time* di lunghezza media a corta.

Date	Red	Yellow	Green	ADU	Red Base	Red Safety	DLT	LTF	VF	MOQ	Green (LTF)
1-Jan	70	100	50	10	50	20	10	0.5	0.4	0	50
15-Jan	84	150	75	15	75	30	10	0.5	0.4	0	75
1-Feb	128.8	230	115	23	115	46	10	0.5	0.4	0	115
15-Feb	212.8	380	190	38	190	76	10	0.5	0.4	0	190
1-Mar	252	450	225	45	225	90	10	0.5	0.4	0	225
15-Mar	291.2	260	182	52	182	72.8	5	0.7	0.4	0	182
1-Apr	308	275	192.5	55	192.5	77	5	0.7	0.4	0	192.5
15-Apr	324.8	290	203	58	203	81.2	5	0.7	0.4	0	203
1-May	302.4	270	189	54	189	75.6	5	0.7	0.4	0	189
15-May	313.6	280	196	56	196	78.4	5	0.7	0.4	0	196
1-Jun	324.8	290	203	58	203	81.2	5	0.7	0.4	0	203
15-Jun	296.8	265	185.5	53	185.5	74.2	5	0.7	0.4	0	185.5

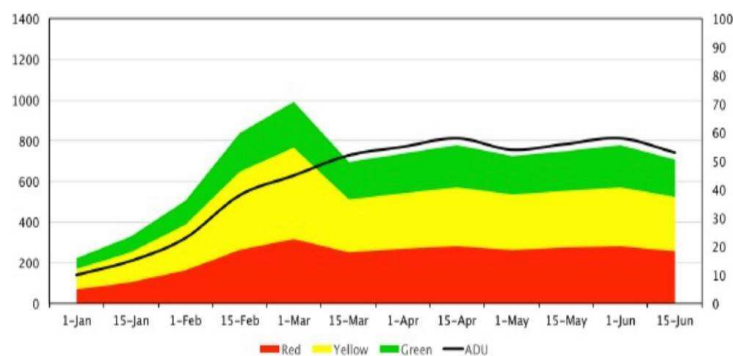


Figura 2.21: aggiustamento del buffer in seguito ad una diminuzione del *lead time*

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Come indicato dalle caselle con sfondo grigio, la modifica del *lead time* impatta sulla dimensione di tutte e tre le zone, a seguito della sua contrazione, infatti, la dimensione totale del buffer diminuirà.

Infine, la figura 2.22, mostra gli effetti sul buffer dell'introduzione di un MOQ pari 400 dal 15 Aprile in poi. Esso impatterà in modo diretto sul dimensionamento della zona verde la quale aumenta considerevolmente, poiché tale valore risulta essere maggiore

del valore calcolato utilizzando il *lead time*, dato presente nell'ultima colonna della tabella in figura.

Date	Red	Yellow	Green	ADU	Red Base	Red Safety	DLT	LTF	VF	MOQ	Green (LTF)
1-Jan	70	100	50	10	50	20	10	0.5	0.4	0	50
15-Jan	84	150	75	15	75	30	10	0.5	0.4	0	75
1-Feb	128.8	230	115	23	115	46	10	0.5	0.4	0	115
15-Feb	212.8	380	190	38	190	76	10	0.5	0.4	0	190
1-Mar	252	450	225	45	225	90	10	0.5	0.4	0	225
15-Mar	353.6	260	182	52	130	91	5	0.5	0.7	0	182
1-Apr	374	275	192.5	55	137.5	96.25	5	0.5	0.7	0	192.5
15-Apr	394.4	290	400	58	145	101.5	5	0.5	0.7	400	203
1-May	367.2	270	400	54	135	94.5	5	0.5	0.7	400	189
15-May	380.8	280	400	56	140	98	5	0.5	0.7	400	196
1-Jun	394.4	290	400	58	145	101.5	5	0.5	0.7	400	203
15-Jun	360.4	265	400	53	132.5	92.75	5	0.5	0.7	400	185.5

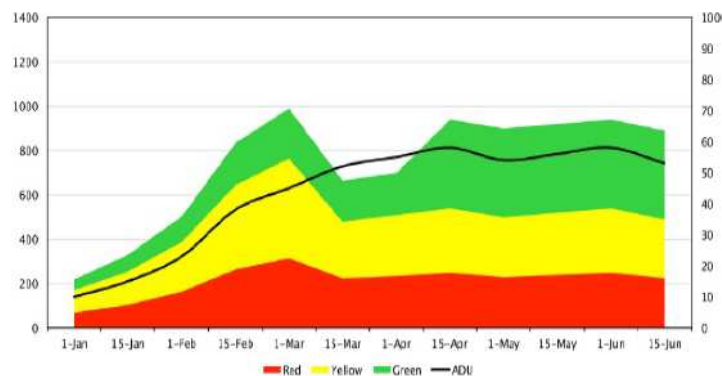


Figura 2.22: aggiustamento del buffer in seguito dell'introduzione di un MOQ

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

I buffer possono inoltre essere manipolati attraverso degli aggiustamenti pianificati. Con il termine “pianificati”, si vuole intendere l'insieme degli aggiustamenti che si baseranno su strategie certe, fattori storici o nuove opportunità. Tali aggiustamenti pianificati potranno avvenire manipolando input relativi alla domanda, al ridimensionamento delle zone e al *lead time*.

La prima modalità di manipolazione pianificata è quella effettuata utilizzando il DAF (*Demand Adjustment Factor*), esso risulterà essere un coefficiente che andrà a modificare l'ADU in un intervallo di tempo predefinito. Tale manipolazione dovrà essere effettuata se basata su dati storici solidi oppure per reagire in modo rapido a cambiamenti della domanda che si verificheranno in periodi molto brevi (Ptak, Smith, 2016). Il DAF non dovrà essere utilizzato in modo indiscriminato, in quanto i buffer sono di per sé strutturati per mitigare la variabilità della *supply chain* ed assorbire i diversi

cambiamenti che si verranno a verificare. È possibile però che in particolari situazioni si venga a verificare delle variazioni nella domanda troppo ampie e repentine che il buffer non riuscirà a gestire e di conseguenza ne minerà la sua efficacia. Per esempio, si potrebbe verificare un aumento elevato e repentino della domanda, che il buffer non sarà in grado di gestire. In questo caso sarà opportuno aumentare la dimensione del buffer. Al contrario, se si verifica una diminuzione considerevole della domanda tale da generare eccessi di materiale all'interno dei buffer, l'adeguamento dovrà comportare una diminuzione della sua dimensione. Ciò è possibile vederlo nella Figura 2.23 in cui è rappresentato un esempio di applicazione del DAF. Nella parte superiore è rappresentato il dimensionamento del buffer di un componente durante un intervallo di tempo lungo 52 settimane, esso risulta avere un andamento molto stabile e lineare. Nella parte inferiore, invece, viene rappresentato l'andamento della dimensione del buffer a seguito dell'introduzione del DAF, dalla settimana 13 alla 25 (Ptak, Smith, 2016). Se il coefficiente assumerà un valore maggiore di 1 la dimensione del buffer aumenterà, al contrario se il valore sarà inferiore ad 1 la dimensione diminuirà

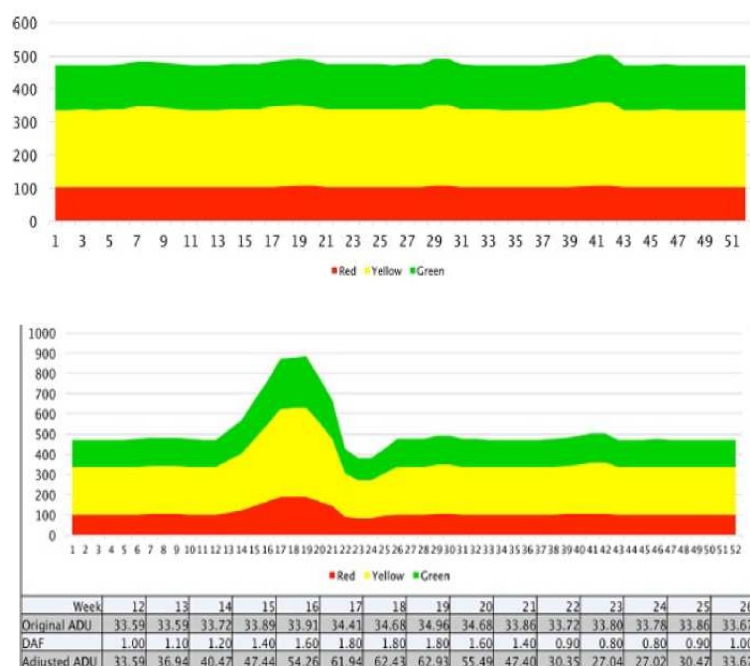


Figura 2.23: aggiustamento pianificato del buffer utilizzando il DAF

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Per esempio, nella settimana 19 è stato applicato un DAF pari ad 1.80 all'ADU originaria di 34,96, determinando una nuova ADU aggiustata di 62,93. Per fronteggiare un

aumento della domanda quindi, è stato utilizzato un DAF tale da aumentare la dimensione del buffer e di seguito il sistema, prevedendo una compressione della stessa ha diminuito la dimensione del buffer, con un coefficiente inferiore ad 1.

Il DAF viene utilizzato in particolar modo quando si introduce o si elimina un prodotto nel mercato ed in relazione a ciò si determinerà un corrispettivo aumento o diminuzione della grandezza del buffer. Nel caso in cui avviene l'introduzione di un nuovo prodotto si stabilirà un valore al DAF che crescerà gradualmente da 0 a 1, per garantire che il buffer abbia una crescita proporzionale alla crescita della domanda. Al contrario, in caso di eliminazione di un prodotto dal mercato, il valore assegnato al DAF decrescerà da 1 a 0 (Ptak, Smith, 2016). Entrambe le situazioni sono rappresentate nella figura 2.24.

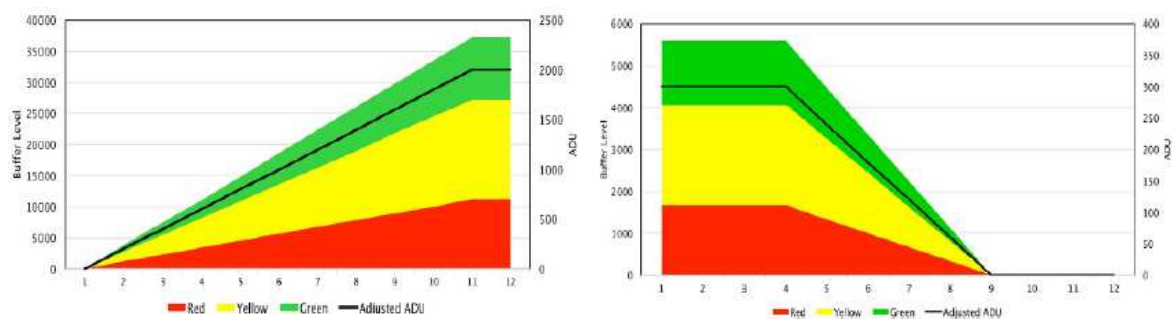


Figura 2.24: utilizzo del DAF per gestire introduzione ed eliminazione di un prodotto

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Unendo queste due pratiche si potrà agevolmente gestire anche la transizione tra un vecchio prodotto ed uno nuovo che lo sostituirà. Operativamente si applicherà un DAF che diminuirà gradualmente all'ADU del prodotto che dovrà essere sostituito e contemporaneamente un DAF che aumenterà gradualmente all'ADU del nuovo prodotto che lo dovrà sostituire. In questo modo si riuscirà a garantire un passaggio molto più fluido tra le due versioni.

Infine, un ultimo possibile utilizzo del DAF avviene per la gestione dei buffer di prodotti soggetti a stagionalità. Molte aziende hanno prodotti che vengono venduti maggiormente in determinati periodi, anziché in altri dove le vendite sono pari a zero, ne sono un esempio gelati o panettoni. L'utilizzo del DAF per la gestione di questi buffer particolari è sottesa ad una serie di fattori che dovranno essere presi in considerazione, in particolare: la lunghezza e l'impatto della stagionalità, la lunghezza del periodo utilizzato per il calcolo dell'ADU, la tipologia del periodo (passato, futuro, misto)

utilizzato per il calcolo dell'ADU, il *lead time* di componenti critici ed infine la capacità delle risorse.

Vi sono altre due modalità di aggiustamenti pianificati dei buffer: una che prevede una manipolazione diretta delle zone del buffer e la seconda, invece, la manipolazione del *lead time*.

Nel primo caso, avendo le tre zone fini diversi è possibile intervenire singolarmente su ognuna di esse per gestire in modo migliore alcune situazioni che si potrebbero venire a crearsi. Per esempio, aumentare la zona verde per contemporaneamente diminuire la frequenza degli ordini e aumentarne la loro dimensione. Oppure, incrementare la zona gialla temporaneamente per avere una maggiore copertura in risposta ad una promozione pianificata nel breve termine. O ancora, una modifica della zona rossa per contrastare un cambiamento noto o pianificato della variabilità che non permetterebbe nessun cambiamento del profilo generale del buffer (Ptak, Smith, 2016).

Nel secondo caso, invece, si modificherà il *lead time* di una parte o gruppo di parti, non necessariamente dello stesso profilo di buffer, quando è noto un aumento dello stesso per un determinato periodo di tempo (Ptak, Smith, 2016).

## **2.6 Pull: Demand Driven Planning**

Il quarto componente del DDMRP è il *Demand Driven Planning*, una metodologia intuitiva che ha l'obiettivo di generare degli ordini di fornitura. I buffer quindi, oltre a perseguire l'obiettivo di comprimere il *lead time* e la variabilità lungo l'intera *supply chain*, possono anche essere utilizzati come strumento per la gestione degli ordini di fornitura. In questo modo, essi garantiranno al sistema di creare, promuovere, proteggere e determinare il flusso di informazioni e materiali rilevanti, permettendogli di perseguire il suo obiettivo principale (Ptak, Smith, 2016). Per fare in modo che tutto ciò avvenga risulta indispensabile che la giusta quantità di materiali sia disponibile nell'istante corretto. I pianificatori, di conseguenza, dovrebbero basare il loro operato su informazioni affidabili che gli permettano di prendere le decisioni giuste. Come già ampiamente spiegato precedentemente, l'utilizzo delle previsioni non risulta essere la strada corretta da percorrere, in quanto il miglior segnale possibile della domanda dei

clienti risultano essere i loro effettivi ordini. Il DDMRP baserà l'intero suo operato sull'effettiva domanda del cliente, infatti la dicitura *Demand Driven* definisce la principale innovazione tra il DDMRP e l'MRP tradizionale. Tali termini definiscono l'abilità di riconoscere i cambiamenti della domanda dei clienti ed adattarvi in tempo reale la pianificazione e la produzione (Ptak, Smith, 2016). L'utilizzo dei punti di disaccoppiamento ed i buffer rende possibile, a differenza di quanto avveniva nelle metodologie convenzionali, utilizzare gli effettivi ordini della clientela come input dell'equazione di pianificazione di ogni buffer. Questa equazione viene chiamata *Net Flow Equation*.

La *Net Flow Equation* fornisce un segnale, sia in termini temporali che quantitativi, che definisce se risulta necessario o meno effettuare un ordine per rifornire un buffer (Ptak, Smith, 2016). Questa equazione risulta essere un elemento innovativo introdotto dal DDMRP che dovrà essere calcolata ogni giorno in ogni buffer.

La *Net Flow Equation* risulta essere (Ptak, Smith, 2016):

$$\textit{On-hand} + \textit{on-order} - \textit{qualified sales order demand} = \textit{net flow position}.$$

Se la *Net Flow Position* (NFP), calcolata in riferimento ad un buffer al termine della giornata, risulta essere inferiore alla sua zona verde e all'interno della sua zona gialla, la differenza tra tale posizione e il suo margine superiore, il *Top Of Green* (TOG), determinerà la quantità che si dovrà ordinare.

L'equazione risulta essere composta da tre elementi (Ptak, Smith, 2016):

- *On-hand*: la quantità di materiale fisicamente disponibile all'interno del magazzino.
- *On-order*: la quantità di materiale già ordinata, indipendentemente dal tempo in cui gli ordini sono stati effettuati, ma non ancora ricevuta.
- *Qualified sales order demand*: tale valore risulta essere la somma degli ordini non evasi in passato, gli ordini da evadere nella giornata odierna e gli ordini che vengono indicati come picchi "qualificati". Questi ultimi particolari ordini vengono sommati per predisporre il buffer a colmare picchi di variabilità non ordinaria.



Dalle caratteristiche dei tre elementi elencati, necessita di ulteriori approfondimenti quando un ordine viene definito un picco “qualificato”.

È già stato chiarito precedentemente come la dimensione di un buffer sia strettamente dipendente dall'ADU, ma la domanda dei clienti non sarà mai stabile nel tempo e ordini di grandi dimensioni, ovvero nettamente sopra la media sono abituali in tutti i mercati, per questo motivo essi dovranno essere gestiti con attenzione.

Un picco “qualificato” per il DDMRP è un picco giornaliero di ordini che, all'interno di una determinata finestra temporale, potrebbe minacciare l'integrità del buffer. Saranno due le condizioni che dovranno essere definite per stabilire se l'ordine giornaliero risulterà essere un picco “qualificato” o meno: la soglia che tale ordine dovrà superare e l'orizzonte temporale che verrà preso in considerazione (Ptak, Smith, 2016). Se entrambe le due condizioni verranno soddisfatte allora tale picco verrà definito “qualificato” e verrà conteggiato all'interno dell'equazione. È importante precisare che verrà conteggiato nell'equazione l'intero ordine e non solamente la quota oltre la soglia.

Ptak e Smith (2016) propongono tre metodi per definire a che livello si posizionerà la soglia, chiamata anche *order spike threshold* (OST): il primo definisce la soglia ad un livello pari al 50% della zona rossa; il secondo la definisce pari al bordo della zona rossa di base; ed infine, il terzo definisce la soglia in relazione all'ADU. Generalmente si preferisce utilizzare il primo in quanto definisce una soglia più bassa rispetto agli altri due metodi, risultando quindi un approccio molto più conservativo. In ogni caso, spetterà ai pianificatori definire a che livello stabilire la soglia, forti del fatto che più bassa sarà la soglia maggiori saranno il numero di picchi che verranno presi in considerazione.

Per quanto riguarda la seconda condizione, ossia l'orizzonte temporale, definito dagli autori *order spike horizon* (OSH), risulta essere la finestra temporale all'interno della quale i picchi di ordini potranno assumere la valenza di “qualificati” se superiori alla soglia impostata. Tale orizzonte dovrebbe essere almeno pari al *decoupled lead time* (DLT) + 1 per garantire al buffer di compensare il picco in modo adeguato. La figura 2.25 rappresenta l'*order spike horizon* (OSH) tramite la zona grigia con il tratteggio obliquo e l'*order spike threshold* (OST) tramite la linea tratteggiata nera orizzontale. In questa rappresentazione verrà identificato un picco “qualificato” in corrispondenza del giorno 3. Graficamente al giorno 9 risulta essere presente un ulteriore picco, il quale però, non essendo all'interno dell'OSH, non verrà conteggiato in prima battuta.

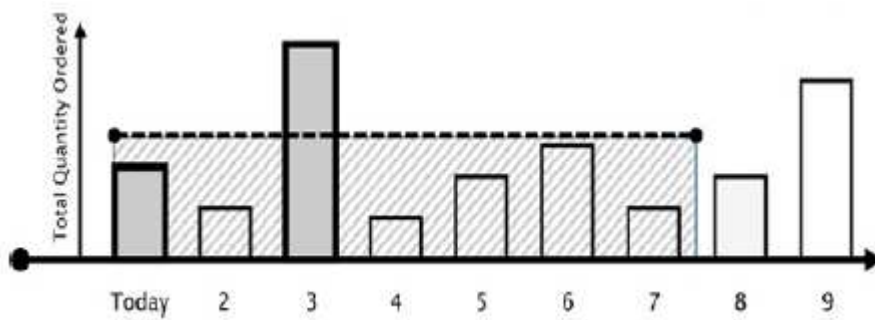


Figura 2.25: order spike threshold e order spike horizon

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

In alcuni casi, in particolare quando vengono pianificati degli eventi futuri come eventi promozionali in cui si potrebbe venire a verificare un aumento considerevole della domanda all'interno di una finestra temporale molto corta, risulta necessario definire diversi OSH e OST come rappresentato nella Figura 2.26, identificati con la sigla OSH2 e OST2. Essi vengono stabiliti ad un livello maggiore in modo tale da aumentare la robustezza del buffer in quel particolare periodo (Ptak, Smith, 2016).

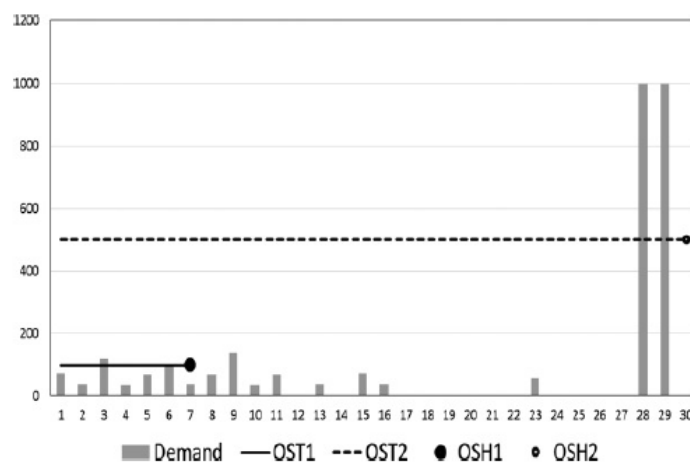


Figura 2.26: order spike threshold e order spike horizon di diversa lunghezza

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

### 2.6.1 La Net Flow Position e le priorità di pianificazione

Chiariti tutti questi elementi, la *Net Flow Position* (NFP) calcolata con la *Net Flow Equation* (NFE) risulterà esser il fattore che, in relazione al valore raggiunto, determinerà se il buffer necessiterà di un ordine di rifornimento o meno.

Operativamente se la NFP risulterà essere pari ad un valore minore o uguale alla *top of yellow* (TOY), ossia il margine superiore della zona gialla, porterà il sistema a rilasciare una raccomandazione per l'emanazione di un ordine di dimensione pari alla differenza tra il *top of green* (TOG) e la NFP. Ora risulta più chiaro il motivo per cui la zona verde definisca la frequenza e la dimensione degli ordini che verranno effettuati.

Il seguente esempio ci permetterà di chiarire maggiormente l'intero funzionamento delle formule.

Nel paragrafo 2.4.3 è stato determinato il dimensionamento del buffer del componente "A" il quale risultava essere definito nel seguente modo: zona verde = 100; zona gialla = 200; zona rossa = 130. Graficamente è rappresentato nella Figura 2.27.

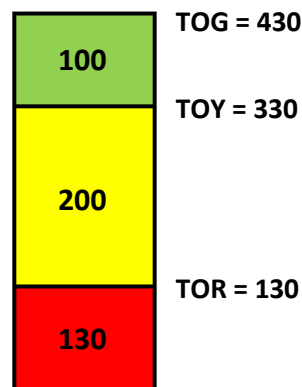


Figura 2.27: buffer componente A

Fonte: elaborazione personale

Ipotizzando di avere anche i seguenti dati:

- *On-hand*: 250
- *On-order*: 110
- *Qualified sales order demand*: 45

La *Net Flow Position* (NFP) è pari a :

$$NFP = \text{on-hand} + \text{on-order} - \text{qualified sales order demand} = 250 + 110 - 45 = 315.$$

Assumendo tale valore, la NFP si posiziona al di sotto del TOY pari a 330 e di conseguenza il sistema rilascia, in risposta, una raccomandazione di ordine. La quantità di questo ordine è pari a:

$$\text{Quantità da ordinare} = \text{TOG} - \text{Net Flow Position} = 430 - 315 = 115.$$

Di conseguenza, verrà rilasciato un ordine di acquisto pari a 115, il quale verrà ricevuto dall'azienda 10 giorni dopo, ossia trascorso il *purchased lead time* del componente in questione. In questo specifico esempio, per questo componente, era previsto un MOQ pari a 50. La quantità ordinata risulta essere superiore e di conseguenza viene rilasciato. Generalmente la *net flow position* viene anche indicata in percentuale rispetto al TOG e con il colore indicante la zona del buffer in cui essa è presente (Ptak, Smith, 2016). Questo è possibile vederlo nella Figura 2.28, dove nella colonna "Priorità di pianificazione" è indicato che la NFP di 315 risulta essere il 73,3% del TOG ed è situata nella zona gialla. Questa colonna è molto significativa per i pianificatori poiché hanno l'immediata percezione della priorità di rifornimento di un buffer. Se essa non risulta tangibile con un unico buffer, la Figura 2.31 presenta una serie di buffer con i relativi dati (*on-hand*, *on-order*, *qualified demand*, NFP, ecc.), i quali vengono ordinati in relazione alla priorità di rifornimento.

01-giu							
COMPONENTE	PRIORITA' DI PIANIFICAZIONE	ON-HAND	ON-ORDER	QUALIFIED DEMAND	NET FLOW POSITION	QUANTITA' DA ORDINARE	DATA DI ARRIVO
A	73,3%	250	110	45	315	115	11-giu

Figura 2.28: calcolo percentuale della NFP in relazione al TOG

Fonte: elaborazione personale

Nello schema in figura, infatti, minore è la percentuale maggiore è la priorità di pianificazione. Questa suddivisione permette ai pianificatori di avere un senso generale e discreto della priorità relativa su più parti che richiedono rifornimento. Nella prima riga della Figura 2.29, infatti, il buffer del componente 406P possiede una NFP pari al 19,8% del TOG all'interno della zona rossa del buffer. I pianificatori con questa rappresentazione visuale hanno l'immediata percezione che dovranno intervenire immediatamente per rifornirlo e che, per esempio, il buffer del componente 403P deve essere rifornito prima del buffer del componente 402P. Entrambi possiedono una NFP all'interno della zona gialla, ma quella del primo è pari al 43,4% mentre quella del secondo pari al 69% (Ptak, Smith, 2016).

Il DDMRP di conseguenza, grazie al calcolo della *net flow position* e grazie a questa rappresentazione visuale, garantisce ai pianificatori di giudicare velocemente la priorità di ogni buffer senza la necessità di una grande quantità di analisi e dati aggiuntivi.

Today's Date: 15-July											
Part#	Planning Priority	On-Hand	On-Order	Qualified Demand	Net Flow Position	Order Recommendation	Request Date	Top RED	Top YELLOW	Top GREEN	Lead Time
406P	RED 19.8%	401	506	263	644	2606	4-Aug	750	2750	3250	20
403P	YELLOW 43.4%	1412	981	412	1981	2579	23-Jul	1200	3600	4560	8
402P	YELLOW 69.0%	601	753	112	1242	558	24-Jul	540	1440	1800	9
405P	YELLOW 74.0%	3400	4251	581	7070	2486	24-Jul	1756	7606	9556	9
401P	YELLOW 75.1%	2652	6233	712	8173	2715	25-Jul	2438	8938	10888	10
404P	GREEN 97.6%	1951	1560	291	3220	0		1050	2550	3300	6

Figura 2.29: schermata di pianificazione DDMRP con diverse priorità di pianificazione

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

### 2.6.2 Simulazione di generazioni degli ordini con l'utilizzo del DDMRP

Dopo aver presentato tutti i principali componenti, per comprendere meglio il funzionamento del DDMRP di seguito verrà presentato un parte dell'esempio presente nel libro di Ptak e Smith (2016), il quale ci permetterà di avere una panoramica generale su come il sistema utilizzi la *net flow position* per la generazione di ordini di rifornimento per i buffer.

Il punto di partenza è il componente chiamato "Esempio", le cui caratteristiche principali vengono indicate nella Figura 2.30. Esso possiede un ADU pari a 10, un DLT pari a 7 ed appartiene ad un buffer di categoria MMM, quindi un prodotto finito con *lead time* medio e variabilità media. Il buffer risulta essere dimensionato nel seguente modo: zona verde 35, zona gialla 70 e zona rossa 52. Infine, esso avrà un OST di 26, pari alla metà della dimensione della zona rossa e un OSH di 8 giorni.

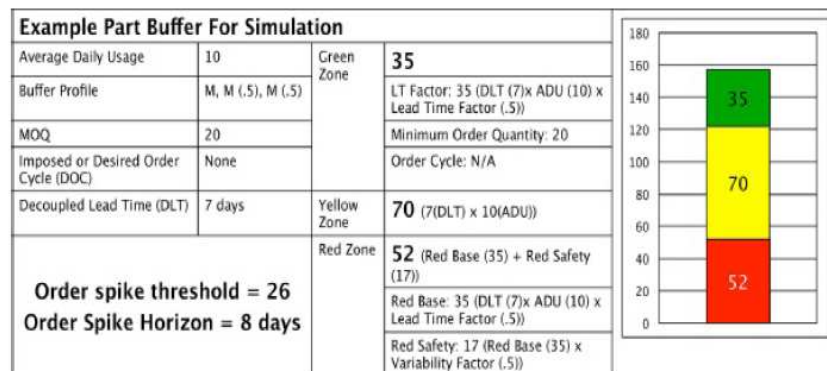


Figura 2.30: dati relativi al componente Esempio

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

La simulazione che verrà presentata riguarderà solamente i primi 8 giorni dell'esempio presente nel manuale.

Il punto di partenza è la Figura 2.31, la quale rappresenta il giorno 1 e la situazione di partenza del buffer. Al centro della figura, dove è posizionato il buffer confluiscono due frecce, una da destra verso sinistra che identifica la domanda che dovrà essere soddisfatta e un'altra da sinistra verso destra che identifica gli ordini di fornitura che l'azienda riceverà in futuro e che riforniranno il buffer. Nella parte inferiore, è presente una tabella sintetica che descrive tutti i dati relativi al buffer già introdotti precedentemente.

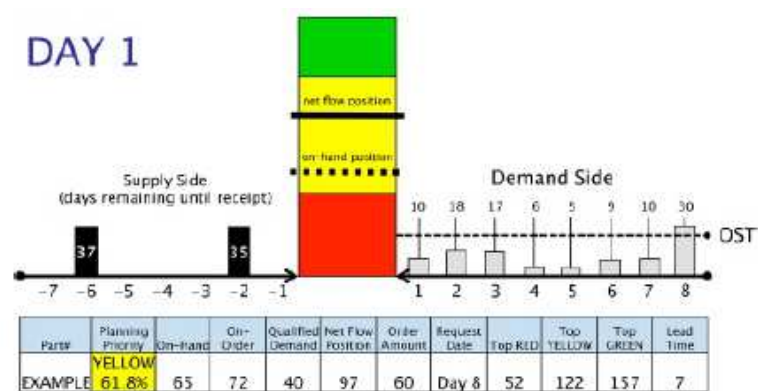


Figura 2.31: simulazione DDMRP giorno 1

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Durante la prima giornata dovrà essere soddisfatta una domanda pari a 10 unità e non sono previsti ordini in arrivo. In magazzino sono presenti 65 unità e ulteriori 72 sono in arrivo nei prossimi giorni. La domanda qualificata è pari a 40 poiché oltre alla domanda di unità da soddisfare in giornata è aggiunto anche il picco “qualificato” del giorno 8 pari a 30 unità che risulta all’interno dell’OSH e supera la soglia (OST) di 26.

Dalla risoluzione della *net flow equation* risulta una *net flow position* pari a 97. Essa essendo inferiore al TOY pari a 122, porterà il sistema a raccomandare un ordine di dimensioni pari alla differenza tra il TOG e la NFP, ossia di 60 unità. In relazione al *lead time*, tale quantità arriverà 7 giorni dopo ossia all’ottavo giorno. Infine, al termine della giornata e dopo aver soddisfatto la domanda, la quantità disponibile in magazzino sarà pari a 55.

Il secondo giorno è rappresentato nella figura 2.32. È possibile notare che la domanda a destra del buffer si è spostata di una casella in avanti ed ora è visibile la domanda pari a

5 che si dovrà soddisfare il giorno 9. Inoltre, lato fornitura è presente l'ordine effettuato il giorno precedente che arriverà tra 6 giorni. La quantità disponibile in magazzino è la stessa che era presente al termine della giornata precedente. In questa seconda giornata si dovrà soddisfare una domanda pari a 18 unità e non è previsto nessun ordine in arrivo. La quantità di unità *on-order* è pari a 132 (60+37+35) e di conseguenza comporta una crescita del valore della NFP a 139. Essendo tale valore superiore al TOY e all'interno della zona verde, il sistema non rilascia nessuna raccomandazione di riordino. Al termine della giornata arriva l'ordine di 35 unità e la disponibilità in magazzino sale a 72.

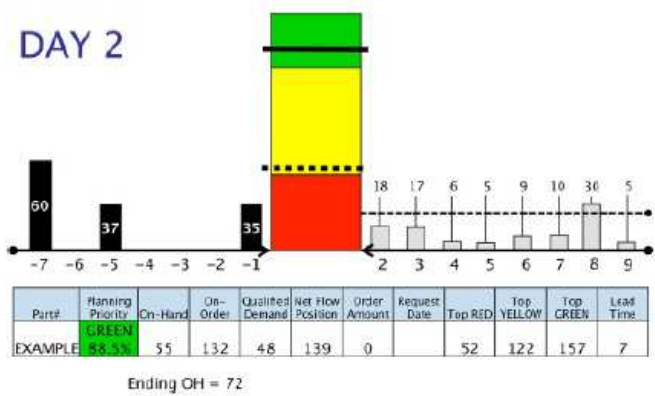


Figura 2.32: simulazione DDMRP giorno 2

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

La Figura 2.33 mostra la continuazione della simulazione al giorno 3. Dalla rappresentazione non è più visibile l'ordine di 35, il quale è stato ricevuto al termine del giorno precedente. La quantità *on-order* è diminuita a 97 (60+37) e nella giornata odierna dovrà essere soddisfatta una domanda pari a 17 unità. La NFP risulta pari a 122 eguagliando il valore del TOY ed essendo all'interno della zona gialla, il sistema rilascerà una raccomandazione di ordine pari a 35, il quale verrà ricevuto al decimo giorno.

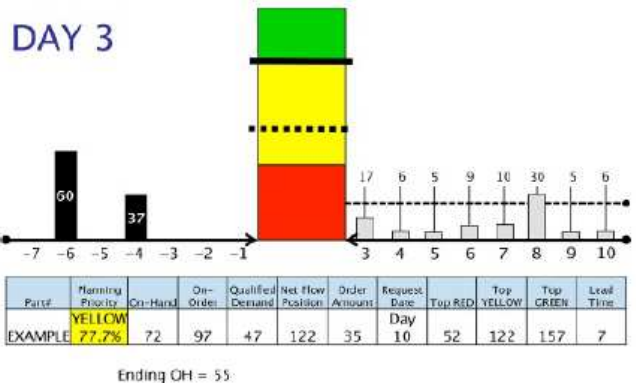


Figura 2.33: simulazione DDMRP giorno 3  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Successivamente la simulazione procede con i giorni 4, 5, 6 e 7 rappresentati rispettivamente nella Figura 2.34, 2.35, 2.36 e 2.37. Durante queste quattro giornate il buffer continuerà a soddisfare la domanda e la NFP rimanendo all'interno della zona verde comporterà che il sistema non rilascerà nessuna raccomandazione di ordine.

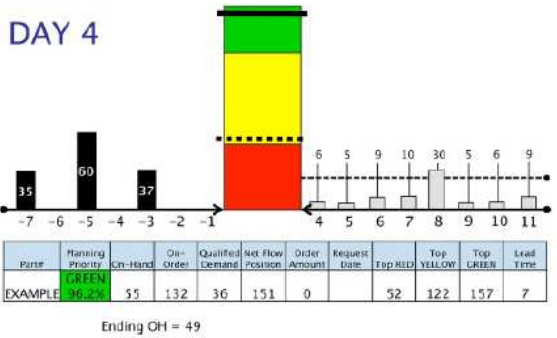


Figura 2.34: simulazione DDMRP giorno 4  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

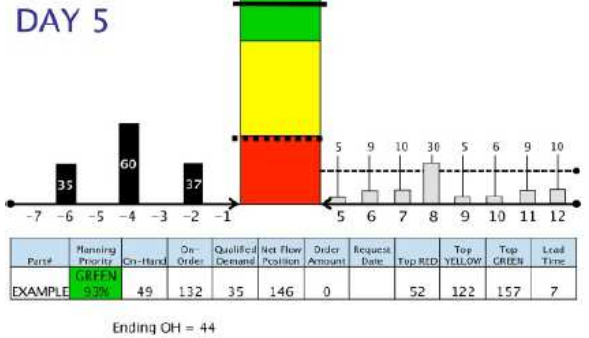


Figura 2.35: simulazione DDMRP giorno 5  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

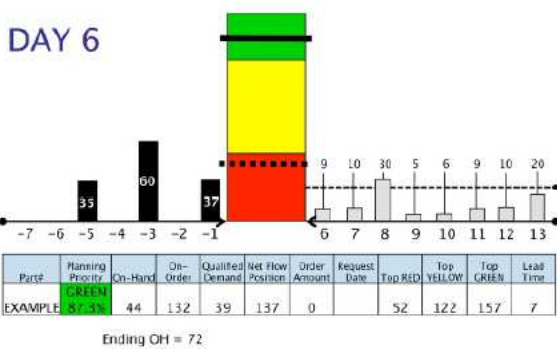


Figura 2.37: simulazione DDMRP giorno 6  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

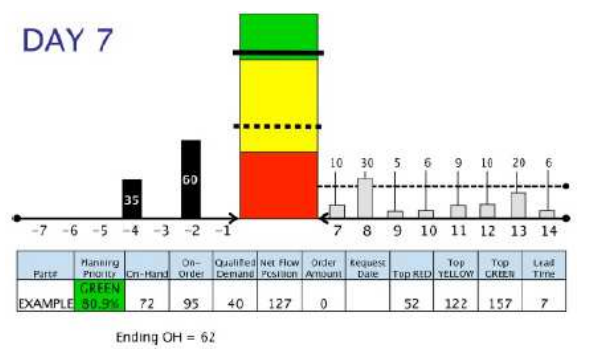


Figura 2.36: simulazione DDMRP giorno 7  
Fonte: (Ptak, Smith, 2016)



Le uniche riflessioni da effettuare con riguardo a queste quattro giornate sono relative al valore dell'*on-hand* che al giorno 5 risulta essere all'interno della zona rossa. Questo non è un problema, anzi, risulta essere un'importante differenza rispetto all'MRP, in quanto, il buffer in questo esempio essendo stato definito in relazione all'ADU pari a 10, al giorno 5 con un *on-hand* pari a 49 garantisce una copertura per ulteriori 5 giorni. La zona rossa del buffer risulta essere correttamente dimensionata per assorbire la variabilità esterna. Diverso sarebbe stato il caso in cui ad entrare nella zona rossa fosse stata la *net flow position*, in tal caso il problema sarebbe stato considerevole ed il buffer non abbastanza robusto a gestire i cambiamenti esterni. L'*on-hand* al termine del giorno 6 aumenterà al di sopra della zona rossa poiché verrà ricevuto un ordine pari a 37 unità. Infine, il termine della nostra simulazione è in corrispondenza del giorno 8, rappresentato nella Figura 2.38, durante il quale dovrà essere soddisfatta la domanda di 30 unità identificata come picco "qualificato". Pur essendo un ordine di grande dimensione rispetto alla media, il buffer dimostra di essere stato definito correttamente in quanto riesce ad assorbire questo picco e terminare la giornata con una NFP in zona verde ed un quantità disponibile in magazzino in aumento di 30 unità grazie all'arrivo dell'ordine di 60 unità effettuato durante la prima giornata.

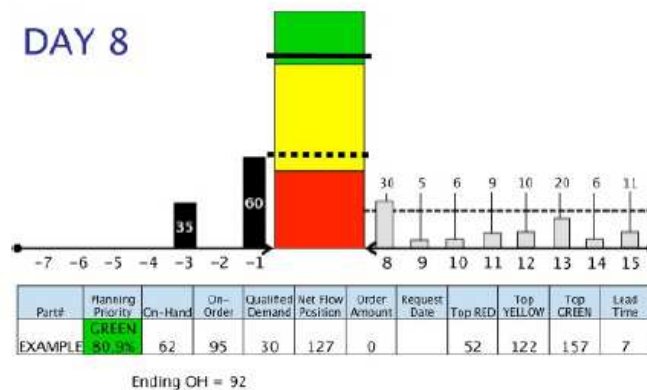


Figura 2.38: simulazione DDMRP giorno 8

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Questo semplice esempio ha dimostrato come tale metodologia riesca a gestire in maniera solida la variabilità della domanda e di come una semplice equazione come la *net flow equation* riesca a garantire una corretta gestione del livello di materiale all'interno dei vari buffer.

## 2.7 Pull: Demand Driven Execution

In questo'ultimo punto verrà approfondito come all'interno del DDMRP vi sia una distinzione tra il concetto di pianificazione (*planning*), presentato nel paragrafo precedente, ed esecuzione (*execution*). Con il termine "pianificazione" il sistema intende il processo di generazione degli ordini di rifornimento dei buffer tramite l'utilizzo della *net flow position*; mentre, con "esecuzione" si concerne la gestione degli ordini di fornitura aperti in relazione a determinati criteri rilevanti (Ptak, Smith, 2016). Relativamente a quest'ultimo punto vi sono due categorie distinte di avvisi (Ptak, Smith, 2016):

- *Buffer status alerts*: i quali mostreranno se lo stato attuale o futuro del buffer è tale da garantire un corretto funzionamento del punto di disaccoppiamento. Relativamente a questi avvisi verrà utilizzata la quantità *on-hand* attualmente o in futuro disponibile all'interno del buffer e non la *net flow position*.
- *Synchronization alert*: i quali mostreranno se vi sono problemi tra i componenti dipendenti tra loro, ossia tra i punti dove non sono presenti punti di disaccoppiamento per mitigare la variabilità.

### 2.7.1 Buffer status alerts

In un sistema di pianificazione dei fabbisogni tradizionale come l'MRP, non esiste una distinzione vera e propria tra i concetti di "pianificazione" ed "esecuzione", la gestione delle priorità dei vari ordini avviene in relazione alle date di consegna, nonché non esistono avvisi o un sistema che in tempo reale possa determinare quale tra una serie di ordini avrà una priorità maggiore. Nella Figura 2.39 sono presenti due tabelle: quella situata a sinistra che si propone di mostrare le informazioni a disposizione di un pianificatore che utilizza l'MRP; mentre in quella a destra vengono evidenziate quelle a disposizione di un pianificatore che utilizza il DDMRP.

Order #	Due Date	Supplier	Order #	Due Date	Buffer Status	Supplier
PO 821158	05/12	PNW Fabrication	PO 831145	05/12	RED - 12.3%	PNW Fabrication
PO 831145	05/12	PNW Fabrication	PO 821158	05/12	YELLOW - 52.3%	PNW Fabrication
PO 831162	05/12	PNW Fabrication	PO 831162	05/12	YELLOW - 56.1%	PNW Fabrication

Figura 2.39: differenze tra le informazioni a disposizione dei pianificatori con MRP e DDMRP

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

È facile intuire come nel primo caso il pianificatore non ha modo di determinare quale ordine abbia una priorità maggiore rispetto agli altri, infatti dovrà necessariamente effettuare delle analisi più approfondite su una serie di dati aggiuntivi (Ptak, Smith, 2016). L'utilizzo del DDMRP, invece, permette ai pianificatori di avere una visione immediata di quale ordine possieda una priorità maggiore in confronto agli altri, nel nostro esempio risulterà essere l'ordine PO 831145.

Gli avvisi relativi allo stato del buffer avranno una struttura molto simile alle "priorità di pianificazione", la sola differenza risiede nell'utilizzo di valori diversi e colorazioni diverse. Si noti infatti che, non verrà utilizzata la *net flow position* ma il valore *on-hand* del buffer, con l'obiettivo di valutare la quantità di materiale all'interno degli stessi. La percentuale associata ad ogni buffer sarà determinata dal rapporto tra la quantità *on-hand* e il TOR ed è legata al fatto che il *range* ottimale della quantità disponibile all'interno del buffer sia generalmente compresa tra il valore del TOR e il valore TOR + zona verde. Se la quantità disponibile all'interno di un buffer ricade all'interno di questo intervallo si avrà una percentuale superiore al 100% e il colore sarà verde; mentre mano a mano che la quantità *on-hand* penetra all'interno della zona rossa il colore varierà in giallo o rosso. La soglia che ne determina il passaggio da un colorazione all'altra viene chiamata *current on-hand alert* ed è posta da Ptak e Smith (2016) ad un valore pari al 50% della zona rossa. Un esempio è illustrato nella Figura 2.40.

Part # Example				
Day	On-Hand	TOR	On-Hand Alert	Status
1	72	50	25	GREEN - 144.0%
2	26	50	25	YELLOW - 52.0%
3	20	50	25	RED - 40.0%

Figura 2.40: avvisi sullo stato dei buffer

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Risulta importante precisare come un buffer potrebbe avere una *net flow position* all'interno della zona verde ma la quantità *on-hand* inferiore al 50% del TOR che ne porta il suo stato ad essere rosso. Questi due valori distinti trasmetteranno un messaggio diverso ai pianificatori: il primo, dal punto di vista della pianificazione, permette di determinare che il buffer non necessita di nessun ordine di rifornimento; mentre, il secondo, dal punto di vista dell'esecuzione, indica al pianificatore che sarà necessario velocizzare la consegna dei materiali ordinati, per riportare lo stato del buffer in una posizione ottimale.

Oltre agli avvisi relativi alla disponibilità attuale, all'interno dei buffer vi sono anche avvisi relativi al loro stato e che fanno riferimento alla quantità che sarà disponibile in futuro al loro interno. Essi verranno anche chiamati *projected on-hand alerts*.

L'obiettivo principale di questi avvisi è quello di calcolare il livello di penetrazione della quantità *on-hand* all'interno della zona rossa, nel futuro più prossimo, nonché di garantire ai pianificatori di ottenere un tempestivo campanello d'allarme dinnanzi al verificarsi di possibili problemi. Nella Figura 2.41 è presente un esempio di calcolo dei *projected on-hand alerts*.

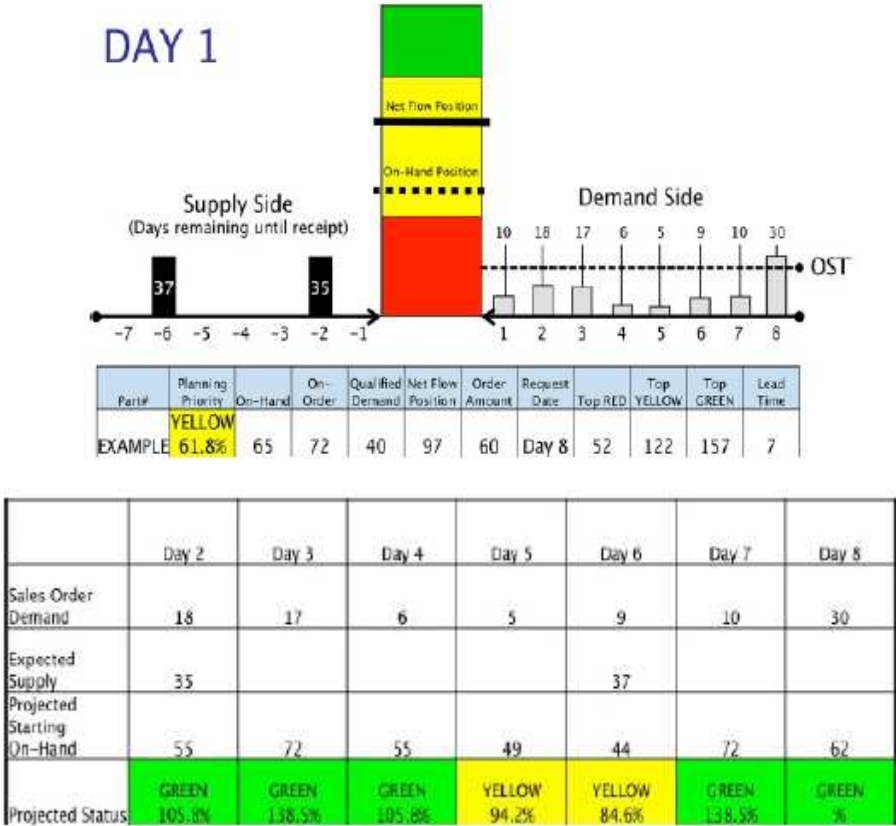


Figura 2.41: calcolo dei projected on-hand alert status

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Nella parte superiore della figura è presente la situazione al giorno 1 del buffer; mentre, nella parte inferiore, vengono calcolati gli avvisi relativi alle disponibilità future di materiale all'interno del buffer, utilizzando come intervallo temporale l'OSH. Il valore assegnato ad ogni giornata sarà determinato dal rapporto tra la quantità *on-hand* e il TOR, che nel nostro esempio è pari a 52. Anche in questo caso l'*on-hand alert level* è stato stabilito ad un livello pari al 50% della zona rossa e determinerà lo spartiacque tra la zona gialla e quella rossa. Nel caso in cui non si fosse a conoscenza dell'effettiva domanda futura si potrà utilizzare in sostituzione il valore dell'ADU. In alternativa, se si fosse a conoscenza sia dell'effettiva domanda futura che dell'ADU si potrebbe adottare un approccio più conservativo scegliendo ogni giorno il valore maggiore tra i due (Ptak, Smith, 2016).

### 2.7.2 Synchronization alerts

Oltre agli avvisi relativi allo stato dei buffer vi sono anche avvisi che monitorano una serie di componenti dipendenti tra loro all'interno dei quali non sono presenti punti di disaccoppiamento. Per questi particolari materiali quindi, sarà necessaria la simultanea presenza di tutti i componenti figli per avviare la produzione del codice padre.

Il DDMRP utilizza due tipologie di avvisi per gestire la sincronizzazione di questi particolari punti: il *material synchronization alerts* e il *lead time alert*.

I *material synchronization alerts* avvisano quando si è di fronte una carenza di materiale necessario a garantire la produzione di un determinato prodotto. Tale avviso può scattare principalmente per tre ragioni: quando la fornitura è inferiore rispetto alla quantità effettivamente richiesta, quando vi sono ritardi nelle consegne oppure quando vi sarà un anticipo di ordini di produzione che andranno ad erodere le giacenze (Ptak, Smith, 2016). Si consideri l'esempio presente nella Figura 2.42.

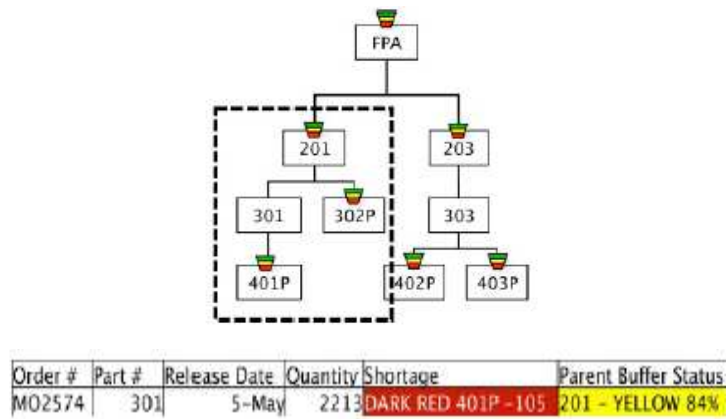


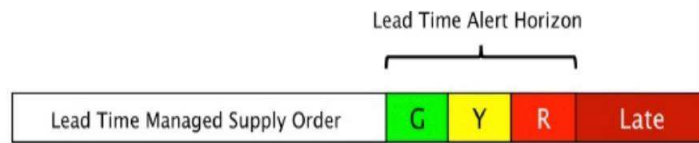
Figura 2.42: material synchronization alerts

Fonte: (Ptak, Smith, 2016)

Nella parte superiore è presente la distinta base del prodotto FPA per il quale si suppone che venga rilasciato un ordine del codice 201 pari a 2213 pezzi che a sua volta genera un ordine (MO2574) del codice 301 della stessa dimensione, nonché la giacenza del suo componente figlio 401P risulta di un ammontare inferiore di 105 pezzi. La tabella sottostante segnala i vari dati dell'ordine ed in particolare la carenza di materiale (nella colonna "shortage") e lo stato del buffer padre. I pianificatori, recepito questo avviso, potranno seguire due strade differenti: posticipare le date di rilascio dell'ordine, quando è previsto l'arrivo di forniture del codice 401P, oppure ridurre l'ordine del codice 201 di 105 unità. A determinare la scelta è lo stato del buffer (ultima colonna della tabella): se il buffer non è in una situazione critica è possibile posticipare l'ordine; mentre, se si troverà in una zona di allerta sarà preferibile diminuire la dimensione dell'ordine (Ptak, Smith, 2016).

Infine, l'ultimo avviso di sincronizzazione riguarda i *lead time alerts*, i quali rileveranno quando un componente non bufferizzato genera problemi di disallineamento. Infatti se si considerano tutti i componenti che non sono soggetti a volumi elevati di vendita o di utilizzo, il loro stoccaggio non è necessario, ma la loro mancanza potrebbe causare seri problemi. I pianificatori monitoreranno questi particolari componenti andando ad osservare il *lead time alert horizon*, ossia un orizzonte temporale pari ad un terzo del *lead time* totale del prodotto, il quale verrà suddiviso in una serie di aree colorate come rappresentato nella Figura 2.43. Le prime tre aree colorate (verde, giallo, rosso) fungeranno da conto alla rovescia dell'arrivo del materiale, mentre l'ultima, quella di

colore rosso scuro, identificherà la situazione in cui il materiale è in ritardo rispetto alla data di arrivo che era stata stabilita (Ptak, Smith, 2016).



*Figura 2.43: lead time alert*

*Fonte: (Ptak, Smith, 2016)*

I pianificatori in questo modo riusciranno a monitorare l'avanzamento dell'ordine e verranno informati su un suo eventuale ritardo.





## **CAPITOLO 3 – FUTURA SERRAMENTI S.R.L. E L'UTILIZZO DEL DDMRP PER LA RISOLUZIONE DI PROBLEMATICHE AZIENDALI**

Dopo aver presentato tutti i concetti riguardanti il *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) e l'insieme dei sistemi di pianificazione convenzionali che lo hanno preceduto, nelle seguenti pagine l'intento che si vorrà perseguire sarà quello di verificare se l'utilizzo del DDMRP all'interno di un caso aziendale possa risolvere alcune sue problematiche di gestione. In particolare, verrà presentata l'azienda Futura Serramenti s.r.l., una piccola impresa veneta che verrà utilizzata come base per una simulazione di implementazione del DDMRP per la gestione di uno dei suoi prodotti più venduti. Dopo aver svolto una presentazione panoramica della stessa si procederà con l'applicazione pratica ed infine si verificherà se la simulazione ha generato benefici rispetto la situazione attuale.

### **3.1 Storia**

Futura Serramenti s.r.l. è una piccola azienda situata in provincia di Treviso che da 19 anni produce ed installa serramenti in PVC.

La sua storia inizia nel 2002 quando il titolare, dopo diversi anni passati come operaio in una piccola azienda di serramenti in PVC e rimasto senza lavoro, decise di intraprendere una strada diversa, mettendosi in proprio. Inizialmente mosse i primi passi a Padernello, un piccolo paese in provincia di Treviso, in un piccolo stabilimento di 450 m<sup>2</sup>. Nei primi anni la crescita dell'azienda fu molto lenta e graduale ma gli permise di raggiungere i 6 dipendenti già dopo 5 anni.

Quando il mercato del serramento in PVC iniziò ad espandersi intorno agli anni 2007-2009, andando a sostituire quello del serramento in legno arrivò la crisi economica. Furono anni molto duri per l'azienda, la quale però riuscì a non registrare perdite e a sopravvivere grazie alla ristrutturazione delle abitazioni private.

Nel 2010 ci fu il primo trasloco, a Quinto di Treviso, in un nuovo stabilimento di 900 m<sup>2</sup>. Il numero di dipendenti aumentava e anche il volume di affari, riuscendo a raggiungere al termine dell'anno e per la prima volta per l'azienda, il milione di fatturato.

Nel 2016 fu necessario un ulteriore trasloco, il terzo in ordine di tempo, in uno stabilimento sempre a Quinto di Treviso di 3000 m<sup>2</sup> di cui 2000 m<sup>2</sup> destinati al reparto di produzione e 700 m<sup>2</sup> di *showroom* in cui sono esposti i prodotti.

Nel 2019 l'azienda apre il secondo stabilimento e ritorna ad occupare l'edificio in cui era presente in seguito al secondo trasloco. Esso venne adibito interamente a magazzino, sia per lo stoccaggio delle materie prime che per il deposito dei prodotti finiti. La scelta è stata dettata dall'aumento delle richieste di vendita che necessitavano un volume di produzione maggiore, il quale a sua volta, venne colmato investendo su nuovi macchinari automatizzati. Questi macchinari necessitavano di maggior spazio, per questo motivo l'impresa ha preso la decisione di aprire un altro stabilimento adibito a magazzino, liberando le aree di stoccaggio nella sede principale.

Infine, nel 2021, l'azienda ha aperto la prima rivendita ufficiale in provincia di Belluno.

Ad oggi Futura Serramenti s.r.l. conta 37 dipendenti con un fatturato annuale che si avvicina ai sei milioni di euro.

### **3.2 Strategia, organigramma e struttura**

La *mission* dell'azienda è centrata principalmente sul garantire al cliente una casa sicura, senza sprechi di energia e perfettamente isolata. Tutto questo perseguito garantendo allo stesso tempo serramenti di alta qualità, totalmente personalizzabili in termini di misure, allestimenti e funzionalità.

L'attività di Futura Serramenti viene svolta all'interno di due stabilimenti distinti, entrambi situati nel comune di Quinto di Treviso. La sede principale in cui sono presenti gli uffici, lo *showroom* e l'officina in cui avvengono tutte quante le fasi di produzione ed un secondo stabilimento adibito a magazzino e area di stoccaggio di: profili di PVC, prodotti finiti e tutti i prodotti con cui l'azienda svolge attività di compravendita.

A capo di Futura Serramenti oggi vi è il Sig. Zanin Sergio. Oltre a lui l'azienda conta 37 dipendenti suddivisi in cinque reparti principali: quattordici sono impiegati in ufficio, dodici nella produzione, sette sono installatori, tre sono trasportatori e addetti alla gestione del magazzino ed infine nella *team* è presente un'addetta alle pulizie.

Gli impiegati in ufficio sono suddivisi a loro volta in tre reparti principali:

- Area commerciale: è composta da un gruppo di persone che si occupano della vendita dei serramenti al cliente, definiscono i preventivi e si occupano di tutto ciò che riguarda la gestione a valle dell'azienda. Inoltre vi è un'addetta che svolge l'attività di "*front-office*", accoglie i clienti in azienda, gestisce gli appuntamenti in ufficio e risponde alle telefonate.
- Area amministrativa: è composta da due persone che si occupano della registrazione di ogni movimento contabile aziendale, garantendo il rispetto di tutte le procedure fiscali e tributarie. Inoltre, dovranno occuparsi di redigere il bilancio, con il supporto di alcuni strumenti informatici.
- Area logistica: è composta da tre persone che si occupano degli ordini di materie prime e merci, predispongono le liste con le misure che la produzione dovrà rispettare per la produzione dei serramenti ed infine, si occupano della gestione delle risorse presenti in magazzino.

Inoltre, in ufficio vi sono due geometri che si occupano di effettuare le rilevazioni presso i cantieri ed eseguono i disegni di progetti particolari con AutoCAD.

Per ogni singola area amministrativa, commerciale e logistica c'è un responsabile, il quale avrà il compito di gestire le attività dei colleghi e di rispondere ad eventuali problematiche.

Anche nel reparto di produzione e quello di installazione è presente un responsabile che si occuperà del coordinamento e gestione delle attività svolte dai colleghi all'interno ed inoltre, si interfacerà con gli altri per chiarire eventuali ritardi o dubbi sullo svolgimento del lavoro. Da sottolineare che il settore dedicato alla produzione ed all'installazione non presenta suddivisioni interne.

Questa struttura fa in modo che per ogni reparto sia presente una persona di riferimento, in modo tale che la comunicazione sia facilitata notevolmente e permetta un maggior coordinamento tra le varie fasi di lavorazioni.

### **3.3 Mercato**

L'impresa attualmente opera nel solo territorio italiano. I lavori che principalmente svolge sono all'interno di tutto il territorio della regione Veneto, anche se negli ultimi

anni aumentano i lavori effettuati nelle regioni limitrofe come Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige, Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte e Liguria.

Il mercato dei serramenti in PVC è un mercato in continua crescita, dato confermato anche dall'andamento del fatturato dell'azienda che, infatti, ha seguito la stessa tendenza negli ultimi 5 anni e in particolare dalle elaborazioni fatte da UNICMI (Unione Nazionale delle Industrie delle Costruzioni Metalliche dell'Involucro e dei serramenti). UNICMI all'interno dei suoi report ha descritto il mercato dei serramenti in Italia analizzando le tre tipologie di materiali utilizzati per la loro produzione: l'alluminio, il PVC ed il legno. Se dal 2014 ad oggi la quota di mercato dei serramenti in alluminio è rimasta invariata intorno al 36%, quella dei serramenti in PVC è cresciuta del 5% passando dal 28% del 2014 al 33% del 2020, quota di mercato che ha interamente eroso a quella dei serramenti in legno, che è passata dal 36% del 2014 al 31% del 2020, questo è possibile vederlo anche nella Figura 3.1.

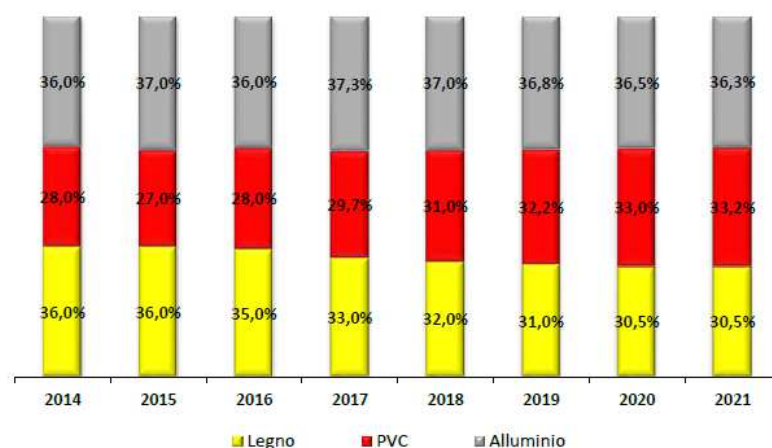
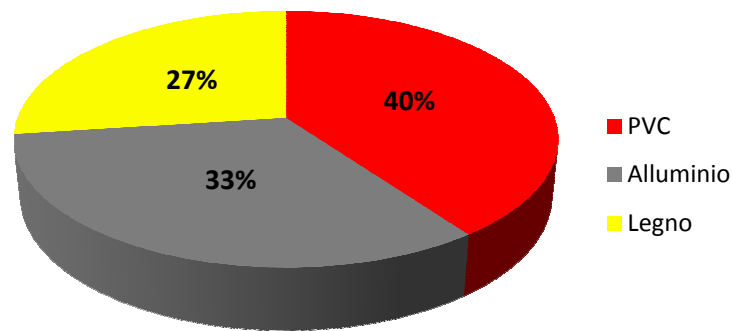


Figura 3.1: evoluzione delle quote di mercato dei serramenti in Italia

Fonte: (UNICMI, 2020)

Inoltre, se si prendono in considerazione i volumi in termini di unità di finestre vendute, nel mercato dei serramenti in Italia i dati sono ancor più favorevoli per gli infissi prodotti utilizzando il PVC. Infatti, nel 2019 le quote tra i tre materiali erano distribuite in questo modo: 27% legno, 33% alluminio e 40% PVC. Il grafico a torta nella Figura 3.2 rappresenta tale suddivisione.



*Figura 3.2: quote di mercato in unità di finestre vendute nel mercato dei serramenti in Italia*

*Fonte: elaborazione personale su dati UNICMI (2020)*

Il PVC è un materiale che garantisce elevati standard di comfort termici, trattenendo il calore all'interno nei mesi freddi e mantenendo la casa fresca in quelli caldi. Grazie ad una sofisticata tecnologia multicamera, i profili in PVC possiedono valori di termo coibentazione ottimali assicurando quindi un elevato isolamento termico che comporta un risparmio energetico, con conseguenti vantaggi economici e ambientali. Inoltre, garantisce comfort acustico, il serramento prodotto dall'azienda permette di assorbire le onde sonore provenienti dall'esterno, garantendo un ambiente interno silenzioso, pacifico e accogliente. Il materiale, inoltre, resiste per molti anni alle intemperie, riuscendo a conservare nel tempo il proprio aspetto senza la necessità di periodiche riverniciature. Un'altra caratteristica fondamentale di questo materiale è il suo riciclaggio, infatti Futura Serramenti, molto attenta all'ambiente, sposa appieno la filosofia di Veka, azienda tedesca fornitrice dei profili, la quale garantisce un completo riciclaggio di tutti quanti i serramenti in disuso diminuendo così l'impatto ambientale.

Oltre ad essere favorito dalle caratteristiche della materia prima, il mercato dei serramenti in PVC è in crescita negli ultimi anni grazie all'aumento degli investimenti nelle costruzioni, nel 2018 la crescita registrata è stata pari al 3,3%. In generale, gli investimenti sono strettamente correlati con la crescita del PIL.

In totale gli investimenti in Italia nel settore delle costruzioni ammonta a 128 miliardi, mentre il solo settore dei serramenti genera un fatturato pari a 4,1 miliardi, di cui 2,8 proveniente dal comparto residenziale e 1,3 da quello non residenziale.

### 3.4 Prodotti

Futura Serramenti produce internamente finestre ad un'anta, finestre a due ante, portefinestre ad un'anta, portefinestre a due ante, finestre con apertura a vasistas, portoncini di ingresso ad un'anta e due ante, scorrevoli alzanti e paralleli, scuri ed infine cassonetti. Essa è inoltre rivenditrice di porte interne, tapparelle-avvolgibili, porte blindate, basculanti, zanzariere, tende oscuranti, tettoie waterproof bioclimatiche, veneziane interno vetro, monoblocchi termoisolanti e frangisole, acquistati da fornitori specializzati.

Futura Serramenti oltre a sfruttare i vantaggi provenienti dalle caratteristiche della materia prima, come obiettivo principale della sua attività produttiva ha l'intento di garantire un infisso che sia sicuro e protegga la casa da possibili intrusioni. Grazie ad una stretta collaborazione con fornitori specializzati e attentamente selezionati, l'azienda utilizza dei rinforzi applicati alla struttura interna dei profili conferendo al prodotto finale stabilità e solidità dei telai. Inoltre, in relazione alle specifiche esigenze del cliente, potranno essere integrati dei vetri e della ferramenta speciale, rinforzi supplementari e serrature di sicurezza.

Infine, nel percorso intrapreso dall'azienda per perseguire l'obiettivo di garantire al cliente un infisso sicuro, il 2017 è stato un anno molto importante per Futura Serramenti perché, grazie alla collaborazione con alcuni fornitori, ha ottenuto la certificazione RC2 per la finestra ad un'anta, per quella a due ante ed infine per la porta/finestra ad un'anta. L'acronimo RC (*Resistance Class*) indica la classe di resistenza che serve a certificare la proprietà antieffrazione di un serramento. Le classi sono sei, per avere la prima è necessario semplicemente resistere ad uno scassinatore improvvisato che sfrutta prevalentemente solo la forza fisica, fino ad arrivare all'ultima dove il livello di sicurezza è massimo e il serramento deve resistere a seghe a sciabola e mole ad angolo con disco. Generalmente quest'ultimo livello è richiesto per garantire la sicurezza di banche o negozi di gioielli. Per avere la certificazione di secondo livello invece, è necessario resistere agli atti di uno scassinatore occasionale o poco esperto che utilizza attrezzi semplici come cacciaviti, pinze e cunei.

Per l'ottenimento di ogni livello si dovranno superare tre prove, comuni a tutti e sei i livelli dove i parametri da soddisfare saranno in modo crescente più impegnativi. Le tre prove sono<sup>1</sup>:

- Prova al carico statico: tale prova consiste nello spingere con un martinetto idraulico il serramento, sollecitando tutti i punti di chiusura, con un carico che varierà in relazione alla classe di resistenza che si vorrà raggiungere. Per superare la prova il serramento non dovrà presentare deformazioni gravi al termine della stessa.
- Prova di carico dinamico: tale prova consiste nel far impattare un peso di 50 chilogrammi contro il vetro e il montante centrale. L'altezza da cui verrà liberato varierà in relazione alla classe che si vuole raggiungere. L'infisso testato per superare la prova, non dovrà presentare parti staccate o rimosse.
- Prova di attacco manuale: tale prova consiste nell'attaccare il serramento con una serie di attrezzi e per un determinato tempo in relazione alla classe che si vuole raggiungere. Verrà prima eseguita una prova preliminare sull'infisso già testato con le due precedenti prove, con l'obiettivo di identificare i punti deboli. In seguito, su un secondo infisso integro verrà svolta la prova.

Per la seconda classe RC2, il tempo di attacco è di tre minuti mentre i carichi per le due prime prove variano da 1.5 a 3 kN.

L'azienda si è posta l'obiettivo per i prossimi anni di riuscire a raggiungere come minimo standard la certificazione RC2 per ogni prodotto che produce internamente e per le finestre raggiungere il terzo livello della certificazione.

Nel 2020 l'azienda ha servito in totale circa 600 clienti ed ha prodotto internamente 2300 infissi, comprensivi al loro interno di finestre e portefinestre ad una e due ante, 230 portoncini di ingresso, 180 scorrevoli alzanti, 38 scorrevoli paralleli, 680 scuri e 570 cassonetti per tapparelle.

I vari infissi prodotti dall'azienda sono presenti, oltre al colore bianco liscio standard, in un'ampia gamma di colori e finiture simili al legno e metallizzati, che possono essere utilizzati in diverse combinazioni. I profili, infatti, vengono rivestiti con una apposita

---

<sup>1</sup> <https://news.wuerth.it/progettisti/classi-antieffrazione-dei-serramenti/>

pellicola in modo tale da ricreare vari effetti e varie colorazioni. Nello specifico, oltre al colore bianco standard, l'azienda offre altre 56 colorazioni differenti con venature per ricreare l'effetto legno e 11 colorazioni metallizzate. In totale le possibili varianti sono 68, esse potranno essere scelte come tinta unica oppure combinate tra loro per creare dei profili bicolore, dove all'interno vi sarà un colore e all'esterno un altro.

Prendendo in considerazione il 2020, il totale dei clienti serviti hanno scelto diverse colorazioni degli infissi, le quali risultano distribuite nelle percentuali rappresentate nel grafico a torta della Figura 3.3: il 33% ha scelto il "bianco venato", il 15% il "bianco liscio", il 7% ha scelto la colorazione "golden oak" colorazione simil legno, l'8% ha scelto un profilo bicolore dove uno dei due era il "bianco venato" ed infine il 38% ha scelto una tra le altre molteplici colorazioni.

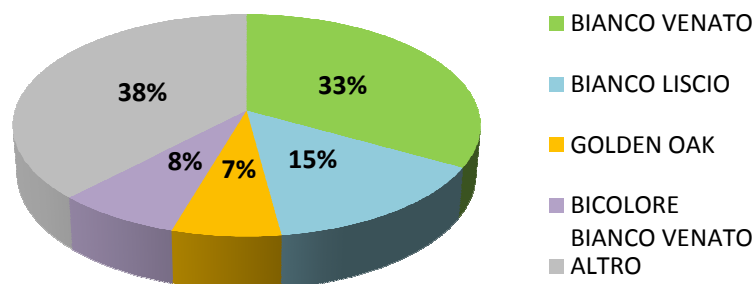


Figura 3.3: distribuzione colorazione infissi richiesti dai clienti nel 2020

Fonte: elaborazione personale su dati aziendali

Quello che risulta visibile è che un cliente su tre ha richiesto degli infissi di colore "bianco venato", essa risulta essere la colorazione maggiormente richiesta nel mercato italiano dei serramenti. Gli altri clienti invece hanno scelto una delle molteplici restanti colorazioni che l'azienda mette a disposizione.

### 3.5 Le attività interne

L'azienda internamente svolge una grande quantità di attività, alcune più importanti rispetto ad altre. In relazione al fine ultimo dell'elaborato, ossia utilizzare il DDMRP



come possibile soluzione di problematiche aziendali, di seguito verranno approfondite due attività in particolare: il ciclo produttivo e la gestione degli approvvigionamenti. L'analisi di queste due attività si baserà su uno dei prodotti di punta dell'azienda il quale però, non è esente da problematiche sottostanti che potrebbero influenzare negativamente la performance aziendale: la finestra ad un'anta di colore bianco venato. Nella Figura 3.4 è rappresentata la distinta base completa di una finestra ad un'anta. I vari componenti sono associati ad un determinato colore: arancione nel caso in cui essi siano acquistati esternamente, blu se prodotti internamente. La totalità dei componenti, tranne qualche eccezione, ha associato un nome ed un codice identificativo.

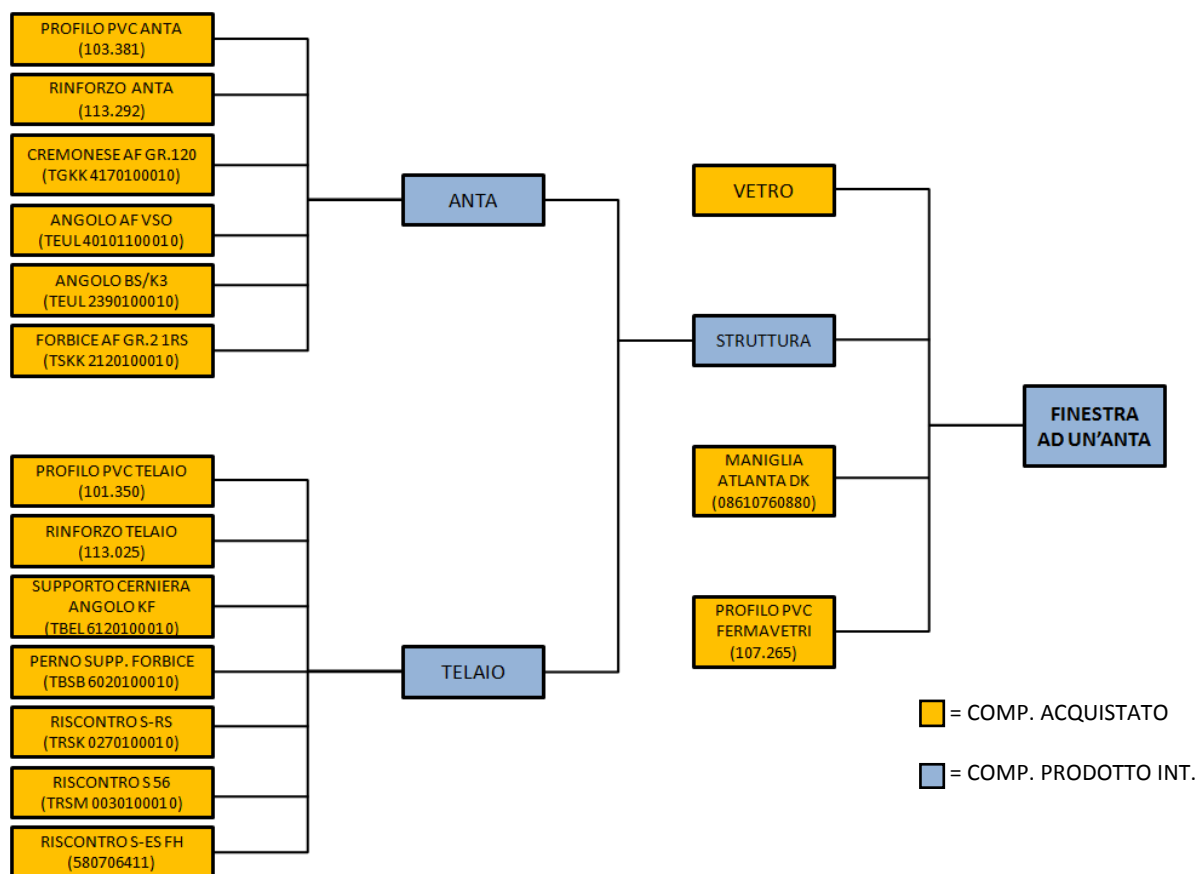


Figura 3.4: distinta base finestra ad un'anta  
 Fonte: elaborazione personale su dati aziendali

Di seguito, verrà analizzato il processo produttivo di questo particolare prodotto e verrà analizzata la gestione degli approvvigionamenti dei componenti acquistati

esternamente. In merito a questi ultimi si analizzerà il loro *lead time* e lo strumento o processo che ne determinerà le quantità e i momenti in cui dovranno essere ordinati.

### 3.5.1 Ciclo produttivo

Il ciclo produttivo di una finestra ad un'anta è riassunto nella Figura 3.5. Al suo interno è stata mantenuta, come nella sua distinta base nella Figura 3.4, la diversa colorazione per differenziare i componenti acquistati esternamente e quelli prodotti internamente. Le caselle bianche, contenenti un numero, identificano il *lead time* del prodotto, più precisamente il loro *purchased lead time*. Per produrre sia l'anta che il telaio sarà necessario 1 giorno mentre per gli assemblaggi finali qualche ora, di conseguenza il *lead time* è posto pari a 0. In rosso è stato identificato il DLT che risulta pari a 29 giorni. Inoltre, è stata effettuata una semplificazione, poiché con la dicitura "ferramenta anta" si vuole raggruppare tutti i componenti dell'anta, ad esclusione del "profilo" e del "rinforzo". Si noti che la semplificazione è stata effettuata per un fine puramente grafico e per garantire una miglior analisi del contenuto della rappresentazione. Operativamente questi componenti vengono fissati alla struttura dell'anta contemporaneamente in una specifica fase. La stessa operazione è stata effettuata anche per il telaio.

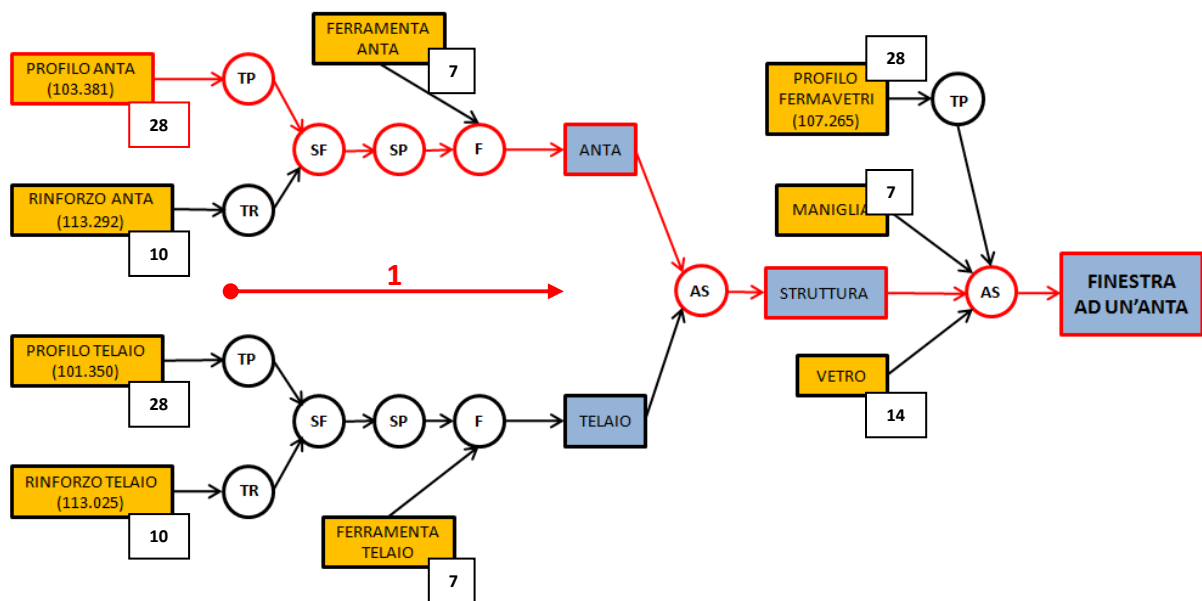


Figura 3.5: processo produttivo finestra ad un'anta

Fonte: elaborazione personale su dati aziendali

L'attività di produzione inizia dopo che i geometri hanno rilevato le misure esecutive dei serramenti che si dovranno produrre e dopo che tutto il materiale ordinato è presente in azienda ma soprattutto dopo la conferma d'ordine del cliente. Le varie fasi rappresentate nella Figura 3.5 sono nel dettaglio:

- TP: questa attività identifica la fase del taglio del profilo in PVC e riguarda in particolare le barre di profilo dell'anta, telaio e fermavetro.
- TR: essa identifica la fase del taglio dei rinforzi in ferro da inserire all'interno del profilo e riguarda in particolare il taglio dei rinforzi di anta e telaio.
- SF: questa fase identifica l'attività di foratura del profilo per la creazione degli scarichi per l'acqua e l'attività di fissaggio del rinforzo in alluminio al profilo che avviene contemporaneamente. Questa attività viene effettuata per ogni lato sia dell'anta che del profilo.
- SP: essa identifica la fase di saldatura dei lati di anta e telaio e la pulitura dell'eccesso che si viene a creare negli angoli. Anche questa attività si svolge sia per l'anta che per il telaio.
- F: durante questa fase si effettua il fissaggio di tutti i componenti, indicati nella distinta base, che formano la ferramenta sia dell'anta che del telaio.
- ASS: l'attività di assemblaggio identifica una semplice attività di unione di vari componenti i quali risultano aver già subito delle lavorazioni precedentemente.

Di conseguenza, il primo passo del processo produttivo di questo prodotto consiste nel tagliare le barre di profilo dell'anta in quattro sezioni per formare i quattro lati dell'anta della finestra e tagliare le barre di profilo del telaio in quattro sezioni per formare i quattro lati che formeranno il telaio, ossia la parte che andrà a fissarsi al foro nel muro. Ogni sezione verrà poi contrassegnata con una etichetta la quale riporterà un codice a barre, un codice che identifica il cliente, la posizione della finestra ed il lato (superiore, inferiore, destro o sinistro). Dopo aver tagliato le otto sezioni della finestra, si passerà al taglio degli otto pezzi di alluminio da inserire all'interno di ogni lato. Essi fungeranno da rinforzo e daranno maggiore consistenza e resistenza alla finestra. Concluse queste due macro fasi, le varie sezioni con il rinforzo all'interno passano in una apposita macchina automatizzata, la quale, rilevando le caratteristiche del lato dal codice a barre nell'etichetta, andrà a fissare il rinforzo al profilo ed eseguirà dei fori per lo scarico

dell'acqua. I nostri quattro lati di anta e telaio a questo punto sono pronti e un addetto li posiziona in un altro macchinario automatizzato che esegue la saldatura degli stessi e successivamente, utilizzando un braccio meccanico, trascina prima l'anta e poi il telaio in una sega automatizzata, la quale, elimina l'eccesso negli angoli che si è formato durante la saldatura. Lo "scheletro" della finestra è pronto, di conseguenza, verranno fissati su di essa tutti gli "ingranaggi", ossia la ferramenta, che garantiranno alla stessa di potersi chiudere ed aprire. Una volta completati tutti i precedenti passaggi, manualmente verranno unite le due parti che compongono la nostra finestra, ossia l'anta e il telaio ed infine, assemblato il vetro con gli appositi ferma vetri e la maniglia.

### *3.5.2 Gestione degli approvvigionamenti*

La gestione degli approvvigionamenti all'interno di Futura Serramenti avviene utilizzando due modalità distinte: ordinare su commessa oppure ordinare utilizzando i *kanban*.

Relativamente al nostro prodotto utilizzato come esempio per l'analisi, il punto di partenza è la conferma d'ordine del cliente, la quale, una volta effettuata, comporterà la definizione di un ipotetico periodo di posa che si aggira intorno ai 45/60 giorni successivi alla stessa. La scelta di questo lasso temporale molto lungo è dettato principalmente da tre fattori:

1. Alcuni componenti del prodotto finito, come per esempio il profilo dell'anta, telaio e fermavetri hanno un *lead time* molto lungo che raggiunge i 28 giorni.
2. La politica aziendale riguardante gli approvvigionamenti stabilisce che l'intera quantità di materiale necessario alla produzione della commessa debba essere presente in azienda con due settimane di anticipo rispetto la data di posa per tutelarsi da eventuali mancanze o difetti del materiale ricevuto.
3. I componenti quali vetro, profilo anta, profilo telaio e profilo fermavetro vengono ordinati solamente su commessa a seguito della conferma d'ordine del cliente. Tale scelta è dettata principalmente per garantire un livello di inventario molto basso ed ordinare solamente il materiale necessario a produrre la specifica commessa abbattendo gli sprechi.

In questo modo l'azienda garantisce di avere a disposizione il tempo necessario per l'arrivo del materiale e la produzione dei prodotti finiti.

Operativamente, in seguito alla conferma d'ordine da parte del cliente e dopo la rilevazione delle misure esecutive dei cantieri, gli addetti dell'ufficio tecnico, che si occuperanno di effettuare gli ordini del materiale, verificano che tutte le posizioni dei serramenti che dovranno essere prodotti siano state inserite correttamente all'interno di uno specifico software, chiamato "CSM finestra 3000". Questo software viene utilizzato dall'azienda in due momenti, in fase di vendita per effettuare i preventivi ed in particolare in fase di produzione e controllo tramite il quale verranno gestiti: i lotti di produzione, stampate le etichette identificative ed esplosa la distinta base dei prodotti finiti per determinare la quantità di materiale che si dovrà ordinare.

Di conseguenza, l'ufficio commerciale inserirà nel CSM tutti gli infissi che dovranno essere prodotti per generare il preventivo da consegnare al cliente. In seguito, giunta la conferma d'ordine del cliente, l'ufficio tecnico controllerà che le misure inserite in ogni posizione nella fase precedente siano in linea con quelle esecutive rilevate in cantiere, nel caso in cui non corrispondessero vengono prontamente modificate. Il software, ottenuto in input la quantità di infissi da produrre con le misure corrette e la distinta base degli stessi, determina in output, tramite l'esplosione della distinta base, un elenco delle quantità totali di materiale necessari per produrre quella specifica commessa.

Ottenuto l'elenco delle quantità di profili e fasci di fermavetri necessari a produrre quella specifica commessa, i responsabili dell'ufficio tecnico verificheranno se in magazzino è già presente del materiale: in caso positivo, il numero di barre presenti in inventario verranno decurtate dal totale da ordinare ed il rimanente verrà ordinato; mentre, in caso negativo, il totale risultante dall'esplosione della distinta base verrà interamente ordinato. Le quantità dei profili stoccate in magazzino attualmente vengono gestite tramite un file Excel aggiornato con cadenza settimanale. In ogni momento quindi si avrà sempre una panoramica di quanto materiale si ha a disposizione.

In fase di formulazione dell'ordine l'azienda indicherà all'impresa fornitrice del materiale la settimana in cui vorrebbero che avvenisse la consegna. Si noti che solitamente la scadenza viene imposta due settimane prima della posa, come specificato precedentemente, in modo tale da avere il tempo necessario per produrre l'intera commessa.

Quando il fornitore consegnerà il materiale, esso verrà stoccato nel secondo stabilimento adibito a magazzino. In seguito, quando arriverà il momento di produrre la commessa, l'intera quantità di materiale verrà spostato dal magazzino allo stabilimento in cui verranno svolte le varie fasi produttive.

L'attività di esplosione viene effettuata solamente per i seguenti componenti: profilo in PVC di anta (103.381), profilo in PVC del telaio (101.350) e profilo in PVC dei fermavetri (107.265). E' facile intuire, quindi, come tale attività non rilevi per i restanti componenti: rinforzi, maniglie e l'insieme di tutta la ferramenta.

La determinazione delle quantità da ordinare per ognuno di questi componenti non avviene su commessa ma tramite il dimensionamento dei *kanban* associati ad ognuno di essi e la definizione della soglia al di sotto della quale verrà rilasciato un ordine. La formula di base consiste nel determinare il punto di riordino (ROP) il quale risulta essere:

$$ROP = SS + (Cg \times LT).$$

La sigla "SS" identifica la Scorta di Sicurezza, "Cg" il consumo di materiale medio giornaliero ed infine "LT" il *lead time* espresso in giorni. Di conseguenza il valore risultante dalla moltiplicazione tra il consumo giornaliero ed il *lead time* ( $Cg \times LT$ ) sarà il consumo medio all'interno del *lead time*.

I *kanban* essendo caratterizzati da una serie di contenitori, che stabiliranno l'effettivo consumo del materiale, devono essere dimensionati per stabilire la quantità di componenti che dovranno contenere all'interno. La dimensione viene determinata come un valore pari ad un sottomultiplo del ROP, garantendo una quantità di contenitori non elevata e una gestione migliore della quantità di materiale presente all'interno dell'azienda.

Il numero di contenitori viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$N^{\circ} \text{ contenitori} = (ROP / \text{Quantità per contenitore}) + 1.$$

In questo modo al termine del primo contenitore la soglia sarà al di sotto del ROP e verrà rilasciato un ordine di approvvigionamento.

Un esempio, ci permetterà di chiarire tutte le formule appena presentate. Nello specifico, si prenderà in considerazione uno dei componenti i cui ordini di approvvigionamento vengono gestiti dall'azienda tramite l'utilizzo dei *kanban*, ossia i rinforzi in ferro dell'anta (codice 113.292). I dati riassuntivi sono presenti nella Figura 3.6.

COMPONENTE	SCORTA DI SICUREZZA (SS)	CONSUMO GIORNALIERO (Cg)	LEAD TIME (LT)	PUNTO DI RIORDINO (ROP)	QUANTITA' PER CONTENITORE	N° CONTENITORI
113.292	50	40	10	450	150	4

*Figura 3.6: calcolo kanban componente 113.292*

*Fonte: elaborazione personale su dati aziendali*

I risultati ottenuti si ottengono dalla risoluzione delle equazioni presentate precedentemente:

$$ROP = SS + (Cg \times LT) = 50 + (40 \times 10) = 50 + 400 = 450;$$

$$N^{\circ} \text{ contenitori} = (ROP / \text{Quantità per contenitore}) + 1 = (450 / 150) + 1 = 4.$$

L'azienda ha scelto di utilizzare 150 come quantità per ogni contenitore in quanto oltre ad essere un sottomultiplo del ROP è anche la grandezza del MOQ definito dal fornitore.

Nella Tabella 3.1 è presente il riassunto di come vengono gestiti gli approvvigionamenti della totalità dei componenti necessari alla produzione di una finestra ad un'anta. Nella prima colonna è specificato la tipologia di componente, nella seconda il suo *lead time* ed infine nella terza, la modalità di gestione degli approvvigionamenti.

In merito alla precisione delle consegne dei fornitori non ci sono grosse segnalazioni da effettuare. Tutti i fornitori dei componenti della distinta base presa in esempio sono molto affidabili con consegne puntuali, tranne per qualche sporadico caso di ritardo o di consegna di materiale non conforme.

COMPONENTE	LEAD TIME	MODALITA' DI GESTIONE APPROVVIGIONAMENTI	COMPONENTE	LEAD TIME	MODALITA' DI GESTIONE APPROVVIGIONAMENTI
PROFILO PVC ANTA (103.381)	28	SU COMMESSA	SUPPORTO CERNIERA ANGOLO KF (TBEL 6120100010)	7	KANBAN
RINFORZO ANTA (113.292)	10	KANBAN	PERNO SUPP. FORBICE (TBSB 6020100010)	7	KANBAN
CREMONESE AF GR.120 (TGKK 4170100010)	7	KANBAN	RISCONTRO S-RS (TRSK 0270100010)	7	KANBAN
ANGOLO AF VSO (TEUL 40101100010)	7	KANBAN	RISCONTRO S 56 (TRSM 0030100010)	7	KANBAN
ANGOLO BS/K3 (TEUL 290100010)	7	KANBAN	RISCONTRO S-ES FH (580706411)	7	KANBAN
FORBICE AF GR.2 1RS (TSKK 2120100010)	7	KANBAN	VETRO	14	SU COMMESSA
PROFILO PVC TELAIO (101.350)	28	SU COMMESSA	MANIGLIA ATRANTA DK (086107060880)	7	KANBAN
RINFORZO TELAIO (113.025)	10	KANBAN	PROFILO PVC FERMAVETRI (107.265)	28	SU COMMESSA

*Tabella 3.1: modalità di gestione degli approvvigionamenti per ogni componente*

*Fonte: elaborazione personale su dati aziendali.*

### **3.6 Problematiche nella gestione degli approvvigionamenti e la loro risoluzione con l'utilizzo del DDMRP**

La distinta base del prodotto finito preso in esame è stata presentata nella Figura 3.4 ed il suo ciclo produttivo nella Figura 3.5. L'azienda, sommati tutti i *lead time*, necessita di almeno 29 giorni per garantire la produzione del prodotto finito al cliente. A tale intervallo temporale sarà necessario aggiungere ulteriori 14 giorni in quanto, come specificato precedentemente, la politica aziendale impone che il materiale necessario per la produzione debba essere disponibile 14 giorni prima della consegna al cliente. Di conseguenza, risultano essere circa 45 i giorni che passeranno dalla conferma d'ordine del cliente alla consegna effettiva. È facile comprendere ora il motivo per cui l'azienda comunichi al cliente una data di consegna di 45 giorni successivi alla sua conferma.

Questo intervallo di risposta agli impulsi di domanda risulta, però, essere troppo elevato per due ragioni: il tempo di tolleranza dei clienti è molto più basso ed il mercato in continua crescita necessita di una risposta molto più rapida.

I clienti, generalmente, si aspettano di ricevere gli infissi richiesti entro massimo 21 giorni, anche se in alcuni casi tale intervallo si accorcia a 14. Futura Serramenti però non riesce a garantire questo intervallo di risposta poiché tre dei suoi componenti principali,



profilo telaio, anta e fermavetri, vengono ordinati solamente su commessa e allo stesso tempo hanno il *lead time* maggiore, ossia 28 giorni. Ciò significa che, data la conferma del cliente, non sarà possibile iniziare la produzione prima di un mese. In aggiunta, la politica aziendale aggrava ulteriormente la situazione.

Una risposta lenta da parte dell'azienda è un problema che deve essere risolto, soprattutto se contestualizzato all'interno di un mercato in forte crescita. Risulta fondamentale per Futura Serramenti rispondere il più velocemente possibile ai clienti per mantenere il passo dei competitor e non perdere clientela.

All'interno di questo contesto, l'utilizzo del DDMRP può essere una possibile soluzione a questo problema?

Analizzando in modo approfondito i componenti che definiscono la distinta base del prodotto preso in esame ed in generale come vengono gestiti i loro approvvigionamenti, vi sono alcuni componenti nei quali potrebbe essere opportuno posizionare dei punti di disaccoppiamento e successivamente dei buffer, per comprimere il *lead time* e rispondere velocemente alla domanda dei clienti.

Utilizzando i dati presenti nella Tabella 3.1, la totalità di componenti i cui approvvigionamenti vengono gestiti utilizzando i *kanban* non necessiteranno di nessun punto di disaccoppiamento, in quanto, garantiscono in ogni momento la disponibilità delle materie prime gestite. Per i quattro residui, il vetro, il profilo dell'anta (103.381), il profilo del telaio (101.350) e il profilo dei fermavetri (107.265), ad oggi è previsto l'ordine su commessa. Di questi quattro componenti, il vetro non potrà aver associato nessun punto di disaccoppiamento e i suoi ordini dovranno necessariamente essere gestiti su commessa, poiché una piccola variazione di pochi millimetri della grandezza del foro determina una misura diversa del vetro. Di conseguenza, la gestione degli approvvigionamenti di questo componente non subirà nessuna modifica.

Causa di alcune problematiche aziendali sono invece i restanti tre componenti, in quanto il loro *lead time* è pari a 28 giorni.

Prendendo in considerazione i sei criteri che Ptak e Smith (2016) hanno stabilito per determinare il corretto posizionamento dei punti di disaccoppiamento, tutti e tre i componenti risultano essere dei possibili candidati. In prima battuta essendo il *customer tolerance time* nettamente inferiore rispetto all'effettivo tempo di risposta dell'azienda, il posizionamento di un punto di disaccoppiamento presso quei componenti permetterebbe di portare a 0 il loro *lead time*. Inoltre, in seconda battuta diminuirebbe

sensibilmente anche il *sales order visibility horizon*, ossia l'intervallo di tempo che intercorre tra la conferma d'ordine del cliente e la data di consegna dei prodotti. Infine, posizionare dei buffer in questi punti strategici permetterebbe di gestire in modo migliore la variabilità esterna sia dal lato della domanda, che risulta essere molto elevata, che dal lato della fornitura prevenendo eventuali ritardi o la sostituzione di materiale difettoso. Il posizionamento dei buffer è rappresentato nella Figura 3.7.

Dal confronto tra la situazione attuale aziendale rappresentata nella Figura 3.5 dove non vi è l'utilizzo del DDMRP e la situazione simulata con l'utilizzo del DDMRP rappresentata nella Figura 3.7, è possibile notare come il DLT passa da 29 giorni a 14 giorni (percorso segnato in rosso nella Figura 3.7), poiché, posizionando un buffer per ognuno dei tre componenti critici si garantisce la loro continua disponibilità, che si aggiunge a quella già garantita dalle materie prime gestite tramite l'utilizzo dei *kanban*. Il "vetro" risulterà essere l'unico componente che continuerà ad essere ordinato su commessa a seguito della conferma d'ordine del cliente. Inoltre, posizionando i buffer in quei specifici punti strategici si garantisce una migliore mitigazione della variabilità sia dal lato della domanda che dal lato della fornitura.

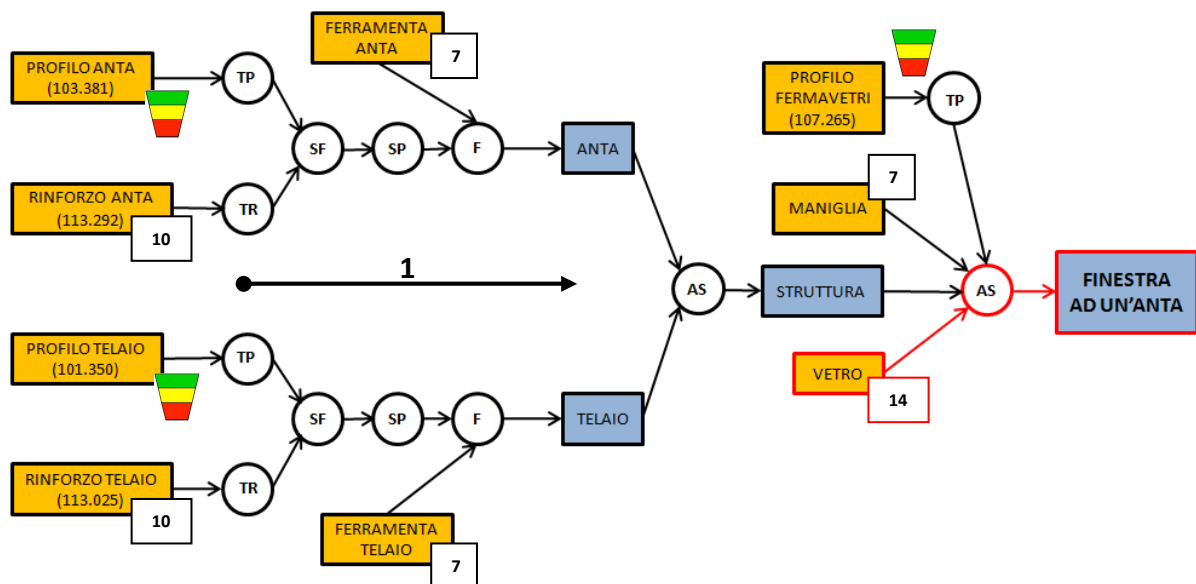


Figura 3.7: posizionamento buffer DDMRP

Fonte: elaborazione personale su dati aziendali

Infine, se si utilizzasse il DDMRP per la gestione dei tre componenti in esame, a differenza della situazione attuale, non sarebbe più valida la politica aziendale dal momento che tutti i materiali sono continuamente resi disponibili. L'azienda sarebbe in grado di rispondere alla domanda dei clienti in sole due settimane, tempo necessario a far arrivare l'unico componente che continuerà ad essere ordinato su commessa, ossia il "vetro".

Nello specifico come saranno dimensionati e come si comporteranno questi tre buffer? Operativamente il primo passo è stato quello di analizzare la domanda di finestre ad un'anta di colore bianco venato durante l'intero 2020. Ad ogni giornata veniva assegnato un valore che corrispondeva al numero di barre di profilo necessarie per produrre la quantità di infissi richiesta, se essa fosse stata pari a zero lo sarebbe stato anche il valore assegnato alla relativa giornata. Nella Figura 3.8 è presente una rappresentazione dove viene indicata la domanda dei tre componenti in questione durante i primi otto giorni del 2020.

CODICE	DESCRIZIONE	01/01/2020	02/01/2020	03/01/2020	04/01/2020	05/01/2020	06/01/2020	07/01/2020	08/01/2020
103.381	Profilo in PVC Anta	0	0	0	0	0	0	10	17
101.350	Profilo in PVC Telaio	0	0	0	0	0	0	10	16
107.265	Profilo in PVC Fermavetri	0	0	0	0	0	0	11	20

*Figura 3.8: domanda componenti nei primi 8 giorni del 2020*

*Fonte: elaborazione personale su dati aziendali*

A seguire, avvalendosi di un apposito simulatore, si è determinato la dimensione dei vari buffer, il loro aggiustamento ed i vari parametri utilizzati durante tutto il 2020.

I risultati della simulazione dei tre buffer verranno presentati nelle seguenti pagine.

### *3.6.1 Buffer del componente "profilo telaio" (101.350)*

Il primo buffer che analizzeremo sarà quello relativo al componente "profilo telaio", il cui codice è il 101.350. Dalla simulazione effettuata l'andamento del buffer durante l'intero 2020 è risultato essere la rappresentazione nella parte alta della Figura 3.9, nella quale è possibile vedere l'aggiustamento, durante tutto l'intervallo temporale, delle tre zone colorate del buffer, mentre la linea nera rappresenta l'andamento della quantità disponibile al suo interno al termine di ogni giornata. Nella parte inferiore della

rappresentazione, invece, sono presenti i picchi di domanda dei clienti nello stesso intervallo temporale.

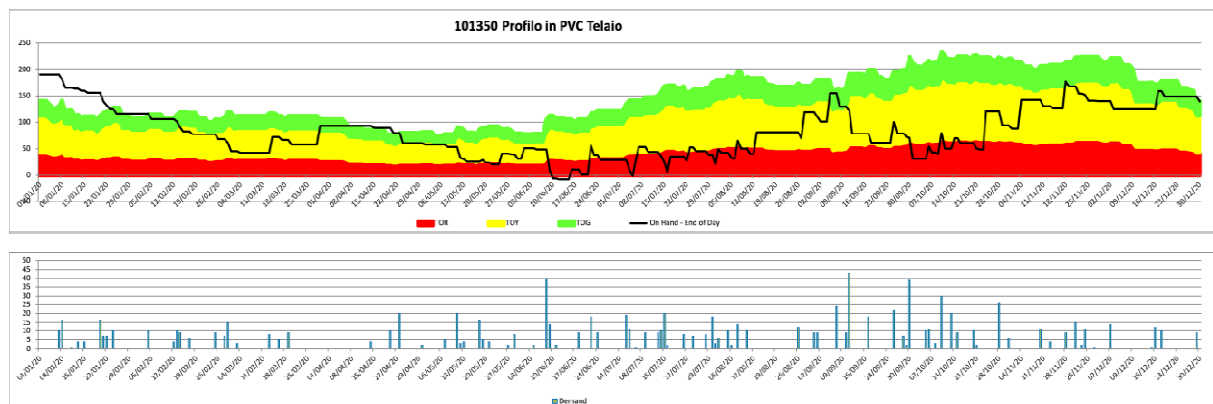


Figura 3.9: andamento buffer componente 101.350 e picchi di domanda

Fonte: elaborazione personale

In generale è possibile vedere come il buffer abbia correttamente aumentato la sua dimensione nella parte finale dell'anno per rispondere ad una domanda maggiore rispetto ai primi cinque mesi dove i picchi di domanda erano minori e di piccola dimensione. Inoltre, l'andamento della quantità all'interno del buffer è risultata essere prevalentemente all'interno della zona gialla e nella parte superiore della zona rossa (zona rossa di base), risultato ottimale che avvalorata ulteriormente la tesi del corretto dimensionamento del buffer.

Più nello specifico i dati risultanti dalla simulazione sono rappresentati nella Figura 3.10.

Part Number	101350	
<b>Simulation Results</b>	<b>Units</b>	<b>Days</b>
Average on hand - Input	20	8
Average on Hand - Simulato	84	32
Annual Turns	11,36	
Total Demand	954	
Peak Demand	43	
Demand Pulses	92	
Qualified Spikes	11	
Minimum on hand	-7	
Max on hand	191	
Service Level	98,08%	
Days Stocked Out	7	
Supply orders	25	
Avg Supply Order Size	38	

Figura 3.10: risultati simulazione buffer componente 101.350

Fonte: elaborazione personale

I valori all'interno definiscono nell'ordine: la quantità disponibile media in input che è pari a 20, la quantità disponibile media in seguito alla simulazione pari a 84, la rotazione annuale della merce in magazzino, la quantità totale di domanda del componente, il picco massimo di domanda, il numero di giorni in cui c'è stato un picco di domanda, il numero di picchi qualificati, la quantità minima registrata in magazzino, la quantità massima registrata in magazzino, il livello di servizio, il numero di giorni durante l'anno in cui il buffer è risultato essere in una posizione di *stock out* ed infine la simulazione del numero di ordini effettuati durante l'anno e la loro dimensione media.

Tra tutti i valori presentati è fondamentale precisare quello relativo al livello di servizio. Esso definisce la probabilità dell'azienda di rispondere ai picchi di domanda. Nel nostro caso, essendo pari al 98,08%, significa che l'azienda, ricevuto un ordine da parte del cliente dopo 15 giorni (il nuovo DLT), sarà in grado nel 98% dei casi di garantire una risposta mentre nel 2% dei casi la sua risposta sarà in leggero ritardo. È facile notare però che il buffer in questione è risultato essere in una situazione di *stock out* durante l'intero anno solamente per 7 giorni.

Il profilo assegnato a questo buffer è "PLH", in quanto il componente è acquistato esternamente e ha un *lead time* lungo con una variabilità elevata. Per questo motivo il fattore di *lead time* assegnato è racchiuso tra l'intervallo 0,2 e 0,4 mentre il fattore di variabilità iniziale pari ad 1. La determinazione di questo valore è stata anch'essa definita dalla simulazione e nella Figura 3.11 sono presenti i valori che lo hanno stabilito. Nella rappresentazione a sinistra, è indicato il *lead time* del prodotto pari a 28 giorni ed in particolare il "coefficiente di variazione", il quale è espresso in termini percentuali e con un valore associato pari a 234,28%. Questa percentuale, confrontata con la rappresentazione centrale, permette di definire il livello di variabilità. Nel nostro caso tale percentuale risulta essere "alta", in quanto, il coefficiente di variazione ha assunto un valore superiore alla soglia ultima del livello "medio/alto" ed inferiore al 300%, soglia che avrebbe determinato il passaggio al livello "variabilità molto alta". Inizialmente il fattore di variabilità associato era pari ad 1, poi è stato leggermente diminuito a 0,5 (rappresentazione di destra in Figura) per diminuire la dimensione della zona rossa di sicurezza e renderlo maggiormente "rischioso" rispetto alla situazione iniziale.

Lead Time	28	<b>Variation Thresholds</b>	<table border="1"> <tr> <td>Low, Less than:</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Med, Less than:</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Med High: Grtr than Med up to:</td> <td>200%</td> </tr> <tr> <td>High: Grtr than Med High and up to</td> <td>300%</td> </tr> <tr> <td>Very High - Greater than</td> <td>300%</td> </tr> </table>	Low, Less than:	20%	Med, Less than:	100%	Med High: Grtr than Med up to:	200%	High: Grtr than Med High and up to	300%	Very High - Greater than	300%	<b>Red Safety %</b>	<table border="1"> <tr> <td>Low</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Med High</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Very High</td> <td>500</td> </tr> </table>	Low	10	Medium	50	Med High	70	High	50	Very High	500
Low, Less than:	20%																								
Med, Less than:	100%																								
Med High: Grtr than Med up to:	200%																								
High: Grtr than Med High and up to	300%																								
Very High - Greater than	300%																								
Low	10																								
Medium	50																								
Med High	70																								
High	50																								
Very High	500																								
Average Daily Demand	2,61																								
Minimum Order Quantity	0																								
Buffer Profile	B24																								
Demand Variability (Std Dev):	6,1																								
Coefficient of Variation (CoV)	234,28%																								
Peak to Average	16,45																								
Starting ADU	3																								

Figura 3.11: valori simulazione buffer 101.350 per la determinazione dei fattori di lead time e variabilità

Fonte: elaborazione personale

In relazione alla gestione del buffer, l'ADU è stata calcolata utilizzando un intervallo temporale di 90 giorni. Il buffer di conseguenza non è troppo reattivo alla domanda e segue un andamento abbastanza stabile con dei cambi di dimensione gradualmente. Inoltre, per la definizione dei picchi qualificati si è stabilito un *order spike horizon* di 15 giorni ed una *order spike threshold* pari al 50% della dimensione della zona rossa. La scelta dell'orizzonte pari a 15 giorni è stata dettata dal fatto che se un cliente oggi richiede un determinato quantitativo del prodotto all'azienda, essa ordinata i vetri che continueranno ad essere gestiti su commessa garantirà una risposta dopo 15 giorni. L'insieme di tutti questi dati sono indicati nella rappresentazione a sinistra della Figura 3.12.

<b>Demand Settings</b>		<b>Buffer Settings</b>	
Order Spike Horizon	15	Filter spikes from Dynamic Buffering (1=no,2=yes)	1
Order Spike Threshold	50%	Threshold	8
Include Order Spike Qualification?	y	Prior Demand (1=wrap around, 2=none, 3=ADU)	1
Rolling ADU Horizon	90	Trailing (1), Forward (2), Blended (3)	1
Use Min Max (1=no,2=yes)	1	Spread Weekly Demand (1=none, 2= 5 days, 3=7 days)	1
Max	0	Green/Red Zone based on Order Cycle Days? (1=no,2=yes)	1
Min	0		

Figura 3.12: demand settings e buffer settings componente 101.350

Fonte: elaborazione personale

Infine, nella rappresentazione di destra della Figura 3.12, è specificato come non siano stati filtrati picchi nel calcolo della media mobile dell'ADU. E come l'intervallo temporale utilizzato per il calcolo dell'ADU è un intervallo passato (vedi quarta riga della tabella).

Quella appena presentata risulta essere la prima versione del buffer del componente 101.350, poiché in seguito, dopo aver modificato due valori, indicati nelle caselle gialle

della Figura 3.13, si è cercato di definire un buffer più “rischioso” e maggiormente reattivo alle variazioni della domanda.

Buffer Settings			Red Safety %	
Filter spikes from Dynamic Buffering (1=no,2=yes)	2	23 pulses excluded	Low	10
Threshold	5		Medium	50
Prior Demand (1=wrap around, 2=none, 3=ADU)	1		Med High	70
Trailing (1), Forward (2), Blended (3)	1		High	10
Spread Weekly Demand (1=none, 2= 5 days, 3=7 days)	1		Very High	500
Green/Red Zone based on Order Cycle Days? (1=no,2=yes)	1			

Figura 3.13: modifica valori buffer componente 101.350

Fonte: elaborazione personale

Nello specifico è stato diminuito il fattore di variabilità a 0,1 ed escluso 5 picchi nel calcolo della media mobile dell’ADU. Relativamente a questa seconda modifica, l’ADU è calcolata come una media mobile all’interno del periodo temporale impostato, nel nostro caso 90 giorni (quinta riga della tabella “Demand settings” nella Figura 3.12). Essendo una media mobile essa cambia ogni giorno, quindi, inserendo il valore 2, come nella Figura 3.13, quando avviene il calcolo della media, il simulatore inserisce un valore pari a 0 se trova un picco. L’andamento del buffer risultante dalle modifiche apportate è rappresentato nella Figura 3.14.

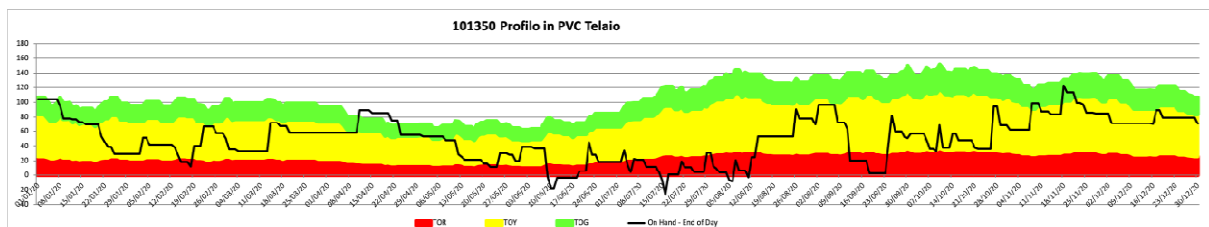


Figura 3.14: andamento buffer componente 101.350 a seguito delle modifiche apportate

Fonte: elaborazione personale

Dal confronto tra i due grafici si nota come gli andamenti tra le due versioni del buffer siano molto simili ma nella seconda versione la zona rossa risulta essere di dimensioni ridotte. Inoltre, la quantità disponibile all’interno del buffer varia molto di più ed è soggetta a delle crescite e decrescite più repentine.

In generale, i risultati derivanti da questa seconda simulazione sono riassunti nella Figura 3.15 e confrontati con quelli contenuti nella Figura 3.10 fanno risaltare alcune importanti differenze. La prima è la quantità media disponibile all’interno del buffer

durante l'intero anno (51), che risulta essere nettamente più bassa rispetto al valore risultante a seguito della prima simulazione. Inoltre, il numero di picchi qualificati identificati è maggiore, conseguenza della diminuzione del fattore di variabilità che ha impattato sulla dimensione della zona rossa riducendola. A sua volta, la soglia per il riconoscimento del picco, pari al 50% della zona rossa, si è abbassata, identificando così un numero maggiore di picchi qualificati. Il livello di servizio, risulta più basso rispetto alla precedente versione, con il doppio dei giorni di *stock out*, segno che il buffer è molto più "rischioso". Infine, questa seconda versione ha determinato un numero di ordini maggiore di dimensione minore.

La scelta di quale dei due buffer risulta essere migliore per l'azienda dipende dalla risoluzione del *trade off* tra costo di mantenimento del materiale all'interno del magazzino e livello di servizio. Nella prima versione, infatti, il livello di servizio è più alto ma l'investimento da fare per mantenere quella quantità media all'interno del buffer è maggiore. Al contrario, nella seconda versione il livello di servizio è più basso ma l'investimento che dovrà sostenere l'azienda è minore. Nella Tabella 3.2 è riassunto il seguente ragionamento.

	<b>UNITA' DISPONIBILI IN MEDIA</b>	<b>COSTO</b>	<b>LIVELLO DI SERVIZIO</b>
<b>PRIMA VERSIONE</b>	84	3500,28 €	98,08%
<b>SECONDA VERSIONE</b>	51	2125,17 €	95,89%

Tabella 3.2: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 101.350

Fonte: elaborazione personale

### 3.6.2 Buffer del componente "profilo anta" (103.381)

Quanto esposto per il componente "profilo telaio" vale per il "profilo anta". Si noti, infatti, che non si entrerà nel dettaglio relativamente ai specifici valori impostati in quanto le assunzioni sono le stesse di quelle già presentate nel primo caso, ma si approfondiranno maggiormente le differenze tra le due versioni di buffer ottenute dalla simulazione.



L'andamento del buffer nella sua prima versione è rappresentato nella parte alta della Figura 3.15, mentre, l'andamento dei picchi della domanda nella sua parte sottostante.

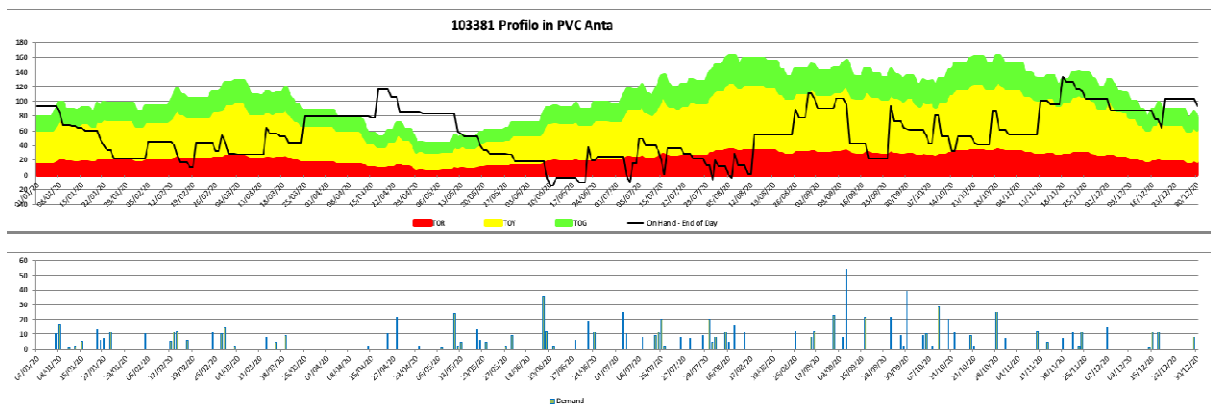


Figura 3.15: andamento buffer e relativi picchi di domanda componente 103.381

Fonte: elaborazione personale

Il buffer risulta essere leggermente più reattivo rispetto alle due versioni del componente 101.350, poiché l'orizzonte utilizzato per il calcolo dell'ADU, in questo caso, non è 90 giorni ma 60. Il fattore di variabilità è stato impostato a 0.1 e sono stati esclusi anche in questo caso 5 picchi nel calcolo della media mobile dell'ADU. Nello specifico i risultati ottenuti da questa simulazione sono riassunti nella Figura 3.16.

Part Number	103381	
<b>Simulation Results</b>	<b>Units</b>	<b>Days</b>
Average on hand - Input	20	8
Average on Hand - Simulato	58	22
Annual Turns	16,61	
Total Demand	969	
Peak Demand	54	
Demand Pulses	89	
Qualified Spikes	27	
Minimum on hand	-15	
Max on hand	134	
Service Level	95,34%	
Days Stocked Out	17	
Supply orders	27	
Avg Supply Order Size	36	

Figura 3.16: risultati simulazione buffer componente 103.381

Fonte: elaborazione personale

Il livello di servizio risulta pari a 95,34%, con un totale di 17 giorni in cui il buffer è risultato essere in una posizione di *stock out*, in media all'interno del buffer risultano essere presenti 58 componenti.

A seguito dei risultati raggiunti in questa prima versione del buffer è stata effettuata una modifica nell'intervallo di calcolo dell'ADU abbassandolo a 30 giorni, per renderlo molto più reattivo e verificarne il suo comportamento in questa diversa impostazione. I restanti valori sono rimasti invariati.

Nella Figura 3.17 è rappresentato l'andamento di questa seconda versione del buffer.

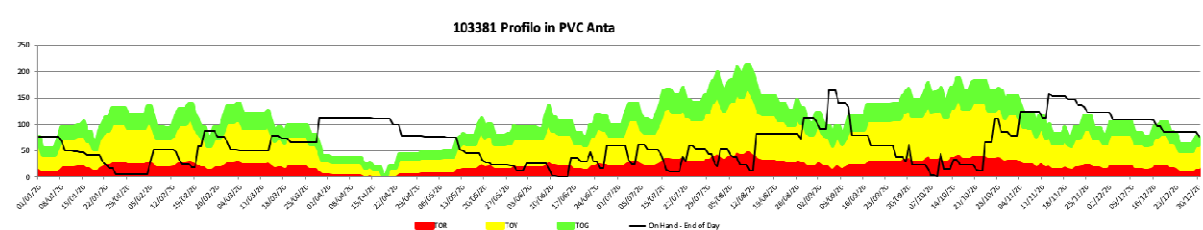


Figura 3.17: andamento buffer componente 103.381 con intervallo calcolo ADU di 30 giorni

Fonte: elaborazione personale

Dalla rappresentazione è possibile vedere come il buffer sia diventato molto reattivo ai cambiamenti della domanda, con le dimensioni delle tre zone che sono aumentate e diminuite adattandosi ai vari picchi di domanda. Inoltre, la quantità *on-hand* è rimasta quasi sempre all'interno del *range* ottimale tranne nel mese di aprile dove risultava essere eccessivamente elevata se confrontata con la dimensione del buffer. In generale, i risultati ottenuti da questa seconda simulazione sono riassunti nella Figura 3.18 e dimostrano come la quantità media all'interno del buffer risulti essere pari a 65, aumentando leggermente rispetto alla prima versione. I due dati maggiormente significativi sono, però, il livello di servizio che è pari al 100% ed i giorni di *stock out* che risultano essere 0. Infine, il numero e la dimensione degli ordini effettuati risultano essere molto simili nelle due versioni proposte.

Part Number		103381	
Simulation Results			
	Units	Days	
Average on hand - Input	20	8	
Average on Hand - Simulato	65	25	
Annual Turns	14,90		
Total Demand	969		
Peak Demand	54		
Demand Pulses	89		
Qualified Spikes	24		
Minimum on hand	0		
Max on hand	164		
Service Level	100,00%		
Days Stocked Out	0		
Supply orders	25		
Avg Supply Order Size	39		

Figura 3.18: risultati simulazione buffer componente 103.381 a seguito della modifica dell'ADU

Fonte: elaborazione personale

Anche in questo caso, la scelta su quale risulta essere la versione migliore dei due buffer ricade nella risoluzione del medesimo *trade-off* presentato precedentemente e i cui dati sono riassunti nella Tabella 3.3. In questo caso però, la scelta potrebbe ricadere nella seconda versione, in quanto, da una parte garantisce un livello di servizio massimo permettendo di rispondere nel 100% dei casi alla domanda dei clienti, dall'altra ha un costo di mantenimento annuale di poco superiore a quello che si ha con la prima versione.

	UNITA' DISPONIBILI IN MEDIA	COSTO	LIVELLO DI SERVIZIO
<b>PRIMA VERSIONE</b>	58	2699,32 €	95,34%
<b>SECONDA VERSIONE</b>	65	3025,10 €	100,00%

Tabella 3.3: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 103.381

Fonte: elaborazione personale

### 3.6.3 Buffer del componente "profilo fermavetro" (107.265)

L'ultimo componente analizzato è il "profilo fermavetro", il quale possiede un andamento della domanda molto simile a quello dei due componenti analizzati nelle

pagine precedenti. Anche in questo caso il profilo assegnato al buffer è di tipo “PLH” e ne sono state simulate due versioni differenti. Nella prima è stato stabilito un intervallo per il calcolo dell’ADU pari a 90 giorni e con un fattore di variabilità di 0,5. Inoltre, non è stato filtrato nessun picco nel calcolo della media mobile dell’ADU. Nella seconda, invece, il valore del fattore di variabilità è stato abbassato a 0,1 e sono stati esclusi 5 picchi dal calcolo. I risultati delle due simulazioni e gli andamenti delle due versioni del buffer sono rappresentati di seguito.

Nella Figura 3.19 sono presenti i risultati e l’andamento del buffer utilizzando i dati della prima versione, mentre nella Figura 3.20 i risultati e l’andamento del buffer con i dati della seconda versione.

Part Number		107265	
Simulation Results			
Average on hand - Input	18	6	
Average on Hand - Simulato	90	31	
Annual Turns	11,75		
Total Demand	1.053		
Peak Demand	45		
Demand Pulses	92		
Qualified Spikes	8		
Minimum on hand	-11		
Max on hand	201		
Service Level	99,18%		
Days Stocked Out	3		
Supply orders	25		
Avg Supply Order Size	42		

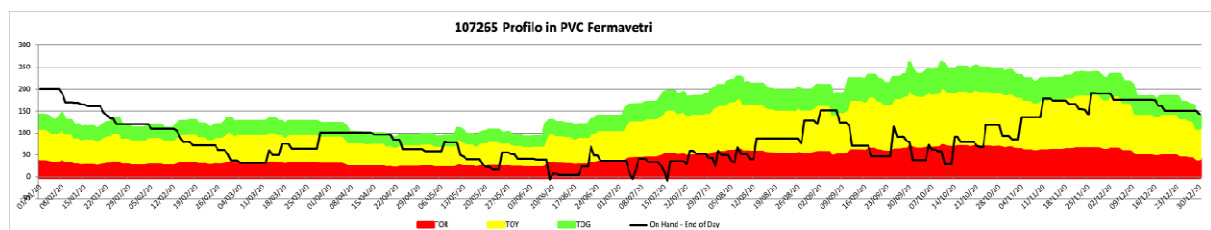


Figura 3.19: andamento buffer e risultati simulazione del componente 107.265 con i dati della prima versione

Fonte: elaborazione personale

Part Number	107265
<b>Simulation Results</b>	
Average on hand - Input	18      6
Average on Hand - Simulato	57      20
Annual Turns	18,36
Total Demand	1.053
Peak Demand	45
Demand Pulses	92
Qualified Spikes	26
Minimum on hand	-18
Max on hand	117
Service Level	96,16%
Days Stocked Out	14
Supply orders	28
Avg Supply Order Size	38

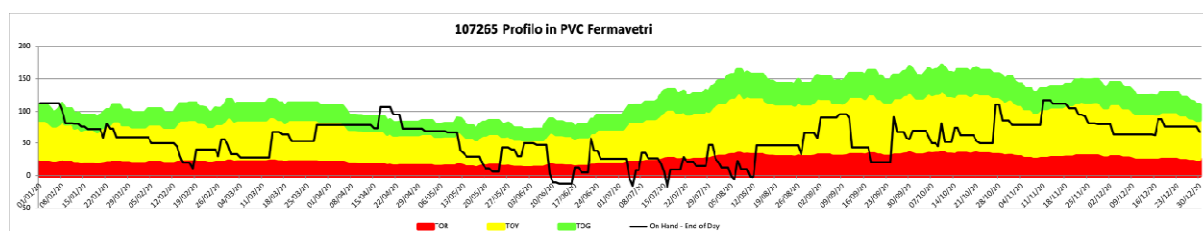


Figura 3.20: andamento buffer e risultati simulazione del componente 107.265 con i dati della seconda versione

Fonte: elaborazione personale

Dal confronto è possibile vedere come nel secondo caso il buffer risulta essere più “rischioso” con una zona rossa di dimensioni inferiori e una quantità *on-hand* leggermente più variabile. Inoltre, sempre nella seconda versione il livello di servizio risulta essere più basso rispetto al risultato della prima, ma con una quantità di componenti in media presenti all’interno del buffer nettamente più bassa.

Anche in questo caso la Tabella 3.4, descrive il *trade-off* che si dovrà gestire per la scelta di quale dei due buffer risulta essere migliore.

	UNITA' DISPONIBILI IN MEDIA	COSTO	LIVELLO DI SERVIZIO
<b>PRIMA VERSIONE</b>	90	1422,00 €	99,18%
<b>SECONDA VERSIONE</b>	57	900,60 €	96,16%

Tabella 3.4: confronto tra il costo di mantenimento del buffer e il livello di servizio del componente 107.265

Fonte: elaborazione personale



## CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'elaborato è quello di verificare se la simulazione di implementazione del DDMRP all'interno di un caso concreto di una piccola impresa, è in grado di risolvere alcune problematiche di gestione degli approvvigionamenti dei componenti di uno dei suoi prodotti di punta. Per effettuare questa simulazione in azienda è stata analizzata la distinta base del prodotto preso in esame e il suo processo produttivo, identificando i componenti critici e le problematiche nella gestione dei loro approvvigionamenti. In seguito, utilizzando i principi esposti nel manuale di Ptak e Smith (2016) si sono identificati i punti strategici in cui posizionare dei buffer di disaccoppiamento. Tre sono risultati essere i componenti in cui era necessario effettuare questa operazione e dopo averne ricavato la loro domanda durante l'intero 2020, i dati risultati sono stati caricati all'interno di un simulatore che ha permesso di effettuare una prova di implementazione della metodologia.

Dall'analisi dei tre buffer risultanti e delle diverse versioni ottenute, si sono generati alcuni effetti positivi: la diminuzione del *lead time* produttivo, la gestione dei picchi di domanda e della sua variabilità ed infine la garanzia di un livello di servizio al cliente molto alto. Con riguardo al *lead time*, esso è diminuito passando da 45 giorni a 14, rientrando ampiamente all'interno della *customer tolerance time* dei clienti. Focalizzandosi nella gestione dei picchi e nella variabilità della domanda, i buffer garantiscono un aggiustamento dinamico in relazione ai cambiamenti dell'ambiente esterno e permettono all'azienda di essere sempre in grado di rispondere alla domanda dei clienti, con dei livelli di servizio che si sono dimostrati essere, in media, pari al 98%. L'unico elemento negativo, che è importante ravvisare, risulta essere l'investimento che si dovrà effettuare per la gestione dei punti di disaccoppiamento. In tutti e tre i casi, le quantità che in media sono disponibili all'interno dei buffer risultano essere nettamente maggiori se confrontate con la situazione attuale aziendale dove non superano le 20 unità. Questo è sicuramente un fattore da prendere in considerazione, in quanto, l'implementazione di questo sistema richiederà in prima battuta un investimento considerevole. Allo stesso tempo però, è stato possibile vedere che, modificando opportuni valori, la quantità media è diminuita sistematicamente a discapito del livello

di servizio. Di conseguenza, la risoluzione del *trade-off* tra il costo di mantenimento del buffer ed il livello di servizio erogato risulterà essere l'elemento focale per la corretta scelta della tipologia di buffer da implementare.

Per concludere, la simulazione di implementazione effettuata ha riguardato solamente uno dei molteplici prodotti che l'azienda produce, di conseguenza, per avere una panoramica completa a livello aziendale è necessario che tale metodologia venga implementata su diversi prodotti con caratteristiche diverse e con componenti diversi. I risultati ottenuti da questa semplice analisi hanno dimostrato come il DDMRP risulti essere uno strumento molto intuitivo e semplice da gestire, soprattutto se confrontato con il contesto odierno di elevata dinamicità.

A livello aziendale, nei prossimi mesi, si cercherà di valutare la possibile implementazione di questa metodologia, verificando se l'investimento che si dovrà fare permetterà di aumentare i guadagni nel breve termine diminuendo il tempo di risposta alla domanda del cliente e garantirà alla stessa azienda di essere pronta, in ogni momento, a gestire correttamente i picchi variabili di domanda con cui ogni giorno deve confrontarsi.



## **BIBLIOGRAFIA**

APICS Dictionary.

Bennett N., Lemoine J. (2014), "What VUCA Really Meand for You", Harvard Business Review, vol. 92, n 1/2.

Chase R. B., Jacobs R. F., Grando A., Sianesi A. (2012), "Operations Management – nella produzione e nei servizi", McGraw-Hill Education.

Chen I. J. (2001), "Planning for ERP systems: analysis and future trend", Business Process Management Journal, Vol. 7 No. 5, pp. 374-86.

Davenport T. H. (1998), "Putting the enterprise into the enterprise system", Harvard Business Review, 76, 4 (July-August 1998), 121–131.

Favaretto D., Marin A. (2018), "An empirical comparison study between DDMRP and MRP in Material Management", Department of Management, Università Ca' Foscari Venezia, Working paper 15/2018, pp. 1-11.

Fontana F., Caroli M. (2017), "Economia e gestione delle imprese", McGraw-Hill Education.

Forrester J. (1961), "Industrial dynamics", Cambridge, MA: MIT Press.

Gimenez G., De Castro R., Martì R. (2000), "Implementing Distribution Requirement Planning System in a distribution company", First World Conference on Production and Operations Management, POM Siviglia.

Gupta M., Snyder D. (2009), "Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review", International Journal of Production Research - INT J PROD RES. 47. 3705-3739. 10.1080/00207540701636322.

Hagel J., Brown J. S., Samoyla T., Lui M. (2013), "Success or struggle: ROA as a true measure of business performance", Report 3 of the 2013 Shift Index series, Deloitte University Press.

Harding L., Ptak C. (2012), "Could demand-driven MRP be the solution we have been looking for?", Operations Management, published by the IOM

Harry M.J., Schroeder R. (2000), "Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations", Doubleday, NY.

Hayes R. H., Clark K. B. (1985), "Explaining Observed Productivity Differentials between Plants: Implications for Operations Research", Interfaces 15 (6), 3-14.

Imai, M. (1997), "Gemba Kaizen, A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy", The Kaizen Institute; consultato nella versione italiana "Gemba Kaizen, Un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo", (2015) Franco Angeli, Milano.

Isotta F. (2011), "La progettazione organizzativa", Cedam, Padova.

Koch C., Slater D., Baatz E. (1999), "The ABCs of ERP", CIO Magazine.

Lee H. L., Padmanabhan V., Whang S. (1997), "The Bullwhip Effect in Supply Chains", Sloan Management Review, 38, 93-102.

Lee H. L., Padmanabhan V., Whang S. (1997), "Information Distorsion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", Management Science, 43, 546-558.

Levy G. (2006), "La logistica nei sistemi ERP. Dalla distinta base alla produzione", Franco Angeli, Milano, pp. 15-45.

Li Q., Disney S. M. (2017), "Revisiting Rescheduling: MRP Nervousness and the Bullwhip Effect", International Journal of Production Research, 55 (7), 1992-2012.

Lin L., Wen-Huang L., Shou-Ju R., Wei W. (2001) "Distribution requirement planning approach based on limited supply capacity in supply chain," IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace, pp. 1801-1805, vol.3, doi: 10.1109/ICSMC.2001.973563

Linderman K., Schroeder R. G., Zaheer S., Choo A. S. (2003), "Six Sigma: a goal-theoretic perspective", *Journal of Operations Management*, 21, 193-203.

Mabert V. A. (2007), "The early road to material requirements planning", *Journal of Operations Management* 25, 346-356.

Mather H. (1977), "Reschedule the Reschedules You Just Rescheduled – Way of Life for MRP?", *Production and Inventory Management*, 18 (1), 60-79.

Miclo R., Fontanili F., Lauras M., Lamothe, J., Milian B. (2015), "MRP vs. demand-driven MRP: Towards an objective comparison", 1072-1080, 10.1109/IESM.2015.7380288.

Miclo R., Lauras M., Fontanili F., Lamothe J., Melnyk S. A. (2019), "Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management", *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis Journals, vol. 57(1), pages 166-181.

Millar C. C. J. M., Groth O., Mahon J. F. (2018), "Management Innovation in a VUCA World: Challenges and Recommendations", *California Management Review*, 61(1), 5-14.

Montgomery D. C., Woodall W. H. (2008), "An overview of Six Sigma", *International Statistical Review*, 76, 3, 329-346.

Nah F., Lau J., Kuang J. (2001), "Critical factors for successful implementation of enterprise systems", *Business Process Management Journal*, Vol. 7, No. 3, pp. 285-96.

Olshan J. (2013), "88% of spreadsheets have errors", *Wall Street Journal's*.

Orlicky J. (1975), "Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management", New York, McGraw-Hill.

Panko R. R. (1998), "What we know about spreadsheet errors", Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC), 10(2), 15-21.

Perez J. L. (1997), "TOC for world class global supply chain management", Computers and Industrial Engineering, 33 (1/2), 289-293.

Plossl G. W., Orlicky J. (1994), "Orlicky's material requirements planning", McGraw-Hill Professional.

Ptak C., Smith C. (2011), "Orlicky's Material Requirements Planning 3/E", McGraw-Hill Professional.

Ptak C., Smith C. (2016), "Demand driven material requirements planning (DDMRP)", Industrial Press, Incorporated.

Ptak C., Smith C. (2018), "Precisely Wrong. Why Conventional Planning Fails and How to Fix it", Industrial Press, Incorporated.

Shehab E. M., Sharp M. W., Supramaniam L., Spedding T. A. (2004), "Enterprise resource planning: An integrative review", Business Process Management Journal, Vol. 10 No. 4, pp. 359-386. <https://doi.org/10.1108/14637150410548056>

Soh C., Kien S.S., Tay-Yap J. (2000), "Cultural fits and misfits: is ERP a universal solution?", Communications of the ACM, Vol. 43 No. 4, pp. 47-51.

Spencer M. S., Cox III J. F. (1995), "Optimum production technology (OPT) and the theory of constraints (TOC): analysis and genealogy", International Journal of Production Research, 32 (2), 299-308.

Sugimori Y., Kusunoki K., Cho F. & Uchikawa S. (1977), "Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system", *The International Journal of Production Research*, 15:6, 553-564, DOI: 10.1080/00207547708943149

Sullivan J. (2012), "Talent strategies for a turbulent VUCA world – shifting to an adaptive approach".

Sterman J. D. (1989), "Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment", *Management Science*, 34(3), 321-339.

UNICMI (2020), "Rapporto sul mercato italiano dell'involucro edilizio: serramenti e facciate continue".

Wang X., Disney S. M. (2016), "The bullwhip effect: Progress, trends and directions", *European Journal of Operational Research*, 250, 691-701.

Watson K., Blackstone J., Gardiner S. (2007), "The evolution of a management philosophy: The theory of constraints", *Journal of Operations Management*, 25, 387-402.

Womack J. P., Jones D. T., Ross D. (1990), "The Machine that Changed the World", Free Press.



## SITOGRAFIA

<http://www.futuraserramenti.it/>

<https://news.wuerth.it/progettisti/classi-antiefrazione-dei-serramenti/>

<https://www.leanmanufacturing.it>

<https://www.linkedin.com/pulse/ddmrp-innovation-series-part-1-chad-smith>

<https://www.isixsigma.com/>

<https://www.qantica.it/>

<http://www.unicmi.it/>

<https://www.demanddriveninstitute.com/>

(I siti sono stati consultati tra il 04/02/2021 e il 19/06/2021)