



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea Magistrale  
in Economia e Gestione delle Aziende  
Ordinamento ex D.M. 270/2004

Tesi di Laurea

**DDMRP: una nuova via per  
la pianificazione degli ordini e  
della produzione**

Il caso Sonepar Italia

**Relatrice**

Ch.ma Prof.ssa Daniela Favaretto

**Laureando**

Francesco Bertoldero

Matricola 849777

**Anno Accademico**

2020 / 2021

# Sommario

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1 Supply chain e pianificazione dei fabbisogni</b>	<b>2</b>
1.1 <i>La Supply chain</i>	2
1.2 <i>La pianificazione dei fabbisogni</i>	5
<b>CAPITOLO 2 I sistemi di pianificazione convenzionali</b>	<b>8</b>
2.1 <i>Dai primi sistemi di pianificazione a MRP</i>	8
2.2 <i>Material Requirements Planning (MRP)</i>	10
2.2.1 <i>ORDER POINT vs MRP</i>	11
2.2.2 <i>Struttura e processo di base dei sistemi MRP</i>	17
2.2.3 <i>Limiti di MRP</i>	23
2.3 <i>La Lean Production</i>	30
2.3.1 <i>Fondamenti del sistema Toyota</i>	32
2.3.2 <i>La semplicità della Lean: limite o opportunità?</i>	35
2.4 <i>La teoria dei vincoli</i>	36
2.4.1 <i>Critiche alla teoria dei vincoli</i>	43
2.5 <i>L'importanza del flusso e la necessità di un nuovo sistema di pianificazione</i>	45
<b>CAPITOLO 3 Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)</b>	<b>48</b>
3.1 <i>Introduzione a DDMRP</i>	48
3.2 <i>Livello 1 – Position. Strategic Inventory Positioning</i>	54
3.2.1 <i>Fattori di posizionamento</i>	54
3.2.2 <i>Decoupled Lead Time</i>	61
3.3 <i>Livello 2: Protect. Buffer profiles and levels</i>	66
3.3.1 <i>Profili di buffer</i>	68
3.3.2 <i>Attributi delle parti individuali</i>	74
3.3.3 <i>Calcolo delle zone di buffer</i>	77
3.4 <i>Livello 3: Protect. Dynamic Adjustments</i>	82
3.4.1 <i>Recalculated adjustments</i>	82
3.4.2 <i>Planned adjustment factors</i>	85
3.5 <i>Livello 4: Pull. Demand Driven Planning</i>	92
3.5.1 <i>La Net Flow Equation</i>	93
3.5.2 <i>Generazione degli ordini di fornitura con la Net Flow Position</i>	96
3.6 <i>Livello 5: Pull. Demand Driven Execution</i>	100
3.6.1 <i>Buffer status alerts</i>	101
3.6.2 <i>Synchronization alerts</i>	103
<b>CAPITOLO 4 Applicazione di DDMRP ad un'azienda di distribuzione</b>	<b>105</b>
4.1 <i>Sonepar Italia S.p.A.</i>	105
4.1.2 <i>Ricerca di un miglioramento dell'efficienza nel riordino dei materiali in Sonepar Italia</i>	106
4.2 <i>Simulazione di DDMRP</i>	109
4.2.1 <i>Simulazione di ID6</i>	110
4.2.2 <i>Simulazione di ID46</i>	115
4.2.3 <i>Simulazione di ID27</i>	118
4.3 <i>Discussione dei risultati</i>	121
4.4 <i>Considerazioni personali</i>	121
<b>Conclusioni</b>	<b>123</b>



## Indice delle figure

Figura 1.1. I flussi fondamentali della supply chain. (Cordón, Hald, & Seifert, 2012)	3
Figura 1.2. Supply chain estesa. (Mentzer, et al., 2001)	4
Figura 1.3. Range ottimale di stock in magazzino. (Ptak & Smith, 2016)	7
Figura 2.1. Esempio di fasi di conversione dei materiali. (Ptak & Smith, 2011)	14
Figura 2.2. Esempio di calcolo del fabbisogno netto. (Elaborazione personale)	18
Figura 2.3. Fonti degli input dei sistemi MRP. (Ptak & Smith, 2011)	19
Figura 2.4. Esempio di bill of material. (Elaborazione personale)	21
Figura 2.5. Esplosione della bill of material in MRP. (Elaborazione personale)	22
Figura 2.6. Tempo di approvvigionamento e di produzione vs visibilità degli	25
Figura 2.7. Nervosismo di MRP. (Ptak & Smith, 2016)	26
Figura 2.8. Distribuzione bimodale dell'inventario. (Ptak & Smith, 2016)	28
Figura 2.9. Il Bullwhip effect. (Ptak & Smith, 2016)	29
Figura 2.10. Il processo di miglioramento continuo. (Elaborazione personale)	41
Figura 2.11. Drum-Buffer-Rope. (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017)	43
Figura 3.1. Base metodologica per DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)	51
Figura 3.2. I cinque componenti di DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)	51
Figura 3.3. Struttura del prodotto per FPE e FPF. (Ptak & Smith, 2016)	56
Figura 3.4. Routing structure per FPE e FPF. (Ptak & Smith, 2016)	57
Figura 3.5. Routing structure per FPE e FPF con l'inserimento dei buffer di disaccoppiamento. (Ptak & Smith, 2016)	59
Figura 3.6. I vantaggi dei livelli dei punti di disaccoppiamento. (Ptak & Smith, 2016)	60
Figura 3.7. Struttura di prodotto di FPD. (Ptak & Smith, 2016)	61
Figura 3.8. Struttura di prodotto di FPD con i punti di disaccoppiamento e la variabilità che passa attraverso la struttura. (Ptak & Smith, 2016)	62
Figura 3.9. Cumulative lead time per FPD. (Ptak & Smith, 2016)	63
Figura 3.10. Decoupled lead time di FPD e del componente 208. (Ptak & Smith, 2016)	64
Figura 3.11. Il disaccoppiamento di 401P comprime il decoupled lead time del componente 208. (Ptak & Smith, 2016)	65
Figura 3.12. Le zone dei buffer e i loro scopi. (Elaborazione personale)	68
Figura 3.13. Calcolo delle zone dei buffer. (Elaborazione personale)	68
Figura 3.14. Distribuzione dei lead time per una parte acquistata. (Ptak & Smith, 2016)	70
Figura 3.15. Esempio di lead time factor range raccomandati. (Ptak & Smith, 2016)	70
Figura 3.16. Esempio di variability factor range. (Ptak & Smith, 2016)	72
Figura 3.17. Combinazioni di profili di buffer. (Ptak & Smith, 2016)	73
Figura 3.18. Differenze nei valori dell'ADU considerando diversi periodi temporali. (Ptak & Smith, 2016)	75
Figura 3.19. Fattori per il calcolo dei livelli dei buffer. (Elaborazione personale)	77
Figura 3.20. Riassunto dei calcoli per il buffer della parte-esempio. (Ptak & Smith, 2016)	81
Figura 3.21. Dati del componente 1234 e aggiustamenti del suo buffer in 6 mesi. (Ptak & Smith, 2016)	83
Figura 3.22. Compressione del lead time del componente 1234. (Ptak & Smith, 2016)	84
Figura 3.23. Buffer del componente 1234 con la MOQ. (Ptak & Smith, 2016)	85
Figura 3.24. Componente ABC senza demand adjustment. (Ptak & Smith, 2016)	87
Figura 3.25. Componente ABC con applicazione del demand adjustment factor. (Ptak & Smith, 2016)	87
Figura 3.26. Incremento del buffer per l'introduzione di un nuovo prodotto.	89
Figura 3.27. Diminuzione del buffer per un prodotto che deve essere ritirato dal mercato. (Ptak & Smith, 2016)	89
Figura 3.28. Gli elementi della net flow equation. (Ptak & Smith, 2016)	94
Figura 3.29. Esempio di net flow equation. (Ptak & Smith, 2016)	94
Figura 3.30. Order spike threshold e order spike horizon. (Ptak & Smith, 2016)	96
Figura 3.31. Valori del TOG, TOY e TOR per il componente 401P. (Ptak & Smith, 2016)	97
Figura 3.32. Net flow position di 401P. (Ptak & Smith, 2016)	98
Figura 3.33. Esempio di schermo di controllo e pianificazione di DDMRP per 401P. (Ptak & Smith, 2016)	99
Figura 3.34. schermo di controllo e pianificazione di DDMRP per 401P con più componenti. (Ptak & Smith, 2016)	100
Figura 3.35. Avvisi basilari di DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)	101
Figura 3.36. Determinazione della priorità degli ordini di acquisto in base alla data. (Ptak & Smith, 2016)	102
Figura 3.37. Determinazione della priorità degli ordini di acquisto in base allo status dei rispettivi buffer. (Ptak & Smith, 2016)	102
Figura 3.38. Rappresentazione del concetto di lead time alert. (Ptak & Smith, 2016)	104
Figura 4.1. Grafico dello scenario 1A. (Elaborazione personale)	113

<b>Figura 4.2. Domanda per ID6. (Elaborazione personale)</b>	<b>113</b>
<b>Figura 4.3. Grafico dello scenario 1B. (Elaborazione personale)</b>	<b>115</b>
<b>Figura 4.4. Grafico dello scenario 2. (Elaborazione personale)</b>	<b>117</b>
<b>Figura 4.5. Domanda per ID46. (Elaborazione personale)</b>	<b>117</b>
<b>Figura 4.6. Grafico dello scenario 3. (Elaborazione personale)</b>	<b>120</b>
<b>Figura 4.7. Domanda per ID27. (Elaborazione personale)</b>	<b>120</b>

## Indice delle tabelle

Tabella 2.1. Probabilità di disponibilità simultanea. (Orlicky, 1975)	15
Tabella 3.1. Ipotesi di risposte per il posizionamento dei punti di disaccoppiamento. (Elaborazione personale)	58
Tabella 3.2. Esempio di profilo di buffer e degli attributi individuali di un componente. (Ptak & Smith, 2016)	78
Tabella 4.1. Domanda giornaliera dei tre articoli per l'anno 2020. (Elaborazione personale)	110
Tabella 4.2. Input per ID6. (Elaborazione personale)	111
Tabella 4.3. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 1A. (Elaborazione personale)	111
Tabella 4.4. Risultati della simulazione per lo scenario 1A di ID6. (Elaborazione personale)	113
Tabella 4.5. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 1B. (Elaborazione personale)	114
Tabella 4.6. Risultati della simulazione per lo scenario 1B di ID6. (Elaborazione personale)	115
Tabella 4.7. Input per ID46. (Elaborazione personale)	115
Tabella 4.8. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 2. (Elaborazione personale)	116
Tabella 4.9. Risultati della simulazione per lo scenario 2. (Elaborazione personale)	117
Tabella 4.10. Input per ID27. (Elaborazione personale)	118
Tabella 4.11. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 3. (Elaborazione personale)	118
Tabella 4.12. Risultati della simulazione per lo scenario 3. (Elaborazione personale)	119

*Ringrazio la Professoressa Favaretto per la grande disponibilità offertami durante la stesura di questa tesi e Alessandro Marin per il contributo fornitomi nello svolgere la simulazione.*

*Ringrazio anche Sonepar Italia per aver reso possibile la parte applicativa di questo elaborato e ringrazio in particolar modo Luciano Pellegrino per il supporto e la disponibilità che mi sono stati dimostrati nel corso della stesura, i quali sono stati fondamentali per il completamento di questo lavoro.*

*Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia, per essermi sempre stata accanto in ogni modo possibile nel percorso che mi ha portato fin qui.*

*Grazie infine a te, Arianna, per aver sempre creduto in me anche quando non l'ho fatto io stesso.*

# Introduzione

La seguente tesi vuole contribuire allo studio e analisi della metodologia di pianificazione degli ordini e della produzione Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), sulla quale vi è attualmente una scarsa quantità di pubblicazioni. DDMRP è un metodo innovativo che utilizza il concetto di disaccoppiamento abbinandolo a quello di buffer, facendo uso di altre nozioni tipiche di alcuni sistemi di pianificazione convenzionali e combinandole ad altre più innovative dando così vita ad un metodo completamente nuovo sia sul piano concettuale che su quello pratico.

Il primo capitolo presenta una breve analisi della supply chain per contestualizzare il sistema nel quale DDMRP opera, esso è infatti predisposto per coordinare e aumentare l'efficienza non solo del sistema-azienda ma anche delle logiche che impongono a queste ultime di collaborare tra loro per migliorare la produttività.

Nel secondo capitolo viene svolta un'analisi di tre dei principali sistemi di pianificazione convenzionali, ovvero tra quelli maggiormente diffusi nel mondo accademico e industriale: essi sono Material Requirements Planning (MRP), Lean Production e Theory Of Constraints (TOC). Oltre alle loro principali caratteristiche e punti di forza, vengono descritti anche i loro limiti e difetti più rilevanti i quali pongono le basi per la necessità di un nuovo sistema di gestione degli ordini e della produzione.

Nel terzo capitolo viene descritto DDMRP nei suoi punti principali, ovvero i cinque passaggi chiave che costituiscono la sua implementazione e sono messe in risalto le più rilevanti differenze con i sistemi di pianificazione convenzionali descritti nel capitolo due; in particolare con MRP in quanto quest'ultimo rappresenta lo standard a livello globale.

Il quarto e ultimo capitolo presenta inizialmente una descrizione dell'azienda Sonepar Italia, la quale ha messo a disposizione i dati necessari a svolgere una simulazione di dati con DDMRP. Quest'ultima, che ha l'obiettivo di fornire un confronto tra i risultati raggiunti con il sistema di pianificazione utilizzato dall'azienda e quelli invece ottenuti attraverso l'implementazione di DDMRP, è analizzata nella seconda parte del capitolo e si basa sulla domanda reale di tre prodotti di Sonepar Italia manifestatasi nel corso dell'anno 2020. Nell'ultima parte del capitolo, infine, vengono discussi i risultati ottenuti dalla simulazione.

# CAPITOLO 1

## Supply chain e pianificazione dei fabbisogni

*Nel primo capitolo verrà inizialmente svolta una breve analisi sulla supply-chain, fornendo una definizione di quest'ultima e analizzando le sue caratteristiche e le sue funzioni. Nella seconda parte verrà introdotto il tema della pianificazione dei materiali, il quale verrà poi approfondito nel secondo capitolo.*

### 1.1 La Supply chain

Nel sistema economico che contraddistingue la nostra epoca, la gestione della supply chain è un tema tanto importante quanto complesso: le aziende di tutto il mondo, a prescindere dalla loro dimensione o natura, sono sempre più vincolate al contesto esterno ai loro confini con la conseguenza che qualsiasi cambiamento che si verifichi all'esterno di questi avrà conseguenze più o meno rilevanti per le dinamiche interne alle aziende coinvolte. Ciò rappresenta per tali aziende l'esistenza sia di rischi che di opportunità, i quali devono perciò essere adeguatamente gestiti.

Poiché il tema della supply chain è parte integrante degli argomenti che verranno trattati nei capitoli successivi, è necessario approfondire il concetto di supply chain e qual è la sua importanza nel contesto delle aziende odierne.

Il termine Supply Chain Management nacque alla fine degli anni '80 e divenne d'ampio utilizzo durante gli anni '90 (Hugos, 2003).

Apics (American Production and Inventory Control Society) definisce la supply chain come *“The global network used to deliver products and services from raw materials to end customers through an engineered flow of information, physical distribution, and cash”* (Apics, 2010).

Un'altra definizione di supply chain è *“A set of three or more entities (organizations or individuals) directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and/or information from a source to a customer”* (Mentzer, et al., 2001).

Sadler definisce invece la supply chain come *“a stream along which materials and products flow to the consumer”* (Sadler, 2008).

In altre parole, con supply chain si intende tutto il processo di approvvigionamento che - nel caso più semplice - parte da un fornitore di componenti o materie prime, passa per una seconda azienda, la quale rilavorerà tali materie prime o componenti e si conclude con la consegna al cliente finale del prodotto finito. La figura 1.1 illustra il concetto di supply chain.

Tradizionalmente la supply chain viene descritta come consistente in tre flussi fondamentali: 1) il flusso dei beni dai fornitori ai produttori, ai distributori e infine al dettaglio per raggiungere il consumatore; 2) il flusso di informazioni; 3) il flusso finanziario.

Altri tre flussi importanti circolanti in entrambi le direzioni sono lo scambio dei rischi tra consumatori e fornitori; lo scambio di idee e innovazioni; e le relazioni e percezioni personali delle diverse parti riguardo alle altre nella supply chain (Cordón, Hald, & Seifert, 2012).

Dall'esistenza di questi flussi si può intuire come le aziende non siano entità isolate dalle altre ma al contrario costituiscano anelli di una catena in connessione tra loro. I componenti di questa catena non possono prescindere dalle conseguenze delle azioni, decisioni e imprevisti che avvengono presso gli altri soggetti della supply chain; al contrario, per poter perdurare nel lungo termine un'azienda deve essere in grado di collaborare con le entità esterne ad essa che costituiscano per l'azienda in questione un'importanza strategica. Tutti i flussi indicati nella figura 1.1 devono essere perciò monitorati e coltivati affinché la supply chain rimanga efficiente e reattiva. Questo concetto di importanza flusso è stato enfatizzato e approfondito in letteratura e verrà ripreso nei capitoli successivi.

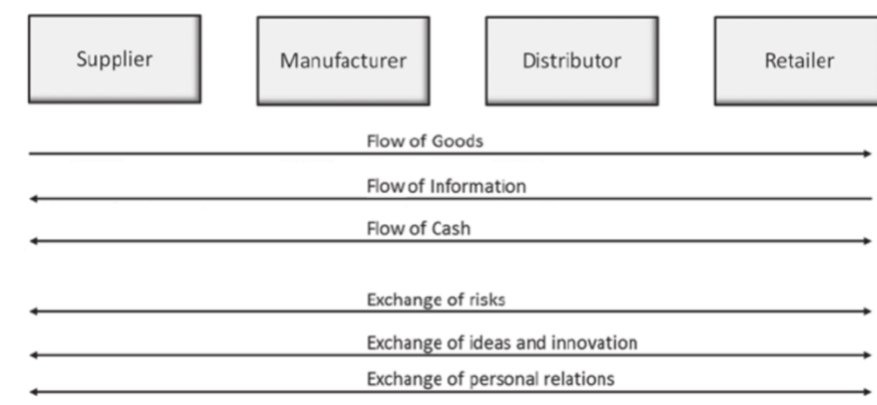


Figura 1.1. I flussi fondamentali della supply chain. (Cordón, Hald, & Seifert, 2012)

Quello della figura 1.1 è un esempio di una supply chain basilare dove i principali attori sono il fornitore, il produttore, il distributore e il dettagliante; le supply chain possono tuttavia assumere diverse configurazioni e livelli di complessità come quella illustrata in figura 1.2: si può notare come i fornitori diretti dell'azienda al centro della figura siano a loro volta clienti di un'altra azienda, mentre suoi i clienti sono anch'essi fornitori di un'altra azienda.

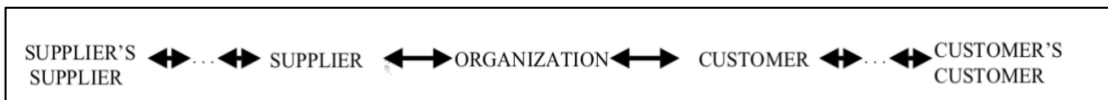


Figura 1.2. Supply chain estesa. (Mentzer, et al., 2001)

Posto dunque che potenzialmente vi possono essere illimitate configurazioni alternative di una supply chain, è necessario fare alcune considerazioni importanti. La prima riguarda il fatto che qualunque organizzazione può fare parte di numerose supply chain diverse: ad esempio, un'azienda che riveste il ruolo di grossista di prodotti alimentari si troverà a far parte della supply chain dei prodotti avicoli, di quella dei latticini e così via.

In aggiunta, questo fenomeno consente di comprendere come alcune supply chain abbiano una struttura a network: nel caso dell'esempio appena citato, l'azienda potrebbe rivestire il ruolo di cliente in una supply chain, di fornitore in un'altra e di competitor in una terza (Mentzer, et al., 2001). Ma soprattutto consente di intuire quanto complicato può essere per un'azienda gestire le dinamiche economiche, sociali e relazionali che una supply chain con una struttura altamente complessa comporta.

Per queste ragioni un'azienda che si trova all'interno di una supply chain deve innanzitutto avere consapevolezza della struttura e dei vari step che costituiscono il suo flusso: ciò a cui fanno riferimento Mentzer, DeWitt, Keebler, Min, Nix, Smith, Zacharia quando definiscono l'Orientamento alla supply chain come *“The recognition by an organization of the systemic, strategic implications of the tactical activities involved in managing the various flows in a supply chain”* (Mentzer, et al., 2001). Pertanto, un'azienda non possiede un orientamento alla supply chain se vede solamente le implicazioni strategiche e sistemiche in un'unica direzione.

Non solo, Mentzer, DeWitt, Keebler, Min, Nix, Smith, Zacharia sottolineano anche come le supply chain in quanto fenomeno di business esistano a prescindere dal fatto che alcune

delle organizzazioni che ne fanno parte implementino attivamente o meno dei meccanismi e concetti mirati a gestirla (Mentzer, et al., 2001).

Questi meccanismi e azioni vengono definiti Supply Chain Management, che Hugos descrive come “*The coordination of production, inventory, location, and transportation among the participants in a supply chain to achieve the best mix of responsiveness and efficiency for the market being served*” (Hugos, 2003).

Raggiungere il miglior mix di reattività ed efficienza è un obiettivo difficile da raggiungere per le aziende in quanto tipicamente comporta trade-off decisionali, aumentare la reattività può comportare difatti una riduzione dell’efficienza e viceversa. Per converso, per le aziende che riescono a raggiungere tale obiettivo, un aumento rispettivamente della reattività o dell’efficienza comporta vantaggi notevoli quali l’abilità di reagire rapidamente a cambiamenti del mercato o della domanda dei consumatori, nel caso della prima; oppure la riduzione dei costi e l’assenza di sprechi di risorse per attività non a valore aggiunto nel caso della seconda (Minnich & Maier, 2006). Uno dei meccanismi utilizzati dalle aziende per gestire questo trade-off, coordinare le operazioni interne all’azienda e i partner della supply chain e ridurre i rischi derivanti dall’incertezza e dalla versatilità del mercato è quello della pianificazione (Thierry, Zielinski, & Guillaume, 2017); (Tuomikangas & Kaipia, 2014) che verrà approfondito nel paragrafo successivo.

## **1.2 La pianificazione dei fabbisogni**

Come accennato nel precedente paragrafo, le aziende, con lo scopo di ridurre l’incertezza intrinseca che comporta con sé il futuro, pianificano i processi per potersi preparare in anticipo e rispondere in maniera efficace ad eventi non previsti che potrebbero minare la loro stabilità sotto diversi aspetti. L’Apics definisce la pianificazione come “*The process of setting goals for the organization and choosing various ways to use the organization’s resources to achieve the goals*” (Apics, 2010). È una definizione molto generale e che può essere declinata in moltissimi contesti, tant’è vero che in ambito aziendale esistono significati diversi di pianificazione: ne sono un esempio il marketing plan o il profit plan (Luther, 2011); (Simons, 2017). Ai fini di questa tesi, e per coerenza con il DDMRP che verrà spiegato in seguito, ci si focalizzerà sulla pianificazione dei fabbisogni o pianificazione dei materiali.

Con pianificazione dei materiali o dei fabbisogni si intende il processo di programmazione della produzione o dell'approvvigionamento (tempistiche e quantità) di tutti i componenti e materie prime necessarie per produrre i beni finiti (Heisig, 2002). Si possono distinguere tre aree principali coinvolte nella pianificazione dei materiali: gli approvvigionamenti, la produzione e le vendite (Mella, 2020). Queste tre aree critiche sono strettamente connesse con il magazzino e le scorte in quanto è fondamentale che non vi siano carenze di materiale necessario ad assicurare il flusso della produzione, poiché una sua interruzione rappresenta mancate vendite e di conseguenza una perdita economica. Questa forte connessione è particolarmente visibile nelle strutture produttive che adottano i metodi di pianificazione dei materiali tradizionali (MRP), i quali hanno la caratteristica di rendere tutte le aree critiche dipendenti tra loro, con conseguenti limitazioni in termini di efficacia ed efficienza (la metodologia MRP sarà esplicitata più in dettaglio nel secondo capitolo).

I materiali (o stock, con i quali si intendono volumi di materie principali o accessorie, di semilavorati e componenti o prodotti di finiti) secondo Mella svolgono due funzioni contemporaneamente:

- Una funzione congiungente, o di anticipazione, ovvero *“colmano i divari temporali esistenti tra il processo degli approvvigionamenti, quello della produzione e quello delle vendite”* (Mella, 2020). Ciò consente di soddisfare i fabbisogni della produzione e delle vendite indipendentemente dai ritmi di produzione e di acquisizione delle materie prime e dai ritmi del mercato di vendita;
- Una funzione disgiungente, o di disaccoppiamento: le scorte di materie prime rendono il processo produttivo in parte indipendente da quello degli approvvigionamenti, quelle di prodotti svincolano il processo di produzione da quello delle vendite (Mella, 2020).

Una gestione efficiente degli stock permette dunque di stabilizzare i ritmi dei processi produttivi consentendo una gestione più efficiente di tutta la catena produttiva.

Sebbene gli stock rivestano un ruolo chiave all'interno dei processi di approvvigionamento, produzione e vendite, essi rappresentano allo stesso tempo un investimento monetario per l'azienda in termini di capitale investito nelle scorte (Mella, 2020). Chi si occupa di gestione degli stock, pertanto, si trova davanti al trade-off tra avere a disposizione ingenti scorte di magazzino ma con una conseguente eccessiva quantità di risorse finanziarie, capacità e spazio investita in tali scorte; oppure disporre di

una quantità invece minima di scorte (cosiddetta zero-inventory) ma comportando così carenze di scorte necessarie a far fronte a eventuali imprevisti o picchi della domanda.

La figura 1.3 aiuta a comprendere questo concetto. La linea orizzontale che punta a entrambe le direzioni rappresenta la quantità di scorte, la quale decresce andando da destra verso sinistra. La linea tratteggiata invece divide in due parti il grafico presso il punto A e B: nel punto A si avrà una situazione in cui la quantità di scorte è pari a zero, con le conseguenze già citate di carenze e mancate vendite; nel punto B invece si verificherà la situazione opposta con un eccesso di merce al punto in cui questa diventa uno spreco di risorse finanziarie e spazio.

La zona verde al centro rappresenta un range ottimale di quantità di stock da detenere in magazzino entro il quale coloro che si occupano di pianificazione degli stock si sforzano di ricadere. All'interno di tale range ottimale i problemi già espliciti, che si verificano uscendo invece da questo e andando sempre più verso il punto A o B, saranno infatti ridotti o assenti.

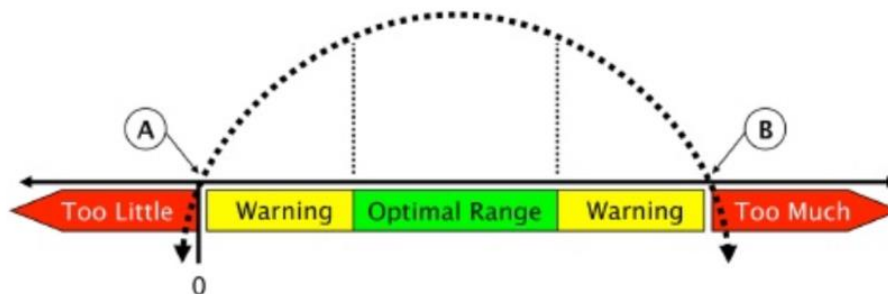


Figura 1.3. Range ottimale di stock in magazzino. (Ptak & Smith, 2016)

La pianificazione dei materiali, in conclusione, è un'attività che si rivela fondamentale dal momento in cui consente di stabilizzare il flusso della produzione ed evitare interruzioni della produzione dovute a rotture di stock (mancanza di materiale), in altre parole di razionalizzare quanto più possibile i processi produttivi.

Chi, tuttavia, si occupa di pianificazione e gestione dello stock si trova costantemente di fronte al trade-off precedentemente esplicito, ovvero determinare quanto materiale detenere in magazzino e quando ordinarlo affinché sia disponibile per la produzione (nel caso di materie prime o componenti, oppure per le vendite ai clienti nel caso dei prodotti finiti) e allo stesso tempo mantenere i livelli di stock in magazzino al minimo.

Nel capitolo successivo verranno descritti i principali sistemi di pianificazione che caratterizzano il contesto odierno e quali tecniche questi utilizzano per gestire il trade-off e raggiungere un equilibrio nel flusso della produzione e nella supply chain.

## CAPITOLO 2

### I sistemi di pianificazione convenzionali

*Il secondo capitolo presenterà ed esaminerà i principali sistemi di pianificazione utilizzati dalle aziende per l'approvvigionamento o la produzione di componenti o materie prime necessarie a produrre beni finiti. I sistemi di pianificazione che saranno presi in considerazione sono MRP (Material Requirements Planning), la Lean e la TOC (Theory of Constraints). Questi, assieme a Six Sigma (che non verrà trattato in questa tesi), costituiscono le basi sulle quali è fondato il sistema DDMRP che verrà descritto nel terzo capitolo; pertanto, oltre a descriverne le caratteristiche fondamentali si evidenzieranno anche pregi e difetti, opportunità e limiti di ognuno. Infine, si riporteranno alcune motivazioni a supporto della tesi secondo la quale è necessario un nuovo approccio di pianificazione che superi quelli attuali.*

#### 2.1 Dai primi sistemi di pianificazione a MRP

Per comprendere come si è arrivati alla necessità di un nuovo sistema di pianificazione, è utile ripercorrere alcuni passaggi storici ed evolutivi dei sistemi che hanno preceduto MRP, il sistema di pianificazione convenzionale più diffuso utilizzato dalle aziende.

Il primo tentativo di ottimizzare la produttività dei lavoratori nelle fabbriche e di migliorare il processo manifatturiero fu quello di Frederick W. Taylor (Taylor, 1914), noto come il creatore dello Scientific Management. Egli, attraverso i suoi studi, fu il primo a collegare le tematiche ingegneristiche tipiche degli impianti produttivi a quelle di gestione manageriale, creando un filone di studi che connette l'ingegneria al management, il quale venne approfondito nei decenni successivi e che fu d'ispirazione per ulteriori studi (Wren, 2011). Prima del contributo di Taylor non esistevano metodi rilevanti per determinare quanto dovesse durare una singola attività e la maggioranza

degli imprenditori utilizzava l'esperienza passata come punto di riferimento (Favaretto & Marin, 2018).

Un altro contributo importante fu quello di Harris (Harris, 1913), attraverso l'applicazione di regole matematiche per l'impostazione delle dimensioni dei lotti di produzione. Particolarmente rilevante è il modello EOQ (Economic Order Quantity) da lui impostato per il calcolo dei lotti di produzione e di acquisto dei materiali (Mabert, 2007).

Mentre gli studi di Harris erano fondati su delle basi di certezza e costanza della domanda, Wilson (Wilson, 1934) riconobbe invece che il mondo era cambiato e che la domanda era diventata volatile e difficile da prevedere (Mabert, 2007). Egli, nel suo contributo intitolato "A scientific routine for stock control", dimostrò come la statistica potesse essere utilizzata nella pianificazione della domanda e come essa potesse rappresentare un ammortizzatore che andava (1) a ridurre l'impatto degli errori previsionali relativi alla domanda, (2) ridurre la possibilità di andare in stockout e (3) aumentare il livello di servizio<sup>1</sup> diminuendo contemporaneamente la quantità di stock (Favaretto & Marin, 2018).

In quel periodo, la letteratura si era divisa tra due macro-temi: da un lato l'identificazione della quantità di stock da produrre o acquistare, dall'altro la determinazione del ROP (ReOrder Point), ovvero il livello di giacenze di magazzino superato il quale scatta un ordine di produzione o di acquisto (Mabert, 2007). Gli approcci di gestione delle scorte e di pianificazione della produzione utilizzati fino ad allora soffrivano tuttavia di forti imperfezioni, poiché rappresentavano metodi di supporto approssimativi, spesso basati su ipotesi irrealistiche e su concetti forzati per consentirne l'applicazione alla realtà. Gli approcci tradizionali pre-computer erano limitati in particolar modo dagli strumenti tecnologici di elaborazione delle informazioni disponibili all'epoca; in altre parole, dalla mancanza di supporto tecnologico avanzato (Orlicky, 1975).

La commercializzazione dei primi computer e software, dagli anni '50 del '900, cambiò la situazione; l'introduzione dei computer nelle imprese manifatturiere rese in breve tempo obsolete molte delle tecniche e approcci utilizzati fino ad allora e allo stesso tempo portò alla nascita di nuovi metodi e sistemi. Le aziende che per prime adottarono software e hardware legati alla gestione e pianificazione del materiale si trovarono allora a dover

---

<sup>1</sup> Il livello di servizio è una misura, solitamente espresso in percentuale, del soddisfacimento della domanda tramite l'inventario o il programma di produzione corrente in tempi che rispecchiano le date e quantità di consegna richieste (Apics, 2010).

compiere una scelta strategica: tentare di migliorare, perfezionare ed accelerare le tecniche già esistenti oppure intraprendere una revisione completa e basilare dei loro sistemi. Quest'ultima, chiaramente, rappresentava un rischio maggiore per coloro che avrebbero intrapreso questa strada perché avrebbe comportato l'affidamento ad approcci radicalmente nuovi e diversi resi possibili dai progressi tecnologici. Eppure, i risultati maggiori vennero raggiunti proprio da coloro che scelsero questa opzione.

Il risultato fu il progressivo abbandono delle tecniche che si erano dimostrate insoddisfacenti in favore di approcci nuovi e radicali resi possibili dalla disponibilità dei computer. Nell'ambito della gestione delle scorte e della pianificazione della produzione, l'innovazione che riscontrò più successo fu quella conosciuta come Material Requirements Planning o MRP; della quale Joseph Orlicky è considerato il padre (Orlicky, 1975).

## **2.2 Material Requirements Planning (MRP)**

Nel 1975 Joseph Orlicky pubblicò il suo lavoro "Material Requirements Planning - The New Way of Life in Production and Inventory Management" (Orlicky, 1975), attraverso il quale egli si poneva fondamentalmente l'obiettivo di fornire una prima definizione significativa ed estesa di cosa fossero i sistemi MRP. Questi non erano nuovi al momento dell'uscita del libro: Orlicky stesso, infatti, assieme a George Plossl e Oliver Wight aveva sperimentato i primi sistemi MRP già intorno al 1960 e da allora MRP aveva riscosso un grande successo tra le imprese (Ptak & Smith, 2011). Come sostenuto infatti anche da Orlicky stesso, al momento dell'uscita del libro circa 700 imprese manifatturiere o fabbriche avevano implementato - o avevano commissionato l'implementazione - dei sistemi MRP. Eppure, nonostante il successo di tale innovazione, tra il 1960 e il 1974 vi era ancora una lacuna riguardo a MRP nella letteratura relativa al controllo della produzione ed inventory management (ramo del business management riguardante la pianificazione e gestione delle scorte (Apics, 2010)). Ciò, secondo Orlicky, è dovuto al fatto che nel campo della produzione e inventory management la letteratura non guida, bensì segue. Ne conseguì che la conoscenza di MRP, non essendo questo stato sviluppato dai teorici e dai ricercatori ma al contrario dai professionisti operativi, rimase a lungo proprietà degli utilizzatori operativi dei sistemi MRP i quali, tuttavia, avevano poco tempo o inclinazione alla scrittura rivolta al pubblico (Orlicky, 1975).

L'intento di Orlicky era quello di colmare questa carenza nella letteratura relativa a MRP ma anche di fornire una guida, un manuale rivolto sia al personale operativo delle imprese e ai loro manager che a quello accademico il quale riassume le caratteristiche principali dei sistemi MRP in modo chiaro e non eccessivamente tecnico.

Questa prima edizione del libro Material Requirements Planning (ne seguì un'altra nel 1994 revisionata da Plossl) ancora oggi viene considerata come la "Bibbia" e genesi della standardizzazione di MRP, il quale nel corso dei decenni è diventato il principale sistema di pianificazione della produzione e dell'inventario management. Esso rappresenta tutt'ora lo standard in tutto il mondo per la determinazione della produzione e degli acquisti così come delle loro tempistiche e il numero di aziende al mondo che utilizzano MRP in qualche forma nei loro processi è stimato essere di centinaia di migliaia, se non milioni (Ptak & Smith, 2011).

Sottolineata l'importanza dei sistemi MRP nel controllo di produzione e inventory management, di seguito si approfondirà il funzionamento dei sistemi MRP descrivendone le caratteristiche principali e il principio sottostante prima e i principali limiti evidenziati in letteratura poi.

### **2.2.1 ORDER POINT vs MRP**

Prima di analizzare il sistema MRP nella sua struttura e dinamiche, può essere utile comprendere in cosa esso si distingue rispetto al precedente metodo di pianificazione dei materiali utilizzato più diffusamente; l'Order Point System.

Secondo Orlicky, vi sono due approcci alternativi e corrispondenti tecniche che un'azienda manifatturiera può impiegare nell'ambito dell'inventario management: lo Stock replenishment, anche noto come statistical inventory control o Order Point Systems; oppure il Material requirements planning. Le tecniche di Order Point si basano sulla previsione dell'ammontare della domanda durante il lead time di rifornimento, con il quale si intende l'ammontare totale di tempo che trascorre dal momento in cui un prodotto viene ordinato a quello in cui il prodotto viene consegnato pronto all'uso (Apics, 2010). Le tecniche di Order Point consistono in procedure e regole decisionali che dovrebbero assicurare la disponibilità fisica continua di tutti i prodotti e permettere di calcolare uno stock di sicurezza (o safety stock) per compensare le fluttuazioni della domanda.

Negli approcci di Order Point viene monitorato l'esaurimento delle scorte e viene emesso un ordine di rifornimento ogni volta che queste scendono sotto ad una determinata quantità-soglia predeterminata, detta Order Point o Punto di Riordino. Tale quantità viene determinata separatamente per ogni articolo dell'inventario (con il quale si intendono le scorte di articoli utilizzati per supportare la produzione, le attività di supporto e il servizio al cliente (Apics, 2010)) ed è basata sulla domanda prevista durante il lead time di rifornimento nonché sulla probabilità che la domanda reale ecceda la previsione (la parte di quantità dell'Order Point che viene stimata per compensare gli errori previsionali è detta safety stock). Per effettuare le previsioni della domanda, le tecniche di Order Point utilizzano la domanda storica degli articoli o prodotti dell'inventario (Orlicky, 1975).

Il sistema MRP, invece, consiste in una serie di procedure logicamente correlate, regole decisionali e registrazioni volte a trasformare un programma principale di produzione detto *Master Production Schedule* in fabbisogni netti sincronizzati temporalmente. MRP pianifica inoltre la copertura di merce relativa a tali fabbisogni per ogni articolo dell'inventario necessario a implementare il programma principale di produzione. Nel processo di pianificazione, un sistema MRP alloca la quantità di merce a disposizione al fabbisogno lordo e rivaluta la validità delle tempistiche di ogni ordine ancora aperto nella determinazione del fabbisogno netto. Per coprire il fabbisogno netto il sistema stabilisce una programmazione degli ordini per ogni articolo, inclusi gli ordini che devono essere emessi immediatamente e quelli che sono programmati per essere emessi in una specifica data futura.

Le tecniche di Order Point, dunque, sono basate sulle singole parti e utilizzano l'andamento della domanda passata (o storica) di un determinato articolo dell'inventario, separatamente dagli altri. MRP è invece orientato al prodotto e utilizza un approccio radicalmente differente: ignora la domanda storica guardando invece al futuro - attraverso la master production schedule - e tiene conto della relazione esistente tra i vari componenti che formano un prodotto.

Per comprendere in quali circostanze è più indicato utilizzare uno o l'altro approccio al fine di ottenere i risultati migliori da essi, occorre fare riferimento al concetto di domanda dipendente e domanda indipendente (Orlicky, 1975).

Con domanda indipendente, per un dato articolo di inventario, si intende la domanda che non è correlata alla domanda di altri articoli; ovvero quando la domanda del suddetto

articolo non è funzione della domanda di altri articoli di inventario. Tale domanda deve essere sottoposta a previsioni.

La domanda è definita dipendente, al contrario, quando essa è direttamente correlata a - o deriva da - la domanda relativa ad un altro articolo di inventario (Apics, 2010).

In molti settori manifatturieri, il grosso dell'inventario totale consiste in materie prime, componenti e pre-assemblaggi, tutti largamente soggetti a domanda dipendente.

La differenza con la domanda indipendente è che al contrario di quest'ultima quella dipendente può essere calcolata e non necessita (e non deve) essere sottoposta a previsioni; la domanda dipendente infatti può essere determinata precisamente partendo dalla domanda degli articoli che la originano.

La previsione non è separabile dalle tecniche di Order Point ma tutte le previsioni tentano di utilizzare l'esperienza passata per dare forma al futuro, le previsioni pertanto hanno successo solamente nel momento in cui l'esperienza passata è ripetibile. In un ambiente manifatturiero, tuttavia, la domanda futura di un determinato articolo potrebbe non essere correlata in alcun modo alla sua domanda passata; le previsioni dovrebbero pertanto essere l'ultima risorsa da utilizzare solamente quando non è possibile estrarre, determinare o derivare la domanda in qualche altro modo. In caso di domanda dipendente, la previsione non è necessaria perché la domanda dipendente è per definizione derivabile e calcolabile.

In un ambiente manifatturiero, un dato articolo di inventario potrebbe essere soggetto o esclusivamente a domanda dipendente, oppure sia a domanda dipendente che indipendente; ad esempio, nel caso in cui un componente è destinato sia alla produzione interna che ad un mercato di pezzi di ricambio. La parte di domanda indipendente della domanda totale deve, nel secondo caso, essere prevista e aggiunta alla domanda dipendente calcolata (Orlicky, 1975).

In figura 2.1 è illustrato un esempio della tipica relazione tra differenti articoli che compongono un inventario. Le fasi di conversione del materiale creano la relazione tra materie prime, parti semifinite, componenti, sottoassemblati e assemblati; ognuno dei quali ha un unico numero identificativo (part number) e rappresenta perciò un articolo di inventario a sé stante che deve essere pianificato e controllato.

La domanda per tutti questi articoli di inventario viene creata internamente come funzione della programmazione della successiva fase di conversione. Nell'esempio, l'acciaio (E) - acquistato - è trasformato in un pezzo grezzo di forgiatura (D) il quale, a sua volta, viene

lavorato in un ingranaggio (C) che diventerà poi uno dei numerosi componenti che formano la scatola del cambio di un'auto (B), un componente principale della trasmissione (A). Quest'ultima sarà necessaria per la costruzione di un'automobile che rappresenta il prodotto finito.

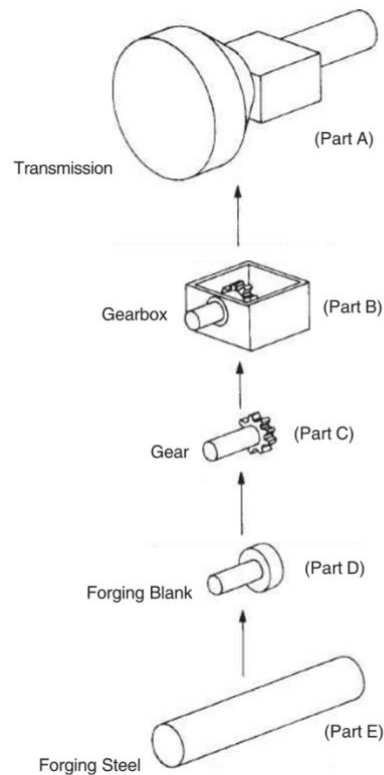


Figura 2.1. Esempio di fasi di conversione dei materiali. (Ptak & Smith, 2011)

Si noti che la domanda di un prodotto finito potrebbe dover essere prevista; ma nessuno degli articoli componenti - inclusi i materiali grezzi - necessita di essere previsto separatamente. Ad esempio, nella produzione di un'automobile si potrebbe prevedere quante automobili verranno vendute e quando. Fatto ciò, tuttavia, non si necessita di prevedere la vendita delle ruote poiché si è a conoscenza del fabbisogno di quattro ruote per ogni auto. Sebbene possa sembrare elementare, ciò significa che le ruote di un'automobile *possono* essere soggette a previsioni indipendentemente ed è a questo scopo che le più sofisticate tecniche statistiche possono essere utilizzate. I risultati dell'utilizzo di tecniche statistiche previsionali per articoli soggetti a domanda dipendente (le ruote dell'automobile nell'esempio), tuttavia, sono destinati a rivelarsi deludenti.

Ciò è dovuto al fatto che i sistemi statistico/previsionali come l'Order Point ignorano la relazione esistente tra gli articoli di inventario; in altre parole, considerano il

comportamento della domanda di ogni articolo come a sé stante e ciò rappresenta una premessa totalmente falsa in un ambiente manifatturiero.

Le tecniche statistiche, dalle quali dipende l'Order Point, si occupano solamente del problema della grandezza della domanda dei singoli articoli; tuttavia, in ambito manifatturiero un requisito aggiuntivo è che i componenti dell'inventario rappresentino set abbinati. Quando i componenti sono previsti e ordinati indipendentemente tra loro, il loro inventario tenderà a non corrispondere ai requisiti di assemblaggio e il livello di servizio cumulativo sarà significativamente più basso dei livelli di servizio delle parti considerate individualmente. Questo è causato dalla somma degli errori delle previsioni individuali di un gruppo di componenti richiesto in un determinato momento per comporre un assemblaggio.

Ciò è dimostrabile nel seguente modo. Se la probabilità di avere un articolo in stock nel momento in cui è necessario è del 90%, due articoli correlati richiesti contemporaneamente avranno una probabilità combinata solamente del 81% ( $0.9 \times 0.9 = 0.81$ ). Nel caso di dieci articoli, la probabilità di averli tutti a disposizione nello stesso momento scende al 34.8%. Anche portando il livello di servizio al 95%, la probabilità di disporre simultaneamente di dieci diversi componenti è meno del 60% e scende sotto il 50% considerando 14 componenti. La tabella 2.1 mostra le probabilità di disponibilità simultanea per 25 articoli.

Number of component items	Service level	
	90%	95%
1	0.900	0.950
2	0.810	0.902
3	0.729	0.857
4	0.656	0.814
5	0.590	0.774
6	0.531	0.735
7	0.478	0.698
8	0.430	0.663
9	0.387	0.630
10	0.348	0.599
11	0.313	0.569
12	0.282	0.540
13	0.254	0.513
14	0.228	0.488
15	0.206	0.463
20	0.121	0.358
25	0.071	0.260

*Tabella 2.1. Probabilità di disponibilità simultanea. (Orlicky, 1975)*

Tali probabilità combinate rendono evidente che, quando un assemblaggio richiedesse venti o trenta differenti componenti (affermazione non irrealistica) ordinati tramite un sistema a punto di riordino, l'assenza di carenze di materiali sarebbe solamente un colpo fortuito. Si noti inoltre che tali carenze non sarebbero causate da eventi imprevedibili bensì sarebbero generate dal sistema stesso (Orlicky, 1975).

Un'altra dimensione della domanda da considerare, nel confronto tra Order Point ed MRP, è la sua relativa continuità e uniformità: l'Order Point system assume una sottostante diminuzione graduale dell'inventario ad un tasso regolare; tale assunzione renderà la tecnica invalida ogni qualvolta le premesse di base risulteranno irrealistiche ovvero quando la domanda non si presenta uniforme e la diminuzione dello stock non avviene in modo stabile. Ciò può portare ad un riordino dello stock eccessivamente in anticipo rispetto alla necessità attuale, con la conseguenza di un eccesso di inventario trattenuto per lunghi periodi senza alcun reale bisogno. I sistemi Order Point si focalizzano dunque più sulla quantità da ordinare piuttosto che sul quando ordinarla, dove invece la questione delle tempistiche è di fondamentale importanza nel mondo manifatturiero (Orlicky, 1975, p. 25).

Per rispondere al quesito posto in precedenza, ovvero quando utilizzare un sistema Order Point e quando invece un sistema MRP, possiamo dire, alla luce delle affermazioni proposte finora, che l'unico caso in cui sia utile avvalersi di tecniche previsionali e statistiche quali i sistemi Order Point è quando si ha a che fare con domanda indipendente, quindi legata a fattori esterni e non invece ad altri articoli di inventario. In tutti gli altri casi, ovvero quando ci si trova di fronte a domanda dipendente, quest'ultima va calcolata e si può in questo caso utilizzare i sistemi MRP.

Per concludere, i sistemi statistico/previsionali come l'Order Point si differenziano dai sistemi MRP per le seguenti ragioni:

- non solo i sistemi Order Point non sono necessari nel calcolo della domanda dipendente di determinati articoli di inventario, ma risultano anche essere poco efficienti rispetto ai sistemi MRP nel farlo. Il motivo risiede principalmente nella loro caratteristica di considerare ogni articolo separatamente nella previsione della domanda, dove i sistemi MRP valorizzano invece le relazioni tra i diversi articoli e inoltre calcolano - non prevedono - la domanda dipendente.

- Si affidano alla domanda storica o passata, la quale tuttavia è affidabile solamente se si ripete nel futuro. I sistemi MRP, al contrario, si basano solamente sulla domanda futura utilizzando metodi previsionali per quella indipendente e calcolando quella dipendente.
- I metodi Order Point assumono, erroneamente, una continuità della domanda soggetta solamente a fluttuazione saltuaria e indicano, per questa ragione, di tenere a disposizione una certa quantità di inventario in qualunque momento. Inoltre ritengono necessario rifornire l'inventario non appena questi si esaurisce. Nel momento in cui un inventario è soggetto a domanda discontinua, questi presupposti non solo non sono necessari ma divengono anche indesiderabili poiché portano ad un gonfiaggio del livello di inventario, causando elevati costi finanziari. I sistemi MRP, al contrario, sono progettati per rispondere ad una domanda dipendente, discontinua e non uniforme la quale è tipica dell'ambiente manifatturiero.

Analizzate le principali caratteristiche che differenziano i sistemi MRP da quelli statistici di Order Point, verranno ora esaminati la struttura e il meccanismo alla base dei sistemi MRP.

### **2.2.2 Struttura e processo di base dei sistemi MRP**

Tutti i sistemi MRP hanno un obiettivo comune: quello di determinare il fabbisogno lordo e netto, ovvero la domanda periodica discreta per ogni articolo dell'inventario per poter generare le informazioni necessarie alla corretta gestione degli ordini.

Questi ordini riguardano sia gli ordini di approvvigionamento che quelli di produzione e possono essere ordini nuovi (pianificazione di un ordine di una certa quantità in una data futura) oppure revisioni di ordini già esistenti. Un ordine di approvvigionamento consiste in due fasi: viene prima effettuata una richiesta da parte della sezione gestione scorte all'ufficio acquisti e quest'ultimo trasmetterà successivamente un ulteriore ordine ad un fornitore selezionato.

Sebbene i sistemi MRP siano in grado di svolgere molte funzioni, il loro principale obiettivo è quello di elaborare le informazioni per una corretta generazione degli ordini di acquisto o di produzione. Essi riescono a raggiungere questo obiettivo attraverso l'elaborazione dei fabbisogni netti per ogni articolo dell'inventario, coordinandoli temporalmente e determinandone l'adeguata copertura per evitare rischi di rotture di stock durante il lead time di rifornimento. La funzione base di MRP è proprio la

conversione di fabbisogni lordi in fabbisogni netti, così che i secondi possano essere coperti da ordini di produzione e di acquisto fissati correttamente. La conversione da fabbisogni lordi a netti consiste nel calcolo dei fabbisogni lordi e allocando a questi ultimi le quantità già esistenti di inventario, siano esse quantità on-hand (già presenti in magazzino) che on-order (quantità non ancora presenti fisicamente ma già ordinate e in arrivo). Nella figura 2.2 è raffigurato un esempio di semplice calcolo del fabbisogno netto: al fabbisogno lordo di 100 sono sottratte le quantità on-hand e on-order che ammontano complessivamente a 60, portando così il fabbisogno netto a 40.

Fabbisogno lordo	100
- Quantità on-hand	20
- Quantità on-order	40
Fabbisogno netto	<u>40</u>

*Figura 2.2. Esempio di calcolo del fabbisogno netto. (Elaborazione personale)*

In un sistema MRP, il fabbisogno netto delle quantità è sempre correlato a determinate date o periodi e viene coperto tramite ordini pianificati. Le quantità ordinate possono coincidere con il fabbisogno netto, oppure possono essere calcolate tramite delle tecniche di lot-sizing le quali consistono in processi o tecniche utilizzati nella determinazione della dimensione dei lotti per tenere in considerazione i fattori di costo degli ordini (Apics, 2010). La sincronizzazione temporale del rilascio di ordini pianificati è gestita anch'essa dal sistema MRP e le informazioni vengono immagazzinate ai fini della futura gestione degli ordini. La funzione di fornire copertura al fabbisogno netto è svolta infatti solo in parte attraverso gli ordini pianificati: i sistemi MRP rivalutano le tempistiche di ordini già aperti in relazione a possibili cambiamenti del fabbisogno netto nel futuro a breve termine e segnalano la necessità di riprogrammare tali ordini avanti o indietro nel tempo per riallineare la copertura al fabbisogno netto.

I sistemi MRP, quando adeguatamente progettati e impiegati, sono in grado di fornire una serie di output desiderati contenenti informazioni valide e puntuali. Gli output principali di un sistema MRP sono:

- Notifiche di lancio di ordini, richiedenti l'inserimento di ordini pianificati;
- Notifiche di riprogrammazione, richiedenti modifiche delle date di scadenza di ordini già aperti;

- Notifiche di cancellazione, richiedenti l'eliminazione o sospensione di ordini già aperti;
- Analisi dello stato degli articoli di inventario;
- Programmazione degli ordini pianificati con rilascio futuro.

I sistemi MRP sono, inoltre, in grado di fornire una varietà di output secondari quali ad esempio:

- Notifiche di errori, incongruenze e situazioni anormali;
- Proiezioni del livello di inventario;
- Report di performance.

Tutti gli output di MRP hanno la funzione di adempiere al suo obiettivo primario, ovvero essere in grado di rispondere ai quesiti “di quali materiali e componenti si necessitano, in che quantità e quando?”, le risposte ai quali sono fondamentali in qualsiasi ambiente manifatturiero.

Tutti gli output di un sistema MRP sono prodotti processando degli input (dati correlati) provenienti dalle seguenti risorse, illustrate nella figura 2.3:

1. La master production schedule
2. Gli ordini aventi origine da fonti esterne all'impianto che utilizza il sistema
3. Previsioni per articoli soggetti a domanda indipendente
4. File dell'inventary record (registro di inventario)
5. File della bill of material (o struttura-prodotto)

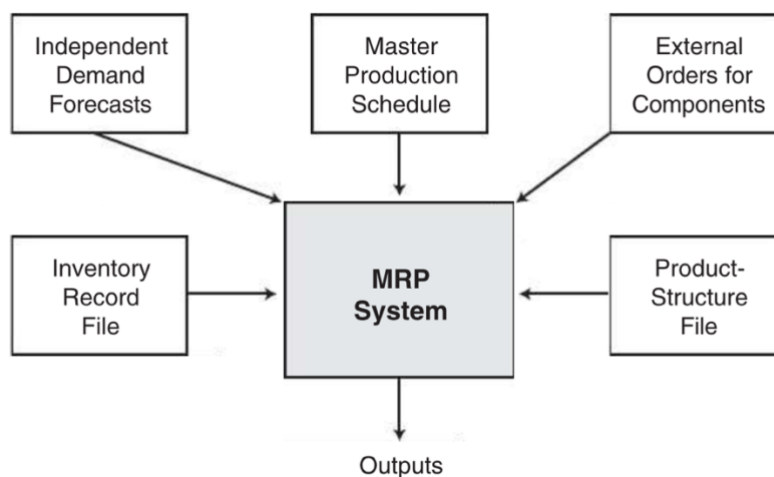


Figura 2.3. Fonti degli input dei sistemi MRP. (Ptak & Smith, 2011)

1. La master production schedule esplicita il piano generale di produzione, essa è esposta in termini di articoli finiti. L'estensione temporale che la master production schedule copre, definita *orizzonte di pianificazione*, è correlata al lead time cumulativo degli approvvigionamenti e della produzione per i componenti dei prodotti in questione. L'orizzonte di pianificazione normalmente equivale o eccede il lead time cumulativo.

La master production schedule rappresenta l'input principale di un sistema MRP, gli altri input forniscono semplicemente dati di riferimento che sono richiesti per ottenere il fabbisogno netto.

2. Gli ordini aventi origine da fonti esterne all'impianto includono tutti gli ordini non correlati al piano di produzione regolare, come gli ordini per parti di ricambio oppure ordini inter-plant (ordini di trasferimento di merce da un impianto ad un altro della stessa azienda (Apics, 2010)). Il sistema MRP tratta gli ordini di questa categoria sommandoli al fabbisogno lordo dei rispettivi articoli.
3. Le previsioni della domanda indipendente per gli articoli soggetti a questo tipo di domanda possono essere elaborate al di fuori del sistema MRP, oppure quest'ultimo può essere programmato per compiere anche questa funzione applicando tecniche statistiche previsionali.
4. Il file dell'inventario record, chiamato anche *item master file*, comprende le registrazioni relative ai singoli articoli di inventario contenenti i dati necessari per la determinazione del fabbisogno netto. Questo file viene aggiornato tramite la registrazione delle transazioni di inventario, le quali riflettono i vari eventi di inventario che avvengono. Ogni transazione (ricevuta della merce, pagamenti, scarti di merce, ecc.) cambia lo status dei rispettivi articoli di inventario, i quali sono poi consultati e modificati nel corso del calcolo dei fabbisogni; il tracciamento delle transazioni pertanto costituisce pertanto un input indiretto dei sistemi MRP. In aggiunta ai dati sullo stato degli articoli, l'inventario record contiene anche alcuni fattori di pianificazione utilizzati principalmente per la determinazione della dimensione e delle tempistiche degli ordini pianificati; alcuni esempi sono il lead time degli articoli, la quantità di safety stock o algoritmi di lot sizing.
5. Il file della bill of material, anche conosciuta come file della struttura del prodotto o distinta base, contiene le informazioni sulla relazione tra i componenti e assemblaggi, le quali sono essenziali per il corretto calcolo dei fabbisogni lordi e

netti. In figura 2.4 vi è un esempio di una semplice bill of material dove i prodotti A, H, N e Z sono componenti del prodotto finito X e per produrre quest'ultimo sono necessari rispettivamente 1,1,2 e 1 pezzi di A, H, N e Z. Nel seguito di questa tesi i termini bill of material, struttura del prodotto e distinta base verranno utilizzati intercambiabilmente.

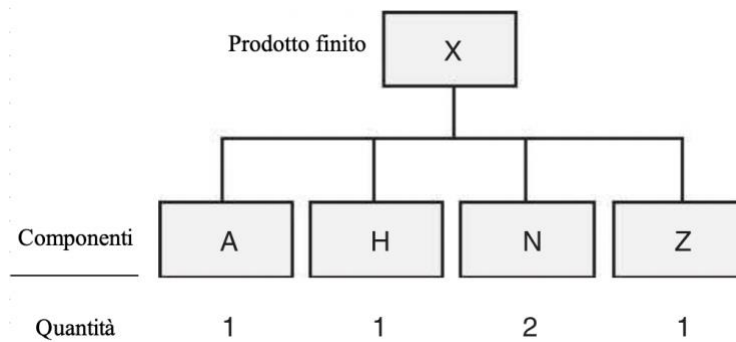


Figura 2.4. Esempio di bill of material. (Elaborazione personale)

Un concetto fondamentale, relativo alla bill of material, è quello di esplosione della bill of material. Con esplosione della bill of material si intende *“The process of calculating the demand for the components of a parent item by multiplying the parent item requirements by the component usage quantity specified in the bill of material”* (Apics, 2010).

In MRP questo calcolo continua attraverso la distinta base per l'intero orizzonte di pianificazione. Pertanto, la parola "esplosione" si riferisce alle relazioni dipendenti tra un elemento padre e il suo componente per un periodo di tempo previsto. La figura 2.5 mostra un esempio di esplosione della distinta base, in cui qualsiasi domanda al livello più alto viene in genere guidata fino al livello di approvvigionamento e proiettata nel futuro (Ptak & Smith, 2016).

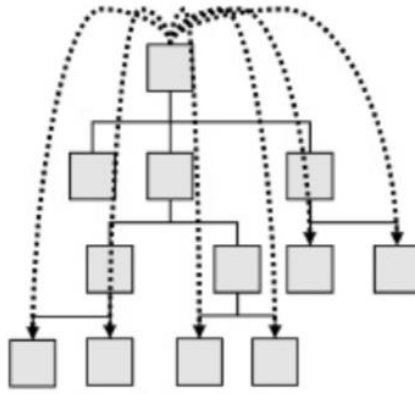


Figura 2.5. Esplosione della bill of material in MRP. (Elaborazione personale)

Tutti gli input elencati di sopra entrano nel processo del material requirements planning, il quale stabilisce (o ristabilisce) il corretto status di inventario di ogni articolo sotto il suo controllo. I fattori che riguardano lo stabilimento di tali status possono essere riassunti in:

- Fabbisogni
- Copertura dei fabbisogni
- Struttura di prodotto
- Fattori di pianificazione

Il funzionamento in dettaglio del sistema MRP, ovvero in che modo esso elabora gli input per ottenere gli output precedentemente descritti, dipende dal tipo specifico di implementazione e sistema di MRP utilizzato e in questa sede questo tema non verrà approfondito (Orlicky, 1975).

Per approfondimenti sull'utilizzo quotidiano del sistema MRP si rimanda al testo di Orlicky (Orlicky, 1975) o al lavoro di Ptak e Smith su DDMRP (Ptak & Smith, 2016).

Quello in precedenza presentato è il meccanismo di base e 'puro' che guida il sistema MRP e che ne rappresenta tutt'oggi l'essenza nonostante esso si sia, nel corso del tempo, evoluto e ampliato nelle sue funzioni. Nei primi anni '80 del 1900 cominciò, invero, ad affermarsi l'evoluzione da MRP a MRP II, noto anche come *Manufacturing Resource Planning* il quale, pur mantenendo la logica sottostante ai sistemi MRP, ampliò i suoi processi di pianificazione a tutte le risorse di produzione: capacità produttiva, investimenti e personale (Mella, 2020). A sua volta, grazie anche ai progressi tecnologici che si sono susseguiti dalla nascita di MRP ad oggi, MRP II si è ulteriormente ampliato nelle sue funzioni attraverso il sistema conosciuto come ERP (Enterprise Resource

Planning). Quest'ultimo connette le aree produttive delle aziende alle altre quali finanza, marketing, vendite e HR, diventando quindi non più un sistema gestionale meramente dedicato alla produzione bensì una struttura atta ad integrare tutte le principali funzioni aziendali per garantire miglior coordinamento e coerenza tra le decisioni strategiche e i livelli operativi (Bozutti & Espôsto, 2019), (Jacobs & Weston Jr., 2007).

### **2.2.3 Limiti di MRP**

In letteratura, nel corso degli anni, sono state evidenziate ed analizzate diverse limitazioni relative ai sistemi MRP le quali hanno indotto alcuni studiosi a ritenere che, al contrario di quanto accadeva al momento del loro ingresso nelle aziende, essi non rappresentino più una risposta efficiente alle sfide della pianificazione negli ambienti produttivi del XXI secolo (Ptak & Smith, 2016), (Billington, McClain, & Joseph Thomas, 1983), (Miclo, Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2016). Verranno di seguito riportate alcune di queste critiche a MRP sollevate in letteratura.

#### **Problema dell'input di domanda**

MRP, come affermato in precedenza, si basa fundamentalmente su un sistema previsionale dove le previsioni sono utilizzate per creare ordini pianificati e la domanda prevista viene poi "aggiustata" quando si manifestano gli ordini effettivi. Questi ultimi si differenziano dalla domanda pianificata, o prevista, in quanto consistono negli ordini reali provenienti dai clienti (ma spesso anche in allocazione di merce, ingredienti o materiali grezzi alla produzione o distribuzione) (Ptak & Smith, 2016).

Questo meccanismo, che è alla base dei sistemi MRP, presenta tuttavia alcuni difetti. In primo luogo, tutte le previsioni presentano sin dalla loro creazione un certo livello di inaccuratezza in quanto si realizzeranno con un margine di errore più o meno ampio. Inoltre, più dettagliate e specifiche sono le previsioni meno esse saranno accurate: vi sarà certamente differenza, ad esempio, nella precisione tra previsioni fatte a livello-aggregato (tutti i prodotti o parti), a livello-categoria (sottogruppi di prodotti o di parti) e a livello di singolo prodotto o parte.

Infine, più le previsioni sono a lungo termine nel tempo meno esse risulteranno accurate (Ptak & Smith, 2016).

Queste caratteristiche tipiche delle previsioni rappresentano un grave problema nel momento in cui un sistema come MRP si basa su di esse per il suo funzionamento e i cui processi sono altamente interdipendenti tra loro.

MRP è progettato, come già affermato, per fornire esattamente il tipo di prodotti dei quali si necessita, nella giusta quantità e nei tempi corretti; per questo motivo si potrebbe affermare che MRP sia il sistema JIT<sup>2</sup> per eccellenza. Tuttavia, ciò potrebbe essere vero solo se gli input utilizzati fossero perfettamente accurati. Per i difetti sopra elencati, però, ciò non si verifica nell'utilizzare una domanda frutto di previsioni; quest'ultima comporta inoltre un grande investimento di risorse finanziarie, capacità e materiali derivanti da predizioni soggette a un grado mutevole di inaccuratezza il quale può rivelarsi anche molto elevato. Una situazione simile è molto rischiosa per le aziende che si affidano a sistemi basati principalmente su previsioni.

Come già accennato, con l'avvicinarsi dell'orizzonte temporale preso in considerazione MRP viene rieseguito per essere aggiustato rispetto ai cambiamenti avvenuti nel frattempo con riguardo agli ordini effettivi rispetto a quelli previsti. Il risultato tipico è quello di ritrovarsi in una situazione nella quale si è in eccesso o in difetto di quantità di materiali o prodotti rispetto a quella prevista inizialmente.

L'input più corretto da utilizzare sarebbe quello degli ordini di vendita, il quale è rappresentato da *“un'intenzione e un impegno ad acquistare manifestati da un cliente in termini sia di quantità che di tempo”* (Ptak & Smith, 2016) e costituirebbero certamente un input più accurato da impiegare, rispetto agli ordini pianificati, per sfruttare al meglio MRP. Il sistema DDMRP, che verrà analizzato nel terzo capitolo, è basato proprio sugli ordini di vendita effettivi.

Sebbene i benefici dell'utilizzo degli ordini di vendita rispetto a quelli pianificati siano lampanti, le aziende non sono in grado di utilizzarli con MRP perché nel mondo odierno semplicemente non vi è tempo sufficiente per farlo. La causa di questa mancanza di tempo deriva dalla caratteristica di MRP di rendere estremamente interdipendenti le sue attività, la quale ha come conseguenza che, per far funzionare perfettamente il sistema, si necessita di un tempo sufficiente a procurare o produrre tutti i materiali derivanti dalla domanda manifestatasi. Questo intervallo di tempo è chiamato *“lead time cumulativo”* o

---

<sup>2</sup> Just In Time, filosofia manifatturiera basata sull'eliminazione completa degli sprechi e sul miglioramento continuo della produttività (Apics, 2010). Il sistema JIT verrà approfondito nel paragrafo 2.3.

“cumulative lead time” ed è rappresentato dalla catena temporale più lunga ottenibile esaminando la bill of material di un determinato prodotto, incluso il lead time di approvvigionamento (Ptak & Smith, 2016), (Apics, 2010).

Da ciò si deduce che il customer tolerance time, ovvero l’ammontare di tempo che i potenziali clienti sono disposti ad aspettare per la consegna di un bene o servizio (Apics, 2010), dovrebbe essere almeno uguale o maggiore del lead time cumulativo; tuttavia oggi le supply chain sono caratterizzate da customer tolerance time sempre più corti e non vi è sufficiente visibilità nelle aziende per poter rispondere adeguatamente e con sufficiente anticipo agli ordini di vendita attraverso MRP.

La figura 2.6 concettualizza graficamente questo problema: si può notare la disparità che si verifica nelle aziende tra il momento in cui gli ordini di vendita diventano visibili (*sales order visibility horizon*), ad esempio nel momento in cui un cliente effettua un ordine di acquisto e il tempo necessario a procurare o produrre i prodotti richiesti (*procurement time e cumulative manufacturing time*).

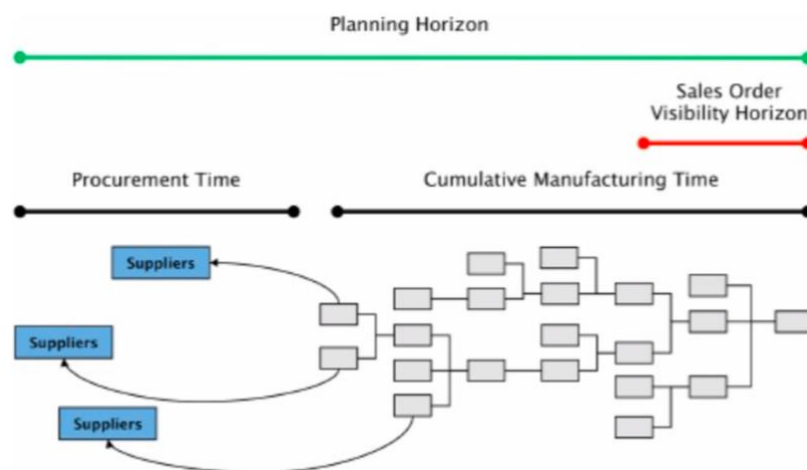


Figura 2.6. Tempo di approvvigionamento e di produzione vs visibilità degli ordini di vendita. (Ptak & Smith, 2016)

A causa della caratteristica di MRP di rendere ogni attività interdipendente, l’unico modo che esso ha per compensare questa mancanza di tempo è tentare di predire come sarà la domanda reale, cosicché l’azienda possa cercare di assicurarsi che i materiali siano disponibili nella quantità e nei tempi richiesti nel momento in cui gli ordini di vendita compaiono nel mercato. Questo intervallo temporale è rappresentato dall’*orizzonte di pianificazione*, indicato dalla linea verde e copre il tempo complessivo di approvvigionamento e di produzione dei materiali.

Ciò spiega il bisogno di MRP di utilizzare una domanda che sia in larga parte frutto di una previsione e di effettuare, in seguito, delle correzioni quando gli ordini di vendita diventano visibili. Gli ordini pianificati per i prodotti finiti vengono lanciati all'inizio dell'orizzonte di pianificazione, più lunghi sono i tempi di approvvigionamento e di produzione e più l'orizzonte di pianificazione dovrà essere lungo. Più l'orizzonte di pianificazione sarà lungo e meno saranno accurate le previsioni, meno saranno accurate le previsioni e maggiori saranno le correzioni richieste successivamente.

Questa necessità di effettuare correzioni a posteriori va considerata assieme ad un'altra caratteristica di MRP, chiamata *nervosismo* (Ptak & Smith, 2016).

### Nervosismo di MRP

Il nervosismo è definito dall'APICS come “*The characteristic in an MRP system when minor changes in higher level (e.g., level 0 or 1) records or the master production schedule cause significant timing or quantity changes in lower level (e.g., level 5 or 6) schedules and orders*” (Apics, 2010).

Una semplice rappresentazione del nervosismo di MRP è fornita nella figura 2.7: un cambiamento nella quantità o nelle tempistiche del prodotto FPA si riflette in basso lungo tutta la struttura del prodotto, causando conseguenti cambiamenti di quantità e tempistiche relative ad ogni componente del prodotto finito.

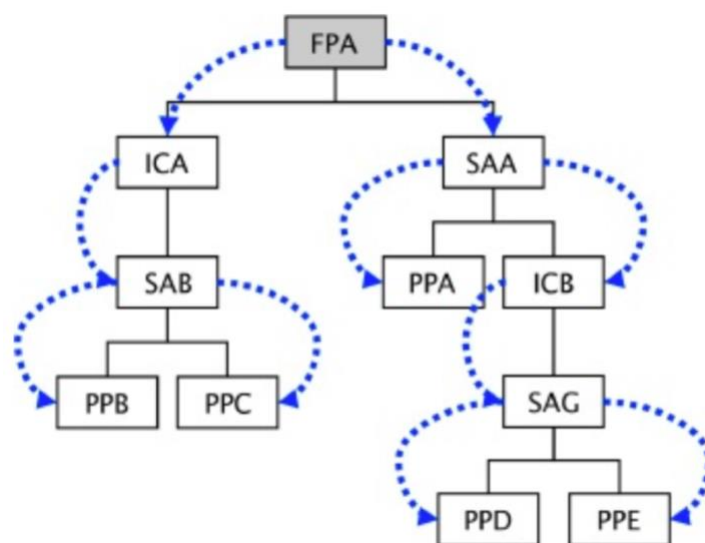


Figura 2.7. Nervosismo di MRP. (Ptak & Smith, 2016)

Questa caratteristica di MRP era conosciuta già sin dai primi giorni del suo utilizzo, tuttavia allora il nervosismo era gestibile in quanto la domanda del mercato era molto più stabile rispetto ad oggi e le revisioni dei piani avvenivano molto meno di frequente.

L'ambiente nel quale si trovano oggi a competere le aziende è però ben diverso, più volatile e complesso rendendo il nervosismo di MRP un limite importante nella sua capacità di rispondere a questa complessità e volatilità (Minifie & Davis, 1990). Con la sua natura di rendere tutto interdipendente, infatti, l'unico modo possibile per MRP di interrompere il nervosismo - e quindi il trasferimento lungo tutta la bill of material di cambiamenti di tempistiche, quantità ma anche di eventuali errori - sarebbe quello di non effettuare cambiamenti o modifiche. Ciò, tuttavia, rappresenterebbe un problema altrettanto serio in quanto, come già affermato, le previsioni degli ordini si discostano (a volte drasticamente) da ciò che il mercato richiede realmente rendendo così necessario effettuare modifiche e adattamenti successivi della domanda.

Sono stati elaborati dei metodi per tentare di sopperire al problema del nervosismo di MRP, come il *Weekly bucket* o la *Flattened bill of material*, i quali sono però un compromesso che non risolve completamente il problema e comportano al contrario altri svantaggi (Ptak & Smith, 2016, p. 51-52).

Si può dunque dire che i fattori espliciti fin ora, combinati a MRP, portano a produrre piani con le seguenti caratteristiche:

- Hanno un grado elevato di errore noto (a causa dell'input di domanda previsionale)
- Sono in uno stato costante di cambiamento (nervosismo).

Tali caratteristiche intrinseche dei sistemi MRP portano a delle conseguenze che minacciano seriamente la stabilità del flusso della produzione e degli approvvigionamenti.

Il primo effetto ad esse dovuto è chiamato *distribuzione bimodale* ed è rappresentato nella figura 2.8, che richiama la figura 1.3 la quale illustrava una suddivisione in diverse zone di classificazione all'interno delle quali può ricadere la quantità di inventario a disposizione e ognuna delle quali rappresenta diverse possibili situazioni di allerta o di benessere correlate a tale quantità.

Rispetto alla 1.3 la figura 2.8 presenta alcuni fattori aggiuntivi: la distribuzione bimodale, rappresentata dalle due campane sul lato destro e sul lato sinistro, indica che vi è un

numero consistente di parti che si collocano nell'area 'too little' (troppo poco) mentre un'altra quantità elevata di parti si trova invece nell'area 'too much' (troppo). L'asse Y rappresenta il numero di parti in un determinato punto del grafico.

Vi è solo una minima parte dell'inventario che si trova nella zona ottimale, gli articoli dell'inventario tendono infatti a trascorrere in quella zona un breve intervallo di tempo perché la maggior parte tende a oscillare tra i due estremi (troppo e troppo poco).

Questa oscillazione è rappresentata dalla linea curva soprastante il grafico che connette le due differenti distribuzioni.

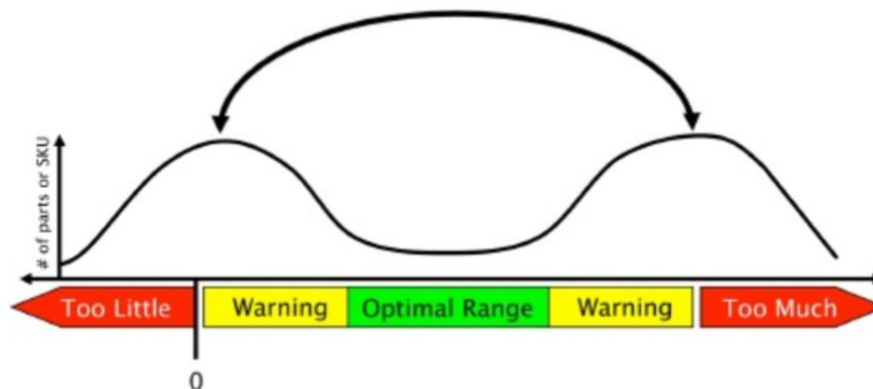


Figura 2.8. Distribuzione bimodale dell'inventario. (Ptak & Smith, 2016)

Questa distribuzione bimodale dell'inventario può essere descritta semplicemente come la presenza di “troppo di ciò che è sbagliato e troppo poco di ciò che è giusto” in qualsiasi momento temporale e “troppo in generale” nel corso del tempo. Questa distribuzione è molto comune nelle industrie e si concretizza in inventari eccessivamente elevati e allo stesso tempo in carenze di materiale croniche e frequenti. Inoltre, le aziende sottostimano l'ammontare di risorse finanziarie che esse devono investire per compensare tale distribuzione bimodale e quindi per ottenere spazi aggiuntivi, quando si è in presenza di un inventario eccessivamente elevato, oppure per richiedere spedizioni accelerate di merce con relativi costi aggiuntivi quando vi sono carenze di materiale (Ptak & Smith, 2016).

Un'altra conseguenza delle caratteristiche di MRP è conosciuta come *Bullwhip effect*. un fenomeno che impatta non solamente su una singola azienda ma su tutta la supply chain (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997). Esso è definito dall'APICS come “*An extreme change in the supply position upstream in a supply chain generated by a small change in demand downstream in the supply chain. Inventory can quickly move from being*

*backordered to being excess. This is caused by the serial nature of communicating orders up the chain with the inherent transportation delays of moving product down the chain. The bullwhip effect can be eliminated by synchronizing the supply chain” (Apics, 2010).*

Questa definizione del bullwhip effect racchiude molti dei punti che sono stati trattati finora, in particolare *“Inventory can quickly move from being backordered to being excess”* ha chiaramente a che fare con la distribuzione bimodale mentre *“An extreme change in the supply position upstream in a supply chain generated by a small change in demand downstream in the supply chain”* è un effetto correlato al nervosismo di MRP. Si può affermare perciò che il bullwhip effect sia la rappresentazione ultima degli effetti causati dall’inefficienza di MRP.

Vi è, inoltre, un riferimento ai flussi fondamentali della supply chain presentati nel capitolo 1: come visibile nella figura 2.9, che sintetizza graficamente il concetto di bullwhip effect, si nota che quest’ultimo consiste in una sistematica disgregazione del flusso delle informazioni (da destra verso sinistra) e dei materiali (da sinistra verso destra).

Le frecce ondulate rappresentano rispettivamente la distorsione delle informazioni e dei materiali. Esse sono crescenti in ampiezza, nel caso della distorsione delle informazioni ciò sta a indicare che più si risale la supply chain e più disconnesse diventano le informazioni rispetto alla loro origine; questa distorsione delle informazioni è trasferita e amplificata lungo tutta la supply chain. Nel caso invece della distorsione dei materiali, la freccia cresce in ampiezza dai fornitori di livello inferiore ai produttori del prodotto finito per mostrare l’accumulo di ritardi che si verifica a causa delle carenze di scorte ricorrenti e di spedizioni avvenute in ritardo (Ptak & Smith, 2016).

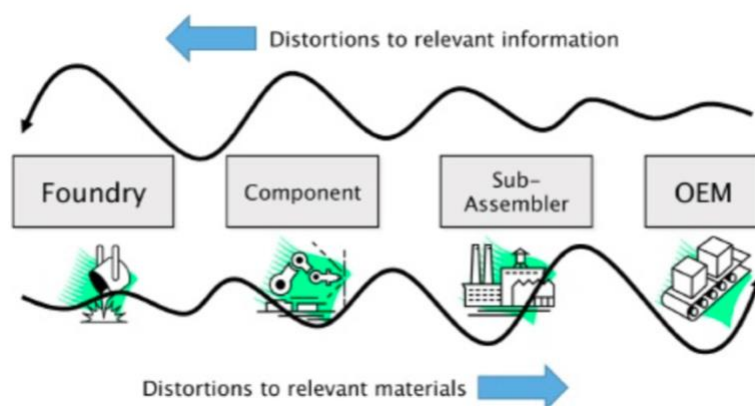


Figura 2.9. Il Bullwhip effect. (Ptak & Smith, 2016)

Per concludere, si può certamente affermare che l'introduzione dei sistemi MRP abbia rappresentato un passo avanti enorme rispetto ai sistemi di pianificazione dei materiali e della produzione utilizzati in precedenza. Tuttavia, sebbene esso si sia adeguato nel corso degli anni in termini tecnologici e di elaborazione delle informazioni, ha però mantenuto immutato il suo meccanismo di base il quale, se era stato ideato per rispondere in maniera ottimale alla domanda relativamente stabile del mercato degli anni 60-70, oggi non adempie invece più efficacemente a questa funzione. I limiti fin qui analizzati sono proprio il risultato della conflittualità tra la caratteristica di MRP di essere in generale poco flessibile e con un'elevata interdipendenza tra le sue attività e le richieste del mercato moderno caratterizzate da tempi di risposta molto veloci, bassi customer tolerance time ma allo stesso tempo da un sempre più alto livello di servizio desiderato.

### **2.3 La Lean Production**

Sebbene i sistemi MRP siano diventati preponderanti nelle economie industrializzate basate sul modello occidentale, accanto ad essi vi sono altre metodologie di pianificazione che hanno assunto importanza e riconoscimento a livello mondiale e che si sono evolute parallelamente a MRP.

Una di queste è il sistema di produzione Toyota, anche noto come Lean Production ed elaborato da Taiichi Ohno. Ingegnere specializzato in meccanica, Ohno ha dedicato la sua vita al rinnovamento e costante miglioramento della produzione della Toyota arrivando a dare vita ad un modello non solo meramente produttivo, ma anche sociale e culturale. Tale modello ha invertito la logica push tipica del modello di produzione di massa americano, ampiamente diffuso tra le industrie dai primi anni del 1900, puntando invece ad una logica pull orientata agli ordini reali del mercato.

Le origini del sistema di produzione Toyota risalgono al 1945, quando Kiichiro Toyoda - futuro presidente della Toyota Motor Company - dichiarò *“la necessità di raggiungere l'America in tre anni, pena la scomparsa dell'industria automobilistica giapponese”* (Ohno, 2004); fino ad allora il Giappone aveva infatti adottato il sistema di produzione americano seguendo il motto *“quello che viene prodotto, si vende”*. Questa imitazione del modello americano, caratterizzato dall'ottenere una riduzione dei costi producendo (e poi vendendo) in grande quantità un numero limitato di modelli, non ebbe un grande successo in Giappone. Durante la Seconda guerra mondiale, la produttività giapponese era sì aumentata ma rimaneva ancora un ottavo di quella statunitense; pertanto, secondo Ohno,

per recuperare il gap in soli tre anni (come richiesto da Toyoda) sarebbe stato necessario aumentare la produttività di otto-nove volte. Poiché un risultato del genere sarebbe stato un'impresa davvero ardua in un lasso temporale così breve, Ohno ragionò piuttosto sulle possibili alternative al modello americano analizzando con attenzione le modalità della produzione degli stabilimenti Toyota e domandandosi quali fossero le cause del fallimento dell'applicazione del sistema di stampo Fordista nella Toyota e, più in generale, nell'industria giapponese.

Il punto di partenza delle sue analisi fu il gap esistente tra gli operai americani e quelli giapponesi: il rapporto tra forza-lavoro giapponese e americana, secondo Ohno, era di uno a nove; ciò significava che ci volevano nove operai giapponesi per fare il lavoro di uno americano. Egli, stupito da questo dislivello, si domandò se fosse effettivamente vero che un americano potesse compiere uno sforzo fisico dieci volte superiore ad uno giapponese oppure se fossero i giapponesi ad avere delle carenze nei loro metodi di organizzazione della produzione; in altre parole, se ci fossero degli sprechi e, qualora vi fossero, se fosse possibile eliminarli.

È proprio partendo dal concetto di sprechi (*muda* in giapponese) che Ohno, a partire dal secondo dopoguerra, rivoluzionò completamente le modalità di produzione della Toyota raggiungendo risultati sorprendenti: se alla fine degli anni Quaranta la Toyota Motor Company non raggiungeva neppure la metà delle auto sfornate in un solo giorno dallo stabilimento Ford di Rouge (2685 contro 7000), all'inizio degli anni Ottanta aveva raggiunto la quota di 3 milioni e mezzo di veicoli gettati sul mercato, realizzati con un numero di dipendenti quasi dieci volte inferiore a quello delle sue più dirette concorrenti occidentali (Ohno, 2004). Non solo, oltre ad aver raggiunto un elevato livello di produzione ottenuto con un numero ridotto di dipendenti, la Toyota era anche in grado di produrre modelli con un elevatissimo livello di personalizzazione e con un lead time di consegna al cliente finale bassissimo: il tempo trascorso tra l'ordinazione di un prodotto personalizzato da parte del cliente presso un concessionario Toyota e l'uscita dalla fabbrica del prodotto finito non superava i 2 giorni.

Questi risultati spettacolari portarono la Toyota dall'essere, negli anni Quaranta, un'entità marginale sul mercato automobilistico a trovarsi, all'inizio degli anni Ottanta, al secondo posto nella classifica dei produttori mondiali. Tali risultati rappresentano il frutto degli attenti studi, analisi e impegno di Taiichi Ohno nell'implementazione di un sistema produttivo completamente nuovo e opposto a quello statunitense.

### 2.3.1 Fondamenti del sistema Toyota

L'idea di base del sistema Toyota, come si è già accennato, è quella di raggiungere l'eliminazione totale degli sprechi intesi principalmente come sovrapproduzione, ovvero produrre solamente ciò che il mercato richiede; non di più, non di meno (per questo motivo il sistema Toyota viene chiamata anche Lean Production, o produzione snella). Questa idea dell'eliminazione degli sprechi si basa su due pilastri: il *just in time* e l'*autoattivazione*.

Just in time significa, nel caso della Toyota, che nel corso dell'assemblaggio dell'automobile ciascun componente arriva alla linea di montaggio nel preciso momento in cui ce n'è bisogno e solo nella quantità necessaria e questa strategia produttiva, se attuata correttamente, può arrivare a rendere superflua l'esistenza dei magazzini. (Ohno, 2004). Ohno ebbe l'intuizione di realizzare un sistema just in time applicato agli impianti Toyota invertendo il punto di partenza del ragionamento: se solitamente la produzione è concepita come un flusso che va da monte a valle, egli concepisce il processo produttivo come un'operazione di prelievo che, partendo da valle, va a monte per prendere solo i pezzi necessari e solo nel momento in cui ce n'è bisogno. Un'organizzazione della produzione basata su un flusso di questo tipo, che segue una logica di tipo pull (Yang, Cai, & Chen, 2018), richiede tuttavia una grande coordinazione tra le varie fasi della catena produttiva poiché ognuna dovrà rivolgersi alla precedente per chiederle i pezzi di cui ha strettamente bisogno, nella quantità e nel momento necessari e la fase precedente dovrà produrre esattamente quanto richiesto.

Questa coordinazione è assicurata, nel sistema Toyota, dal sistema dei *kanban* (parola giapponese che significa cartellino): questi sono dei pezzi di carta contenenti delle informazioni sulla produzione quali quantità del prodotto, tempo, metodo, quantità da trasferire e così via e possono riguardare ordini di prelievo, ordini di trasferimento o di produzione. I kanban fungono da collegamento tra le diverse fasi di produzione, mettendole quindi in relazione tra loro e consentendo ad ognuna di sapere in modo chiaro cosa e quanto produrre. Essi si muovono sempre con le merci, divenendo così un ordine di lavoro per ogni processo produttivo e prevenendo in questo modo la sovrapproduzione. Un altro vantaggio fondamentale derivato da un utilizzo efficiente dei kanban è l'eliminazione delle scorte di magazzino, non più necessarie in quanto diventa possibile una produzione just in time e un conseguente risparmio di costi notevole. Il kanban svolge quindi un ruolo fondamentale nell'obiettivo del sistema Toyota di eliminare gli sprechi, nel quale le scorte sono considerate tali.

Non è un caso che il sistema dei kanban sia tanto efficace quanto semplice: l'idea dell'eliminazione degli sprechi, alla base del pensiero di Ohno, riguarda infatti anche la tecnologia. Egli riteneva che ottenere più informazioni di quelle necessarie e più velocemente, tramite l'utilizzo dei computer, creasse confusione nella produzione e diminuisse la sincronizzazione delle informazioni; auspicava pertanto un loro uso "libero" e non eccessivo. Ciò aiuta a comprendere la natura e il ruolo fondamentale dei kanban, che rappresentano un sistema di coordinamento essenziale del flusso della produzione attraverso la consegna delle informazioni necessarie al momento giusto, coerentemente con la linea di pensiero sottostante al sistema di produzione Toyota.

L'altro pilastro del sistema di produzione Toyota, l'autoattivazione, è un concetto che ha a che fare con il rapporto uomo-macchina: Ohno sosteneva che le macchine altamente sofisticate dotate di un'alta capacità produttiva fossero anche facilmente danneggiabili e ciò accresceva proporzionalmente il rischio di produrre pezzi difettosi. Non esisteva in Toyota, prima dell'introduzione del sistema Lean, alcun sistema di controllo automatico degli inconvenienti che si sarebbero potuti verificare su tali macchine e il concetto di autoattivazione riguarda proprio l'installazione di macchine che possono prevenire autonomamente questi problemi. *“Alla Toyota, per macchine autoattivate, intendiamo quelle dotate di un dispositivo d'arresto automatico che entra in funzione in caso d'anomalia. In tutti i nostri impianti, la maggior parte delle macchine, vecchie e nuove, sono equipaggiate con tali dispositivi d'arresto automatico. Esse sono dotate di diversi sistemi di prevenzione della difettosità chiamati baka yoke, che conferiscono alla macchina un tocco di sensibilità umana”* (Ohno, 2004).

In condizioni normali, in Toyota, la macchina non abbisogna di nessun operatore mentre lavora; l'intervento umano si rende necessario solo in caso di anomalia. Ciò significa che una sola persona può occuparsi di più macchine, consentendo in tal modo di ridurre il numero degli operai e aumentando l'efficienza produttiva.

Il concetto di autoattivazione ribalta quindi la logica tradizionale secondo la quale veniva affidata una stessa macchina ad un solo operaio e i suoi effetti influiscono di conseguenza anche sull'organizzazione del lavoro e sulla direzione aziendale.

Quando si verifica un'anomalia, gli operai possono fermare la produzione schiacciando un bottone rendendo possibile analizzare attentamente il problema nonché informare la direzione. Fermare la produzione può sembrare controproducente, ma - al contrario di ciò che avveniva di regola - consente di evitare che ci siano occultamenti dei problemi e di

acquisire esperienza sulle anomalie che si verificano nella linea di produzione; nonché metterne a conoscenza, oltre al singolo operaio, anche i suoi superiori creando un coinvolgimento di tutti i membri del collettivo. Riparare macchine o pezzi senza informare o coinvolgere la direzione comporta che la risoluzione del problema sarà sempre frutto di improvvisazione, impedendo miglioramenti nel processo produttivo e riduzioni dei costi (Ohno, 2004).

Se il concetto di just in time ha come scopo quello di ottenere componenti e informazioni solamente nella quantità richiesta e nel momento necessario, fluidificando così il flusso produttivo e riducendo i costi, l'autoattivazione ha un obiettivo altrettanto importante ovvero l'eliminazione totale dei difetti nella produzione. L'autoattivazione, combinata all'utilizzo dei kanban, rappresenta pertanto l'elemento portante di un modello che, attraverso la riduzione degli sprechi e dei difetti, aspira ad una qualità massima dei prodotti. Per queste ragioni il sistema di produzione della Toyota è stato chiamato anche Total Quality Management, che l'Apics definisce come *“A term coined to describe Japanese-style management approaches to quality improvement. Since then, total quality management (TQM) has taken on many meanings. Simply put, TQM is a management approach to long-term success through customer satisfaction. TQM is based on the participation of all members of an organization in improving processes, goods, services, and the culture in which they work”* (Apics, 2010).

L'ultima parte della definizione dell'Apics del TQM, riguardante la partecipazione di tutti i membri di un'organizzazione al miglioramento dei processi, caratterizza a pieno la filosofia Toyota. Si è già accennato che il sistema Toyota costituisce non solo un metodo di produzione ma anche un sistema sociale e culturale: ciò è particolarmente vero se si va ad osservare la portata che le idee di Ohno hanno avuto sull'industria giapponese.

Innanzitutto, arrivare ad implementare in Toyota i concetti sottostanti alla lean production nella sua totalità ha richiesto - oltre che un periodo di tempo molto lungo - un coinvolgimento attivo e totale del personale nonché una loro formazione. Quest'ultimo punto ha avuto molta importanza nell'implementazione del sistema Toyota perché concetti quale riduzione degli sprechi, miglioramento continuo e just in time non erano semplicemente un nuovo metodo produttivo ma una vera e propria filosofia; la quale richiedeva collaborazione e fiducia da parte di ogni persona all'interno dell'azienda per essere implementata. Gli addetti ai lavori, quindi, non sono semplicemente dei dipendenti

ma veri e propri componenti di una squadra che devono collaborare in sincronia come un organismo unico per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Inoltre, come disse Ohno stesso, *“Non è un’esagerazione dire che tale sistema è già andato oltre la Toyota, intesa come fabbrica, per diventare un sistema di produzione propriamente giapponese”* (Ohno, 2004). Tale affermazione trova conferma nella necessità del sistema Toyota di essere allargato anche alle imprese che costituiscono l’indotto della Toyota: secondo Ohno, per funzionare correttamente, il flusso produttivo avrebbe dovuto tenere in considerazione anche i fornitori e per questo motivo, gradualmente, venne chiesto a tutte le aziende fornitrici - o comunque facenti parte dell’indotto Toyota - di adottare i sistemi di produzione Lean. Un po' alla volta, dunque, il sistema Toyota si diffuse venendo adottato non solamente dalle aziende componenti la sua supply chain ma anche da fabbriche esterne che ne avevano compreso il meccanismo, il suo scopo e i suoi vantaggi. I concetti alla base della filosofia della Lean production, incorporati nelle tecniche di produzione del sistema di produzione Toyota, si sono così trasmessi nell’industria e nella società giapponese costituendo un nuovo modello di pensiero industriale, sociale e culturale che ha riscosso un grande successo in Giappone ma anche al di fuori di esso.

### **2.3.2 La semplicità della Lean: limite o opportunità?**

Una critica al sistema Lean è sollevata da Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016) i quali sostengono che, se i sistemi MRP risultano essere eccessivamente complessi e non in grado di intercettare la domanda reale dei clienti, la Lean production rappresenterebbe al contrario un’eccessiva semplificazione della complessità del mondo attuale. Nello specifico, Ptak e Smith sostengono che gli strumenti della Lean falliscono nel fornire visibilità alle dipendenze e relazioni critiche relativamente alla fornitura, domanda, on-hand inventory e struttura del prodotto. Più un determinato ambiente risulterà essere complesso e variabile e più, dunque, sarà probabile che l’affidamento ai kanban e la mancanza di pianificazione dei materiali nella Lean rappresentino un approccio eccessivamente semplificato.

Un’altra critica alla Lean viene posta, sempre da Ptak e Smith, alla sua caratteristica di rendere molto più indipendenti, rispetto a MRP, le varie fasi di produzione. Queste, infatti, nella Lean sono collegate tra loro non da una master production schedule - e quindi da una pianificazione dettagliata di fabbisogni pre-calcolati - ma semplicemente

dall'utilizzo dei kanban che, come si è visto, indicano quanto è necessario produrre sulla base di ordini reali (e non di previsioni). In questo modo, il bullwhip effect è meno pesante nella Lean rispetto a MRP e le diverse fasi di lavorazione dispongono di maggiore indipendenza e flessibilità. Tuttavia, rendendo tutto indipendente in tal modo, un determinato ambiente perde l'abilità di sincronizzarsi ai cambiamenti che potrebbero verificarsi e ciò è particolarmente vero in settori caratterizzati da forti fluttuazioni di domanda, lunghi lead time dei componenti, risorse condivise e innovazione dei prodotti. L'affidamento della Lean sul rifornimento indipendente tramite i kanban, in particolare, limiterebbe la visibilità e la connettività dell'impianto produttivo nel suo complesso così come a livello della struttura del prodotto e ciò potrebbe rappresentare un problema per la protezione del flusso della produzione.

In conclusione, le aziende che implementano il sistema JIT riducono considerevolmente il loro livello di inventario, rendendo la catena di approvvigionamento troppo fragile e meno agile quando la domanda e l'offerta sono volatili (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018).

Questa "eccessiva semplificazione" che caratterizza la Lean viene ricondotta anche al rapporto che il sistema Toyota ha con l'utilizzo della tecnologia avanzata dei computer, ovvero - come già detto - evitarne un utilizzo eccessivo e, al contrario, servirsene solamente ove necessario. Nella complessità del XXI secolo, però, rinunciare ad una tecnologia che consenta un'adeguata pianificazione dei materiali nella supply chain può rappresentare un limite importante nel rimanere competitivi e nei sistemi Lean vi è un grande potenziale per l'incorporazione di software di pianificazione che consentano una maggiore visibilità complessiva (Ptak & Smith, 2016).

## **2.4 La teoria dei vincoli**

La terza metodologia di pianificazione dei materiali oggetto di approfondimento in questa tesi è la teoria dei vincoli, conosciuta anche come TOC (Theory Of Constraints). Essa, come la Lean Production, si è evoluta parallelamente ai sistemi MRP.

La teoria dei vincoli ha origine nel 1979 da Eliyahu Moshe Goldratt, un fisico israeliano. Sebbene nasca come metodo di organizzazione e gestione della produzione, si è in seguito evoluta per costituire invece una vera e propria filosofia manageriale la quale ha riscosso un grande successo tra le aziende. A titolo d'esempio, 3M, Amazon, Boeing, Delta Airlines, Ford Motor Company, General Electric, General Motors, e Lucent Technologies

hanno dichiarato di aver ottenuto miglioramenti significativi attraverso l'implementazione di soluzioni TOC. Inoltre, in letteratura l'applicazione delle tecniche TOC ha riscontrato grande interesse ed è stata trattata in numerose sotto-discipline di operations management (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

Il concetto alla base della Teoria dei vincoli può essere riassunto in due affermazioni:

- *Ogni sistema deve avere almeno un vincolo.* Se ciò non fosse vero, allora un sistema reale quale un'organizzazione a scopo di lucro sarebbe in grado di produrre profitto illimitato. Un limite, perciò, “è tutto ciò che limita un sistema dal raggiungere prestazioni più elevate con riguardo al suo obiettivo” (Rahman, 1998).
- *L'esistenza dei limiti rappresenta un'opportunità di miglioramento.* Contrariamente al pensiero convenzionale, la TOC vede i limiti con accezione positiva e non negativa: secondo la visione della TOC, poiché i vincoli determinano le prestazioni di un sistema un innalzamento graduale dei vincoli di quest'ultimo migliorerà le sue prestazioni (Rahman, 1998).

La TOC è composta da due componenti principali.

Il primo è la filosofia che sorregge il principio di funzionamento della TOC e consiste nei cinque passi di focalizzazione del miglioramento continuo (noti anche come focusing steps o 5fs), nel modello di pianificazione drum-buffer-rope (DBR) e nel sistema informativo di gestione del buffer. Questa prima parte viene definita “paradigma logistico” della TOC.

Il secondo componente è un approccio generico per investigare, analizzare e risolvere problemi complessi chiamato thinking process (TP); gli strumenti del TP forniscono un mezzo rigoroso e sistematico per affrontare l'identificazione e la risoluzione di problemi aziendali non strutturati relativi alle politiche di management (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007). Goldratt elaborò, in aggiunta, nuove metodologie di misurazione delle performance che si discostano molto dai tradizionali sistemi di contabilità analitica. (Rahman, 1998). Di seguito verrà approfondita solamente la parte relativa al paradigma logistico, in quanto il thinking process e le misurazioni di performance sviluppate da Goldratt trattano tematiche di management che esulano dai temi oggetto di questa tesi.

## I 5 focusing steps

Come già anticipato, la teoria dei vincoli ha origine alla fine degli anni '70 quando Eliyahu Goldratt, su richiesta di un imprenditore, sviluppò un programma di pianificazione per aumentare la produzione che triplicò la produzione dell'impianto in un breve periodo di tempo. Tale soluzione, denominata OPT (Optimized Production Technology), venne adottata ben presto con successo da un certo numero di grandi società. Tuttavia, diversi impianti riscontrarono problemi nella sua implementazione e Goldratt, indagando, comprese che il problema era la mancanza di comprensione riguardo a come venivano utilizzati i programmi OPT. Secondo Watson, Blackstone e Gardiner, *“Alla sua introduzione, i programmi OPT erano controversi perché mantenevano alcune stazioni occupate in modo efficiente mentre altre erano a volte inattive. Ciò contraddiceva il sistema di misurazione delle prestazioni in vigore nella maggior parte degli stabilimenti statunitensi, poiché i lavoratori venivano solitamente misurati in base all'efficienza individuale. Pertanto, i lavoratori a volte ignoravano il programma e producevano parti per l'inventario nel tentativo di rimanere occupati ed evitare valutazioni sfavorevoli delle prestazioni. Queste azioni hanno creato flussi di materiale non sincronizzati attraverso l'impianto, rimescolando il programma e mettendo in pericolo il successo dello stesso OPT”* (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007). Questa difficoltà da parte del personale delle aziende nel comprendere il concetto alla base del programma OPT, era dovuta al fatto che la filosofia ad esso sottostante ribaltava la logica tradizionale introducendo un modo di pensare completamente nuovo. La logica sottostante ad OPT richiedeva infatti di focalizzarsi non tanto sul profitto in sé quanto sul concetto di limite come *“Anything that limits a system from achieving higher performance versus its goal”* (Rahman, 1998); nonché di riorganizzare le logiche produttive in base ad esso. È proprio per combattere tali difficoltà di comprensione di OPT che Goldratt decise di educare manager e lavoratori all'utilizzo delle programmazioni OPT. Nel 1984 egli scrisse assieme a Jeff Cox il celebre romanzo *The Goal*, il quale è stato scritto sotto forma di romanzo con l'intento iniziale di educare i lavoratori delle strutture che impiegano OPT a farli seguire il programma; tuttavia, *The Goal* è diventato un best seller con numerose aziende che hanno tentato di implementare i concetti trovati nel libro. Nel corso del tempo, a causa di diverse ragioni, le aziende persero interesse nel programma OPT di per sé (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007) e, al contrario, i concetti di educazione manageriale che Goldratt sviluppò partendo proprio da esso - e alla cui divulgazione si dedicò in seguito - crebbero di notorietà e riconoscimento. Ciò avvenne grazie anche al

successo di *The Goal*, il quale descrive una serie di euristiche e tecniche che sono diventate le fondamenta per la pratica della teoria dei vincoli: in *The Goal* sono delineati, in particolare, i cinque passi di miglioramento continuo, che rappresentano il processo mediante il quale vengono implementati i concetti della TOC.

L'implementazione dei cinque passi ha due prerequisiti: il primo presupposto per la sua implementazione è definire il sistema oggetto di indagine e identificarne lo scopo. Definito lo scopo del sistema, il secondo prerequisito è definire misurazioni che allineino il sistema a tale scopo (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

I cinque passi sono i seguenti:

1. *Identificare i vincoli del sistema.* Questi possono essere fisici (ad esempio materiali, macchine, persone, livello di domanda) o gestionali. In generale, le organizzazioni hanno pochissimi vincoli fisici ma molti vincoli gestionali sotto forma di politiche, procedure, regole e metodi (Rahman, 1998).

L'identificazione del vincolo deriva dal principio principale della TOC, "i vincoli determinano le prestazioni di un sistema". Poiché ci sono pochi vincoli in qualsiasi sistema, la gestione di questi pochi punti chiave consente un controllo efficace dell'intero sistema (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

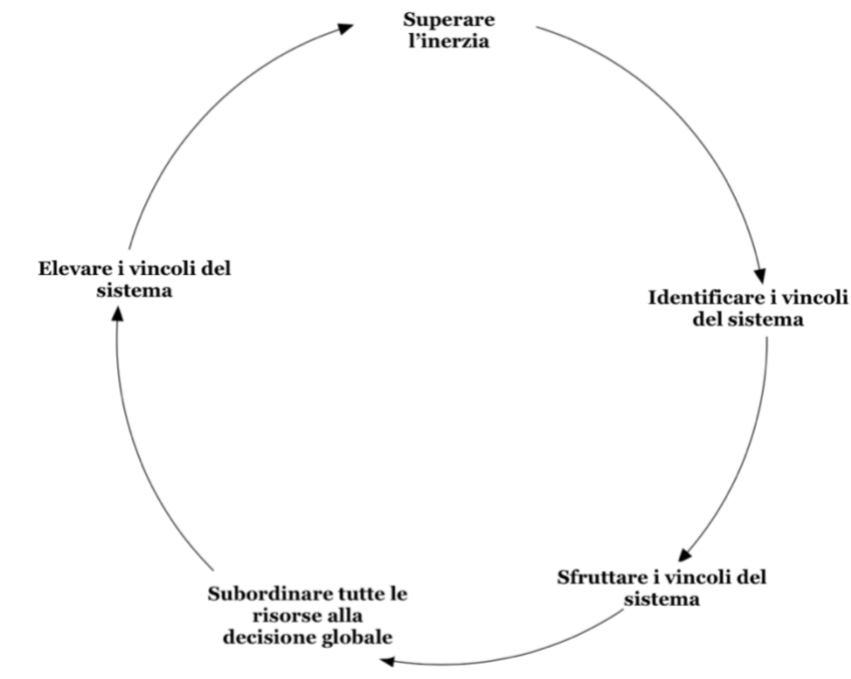
2. *Decidere come sfruttare i vincoli del sistema.* Una volta identificato il vincolo, il passo successivo è determinare i mezzi più efficaci per sfruttarlo. Lo sfruttamento del vincolo cerca di raggiungere il più alto tasso di rendimento possibile entro i confini delle risorse attuali del sistema (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007). Se il vincolo è fisico, l'obiettivo è renderlo il più efficace possibile. Un vincolo gestionale non dovrebbe essere sfruttato, ma eliminato e sostituito con una politica che supporti un aumento della produttività (Rahman, 1998).

3. *Subordinare tutto il resto alla decisione di cui sopra.* Ciò significa che ogni altro componente del sistema (non vincoli) deve essere regolato per supportare la massima efficacia dei vincoli: poiché questi ultimi determinano il volume di produzione di un'azienda, la sincronizzazione delle risorse con il vincolo rappresenta il modo più efficace di utilizzare tali risorse. Se queste risorse vengono utilizzate oltre la loro capacità produttiva per supportare il vincolo, non migliorano il tasso di rendimento ma aumentano l'inventario non

necessario (Rahman, 1998). L'output del sistema è limitato dalla velocità di attraversamento nel vincolo, pertanto il terzo passaggio consiste nel subordinare il sistema al vincolo. Questo elimina gli sprechi e assicura la massima reattività, poiché il sistema funziona solo su ciò che può ragionevolmente aspettarsi di trasformare in denaro attraverso le vendite nel breve termine (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

4. *Elevare i vincoli del sistema.* Il quarto passaggio intende che se è necessario ottenere un output aggiuntivo, si eleva, ovvero si aumenta, la capacità produttiva del sistema nella posizione del vincolo (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007). Se i vincoli esistenti sono ancora i più critici nel sistema, miglioramenti rigorosi su questi vincoli ottimizzeranno le loro prestazioni. Man mano che le prestazioni dei vincoli migliorano, il potenziale delle risorse non rappresentanti un vincolo può essere realizzato in maniera più efficiente portando a miglioramenti nelle prestazioni complessive del sistema. Alla fine, il sistema incontrerà un nuovo vincolo (Rahman, 1998).
  
5. *Se in uno dei passaggi precedenti un vincolo viene eliminato, tornare al passaggio 1. Non lasciare che l'inerzia diventi il vincolo successivo.* La prima parte di questo passaggio rende la TOC un processo continuo. La seconda parte ricorda che nessuna politica (o soluzione) è appropriata (o corretta) per sempre o in ogni situazione. È fondamentale per l'organizzazione riconoscere che, man mano che l'ambiente aziendale cambia, la politica aziendale deve essere perfezionata per tener conto di tali cambiamenti. La mancata implementazione del passaggio 5 può portare un'organizzazione al disastro (Rahman, 1998).

La figura 2.10 riassume il processo di miglioramento continuo appena descritto.



*Figura 2.10. Il processo di miglioramento continuo. (Elaborazione personale)*

Il processo di miglioramento continuo, che costituisce il fulcro della teoria sviluppata da Goldratt, consente di comprendere come la teoria dei vincoli incarni il pensiero sistemico: una filosofia che riconosce che il tutto è molto più della somma delle sue parti e che esiste una complessa rete di interrelazioni all'interno del sistema (J. Mabin, 2003). La teoria dei vincoli, similmente alla Lean, tenta di uscire dalla logica dell'ottenimento del profitto attraverso elevati volumi di produzione abbattendo così i costi unitari e concentra piuttosto l'attenzione sulla riduzione degli sprechi e su una visione sistemica del sistema azienda, con l'obiettivo di far lavorare ogni sua parte allo stesso ritmo come un unico organismo.

### **Drum-buffer-rope e buffer management**

Il secondo e il terzo passo del processo di miglioramento continuo appena visti pongono l'attenzione, dopo aver identificato il vincolo (o i vincoli) del sistema, proprio sulla loro corretta gestione e il drum-buffer-rope è, per l'appunto, il meccanismo di rilascio degli ordini che consente di rendere operativa la gestione del vincolo del sistema. L'implementazione del sistema logistico della TOC è governata dalla metodologia drum-buffer-rope (DBR) la quale è gestita attraverso l'utilizzo di buffer e il cui nome deriva da

una metafora descritta in *The Goal* per spiegare tale modello. La metodologia DBR sincronizza le risorse e l'utilizzo dei materiali in un'organizzazione: risorse e materiali vengono utilizzati solo a un livello che contribuisce alla capacità dell'organizzazione di raggiungere il volume di produzione imposto dal vincolo (Rahman, 1998).

La figura 2.11 raffigura un esempio di sistema DBR per una singola stazione lavorativa costituente un vincolo. Coerentemente con la fase uno dei 5fs, l'identificazione del drum - o vincolo -, è necessaria per l'implementazione di un sistema DBR. Mentre i vincoli generalmente assumono una delle tre forme: fisica (capacità delle risorse inferiore alla domanda), di mercato (domanda inferiore alla capacità delle risorse) e politica (regole formali o informali che limitano la capacità produttiva del sistema); il DBR ha lo scopo di affrontare i vincoli di mercato o fisici. Nell'esempio i vincoli sono rappresentati dalla stazione con un collo di bottiglia e dal mercato e determinano i ritmi di produzione del sistema. Individuato il vincolo, l'obiettivo della programmazione diventa quello di sincronizzare la produzione con le esigenze del cliente (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

La seconda fase del cinque passi, sfruttare il vincolo, richiede il posizionamento di buffer strategici presso il vincolo e altri punti di controllo del sistema per proteggere la capacità di quest'ultimo di svolgere la programmazione. I buffer sono inventari posizionati strategicamente per proteggere l'output del sistema dalle variazioni che si verificano (Rahman, 1998). Il termine buffer è spesso sinonimo di inventario dei prodotti in lavorazione o finiti, tuttavia la TOC utilizza diversi tipi di buffer. Nell'esempio della figura 2.11 sono presenti due buffer: uno denominato *constraint buffer* (buffer di vincolo), posizionato presso il vincolo e un altro denominato *shipping buffer*, ovvero buffer di spedizione (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017). I buffer di spedizione sono semplicemente inventari di prodotti finiti che mantengono una piccola quantità di questi ultimi per proteggere le performance di consegna al cliente (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

Infine, coerentemente con la fase tre dei 5fs, la corda (rope) rappresenta la comunicazione tra i punti di controllo critici per garantire la loro sincronizzazione (Rahman, 1998). La corda identifica quindi il rilascio delle materie prime nelle fasi di lavorazione a monte del sistema, rilascio che deve essere sincronizzato con il vincolo del sistema per adeguare quest'ultimo strettamente alle quantità di lavorazione che il vincolo è in grado di gestire. Le stazioni di lavorazione che non rappresentano dei vincoli, quindi, rilasciano inventario

al sistema produttivo in base al tasso di consumo del vincolo (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

Nell'esempio vi sono due corde: la corda 1 determina la programmazione presso il collo di bottiglia per sfruttare il vincolo secondo l'obiettivo dell'organizzazione, la corda 2 subordina quindi il sistema al vincolo (ovvero la stazione del collo di bottiglia) (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017).

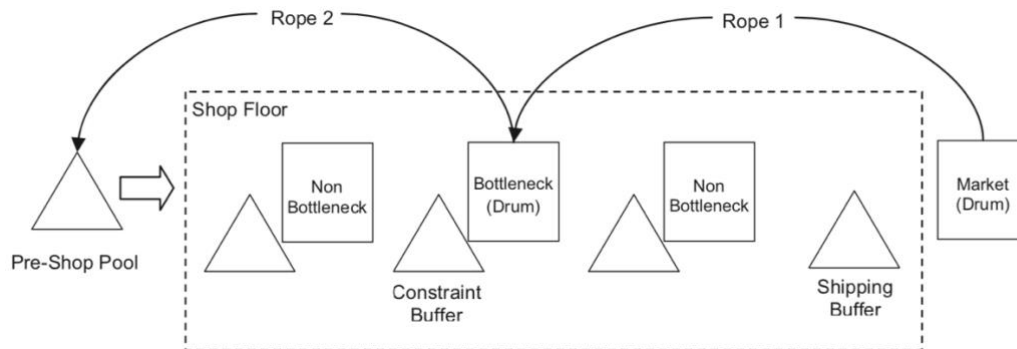


Figura 2.11. Drum-Buffer-Rope. (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017)

Il sistema drum-buffer-rope, infine, è accompagnato dal sistema informativo di gestione del buffer (o buffer management) il quale aiuta a gestire i trade-off tra la protezione del vincolo e i lead time e consente inoltre alla direzione di identificare possibili problemi nel sistema di produzione prima che influiscano sulla pianificazione. Il buffer management può essere in aggiunta utilizzato per concentrare gli sforzi di miglioramento su quei processi che hanno il maggiore impatto negativo sulle prestazioni della pianificazione, semplificando la gestione delle attività di miglioramento continuo. La gestione del buffer consente infine ai manager di valutare i miglioramenti dei processi man mano che questi vengono implementati (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007).

#### 2.4.1 Critiche alla teoria dei vincoli

Nonostante vi sia un'ampia evidenza nella letteratura accademica dei potenziali benefici dell'implementazione della TOC, la sua accettazione generale si è rivelata sfuggente.

Una critica comune alla TOC, che ne ha impedito l'ampia diffusione nella letteratura accademica, è che le tecniche TOC producono risultati che sono ammissibili ma non sempre ottimali. L'opinione di molti sostenitori della TOC è che, mentre l'ottimizzazione si traduce in pianificazioni eleganti, le pianificazioni sono irrealizzabili a causa di ipotesi

invalidate dall'esposizione alla variabilità del mondo reale. Ciò ha creato un vuoto per quanto riguarda la programmazione e la sequenza della produzione, la determinazione della dimensione del lotto, la determinazione della dimensione del buffer iniziale e la determinazione del mix di prodotti ottimale. Mentre sono disponibili le euristiche, queste a volte sono mal definite o mancano di test rigorosi. Inoltre, mentre è opinione comune che si possano impiegare tecniche JIT o MRP, non è chiaro se esista un metodo preferito per l'uso nei sistemi TOC. Queste aree necessitano di maggiore ricerca per definire le tecniche TOC e per confrontare, contrastare e cercare una possibile collaborazione tra la TOC e varie altre tecniche.

Un secondo problema relativo ai sistemi TOC è la definizione delle loro caratteristiche, vi è infatti confusione sulla questione delle prestazioni della TOC. Watson, Blackstone e Gardiner affermano che *“procedure mal definite per l'applicazione della TOC hanno portato i ricercatori a concludere che, quando si confronta il JIT con la TOC, la TOC produce: (1) meno output con più scorte, (2) più output con meno scorte e (3) più output con meno inventario finché l'inventario non è sufficiente a coprire la variabilità e quindi il JIT produce più output per lo stesso inventario. In assenza di prove chiare, il lettore si chiede se nella pratica esista una vera differenza tra le prestazioni dei sistemi JIT e TOC”* (Watson, Blackstone, & Gardiner, 2007)

La TOC, infine, non considera l'esplosione della distinta base (BOM), quindi ha difficoltà a gestire strutture BOM complesse maggiori di due livelli (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018).

In conclusione a questo paragrafo dedicato alla teoria dei vincoli, si può affermare che attualmente il principale limite di questa metodologia di pianificazione della produzione (o, più ampiamente, filosofia manageriale) ideata da Goldratt sembra essere la sua mancanza di chiarezza riguardo certi aspetti dell'implementazione delle sue procedure; nonché la confusa definizione di alcune sue caratteristiche e prestazioni. La teoria dei vincoli è stato un punto di svolta importante nel management della produzione e della pianificazione delle scorte e costituisce una filosofia manageriale interessante e alternativa a quelle tradizionali; tuttavia, necessita di ulteriori studi nonché applicazioni in realtà aziendali. Ciò le conferirebbe maggiore validità e fiducia anche da parte del management aziendale nei confronti della sua implementazione.

## 2.5 L'importanza del flusso e la necessità di un nuovo sistema di pianificazione

In questo capitolo si sono passati in rassegna alcuni tra i più conosciuti metodi di pianificazione della produzione e di gestione degli ordini, i quali rappresentano i più diffusi nell'ambito industriale nonché in quello accademico. Si è visto, inoltre, che ognuno di essi presenta difetti e limiti intrinseci i quali hanno un impatto negativo sul sistema-azienda del quale cui fanno parte e ciò è particolarmente vero per quanto riguarda il flusso dei materiali e delle informazioni.

Nel primo capitolo si è fatto riferimento al concetto di flusso, tuttavia è necessario approfondirne alcuni aspetti per poter comprendere perchè è necessario un sistema alternativo di pianificazione della produzione e degli ordini che superi i limiti dei sistemi esaminati in precedenza.

Un contributo importante al concetto di flusso è dovuto a George Plossl, uno dei padri fondatori di MRP, il quale nella cosiddetta Prima legge di Plossl afferma che *Tutti i benefici saranno direttamente correlati alla velocità del flusso delle informazioni e dei materiali* (Ptak & Smith, 2016).

Ptak e Smith ampliano tale affermazione e scompongono i benefici a cui fa riferimento Plossl in:

- *Servizi*. Un sistema che dispone di un buon flusso delle informazioni e dei materiali produce risultati affidabili e coerenti. Ciò ha implicazioni nel soddisfare le aspettative dei clienti, non solamente in termini di performance di consegna ma anche di qualità.
- *Ricavi*. Quando un livello di servizio è consistentemente alto, la quota di mercato tende a crescere o, perlomeno, non si erode.
- *Qualità*. Quando vi è un buon flusso, vengono commessi meno errori causati da confusione e affrettamento.
- *Inventario*. Gli inventari dei prodotti di approvvigionamento, dei work-in-progress e dei prodotti finiti saranno ridotti al minimo e direttamente proporzionali alla quantità di tempo necessaria per scorrere tra le fasi e attraverso l'intero sistema. Minore è il tempo necessario ai prodotti per spostarsi nel sistema, minore sarà l'investimento totale nell'inventario.
- *Expenses*. Quando il flusso è scarso, vengono sostenute attività e spese aggiuntive per colmare le lacune nel flusso. Esempi potrebbero essere spedizioni accelerate, straordinari, rilavorazioni, spedizioni incrociate e spedizioni parziali non pianificate.

Molte di queste attività sono indicative di un sistema complessivamente inefficiente e causano direttamente uscite di risorse finanziarie dall'organizzazione.

- *Cash*. Quando il flusso è massimizzato, il materiale per il quale una compagnia paga viene convertito in denaro ad un tasso relativamente veloce e costante e ciò rende il flusso monetario molto più facile da gestire e prevedere. In aggiunta, le spese correlate ad accelerazioni precedentemente menzionate vengono minimizzate, limitando le uscite di denaro dall'organizzazione.

Quando le entrate aumentano, l'inventario viene ridotto al minimo e vengono eliminate le spese accessorie aggiuntive e non necessarie il ritorno sull'investimento sarà positivo. Per questo motivo, le regole e gli strumenti di un'impresa devono essere costruiti attorno alla tutela e alla promozione del flusso (Ptak & Smith, 2016).

Sempre secondo Ptak e Smith, è necessario tuttavia un avvertimento importante relativo alla prima legge di Plossl che diventa cruciale e centrale per determinare se il flusso si traduce in migliori prestazioni del ROI (Return On Investment) (Apics, 2010). Un'azienda non può semplicemente spostare indiscriminatamente dati e materiali rapidamente attraverso un sistema e aspettarsi di avere successo. Oggi le organizzazioni affogano spesso in oceani di dati con poche informazioni rilevanti, grandi scorte di materiali irrilevanti e al contrario non abbastanza materiali rilevanti e quando ciò si verifica vi è un effetto negativo diretto sul ROI. Perciò, il flusso delle informazioni e dei materiali deve essere pertinente all'output richiesto o alle aspettative di mercato del sistema. Per essere rilevanti, quindi, sia le informazioni che i materiali devono sincronizzare le risorse di un'azienda con ciò che il mercato vuole veramente; ne più ne meno. Avere le informazioni giuste è un prerequisito per avere i materiali giusti, tenendo ciò a mente la prima legge di Plossl può essere modificata in:

*Tutti i benefici saranno direttamente correlati alla velocità del flusso delle informazioni e dei materiali rilevanti (Ptak & Smith, 2016).*

Nonostante l'importanza fondamentale della promozione e tutela del flusso dei materiali e delle informazioni rilevanti, e nonostante la maggior parte delle persone all'interno di un'organizzazione sembri comprendere intuitivamente questo concetto, vi è un'evidenza significativa che suggerisce che la maggior parte delle aziende non è in grado di gestire realmente il proprio patrimonio seguendo questo principio fondamentale (Ptak & Smith, 2016). Ciò è da ricondurre al fatto che i sistemi di gestione della produzione e degli ordini

precedentemente esaminati incontrano serie difficoltà a implementare efficacemente il principio della promozione e tutela del flusso dei materiali e delle informazioni rilevanti a causa dei loro limiti intrinseci (evidenziati nei rispettivi paragrafi a loro dedicati). Non vi è dubbio che i sistemi MRP, la Lean Production e la TOC detengano un enorme potenziale nei loro concetti; tuttavia, essi si rivelano inadatti ad affrontare ciò che Ptak e Smith chiamano “The New Normal”, ovvero “Il nuovo normale” (Ptak & Smith, 2016). Con questo termine essi fanno riferimento alle caratteristiche del mondo moderno, il quale presenta customer tolerance time dei clienti estremamente ridotti (grazie anche alla facilità di reperimento delle informazioni dovuta all’avvento di Internet), elevata complessità di pianificazione, varietà e complessità dei prodotti cresciuta enormemente, prevalenza dell’outsourcing e ciclo di vita e di sviluppo dei prodotti ridotto rispetto al passato. In aggiunta, vi sono un ammontare di requisiti normativi richiesti alle aziende per la salute e sicurezza dei consumatori e per la protezione ambientale.

È proprio per superare i limiti dei sistemi di pianificazione convenzionali che Ptak e Smith evidenziano la necessità di un sistema nuovo e alternativo di gestione della produzione e degli ordini, che sia in grado di adattarsi alla New Normal e di rispondere quindi alle esigenze del mondo estremamente complesso del XXI secolo.

Il sistema che essi hanno progettato e che propongono, il DDMRP, si pone proprio questi obiettivi e combina - e non semplicemente fonde assieme - alcuni degli aspetti rilevanti di MRP con altri della Lean e della TOC dando vita ad un modello che non è semplicemente la somma di concetti preesistenti, ma che presenta invece alcune innovazioni chiave che lo rendono unico.

Il DDMRP verrà analizzato nel capitolo seguente.

## CAPITOLO 3

# Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)

*In questo capitolo verrà approfondito DDMRP nei suoi componenti principali, ovvero spiegando i 5 passaggi chiave che compongono e descrivendone le principali caratteristiche. Verranno inoltre evidenziate, ove necessario, le differenze più importanti rispetto ai sistemi di pianificazione convenzionali (in particolare MRP).*

### 3.1. Introduzione a DDMRP

Il metodo DDMRP è un approccio di pianificazione della produzione e di gestione degli ordini ibrido, ovvero - come già accennato - che combina degli elementi nuovi ad altri già esistenti nei sistemi di pianificazione convenzionali.

Nel secondo capitolo si è accennato ai potenziali benefici dovuti all'utilizzo degli ordini effettivi di vendita come input di domanda. Tuttavia, è necessario tenere conto delle difficoltà che hanno i sistemi di pianificazione convenzionali, quali i sistemi MRP, la Lean Production e la TOC nell'attuare una strategia di produzione basata sulla domanda (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018) e, di conseguenza, di realizzare efficacemente l'obiettivo della promozione e tutela del flusso dei materiali e delle informazioni rilevanti. Si rende pertanto evidente la necessità di un sistema di pianificazione che sia indirizzato ad una strategia di produzione basata proprio sulla domanda.

L'obiettivo di tale strategia è comprimere i lead time e allineare gli sforzi alle richieste del mercato e ciò include un'attenta sincronizzazione della pianificazione, della programmazione e dell'esecuzione con il consumo di materiale. Tale strategia incoraggia le aziende a centralizzare la domanda anziché l'inventario, in questo modo sono in grado di percepire e adattarsi ai cambiamenti del mercato diventando più agili (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018).

È con questi obiettivi in mente che è stato sviluppato il DDMRP da Ptak e Smith, il quale è definito da loro stessi come *“A formal multi-echelon planning and execution method to protect and promote the flow of relevant information and materials through the establishment and management of strategically placed decoupling point stock buffers”* (Ptak & Smith, 2016).

Il termine “demand driven” è stato invece originariamente definito, sempre da Ptak e Smith, come *“The ability to sense changing customer demand and adapt planning and production while pulling from suppliers all in real time”* (Ptak & Smith, 2016).

Il termine è stato introdotto per la prima volta dalla società PeopleSoft nel 2002, quando Carol Ptak ricopriva il ruolo di vicepresidente, tuttavia venne abbandonato fino al 2010 quando venne riutilizzato dalla società Gartner.

Il primo vero passo importante per l’istituzione del sistema DDMRP avviene però nel 2011, quando Ptak e Smith pubblicano la terza edizione del libro Orlicky’s Material Requirements Planning e all’interno del quale essi hanno introdotto il progetto iniziale per il DDMRP come logica formale alternativa di pianificazione e controllo.

Il 2011 ha segnato anche la fondazione del Demand Driven Institute di Carol Ptak e Chad Smith, il quale ha pubblicato diversi white paper e casi di studio sull’argomento DDMRP. Nel 2016 Ptak e Smith pubblicano il libro “DDMRP – Demand Driven Requirements Planning” nel quale descrivono accuratamente il sistema DDMRP, questo libro verrà usato nel seguito di questo capitolo come fonte principale per analizzare le caratteristiche e componenti principali di DDMRP.

La definizione originale di "demand driven" è ancora attuale nel corpus di conoscenze più maturo e più ampio di oggi, inoltre, questa maturazione ed espansione ha fornito chiarezza su cosa non significhi esattamente il termine demand driven. Non significa "rendere tutto make to order", non significa "mettere inventario ovunque" e non significa "fare previsioni migliori". Diventare demand driven, ossia implementare una strategia guidata dalla domanda reale, richiede un passaggio fondamentale dalla centralità dei metodi operativi basati sull’offerta e sui costi (comunemente indicati come "push and promote") a una centralità dei metodi basati sulla domanda effettiva e sui flussi (comunemente indicati come "position, protect e pull") (Ptak & Smith, 2016).

Il concetto di disaccoppiamento è uno dei cardini del sistema DDMRP, poiché consente di interrompere il trasferimento della variabilità della domanda e dell'offerta tra le diverse parti collegate della supply chain in entrambi le direzioni (Ptak & Smith, 2016). In questo modo possono essere controllati di conseguenza anche effetti indesiderati quali nervosismo e bullwhip effect.

Il disaccoppiamento non è un'idea nuova, nonostante tuttavia circoli da molti anni non è stato ancora sviluppato un modo pratico per implementarlo in MRP nel quale possono verificarsi quantità limitate di disaccoppiamento, ma solo con complicazioni in cui i costi probabilmente superano i loro benefici (Ptak & Smith, 2016).

L'Apics definisce il disaccoppiamento come *“Creating independence between supply and use of material. Commonly denotes providing inventory between operations so that fluctuations in the production rate of the supplying operation do not constrain production or use rates of the next operation”* (Apics, 2010).

Il disaccoppiamento, quindi, consente di disconnettere un'entità dall'altra isolando gli eventi che si verificano in una parte di un sistema e impedendo a queste di avere impatti su altre entità del sistema. I punti in cui il sistema è disaccoppiato sono chiamati “punti di disaccoppiamento”, dei quali l'Apics dà la seguente definizione: *“The locations in the product structure or distribution network where inventory is placed to create independence between processes or entities. Selection of decoupling points is a strategic decision that determines customer lead times and inventory investment”* (Apics, 2010).

Affinché i punti di disaccoppiamento mantengano il loro effetto di disaccoppiamento, deve esistere un livello di protezione che assorba contemporaneamente la variabilità della domanda e dell'offerta.

Questo livello di protezione è un concetto chiamato "disaccoppiamento dell'inventario". L'APICS definisce il disaccoppiamento dell'inventario come: *“An amount of inventory kept between entities in a manufacturing or distribution network to create independence between processes or entities. The objective of decoupling inventory is to disconnect the rate of use from the rate of supply of the item”* (Apics, 2010).

DDMRP realizza il disaccoppiamento dell'inventario tramite dei buffer di disaccoppiamento che, con riferimento a DDMRP, chiameremo semplicemente “buffer” i quali consistono in determinate quantità di scorte calcolate per disaccoppiare la domanda dall'offerta. I buffer sono comunemente quantità di inventario che forniranno una disponibilità affidabile ai consumatori dello stock consentendo allo stesso tempo

l'aggregazione degli ordini di domanda e creando un segnale di fornitura più stabile, realistico ed efficiente ai fornitori di tale stock.

DDMRP pone le sue radici in molti metodi convenzionali, alcuni dei quali sono stati trattati in precedenza. Alcune delle caratteristiche fondamentali di DDMRP sono la logica pull e la visibilità, le quali sono tipiche della Lean e della teoria di Goldratt (Ptak & Smith, 2016). La figura 3.1 mostra la base metodologica per DDMRP.

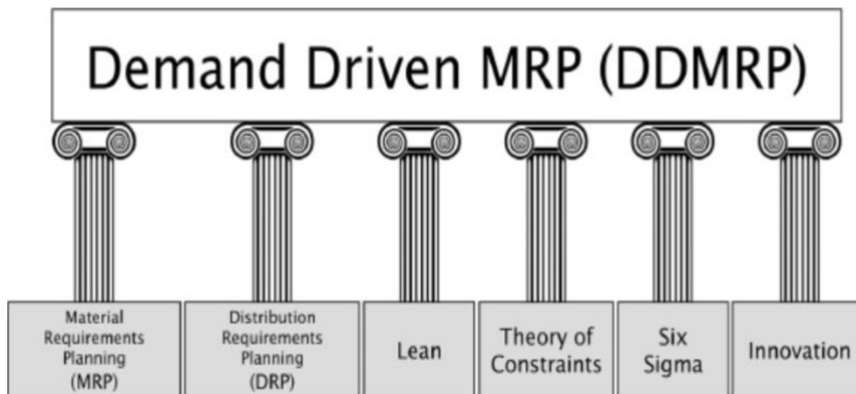


Figura 3.1. Base metodologica per DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)

Il Demand Driven Requirements Planning è composto da cinque componenti sequenziali, illustrati nella figura 3.2, i quali sono correlati e coerenti con le tre principali attività che caratterizzano il metodo, ovvero “Position, Protect e Pull”.

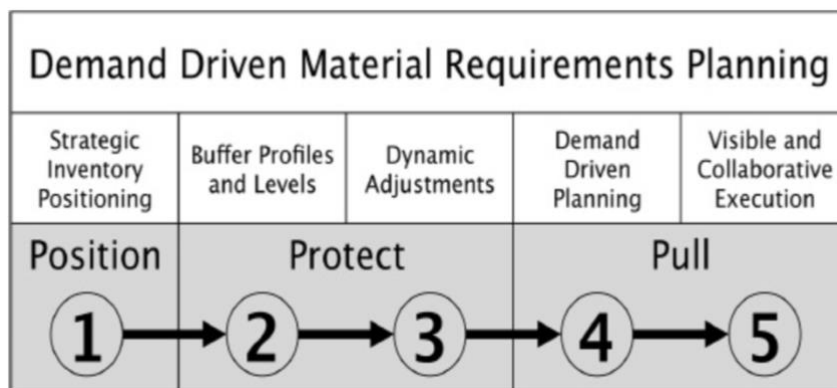


Figura 3.2. I cinque componenti di DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)

I primi tre componenti definiscono essenzialmente la configurazione iniziale e in evoluzione di un modello DDMRP.

Lo “Strategic inventory positioning”, ovvero il disaccoppiamento strategico dell’inventario, determinerà la posizione dei punti di disaccoppiamento (Ptak & Smith, 2016). Come prima operazione, i punti di disaccoppiamento vengono posizionati in punti strategici considerando sia la struttura interna di ogni prodotto che l'intera filiera. Ciò consente di arrestare la proliferazione della variabilità sia a valle che a monte, comprimere il lead time, rendere l'orizzonte di pianificazione indipendente e più breve. Questo non è consentito in MRP perché esiste una logica di dipendenza che, forzando orizzonti progettuali di lungo periodo, crea e alimenta un fenomeno di nervosismo del sistema (Favaretto & Marin, 2018); fenomeno descritto nel paragrafo dedicato a MRP. I “Buffer profiles and levels”, ossia la definizione dei livelli e dei profili dei buffer, determineranno la quantità di protezione in quei punti di disaccoppiamento (Ptak & Smith, 2016). Questo passaggio crea livelli per assorbire gli urti nei punti di disaccoppiamento e riduce la variabilità. I livelli di buffer sono determinati utilizzando un mix unico di informazioni che include previsioni, dati storici e dati derivati dalla metodologia DDMRP (Favaretto & Marin, 2018).

I “Dynamic adjustments”, ossia gli aggiustamenti dinamici degli stock dei buffer, definiscono come quel livello di protezione si flette verso l'alto o verso il basso in base a parametri operativi, cambiamenti di mercato ed eventi futuri pianificati o noti (Ptak & Smith, 2016). Dopo aver impostato i livelli iniziali dei buffer strategici, l'approccio DDMRP consente di proteggere i livelli dei buffer adattandoli ai cambiamenti interni ed esterni. Pertanto, ci saranno livelli di buffer strategici che saranno dinamici e non più statici. Questi aggiustamenti consentono anche di evitare il rischio di avere uno stock out di buffer strategici quando necessario (Favaretto & Marin, 2018).

Il quarto e il quinto elemento definiscono gli aspetti operativi effettivi di un sistema DDMRP: “planning and execution” ovvero pianificazione ed esecuzione.

In DDMRP, la pianificazione basata sulla domanda è il processo mediante il quale vengono generati gli ordini di fornitura (ordini di acquisto, ordini di produzione e ordini di trasferimento stock) (Ptak & Smith, 2016). Per fare ciò, la metodologia utilizza un proprio algoritmo semplice ma efficace. Grazie alla struttura creata nei punti precedenti, l'algoritmo consente di eseguire ordini di rifornimento utilizzando solo ordini di vendita legati ad un orizzonte temporale breve (Favaretto & Marin, 2018).

La “visible and collaborative execution”; ovvero esecuzione visibile e collaborativa, è il processo mediante il quale un sistema DDMRP gestisce gli ordini di fornitura aperti o che

dovranno essere eseguiti. Grazie a segnali chiari e precisi è possibile individuare quali priorità richiedono attenzione (Favaretto & Marin, 2018).

Ognuno di questi passaggi verrà approfondito in dettaglio nel seguito di questo capitolo. Nel corso degli anni Ptak e Smith hanno ampliato i concetti che stanno alla base di DDMRP dando vita ad un modello più ampio che viene chiamato Demand Driven Operating Model e del quale DDMRP fa parte, tale modello racchiude ulteriori componenti utili per la gestione organizzativa dell'azienda basata sul concetto di demand driven. In questa tesi, tuttavia, ci si concentrerà solamente sulla parte del Demand Driven Operating Model relativa a DDMRP il quale rappresenta il meccanismo di creazione e di gestione degli ordini o, in altre parole, dei fabbisogni.

Prima di entrare nella descrizione dettagliata del sistema DDMRP può essere utile riportare alcune premesse che Ptak e Smith pongono relativamente ai requisiti per DDMRP.

Compresi gli obiettivi che esso si pone, evidenziati all'inizio di questo capitolo, il sistema DDMRP:

1. Dovrebbe essere basato sulla tutela e promozione del flusso delle informazioni e dei materiali rilevanti. Ciò, come si è già visto, porta ad ottenere migliori risultati sul ROI.
2. Deve consentire il disaccoppiamento per poter mitigare la variabilità della domanda e della fornitura, così come la compressione dei lead time.
3. Dovrebbe utilizzare le informazioni disponibili sulla domanda più rilevanti, ovvero la domanda reale.
4. Deve fornire segnali di facile interpretazione per tutte le risorse. In ciò DDMRP richiama l'idea che contraddistingue la Lean di utilizzare segnali visivi chiari e semplici all'interno dei punti strategici (ad esempio i Kanban). DDMRP vuole distinguersi dal sistema di segnali complessi e in costante cambiamento nonché all'elevata mole di dati dei quali è composto MRP, che sono spesso causa di confusione e conflitto.
5. Deve fornire un modo per sincronizzare ambienti complessi e dinamici (Ptak & Smith, 2016, p. 82)

I prossimi paragrafi, che approfondiranno i componenti e il meccanismo di generazione e controllo degli ordini di DDMRP, consentiranno di comprendere in che modo questi requisiti vengono rispettati.

## 3.2. Livello 1 – Position. Strategic Inventory Positioning

### 3.2.1. Fattori di posizionamento

Il primo passo per l'implementazione di un sistema DDMRP è quello dello Strategic Inventory Positioning, ovvero il posizionamento dei punti di disaccoppiamento e dei rispettivi buffer. Si è discussa l'importanza del disaccoppiamento e dei punti di disaccoppiamento, i quali rappresentano un elemento chiave nella protezione e promozione del flusso delle informazioni e dei materiali rilevanti mitigando la distorsione del segnale della domanda (informazioni rilevanti) e la variabilità della continuità della fornitura (materiali rilevanti) correlati al bullwhip effect. La selezione di questi punti è una decisione strategica che influisce sulle prestazioni del network domanda-offerta sotto molti aspetti: servizio, capitale circolante, spese correlate all'accelerazione, cash flow e infine ROI (Ptak & Smith, 2016). È tuttavia necessario rispondere alla seguente domanda: dove devono essere collocati i punti di disaccoppiamento all'interno di un'organizzazione o supply chain per massimizzarne l'efficacia?

È possibile rispondere a questa domanda considerando sei fattori chiave.

**1. Customer tolerance time.** È il tempo che il cliente tipico è disposto ad aspettare prima di cercare una fonte alternativa. Il customer tolerance time può anche essere definito *lead time di domanda*, la determinazione di questo lead time richiede spesso il coinvolgimento attivo delle vendite e del servizio clienti.

**2. Market potential lead time.** Questo punto implica che esiste un mercato potenziale nel momento in cui si riuscisse a scendere al di sotto di un determinato customer tolerance time del cliente, ciò consentirebbe un aumento del prezzo o l'acquisizione di attività aggiuntive attraverso canali dei clienti esistenti o nuovi.

**3. Sales order visibility horizon.** È l'intervallo di tempo in cui di solito si viene a conoscenza degli ordini di vendita o della domanda dipendente effettiva. Spesso la visibilità dell'ordine di vendita è maggiore o uguale al customer tolerance time. Maggiore è la visibilità degli ordini di vendita, migliore è la capacità dell'ambiente di vedere potenziali picchi di domanda e ricavare informazioni rilevanti sui segnali della domanda.

**4. External variability.** L'external variability rappresenta la variabilità esterna all'azienda, ovvero della domanda e della fornitura. Questo fattore diviene

particolarmente importante poiché più aumenta la variabilità, più diventa fondamentale la protezione e promozione del flusso. Questa variabilità può essere calcolata tramite una varietà di equazioni o determinata euristicamente da personale esperto di pianificazione. L'Apics indica che dal punto di vista matematico, la variabilità o l'incertezza della domanda possono essere calcolate attraverso la deviazione standard, la deviazione media assoluta (MAD) o la varianza degli errori di previsione (Apics, 2010). Ptak e Smith propongono alcuni criteri che le aziende possono utilizzare qualora non fossero in grado di calcolare matematicamente il valore della variabilità. I criteri si dividono in:

- **Alta variabilità.** Articoli soggetti a frequenti picchi di domanda all'interno del customer tolerance time o a frequenti problemi di fornitura;
- **Media variabilità:** articoli soggetti a picchi di domanda occasionali all'interno del customer tolerance time o ad occasionali interruzioni di fornitura;
- **Bassa variabilità:** articoli con domanda stabile e pochi picchi di domanda all'interno del customer tolerance time o con fornitura affidabile.

**5. Inventory Leverage and Flexibility.** È un effetto leva dovuto a più componenti in comune a più distinte basi che consentono una compressione del lead time complessivo. Questo concetto diventa più critico in ambienti con distinte basi più profonde e complesse e con più componenti e materiali condivisi.

**6. Critical Operation Protection.** Questo punto riguarda l'individuazione e protezione delle operazioni critiche. Queste operazioni possono includere aree in cui la capacità è limitata o dove la qualità può essere compromessa da interruzioni oppure ancora dove la variabilità tende ad accumularsi o ad amplificarsi. Nella teoria di Goldratt queste aree sono identificabili nei drums. Qualunque sia la metodologia di produzione o operativa a cui un'azienda ascrive, queste risorse rappresentano in genere punti di controllo che hanno un enorme impatto sul flusso o sulla velocità totale che un particolare impianto, risorsa o area può mantenere o raggiungere.

I sei fattori precedenti devono essere applicati sistematicamente all'intera distinta base, impianti di produzione e network di domanda-fornitura per determinare le migliori posizioni di disaccoppiamento per articoli acquistati, prodotti e finiti (comprese le parti di servizio); al fine di proteggere e promuovere il flusso di informazioni rilevanti e favorire il ritorno sulla performance dell'investimento (Ptak & Smith, 2016). Un semplice esempio, tratto dal libro sul DDMRP di Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016),

consentirà di comprendere meglio l'applicazione di questi sei criteri chiave nella scelta dei punti di disaccoppiamento all'interno di un'organizzazione.

Si supponga che un'azienda produca due prodotti finiti, FPE e FPF la cui distinta base è mostrata nella figura 3.3.

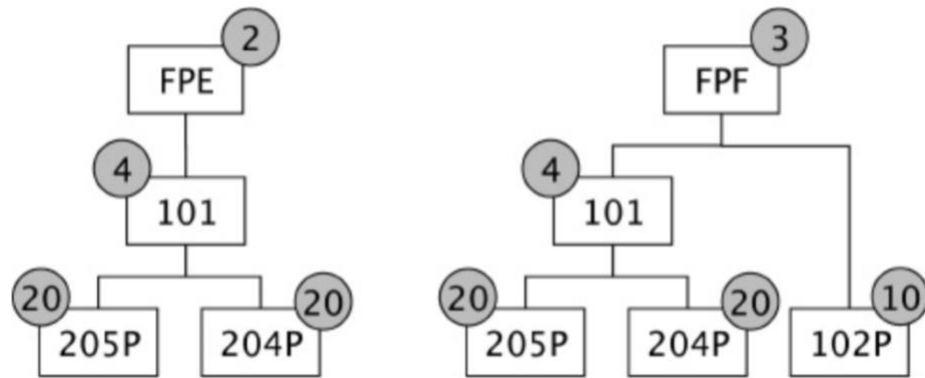


Figura 3.3. Struttura del prodotto per FPE e FPF. (Ptak & Smith, 2016)

I numeri all'interno dei cerchi rappresentano i lead time di produzione o di approvvigionamento, in giorni, per ciascun componente.

In questo esempio sono da tenere in considerazione diversi tipi di lead time:

- *Manufacturing lead time.* È il tempo totale necessario per produrre un articolo, ad esempio FPE ha un MLT di 2 giorni mentre il componente 101 ha un MLT di 4 giorni;
- *Cumulative lead time.* È il periodo di tempo più lungo pianificato per svolgere l'attività in questione ed è calcolabile sommando i lead time che compongono il percorso più lungo all'interno della distinta base. Nell'esempio, il CLT per FPF è di 27 giorni (20 giorni di approvvigionamento + 4 giorni di MLT per 101 + 3 giorni di MLT per FPF);
- *Purchasing lead time.* È il lead time totale richiesto per ottenere un articolo acquistato, comprende i tempi di preparazione e rilascio dell'ordine, tempi di consegna del fornitore, tempo di trasporto e tempi di ricezione, ispezione e stoccaggio. Nell'esempio, il PLT per 204P è di 20 giorni.

La figura 3.4 rappresenta la routing structure per FPE e FPF, ovvero *“Information detailing the method of manufacture of a particular item. It includes the operations to be performed, their sequence, the various work centers involved, and the standards for setup and run”* (Apics, 2010).

La bill of material e la routing structure, considerate assieme, forniscono un quadro abbastanza completo per la visibilità necessaria al posizionamento dei punti di disaccoppiamento per questo esempio.

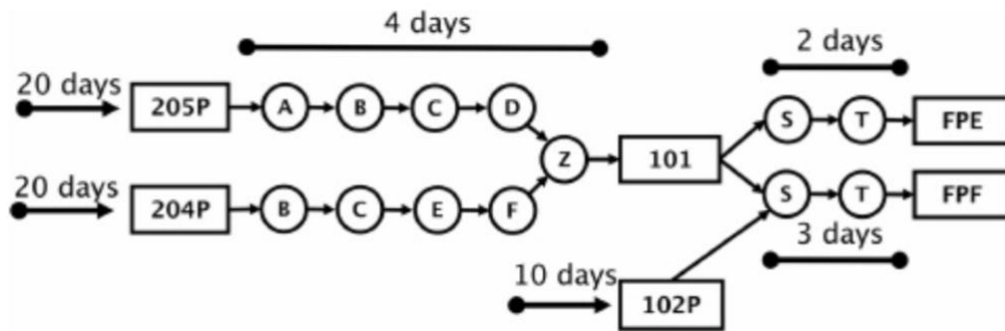


Figura 3.4. Routing structure per FPE e FPF. (Ptak & Smith, 2016)

Dalla figura 3.4 si può notare che i componenti acquistati 205P e 204P vengono introdotti nel processo di lavorazione, passano per una serie di fasi di lavorazione (A, B, C, D per 205P e B, C, E, F per 204P) e convergono nella risorsa Z, la quale rappresenta un punto di assemblaggio delle due attività. In seguito, la risorsa Z viene utilizzata per produrre il componente intermedio 101. Il processo di lavorazione dall'introduzione nel processo fino a questo punto richiede in media 4 giorni, pertanto il lead time di 101 è di 4 giorni, come indicato in figura.

Poiché la risorsa Z rappresenta un punto di convergenza di 205P e 204P, rappresenta un punto critico in quanto devono essere presenti tutte le parti necessarie affinché Z possa svolgere la lavorazione e ciò potrebbe causare un accumulo di ritardi in questo punto. Ciò rende, pertanto, la risorsa Z un'operazione critica che è necessario proteggere.

Il componente 101 rappresenta invece un punto di divergenza, ossia un punto a partire dal quale il componente può essere indirizzato verso percorsi diversi di produzione che terminano in diversi articoli finali. Dall'articolo 101 partono due percorsi differenti che lo trasformano nei prodotti finiti FPE e FPF con dei lead time di lavorazione rispettivamente di 2 e 3 giorni. Per la trasformazione del componente 101 nel prodotto finale FPF, inoltre, è necessario disporre del componente acquistato 102P il quale ha un lead time di 10 giorni.

La tabella 3.1 riassume i criteri di posizionamento dei punti di disaccoppiamento per questo esempio.

<b>Criteria di posizionamento per i punti di disaccoppiamento</b>	<b>Ipotesi di risposte</b>
Customer tolerance time	3 giorni per FPF e FPE
Market potential lead time	Mercato potenziale per FPE se il suo lead time di consegna diventasse di 1 giorno
Sales order visibility horizon	Almeno 3 giorni di anticipo per la maggior parte degli ordini
External variability	<b>Domanda:</b> normalmente gli ordini di grandi dimensioni sono conosciuti con largo anticipo. <b>Fornitura:</b> 204P e 205P hanno una buona affidabilità. Il fornitore di 102P ha basse performance di consegna e di qualità.
Inventory leverage and flexibility	101 è un componente comune per FPE e FPF
Critical operation protection	La risorsa Z costituisce un'operazione di assemblaggio che richiede che entrambi i processi che la precedono siano completati prima di poter svolgere le sue operazioni

*Tabella 3.1. Ipotesi di risposte per il posizionamento dei punti di disaccoppiamento.*

(Elaborazione personale)

Partendo dal customer tolerance time dei clienti, questo è di 3 giorni sia per FPE che per FPF ovvero i clienti sono disposti ad attendere 3 giorni per vedersi consegnare i prodotti finiti. Ciò rende necessario inserire dei punti di disaccoppiamento per evitare ritardi nella consegna degli articoli finali ai clienti, questi punti possono essere inseriti o presso i prodotti finiti oppure al livello di 101 e 102P. Ciò consentirebbe di interrompere la variabilità nella fornitura derivante dai processi precedenti.

Il secondo punto della tabella indica che vi sarebbe l'opportunità di aumentare la quota di mercato per il prodotto FPE nel caso in cui si riuscisse a diminuire il suo lead time di consegna portandolo a non più di un giorno, in quanto clienti non sono inclini a pagare di più per gli articoli, ma il volume aumenterebbe sicuramente con la capacità di offrire l'evasione in giornata. Questa opportunità per FPE suggerisce un potenziale beneficio derivante dal disaccoppiamento e stoccaggio presso FPE, il volume o i clienti aggiuntivi potrebbero fornire una crescita redditizia dei ricavi.

La sales visibility horizon è invece di 3 giorni, perché l'organizzazione dell'esempio riceve gli ordini di vendita almeno 3 giorni in anticipo sia per FPE che per FPF mentre gli ordini di grandi dimensioni vengono ricevuti con almeno 2 settimane di anticipo.

Disaccoppiare presso i prodotti finiti o ai livelli di 101 e 102P consentirebbe in questo caso all'ambiente di allinearsi al ritmo degli ordini effettivi di vendita.

Per quanto riguarda la variabilità esterna, la variabilità della domanda non sembra essere un problema anche perché gli ordini di grandi dimensioni sono conosciuti in anticipo. La variabilità della fornitura sembra invece essere un problema per 102P, sarebbe prudente inserire un buffer di disaccoppiamento presso il componente 102P.

Il componente 101 è un componente comune ad entrambi i prodotti finiti FPE e FPF, pertanto un punto di disaccoppiamento presso 101 consentirebbe un effetto leva permettendo al componente comune di fluire verso gli articoli finali come richiesto. Infine, la risorsa Z costituisce un'operazione di assemblaggio critica ragion per cui disaccoppiare presso gli articoli 204P e 205P le fornirebbe la massima protezione possibile dal punto di vista della struttura del prodotto.

La figura 3.5 illustra graficamente, in base ai ragionamenti appena riportati, il posizionamento dei buffer o punti di disaccoppiamento (indicati con delle forme a strisce colorate) all'interno della routing structure dell'esempio.

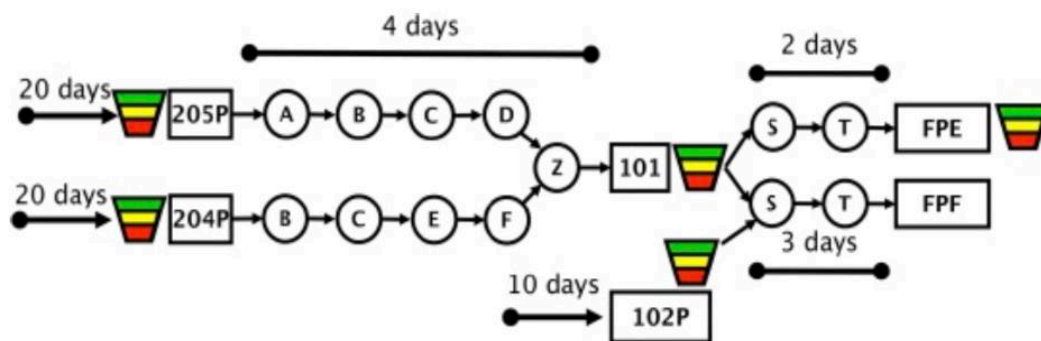


Figura 3.5. Routing structure per FPE e FPF con l'inserimento dei buffer di disaccoppiamento. (Ptak & Smith, 2016)

I principali vantaggi che questa nuova configurazione comporta, rispetto a quella senza i buffer, sono i seguenti:

- Il buffer inserito presso FPE consente di poter gestire il suo business ad alta rotazione, comportando un aumento del fatturato.
- Le scorte presso la posizione di FPE possono essere minimizzate grazie al breve lead time dal punto di disaccoppiamento in 101.
- FPF può passare a una strategia assembly-to-order poiché i tempi di consegna (tre giorni) e i tempi di tolleranza del cliente (tre giorni) sono compatibili. Raggiungere questo lead time in modo affidabile dovrebbe essere possibile per tre ragioni. Innanzitutto, 101 e 102P sono disponibili secondo necessità, disaccoppiando i tempi di consegna dalla parte anteriore del processo di produzione e dal fornitore, rispettivamente. In secondo luogo, la variabilità della domanda non è un problema con questo prodotto, poiché gli ordini di grandi dimensioni sono generalmente noti in

anticipo. In terzo luogo, il buffer in FPE riduce al minimo la contesa di capacità a corto raggio nelle risorse S e T che potrebbe influire sulla capacità di raggiungere costantemente il lead time di tre giorni per FPF.

- I punti di disaccoppiamento in 204P e 205P consentono di isolare la variabilità del fornitore dai processi di produzione concorrenti davanti alla risorsa Z, riducendo così il più possibile, dal punto di vista della struttura del prodotto, la variabilità sperimentata nella risorsa Z come operazione di assemblaggio.

Questo esempio serve anche a evidenziare l'effetto sistemico dell'utilizzo contemporaneo di più punti di disaccoppiamento. Quando ci sono più livelli di punti di disaccoppiamento, ci sono vantaggi bidirezionali per ciascuno di essi. La Figura 3.6 illustra la relazione tra i livelli dei punti di disaccoppiamento: questi essenzialmente si proteggono a vicenda, ad esempio i sottocomponenti critici sono protetti dalla variabilità della domanda (demand variability) dal punto di disaccoppiamento presso l'articolo finale; mentre i punti di disaccoppiamento del sottocomponente proteggono il punto di disaccoppiamento dell'articolo finale da lunghi lead time e grandi accumuli di variabilità della fornitura (supply variability).

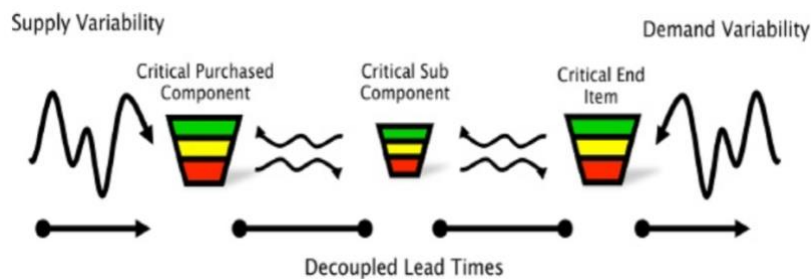


Figura 3.6. I vantaggi dei livelli dei punti di disaccoppiamento. (Ptak & Smith, 2016)

Questo semplice esempio ha consentito di comprendere l'importanza dell'individuazione dei punti critici e del posizionamento dei buffer di disaccoppiamento secondo una attenta strategia, nonché dei potenziali vantaggi derivanti da tali implementazioni. Ptak e Smith, oltre a sottolineare l'importanza dei punti di disaccoppiamento e dello sfruttamento dell'inventario, per DDMRP propongono anche una forma nuova e alternativa di lead time rispetto a quelle precedentemente descritte.

### 3.2.2. Decoupled Lead Time

Nell'esempio precedente sono stati utilizzati tre tipi di lead time: il manufacturing lead time, il cumulative lead time ed il purchasing lead time.

Esiste tuttavia un altro lead time, differente da quelli appena elencati, che risulta più coerente con gli obiettivi che si pone DDMRP e con le sue caratteristiche strutturali. Questo lead time è chiamato Decoupled Lead Time, ovvero lead time disaccoppiato e rispetto a quelli sopra elencati offre molte opportunità in relazione a realtà manifatturiere più complesse, in particolare con riferimento alla struttura dei loro prodotti. Tale lead time è inoltre un requisito per calcolare correttamente i livelli dei buffer presso i punti di disaccoppiamento.

Per dimostrare il funzionamento del decoupled lead time, prendiamo in considerazione a titolo esemplificativo una singola struttura di prodotto per un prodotto finito che chiameremo FPD la quale è illustrata nella figura 3.7 (esempio tratto dal libro di Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016)).

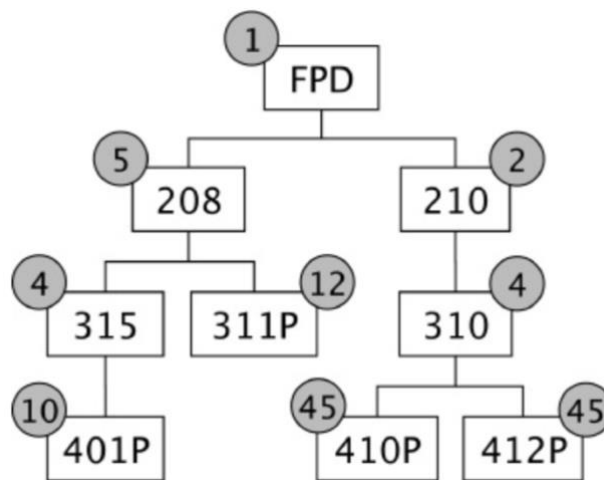


Figura 3.7. Struttura di prodotto di FPD. (Ptak & Smith, 2016)

I numeri nei cerchi della figura rappresentano i lead time degli articoli che in questo caso sono manufacturing lead time o purchasing lead time (presente nei livelli inferiori in 401P, 410P e 412P).

Normalmente, nello svolgere i calcoli per articoli produttivi in strutture di prodotto come quella nell'esempio, i sistemi MRP convenzionali riconoscono solamente due forme di lead time: manufacturing lead time e cumulative lead time. Una volta abbracciato il concetto di disaccoppiamento, questi lead time diventano realistici solo in situazioni

estreme e, in operazioni di produzione più complesse, questi due estremi raramente esistono nella realtà.

Per quanto riguarda i problemi del manufacturing lead time, questo come si è visto è il tempo necessario per produrre un componente escludendo i lead time di livello inferiore. Questo lead time presuppone che tutti i componenti saranno disponibili alla data di rilascio dell'ordine padre (ovvero l'ordine proveniente dal componente superiore ad esso nella bill of material). Prendiamo in considerazione la figura 3.8, la quale rappresenta la struttura di prodotto di FPD con l'aggiunta di alcuni buffer di disaccoppiamento, rappresentati dalle icone a strisce colorate (i motivi della scelta di questi punti per il disaccoppiamento non è rilevante ai fini dei problemi associati al manufacturing lead time e cumulative lead time). Nell'esempio della figura 3.8, il percorso che va dai punti disaccoppiati 410P e 412P, passa attraverso le fasi di lavorazione di 310 e 210 e arriva al prodotto finito FPD è una sequenza di eventi dipendenti soggetti ad accumulazione di variabilità (rappresentata dalla linea curva nera crescente); tale percorso rappresenta una sequenza non protetta di eventi. Perciò l'assunzione che il componente 210 sarà pronto esattamente quando richiesto per la produzione di FPD non è accertabile con buona probabilità e ciò rende l'utilizzo del MLT una sottostima del tempo richiesto per portare a termine la produzione di FPD.

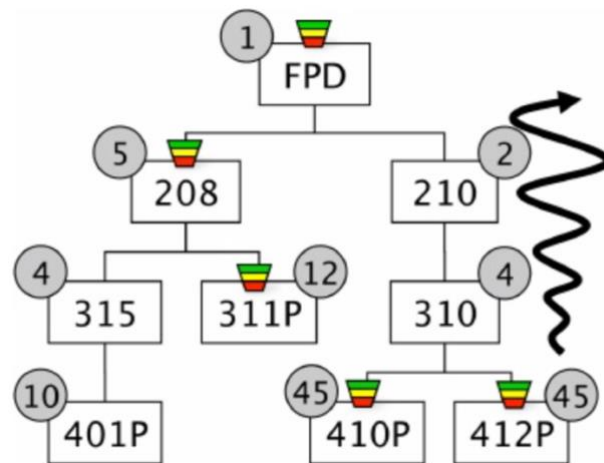


Figura 3.8. Struttura di prodotto di FPD con i punti di disaccoppiamento e la variabilità che passa attraverso la struttura. (Ptak & Smith, 2016)

Il cumulative lead time, invece, è la sequenza più lunga nella struttura del prodotto definita nel tempo e presuppone che nessun componente sia disponibile al momento del rilascio dell'ordine. Il percorso evidenziato nella figura 3.9 rappresenta il CLT per FPD il quale parte da FPD e termina in 410P o 412P e la cui lunghezza è di 52 giorni.

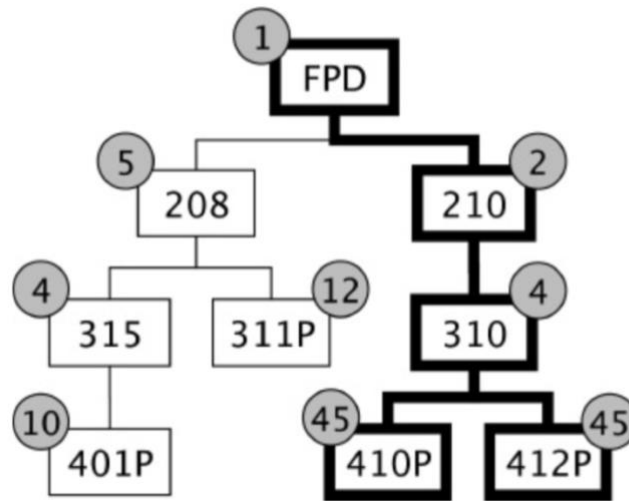


Figura 3.9. Cumulative lead time per FPD. (Ptak & Smith, 2016)

Prendendo in considerazione i punti di disaccoppiamento nella struttura di FPD, come in figura 3.8, si può osservare il problema che sorge con l'utilizzo del cumulative lead time: quest'ultimo assume che non vi sia disaccoppiamento, mentre 410P e 412P (e 311P e 208 nell'altro percorso) sono disaccoppiati. Poiché questi componenti sono stati disaccoppiati, è ragionevole presumere che siano disponibili al momento del rilascio dell'ordine padre. Ciò rende l'uso del CLT una forte sovrastima del lead time nel momento in cui sono presenti dei punti di disaccoppiamento.

Con l'utilizzo dei punti di disaccoppiamento per la produzione manifatturiera, perciò, è necessaria una nuova forma di lead time più coerente con i cambiamenti apportati dai punti di disaccoppiamento e dal DDMRP. Tale nuova forma di lead time è il Decoupled lead time e presuppone semplicemente la disponibilità dei componenti al rilascio dell'ordine padre presso i punti di disaccoppiamento. Il Decoupled lead time (DLT) può essere definito come: *“The longest cumulative coupled lead time chain in a manufactured item’s product structure. It is a form of cumulative lead time but is limited and defined by the placement of decoupling points within a product structure”* (Ptak & Smith, 2016).

Il DLT è calcolabile sommando tutti i manufacturing lead time e purchasing lead time in tale catena ed include sempre il manufacturing lead time dell'articolo padre. Qualsiasi articolo padre con almeno un componente accoppiato avrà sempre un lead time disaccoppiato più lungo del suo manufacturing lead time.

Il decoupled lead time per FPD è rappresentato in figura 3.10 ed è il percorso evidenziato in grassetto che connette il prodotto finito FPD al componente 310. La lunghezza del decoupled lead time, in questo caso, è di 7 giorni ed è calcolata sommando il manufacturing lead time di 310 (4 giorni) al manufacturing lead time per 210 (2 giorni) e al manufacturing lead time di FPD (1 giorno). La figura 3.10 evidenzia anche un altro elemento: il componente intermedio 208, il quale è una posizione disaccoppiata, ora ha anch'esso il suo decoupled lead time rappresentato dal percorso tratteggiato che collega 208 a 401P e tale DLT è di 19 giorni.

La figura 3.11, invece, mostra come il DLT per il componente 208 si riduca da 19 a 9 giorni attraverso il disaccoppiamento del componente approvvigionato 401P.

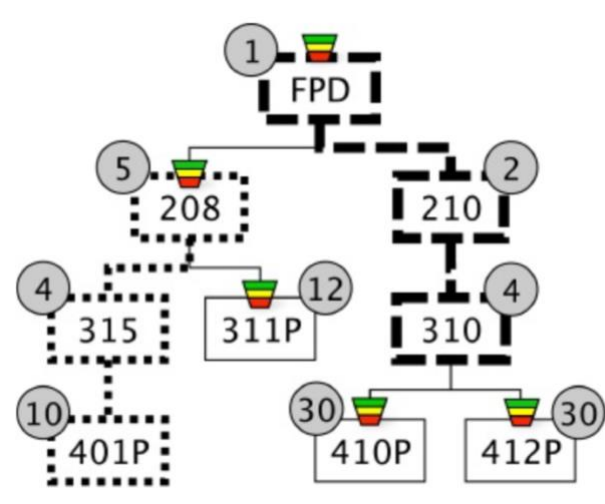


Figura 3.10. Decoupled lead time di FPD e del componente 208. (Ptak & Smith, 2016)

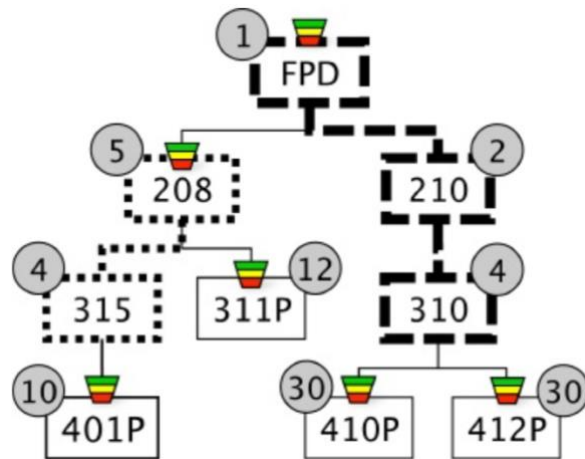


Figura 3.11. Il disaccoppiamento di 401P comprime il decoupled lead time del componente 208. (Ptak & Smith, 2016)

Questi esempi consentono di dimostrare come il decoupled lead time sia una forma di lead time più dinamica rispetto a quelli tradizionali, la quale può essere modificata ogni volta che vengono spostati i punti di disaccoppiamento e consente pertanto, nel caso di articoli bufferizzati (ovvero ai quali sono stati destinati buffer di disaccoppiamento), di determinare date di produzione più realistiche.

Il decoupled lead time è semplicemente un concetto di lead time cumulativo qualificato. Poiché i sistemi di pianificazione dei materiali convenzionali non sono stati progettati per utilizzare punti di disaccoppiamento, questa forma di lead time è rimasta nascosta o nella migliore delle ipotesi oscurata per decenni. Utilizzando le informazioni DLT, i pianificatori possono ora determinare date più realistiche per il rifornimento di un articolo e i livelli di inventario richiesti per i buffer dei punti di disaccoppiamento.

Ovviamente, l'utilizzo di questo approccio richiede che ogni prodotto discreto abbia un manufacturing lead time definito e tali lead time dovrebbero essere il più precisi possibile (Ptak & Smith, 2016).

Nel corso di questo paragrafo si è fornita una possibile risposta alla questione fondamentale relativa al primo componente del DDMRP, l'Inventory positioning, ovvero dove e come disaccoppiare. Tale decisione può essere sostenuta efficacemente dall'implementazione dei sei parametri chiave, ma è importante considerare che la scelta del posizionamento dei punti di disaccoppiamento è estremamente strategica in una strategia demand-driven; pertanto deve coinvolgere tutte le sfere importanti di un'organizzazione quali operations, logistica, vendite, approvvigionamento e finanza e

non solamente i pianificatori e i buyer (individuo le cui funzioni possono includere la selezione del fornitore, la negoziazione, l'inoltro degli ordini, il follow-up del fornitore, la misurazione e il controllo delle prestazioni del fornitore, l'analisi del valore e la valutazione di nuovi materiali e processi) (Apics, 2010)).

### **3.3. Livello 2: Protect. Buffer profiles and levels**

Il secondo passaggio del modello DDMRP riguarda il meccanismo che consente ai punti di disaccoppiamento, una volta individuati e posizionati, di rimanere disaccoppiati. Tale meccanismo consiste nell'implementazione di stock-buffer strategici presso i punti di disaccoppiamento, ovvero determinati livelli di inventario che devono in questo caso essere calcolati e monitorati attentamente. I buffer collocati nei punti di disaccoppiamento svolgono un ruolo fondamentale nel DDMRP, in quanto servono ad assorbire gli shock della variabilità proveniente sia da monte che da valle del processo produttivo, a comprimere i lead time di fornitura e a generare ordini di rifornimento corretti.

Per adempiere correttamente a questi obiettivi è necessario calcolare la quantità di protezione (ovvero di stock) iniziale necessaria richiesta presso un punto di disaccoppiamento: riprendendo la figura 1.3, relativa al range ottimale di stock in magazzino, ciò significa calcolare il range ottimale all'interno del quale non si corre il rischio di sperimentare problemi né di carenze di scorte di materiali né, al contrario, di livelli eccessivamente alti di inventario. Il calcolo di questo range ottimale è importante anche perché consente di calcolare una quantità di protezione sufficiente per raggiungere gli obiettivi sopra citati senza impedire il corretto scorrimento del flusso produttivo. Si noti che in questo caso, come in tutto il DDMRP, il concetto sottostante è che, mentre MRP si pone l'obiettivo di essere preciso al 100% nella realizzazione dei suoi piani, il DDMRP parte dal presupposto che queste assunzioni sono irrealistiche e vuole piuttosto inserire dei meccanismi di sicurezza (i buffer) che consentano di assorbire gli imprevisti relativi ai lead time. È per questo motivo che Ptak e Smith affermano che mentre MRP è “precisamente in errore”, DDMRP è “abbastanza corretto”.

Il DDMRP utilizza tre tipi di metodi per il buffering presso i punti di disaccoppiamento: questi metodi si differenziano a seconda che una parte (con la quale si intende un articolo di inventario) sia classificata come “replenished”, “replenished override” o “min-max”.

Le parti Replenished utilizzano buffer di disaccoppiamento strategici e dinamici, queste parti sono gestite da un sistema di buffer dinamico a tre zone con un codice a colori per

la pianificazione e l'esecuzione. I livelli del buffer sono calcolati da una combinazione di tratti gestiti globalmente, relativi al profilo del buffer in cui ricade la parte e alcuni attributi critici della parte individuale. Questi fattori vengono regolati entro intervalli definiti.

Le parti Replenished override sono buffer di disaccoppiamento strategici e statici, queste parti sono gestite da un sistema di codici a colori a tre zone per la pianificazione e l'esecuzione statico, al contrario di quello dinamico e calcolato per le replenished parts. Un articolo può essere assegnato a questa categoria quando vi sono limitazioni definite (limiti di spazio, limiti processuali e/o finanziari) o determinati livelli di inventario (accordi con i clienti, politiche restrittive e così via) in un ambiente di pianificazione. Senza la natura dinamica del buffer, il sistema dei codici a colori assume ancora più importanza per i pianificatori (o planner, ovvero la persona normalmente responsabile della gestione dei livelli di inventario, dei programmi e della disponibilità degli articoli selezionati, prodotti o acquistati (Apics, 2010)) nel gestire la priorità delle attività correlate alla pianificazione ed esecuzione.

Le parti Min-max rappresentano articoli di stock non strategici e prontamente disponibili. Le parti min-max nel DDMRP sono gestite da semplice un sistema di codici a colori a due zone, il quale può essere dinamicamente cambiato o aggiustato allo stesso modo delle replenished parts.

Nel seguito di questo capitolo ci si concentrerà prevalentemente sulla classificazione replenished parts, poiché rappresenta il metodo prevalente utilizzato nel DDMRP. I livelli di buffer di tutte queste parti sono determinati sommando le zone che le compongono: i replenished and replenished override buffer utilizzano tre zone, mentre i min-max solamente due zone. Le zone sono stratificazioni o livelli nel buffer che servono a scopi specifici e hanno calcoli univoci (Ptak & Smith, 2016).

La figura 3.12 illustra le tre zone di un buffer. La zona verde rappresenta il cuore del processo di generazione degli ordini di rifornimento incorporato nel buffer. Essa determina la frequenza media di riordino e la dimensione tipica dell'ordine.

La zona gialla ha lo scopo di coprire il fabbisogno durante il lead time di rifornimento, la zona rossa rappresenta infine rappresenta le scorte di sicurezza incorporate nel buffer e ha lo scopo di proteggere il buffer dai ritardi nella ricezione degli ordini e dalla variabilità della domanda.

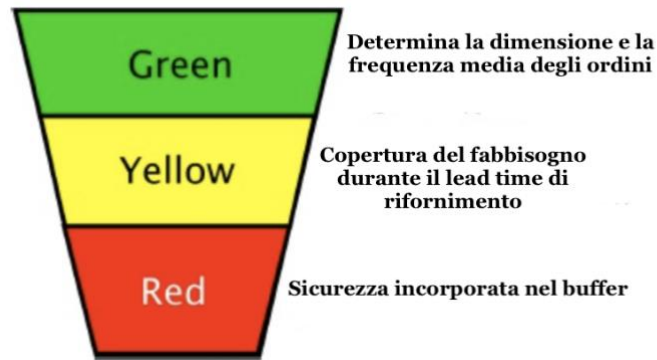


Figura 3.12. Le zone dei buffer e i loro scopi. (Elaborazione personale)

Il calcolo di ognuna delle zone viene eseguito attraverso una combinazione di un'assegnazione di gruppo (detta "profili di buffer") e di attributi di parti individuali, come indicato nella figura 3.13.

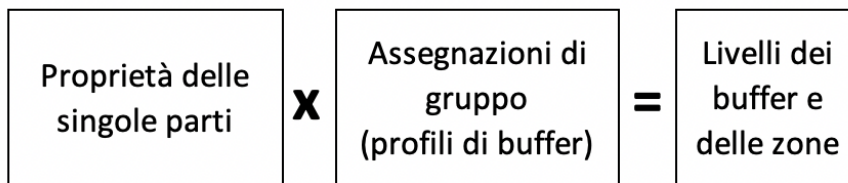


Figura 3.13. Calcolo delle zone dei buffer. (Elaborazione personale)

### 3.3.1. Profili di buffer

Un profilo di buffer è un raggruppamento di parti che hanno caratteristiche tra loro simili. Questo consente una gestione globale pratica ed efficace di quantità massive di parti disaccoppiate strategicamente. Ovviamente, molti materiali, parti e articoli finali diversi si comportano in modo diverso ma, al contrario, molti altri si comportano nello stesso modo. I profili di buffer sono famiglie o gruppi di parti per i quali ha senso elaborare una serie di regole, linee guida e procedure che possono essere applicate allo stesso modo a tutti i membri di un determinato profilo di buffer; infatti, l'ideazione e la revisione di regole, linee guida e procedure per centinaia o migliaia di parti individualmente risulterebbe troppo impegnativo da realizzare.

Queste famiglie non devono essere confuse con la nozione tradizionale di famiglie di prodotti o marketing, le quali tendono ad essere componenti o articoli finali raggruppati

per caratteristiche simili in termini di configurazione fisica o mercati. Con i profili di buffer, la connessione familiare viene invece individuata sulla base di tre specifici fattori.

### **Fattore 1: Tipo di articolo**

Il tipo di articolo diventa il designatore principale per la gestione globale di famiglie di parti. Il raggruppamento verrà eseguito determinando se un determinato articolo sarà manufactured (M, prodotto), purchased (P, approvvigionato), o distributed (D, distribuito). Le ragioni per le quali è conveniente raggruppare secondo questi criteri sono diverse:

- Responsabilità. Le organizzazioni spesso designano il controllo di questi tipi differenti di articoli a gruppi o persone differenti;
- Intuizione. La conoscenza riguardo una specifica parte è spesso limitata al gruppo specifico che controlla tali parti.
- Controllo organizzativo. C'è spesso un diverso grado di controllo organizzativo diretto su questi diversi tipi di articoli. Le aziende tenderanno ad avere un controllo più diretto su ciò che è contenuto nelle loro strutture, la quantità di controllo che si estende agli articoli acquistati e distribuiti spesso dipende dall'integrazione verticale dell'impresa.
- Differenze categoriali. Gli orizzonti temporali dei lead time possono essere molto differenti tra questi tipi di articoli: i lead time brevi per articoli acquistati potrebbero arrivare fino ad una settimana, mentre i lead time brevi per gli articoli prodotti potrebbero essere di uno o due giorni.

### **Fattore 2: Lead time**

Il secondo fattore da considerare per effettuare il raggruppamento delle parti è il lead time, il quale può essere suddiviso in tre categorie: corto, medio e lungo. Queste designazioni sono relative in quanto dipendono dal tipo di componente e dall'ambiente specifico dell'azienda. La figura 3.14 illustra un esempio (Ptak & Smith, 2016) relativo ad un componente acquistato: su 100 parti 37 rientrano nel gruppo del lead time corto, 30 nel gruppo del lead time medio e 33 in quello del lead time lungo. Le definizioni di lead time corto, medio e lungo di una parte acquistata possono risultare molto differenti, ad esempio, da quelle per una parte prodotta.

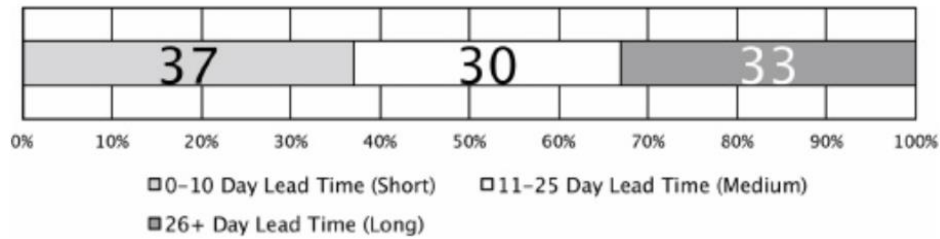


Figura 3.14. Distribuzione dei lead time per una parte acquistata. (Ptak & Smith, 2016)

La categoria di lead time verrà quindi utilizzata per fornire un valore numerico detto “lead time factor” alle parti all’interno di un determinato profilo. La figura 3.15 illustra dei range per i lead time factor raccomandati assegnati alle diverse categorie di lead time, ad esempio il lead time factor sarà da 0,2 a 0,4 per un componente con un lead time lungo, da 0,41 a 0,6 per un componente con un lead time medio e da 0,61 a 100 per un componente con un lead time breve. Il lead time factor è una percentuale della ADU (Average Daily Usage) all’interno del decoupled lead time del componente, la ADU è un concetto nuovo e caratteristico del DDMRP e indica l’utilizzo medio giornaliero di un determinato componente; essa verrà ripresa nel seguito di questo capitolo.

Long Lead Time	20 to 40% Average Daily Usage (ADU) x Decoupled Lead Time (DLT)
Medium Lead Time	41 to 60% ADU x DLT
Short Lead Time	61 to 100% ADU x DLT

Figura 3.15. Esempio di lead time factor range raccomandati. (Ptak & Smith, 2016)

Il lead time factor andrà ad impattare sul calcolo delle zone verdi e rosse per ogni componente strategico all’interno di un determinato profilo. Si noti che più lungo risulta il lead time di una certa parte, più piccolo risulterà il lead time factor il quale porterà a calcolare una zona verde più piccola. Poiché la zona verde determina la frequenza media e la dimensione media di riordino, un lead time factor più piccolo porterà a ordini più piccoli e più frequenti. Sebbene ciò possa sembrare contro intuitivo a qualunque planner o buyer, l’approccio DDMRP forza a riordinare il più frequentemente possibile per parti

con lead time lunghi, almeno fino a che la MOQ<sup>3</sup> o un ciclo di riordino imposto<sup>4</sup> non diventano un fattore vincolante.

Ciò è in diretto contrasto con la mentalità di riordino tipica con la quale vengono gestiti i componenti che hanno lead time lunghi: poiché tipicamente lead time lunghi significano problemi e carenze persistenti, i buyer comunemente raddoppiano o triplicano gli ordini minimi costituendo così mesi o più di fornitura solamente per non dover gestire queste parti più frequentemente. Ciò è vero specialmente se si sono verificate carenze nel passato recente. Gran parte di questo comportamento è direttamente associabile alle carenze dell'MRP convenzionale precedentemente descritte (Ptak & Smith, 2016). Per questo motivo, per le parti con tempi di consegna lunghi DDMRP tenta di creare un segnale di domanda frequente relativo all'effettiva necessità e una corrispondente "conduttura" di fornitura che fornisca un flusso costante di ordini di fornitura. Il concetto sottostante è che con grandi ordini non frequenti, un'interruzione di una barca, di un porto, di un camion, ecc. potrebbe interrompere l'intera fornitura in entrata. Con ordini più piccoli e più frequenti, invece, il rischio per tutta l'offerta in entrata è significativamente inferiore. Inoltre, il pagamento di fatture più piccole e più frequenti può avere un vantaggio in termini di flusso di cassa rispetto a fatture non frequenti di grandi dimensioni (Ptak & Smith, 2016).

### **Fattore 3: Variabilità**

Il terzo fattore è la variabilità, che a sua volta può essere suddivisa in variabilità alta, media o bassa nelle due dimensioni della domanda e della fornitura.

La variabilità della domanda rappresenta il potenziale, in termini di frequenza e dimensione, di picchi di domanda con riferimento ad una determinata parte. Può essere calcolata tramite equazioni o tramite regole empiriche dal personale di pianificazione. La variabilità dell'offerta è invece il potenziale per (e la gravità di) interruzioni di fornitura per una determinata parte. Può essere calcolata esaminando la varianza tra le date di consegna promesse e le date di ricezione reali della merce.

Le aziende possono calcolare la variabilità matematicamente oppure classificarla secondo questi criteri:

---

<sup>3</sup> Minimum order quantity, ovvero la quantità minima che si è costretti ad ordinare a causa di politiche aziendali di riordino (Ptak & Smith, 2016).

<sup>4</sup> La progressione utilizzata da un'azienda che inizia con la ricezione dell'ordine di un cliente e termina con la consegna a quel cliente (Ptak & Smith, 2016).

- Variabilità della domanda o della fornitura alta. Un componente è soggetto a picchi frequenti di domanda all'interno del lead time o sperimenta interruzioni frequenti della fornitura.
- Variabilità della domanda o della fornitura media. Un componente è soggetto a picchi di domanda occasionali all'interno del lead time oppure a interruzioni occasionali della fornitura.
- Variabilità della domanda o della fornitura bassa. Un componente è soggetto a pochi oppure a nessun picco di domanda, quindi ha una domanda relativamente stabile, oppure ha una fornitura affidabile.

I buffer, in diverse fasi all'interno di un processo di produzione, possono subire diversi livelli e tipi di variabilità a seconda delle loro relazioni reciproche.

La categoria di variabilità alta, media o bassa, viene poi - come per il lead time - utilizzata per fornire un “variability factor” ossia un fattore di variabilità per le parti all'interno di un determinato profilo. Il variability factor verrà in seguito applicato ad un altro calcolo, che verrà spiegato in seguito, per stabilire un livello base di sicurezza corrispondente al lead time.

La figura 3.16 illustra un esempio (Ptak & Smith, 2016) di range per il variability factor: da 0.61 a 1 per un componente con un'alta variabilità, da 0,41 a 0,6 per un componente con una variabilità media e da 0 a 0,4 per un componente con una variabilità bassa.

High Variability	61 to 100%+ of Safety Base
Medium Variability	41 to 60% of Safety Base
Low Variability	0 to 40% of Safety Base

*Figura 3.16. Esempio di variability factor range. (Ptak & Smith, 2016)*

Il tipo di articolo, il lead time e l'assegnazione della categoria di variabilità sono i tre parametri di base dei profili di buffer. I lead time range e i variability factor range sono da intendere come una guida prudente da seguire per planner e buyer. Ptak e Smith sottolineano che, sempre per il principio di “meglio abbastanza corretto che certamente sbagliato”, la precisione nella determinazione delle percentuali dei fattori raramente vale il tempo ad essa dedicato: la differenza, ad esempio, tra un 37.6% e un 38.1% avrà

conseguenze ridotte sui livelli dei buffer. Inoltre, la natura stessa di un buffer consente un po' di imprecisione e approssimazione poiché i buffer dovrebbero essere adattivi nel tempo.

Incrociando i tre fattori appena analizzati (tipo di articolo, categoria di lead time e di variabilità) si ottengono 36 profili basici di buffer come illustrati nella figura 3.17. Ogni profilo corrisponde ad un codice basato sulla combinazione dei suoi attributi, ad esempio, la prima lettera corrisponde al tipo di articolo: “P” sta per purchased, “M” per manufactured e “D” per distributed. La seconda lettera corrisponde invece alla categoria di lead time: “S” per short, “M” per medium e “L” per long. Infine, la terza lettera rappresenta la categoria di variabilità: “L” per low, “M” per medium e “H” per high. Ciò significa, ad esempio, che un articolo codificato come DML sarà un articolo distribuito, con un lead time medio e una variabilità bassa; una parte acquistata con un lead time lungo e una variabilità alta sarà invece codificata nel profilo di buffer come PLH.

Questi raggruppamenti consentono una gestione complessiva per articoli che hanno uno stesso comportamento e caratteristiche, per cui cambiando un valore del loro profilo si assegna automaticamente un nuovo valore a tutti i componenti di quella famiglia (Ptak & Smith, 2016).

		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 3.17. Combinazioni di profili di buffer. (Ptak & Smith, 2016)

### 3.3.2. Attributi delle parti individuali

L'altro elemento da tenere in considerazione per il calcolo delle zone dei buffer sono gli attributi delle parti individuali, ovverosia proprietà o valori numerici che sono specifici del componente stesso. Il DDMRP identifica quattro specifici attributi delle parti che determineranno i livelli dei buffer per i componenti: questi attributi sono la Average Daily Usage (ADU), il minimum order quantity (MOQ), il lead time e la part location.

#### ADU

La ADU è un tasso di utilizzo calcolato per ogni specifico componente. Essa rappresenta un fattore fondamentale per le equazioni di calcolo dei buffer, cambiamenti significativi della ADU dei componenti avranno spesso impatti significativi nelle zone di buffer. Nel calcolo della ADU vi sono alcune considerazioni da fare che riguardano la lunghezza del periodo considerato, la frequenza di aggiornamento e la decisione se considerare un orizzonte temporale passato, futuro oppure una combinazione di entrambi.

Partendo dalla lunghezza del periodo da prendere in considerazione, se la media è calcolata su un orizzonte temporale ristretto sarà più reattiva rispetto ad un orizzonte temporale lungo. Tuttavia, se l'orizzonte temporale è troppo ristretto la ADU risulterà eccessivamente reattiva, ciò sarà particolarmente vero per i prodotti che subiscono variazioni della domanda relativamente grandi in finestre di tempo più brevi, come i prodotti che vengono promossi molto spesso. La figura 3.18 mostra i diversi valori della ADU generati utilizzando differenti lunghezze temporali, ovvero 52 settimane, 12 settimane e 1 settimana (tutte riferite al passato). Le fluttuazioni della ADU nel periodo di 52 settimane sono molto basse mentre nel periodo di 1 settimana vi sono forti fluttuazioni (Ptak & Smith, 2016).

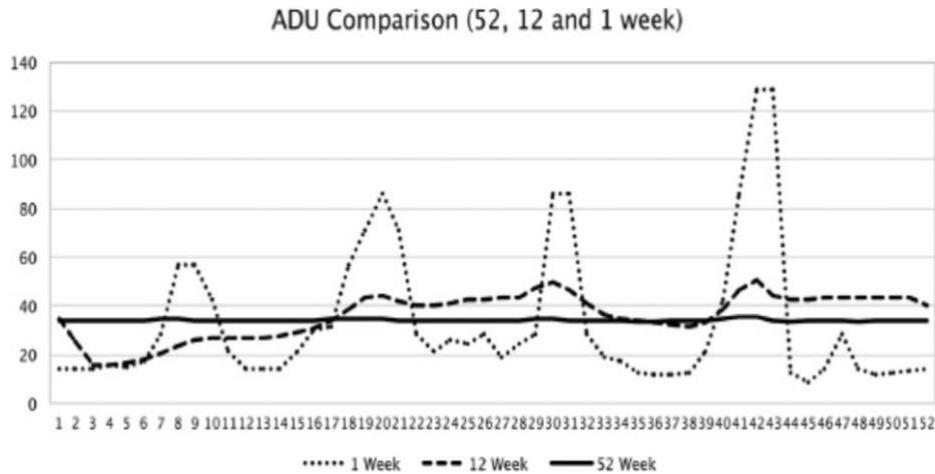


Figura 3.18. Differenze nei valori dell'ADU considerando diversi periodi temporali. (Ptak & Smith, 2016)

È poi necessario stabilire con che frequenza aggiornare la ADU. È importante che non trascorra troppo tempo tra un aggiornamento dell'ADU di un componente e un altro: più è lungo l'intervallo di tempo, più incostante risulterà la ADU. Ciò può creare buffer che sperimentano sbalzi in aumento o diminuzione, trasferendo la variabilità ad altre parti dell'organizzazione. È necessario adottare misure per aggiornare frequentemente l'ADU della parte: nella maggior parte dei casi ciò significherebbe aggiornamenti giornalieri o non più lunghi di una settimana. Idealmente, il record della parte considerata verrebbe aggiornato automaticamente durante l'esecuzione del calcolo ADU. A differenza dell'MRP tradizionale, in cui l'aumento della frequenza degli aggiornamenti dell'MRP aumenta il nervosismo del sistema, con DDMRP più frequenti sono gli aggiornamenti di informazioni rilevanti come questa, più stabile risulta l'ambiente. Al contrario, aggiornamenti poco frequenti (mensili o trimestrali) in un ambiente DDMRP possono causare un importante bullwhip effect.

Bisogna infine considerare che, in qualsiasi momento, la ADU sarà pesantemente influenzata dal tipo di dati con la quale viene calcolata ovvero, come si è anticipato, dati riferiti al passato, a previsioni future oppure a un misto di entrambi.

Calcolare una ADU utilizzando dati storici, ossia basandosi sulla domanda passata, può diventare problematico in quanto l'utilizzo di dati passati - come si è già visto in precedenza - non si riflette automaticamente su ciò che avverrà in futuro e potrebbe portare a considerazioni fuorvianti. Potrebbe sembrare più accurato basarsi su delle

previsioni per calcolare la ADU, tuttavia si rammenta che le previsioni presuppongono che il tasso di vendita previsto si verificherà realmente. Utilizzare una ADU basata su dati previsionali comprende una certa base di intuizione da parte del personale di pianificazione e perciò comporta una certa percentuale di errore, pertanto questa via sarebbe consigliata nel caso in cui si abbia un ambiente di domanda relativamente sicuro; come può essere il caso di grandi promozioni pianificate per le quali è già stata espressa la maggior parte della domanda.

Una terza opzione, che potrebbe risultare quella più prudente, è quella di utilizzare un approccio misto combinando i dati sulle vendite passate con le vendite future previste (Ptak & Smith, 2016).

Un'altra considerazione da fare per quanto riguarda l'ADU è che se si verificasse un evento significativo che alteri drasticamente i profili della domanda all'interno di un intervallo rilevante, i planner dovrebbero essere cauti nell'aggiustare l'ADU. Questo rapido cambiamento della domanda dovrebbe generare quello che viene chiamato ADU alert: i parametri di un ADU alert devono essere definiti in termini di quantità e tempo rispetto all'ADU calcolato, ad esempio, se l'ADU di una parte cambia più dell'X per cento entro un intervallo di tempo Y, viene generato l'avviso. Se gli eventi significativi sono anomali e torneranno al comportamento normale, l'utilizzo anomalo (o il mancato utilizzo) dovrebbe essere escluso nell'equazione di aggiornamento ADU. Tuttavia, se il cambiamento anomalo è indicativo di come potrebbe essere il futuro per questa parte, allora quell'informazione dovrebbe essere inclusa o almeno presa in considerazione in una certa misura. Ciò può avvenire attraverso i demand adjustment factor i quali saranno illustrati nel seguito del capitolo.

### **Lead time**

Il secondo input critico relativo alle parti individuali per il calcolo dell'equazione di buffer è il lead time della parte o componente, misurato in unità discrete di tempo (comunemente in giorni). Il lead time da utilizzare per i componenti indicati come manufactured o intermedi in questo caso dovrebbe essere il decoupled lead time, per i componenti purchased dovrebbe essere utilizzato il lead time di approvvigionamento mentre per le parti distribuite è necessario utilizzare il lead time di trasporto dall'unità di approvvigionamento.

## Minimum Order Quantity

Il minimum order quantity, ove presente, costituisce una quantità minima dovuta a politiche di riordino sotto la quale non è possibile ordinare. Le quantità minime di riordino possono influenzare i livelli di buffer, soprattutto quando esse sono grandi rispetto al tasso di utilizzo.

## Part Location

L'ultimo attributo individuale delle parti è la location ovvero la posizione ed è riferito unicamente alle parti di tipo distributed, ossia che non subiscono lavorazioni produttive all'interno dell'organizzazione ma che sono soltanto trasportate per essere rivendute. Solitamente sono tipiche dei business dei grossisti (Ptak & Smith, 2016).

La figura 3.19 riporta i fattori individuali delle singole parti appena analizzati che, combinati con i profili di buffer visti nel paragrafo 3.3.1, creano i buffer di disaccoppiamento strategici.

Proprietà delle singole parti	Assegnazioni di gruppo (profili di buffer)			
Average Daily Usage (ADU)	<b>X</b>	Lead Time Factor	<b>=</b>	<b>Livelli dei buffer e delle zone</b>
Lead Time				
Minimum Order Quantity (MOQ)		Variability Factor		
Location (Solo per parti distributed)				

Figura 3.19. Fattori per il calcolo dei livelli dei buffer. (Elaborazione personale)

### 3.3.3. Calcolo delle zone di buffer

È ora il momento di analizzare più approfonditamente come sono composte le zone dei buffer.

I buffer, come già anticipato, sono composti da tre zone: verde, gialla e rossa e ogni zona ha uno scopo specifico nonché dimensione e proporzioni diverse a seconda della combinazione del profilo di buffer e degli attributi delle parti individuali discussi in

precedenza. Comprendere lo scopo e il calcolo di ciascuna zona è fondamentale per capire come i buffer DDMRP producono i loro risultati e come si confrontano con altre tecniche di gestione delle scorte (Ptak & Smith, 2016).

Per una comprensione più chiara del calcolo dei buffer e delle loro zone si farà riferimento ad un esempio tratto dal libro di Ptak e Smith. Si consideri una parte con un un profilo di buffer classificato come MML, ovverosia una parte prodotta, con un lead time medio e una variabilità bassa come indicato nella tabella 3. Nella riga indicata con “Buffer Profile” sono stati assegnati dei fattori (indicati tra parentesi) al lead time e alla categoria di variabilità, ovvero il lead time factor e il variability factor. In questo caso il lead time factor ha un valore di 0,5 mentre il variability factor di 0,33.

Example	
Average Daily Usage	10
Buffer Profile	M, M (.5), L (.33)
MOQ	50
Imposed or Desired Order Cycle (DOC)	7 Days
Decoupled Lead Time (DLT)	12 Days

*Tabella 3.2. Esempio di profilo di buffer e degli attributi individuali di un componente.*  
(Ptak & Smith, 2016)

### **Zona verde**

Come già affermato in precedenza, la zona verde determina la frequenza media e la dimensione media di riordino per una determinata parte. La zona verde viene determinata attraverso tre fattori, quello dei tre che risulta avere un valore più elevato determinerà la dimensione della zona verde. Si calcolerà ora ciascuno dei fattori, attraverso l’esempio sopra citato, per determinare quale dei tre si qualificherà come valore della zona verde.

**Opzione 1:** ciclo di riordino minimo desiderato o imposto.

Un ciclo di riordino è semplicemente il numero atteso di giorni tra due ordini. Può essere un fattore imposto attraverso l’uso di una rotazione programmata del prodotto oppure un numero medio desiderato di giorni tra due ordini. L’equazione per calcolare la zona verde basandosi sul ciclo di riordino è semplicemente “ADU x giorni di ciclo di riordino imposto o desiderato”. Per l’articolo della tabella 3.2, ciò significa che la zona verde ha un valore di 70 [ADU (10) x ciclo di riordino (7)].

**Opzione 2:** utilizzare un lead time factor.

La zona verde può essere calcolata utilizzando il lead time factor discusso in precedenza, la formula per produrre la zona verde in questo caso è “decoupled lead time x ADU x lead time factor”. Questo lead time factor è espresso come percentuale di utilizzo entro un lead time completo della parte, tale percentuale rientrerà in un intervallo corrispondente alla categoria di lead time della parte illustrata nella tabella 3.2. Per la parte dell’esempio, questa opzione restituisce un valore di 60 [ADU (10) x DLT (12) x lead time factor (0,5)].

**Opzione 3:** minimum order quantity (ove applicabile).

La terza opzione riguarda l’utilizzo di una quantità minima di riordino, se esistente. Nell’esempio, il MOQ ha un valore di 50.

Tra le tre opzioni quella che ha il valore più elevato è la prima, il ciclo di riordino desiderato, il quale ha un valore di 70. Pertanto, la zona verde per la parte dell’esempio ha un valore di 70.

### **Zona gialla**

La zona gialla rappresenta il cuore della copertura dell’inventario nel buffer ed è la zona più semplice da calcolare: l’equazione per il calcolo della zona gialla è “ADU x decoupled lead time”. La zona gialla per il componente dell’esempio ammonterà a 120 [(ADU (10) x DLT (12))].

### **Zona rossa**

La zona rossa rappresenta la copertura incorporata nel buffer. Più la variabilità associata ad una determinata parte sarà alta, più la zona rossa sarà ampia. La zona rossa è composta da due sottozone, dette “zona rossa di base” e “zona rossa di sicurezza” e la zona rossa complessiva è data dalla somma delle due sottozone. Si vedrà ora, attraverso l’esempio, il calcolo della zona rossa.

1. Stabilire la zona rossa di base. Il calcolo per la zona rossa di base è ADU x DLT x lead time factor. In questo caso il lead time factor corrisponde agli stessi intervalli utilizzati per il calcolo della zona verde ma può avere un valore numerico diverso. Nel nostro esempio, la parte rientra nella categoria del lead time medio. Per semplicità utilizzeremo

lo stesso lead time factor percentuale (50% o 0,5) utilizzato nel calcolo della zona verde, la zona rossa di base pertanto ammonterà a 60 [ADU (10) x DLT (12) x lead time factor (0.5)].

2. Stabilire la zona rossa di sicurezza. Questa è calcolata come percentuale della zona rossa di base, la percentuale utilizzata è determinata dal variability factor. Come per il lead time factor, ci sono diversi range dei variability factor a seconda che una parte presenti una variabilità alta, media o bassa. La parte dell'esempio rientra nella categoria a bassa variabilità con un fattore di variabilità del 33% (0,33), la zona rossa di sicurezza, perciò, ammonta a 20 [zona rossa di base (60) x variability factor (0.33)].

3. Calcolare la zona rossa totale. Sommando le due zone si ottiene la zona rossa totale, che nel nostro esempio ammonta a 80 (60 della zona rossa di base + 20 della zona rossa di sicurezza).

Per il modo in cui è strutturata la zona rossa, questa si differenzia dalle scorte di sicurezza per come sono intese nei sistemi convenzionali. La zona rossa è infatti correlata sia al lead time che alla variabilità: la zona rossa di base ha la funzione di assorbire la variabilità legata ad eventuali ritardi nel ricevimento del materiale nei tempi previsti, mentre la zona rossa di sicurezza è invece costruita sulla base del variability factor. Pertanto, parti a cui è applicato lo stesso fattore di variabilità ma che si trovano in diverse categorie di lead time avranno zone rosse totali proporzionalmente diverse (Ptak & Smith, 2016).

Una volta che le zone sono state calcolate, si sommano i loro valori per ottenere il buffer totale. Il tetto del buffer è chiamato "top of green" (TOG) e costituisce la somma di tutte le zone, nel caso dell'esempio il TOG è di 270 [rosso (80) + giallo (120) + verde (70)]. I calcoli per le zone del buffer dell'esempio sono riassunti in figura 3.20.

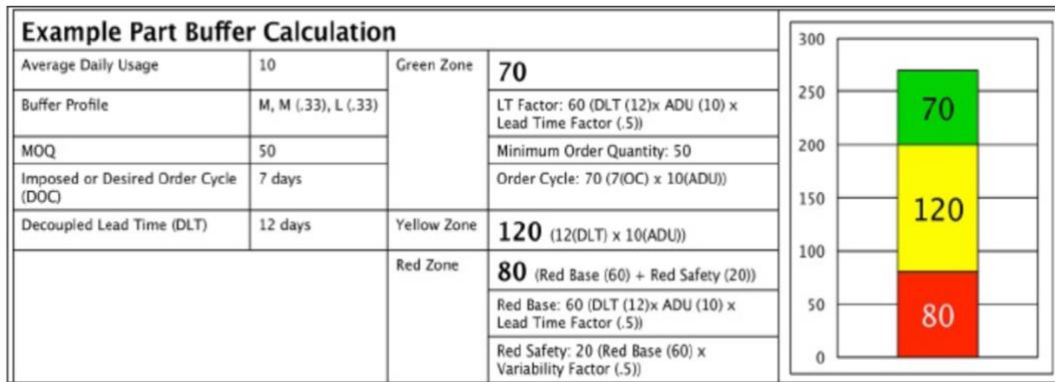


Figura 3.20. Riassunto dei calcoli per il buffer della parte-esempio.

(Ptak & Smith, 2016)

È possibile, a questo punto, fare delle osservazioni sulle relazioni che una zona potrebbe avere con le altre:

- La frequenza media di riordino, ovvero la frequenza media con la quale vengono effettuati gli ordini, può essere calcolata dividendo la zona verde per la ADU: nel caso dell'esempio si avrà "frequenza media di riordino = zona verde (70) / ADU (10) = 7 giorni". Ciò significa che, escludendo la variabilità, questa parte verrà ordinata mediamente ogni sette giorni.
- Dividendo la zona rossa per la ADU è possibile comprendere quanta sicurezza è incorporata nel buffer. La zona rossa dell'esempio rappresenta perciò 8 giorni di sicurezza [zona rossa (80) / ADU (10) = 8 giorni].
- La relazione tra la zona verde e la zona gialla indica quanti ordini aperti mediamente ci si può aspettare di avere in un certo momento. Nel caso dell'esempio, dividere la zona gialla (120) per la zona verde (70) significa che ci sono in media due ordini di rifornimento aperti in qualsiasi momento. Per le parti con tempi di consegna più lunghi, questo stima quanti "ordini in cantiere" possono essere previsti. Ciò consente di analizzare in modo rapido se la parte si adatta o meno al profilo di buffer per essa creato e se il buyer o il planner sta lanciando ordini di fornitura entro un intervallo di tempo rilevante.

L'esempio fin ora utilizzato per mostrare i calcoli necessari a comporre il buffer era basato sulle parti replenished, tuttavia si ricorda che è possibile calcolare i buffer anche per parti catalogate come replenished override. Per tali parti si calcolano sempre le tre

zone verdi, gialle e rosse ma i loro buffer saranno statici, a differenza di quelli per le parti replenished, a causa delle limitazioni dei componenti che lo costituiscono. Tali limitazioni potrebbero essere ad esempio limiti di spazio o finanziari, infatti questa tipologia di buffer è pensata proprio per gestire queste tipologie di problemi. Le zone hanno ancora lo stesso scopo, ma a causa delle limitazioni imposte possono avere un'efficacia limitata nelle loro rispettive capacità.

Per quanto riguarda i buffer per le parti Min-Max, invece, queste utilizzano solamente la zona verde e la zona rossa: queste zone sono calcolate ed aggiustate allo stesso modo di quelle per le replenished parts, semplicemente è assente la zona gialla. Questi tipi di buffer sono utilizzati per parti considerate non strategiche (Ptak & Smith, 2016).

### **3.4. Livello 3: Protect. Dynamic Adjustments**

Le considerazioni fatte fin ora riguardano il calcolo dei livelli iniziali di un buffer. Tuttavia, a causa della complessità e forte dinamicità delle supply chain odierne, i buffer devono essere in grado di aggiustarsi e adattarsi a seconda delle diverse condizioni dell'ambiente nel quale si trovano. Tali cambiamenti riguardano 1. il ricalcolo automatico dei livelli di buffer attraverso la modifica di attributi delle singole parti o dei profili di buffer, oppure 2. aggiustamenti pianificati ad-hoc.

#### **3.4.1. Recalculated adjustments**

I recalculated adjustments sono correzioni automatiche dei livelli dei buffer, le quali si basano su cambiamenti degli attributi di una parte individuale oppure su modifiche ai profili di buffer.

Come si è già visto, i tre fattori critici che impattano direttamente sulle equazioni di buffer per tutti i componenti bufferizzati sono ADU, lead time e MOQ.

Si vedrà ora un esempio, tratto dal libro di Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016), che illustra l'impatto che una modifica dei tre input ha nella determinazione delle tre zone.

Cominciando dalla ADU, nella figura 3.21 sono rappresentati gli input per il buffer in un intervallo di tempo di sei mesi: tutti gli altri input (DLT, LFT e VF) sono statici tranne l'ADU che è l'unica a variare, in questo modo è possibile isolare l'impatto dei cambiamenti della ADU sui livelli di buffer.

Questa parte sembra registrare una crescita significativa in questo lasso di tempo di sei mesi, poiché l'ADU passa da un valore di 10 il 1 gennaio a 53 entro il 15 giugno.

Nel grafico in basso alla figura 3.21 vi sono gli aggiustamenti delle zone di buffer per il periodo considerato: la ADU (rappresentata dalla linea nera) quintuplica in tale periodo e il buffer si aggiusta di conseguenza (il tasso di tale adeguamento corrisponde direttamente all'aumento dell'ADU in quanto tutte le altre variabili rimangono statiche).

Il valore della ADU corrisponde all'asse Y di destra mentre i valori della zona di buffer si riferiscono all'asse Y di sinistra. La zona verde è calcolata utilizzando un LTF di 0.5 (lead time del componente medio).

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

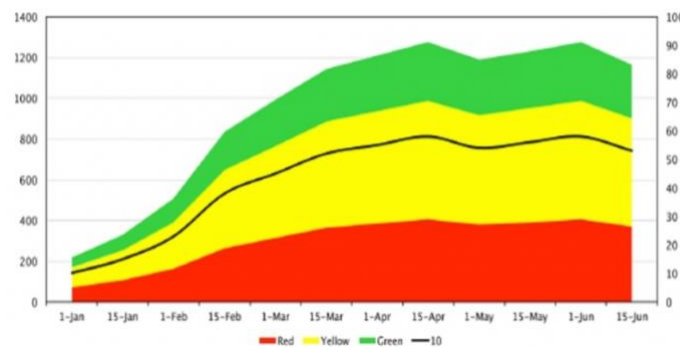


Figura 3.21. Dati del componente 1234 e aggiustamenti del suo buffer in 6 mesi.

(Ptak & Smith, 2016)

In un sistema DDMRP la ADU cambierà sempre poiché viene ricalcolata frequentemente. Altri attributi individuali delle parti che possono subire cambiamenti sono ad esempio il DLT, come illustrato in figura 3.22, il quale impatta direttamente su tutte le zone del buffer: una riduzione del decoupled lead time ha causato una modifica del lead time factor del componente che passa da medio (0.5) a breve (0.7) e ciò ha un impatto diretto sul

buffer, come visibile nel grafico in basso. Mentre le zone verde e gialla si restringono a causa di questa compressione del lead time, la zona rossa si gonfia a causa dell'LTF più elevato.

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

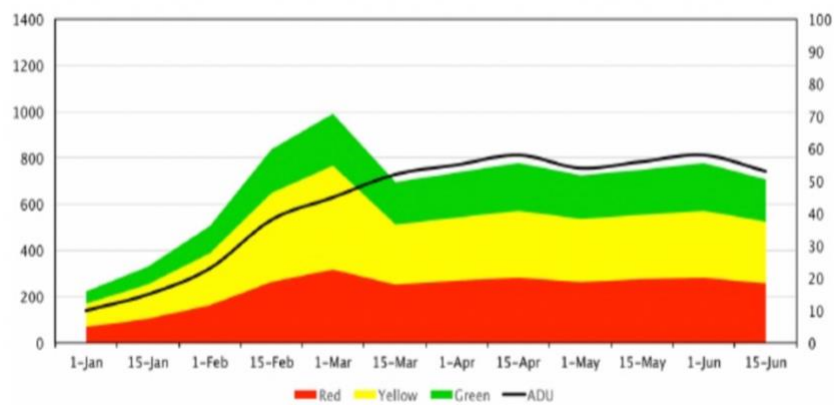


Figura 3.22. Compressione del lead time del componente 1234. (Ptak & Smith, 2016)

Infine, la MOQ può impattare significativamente sul buffer come rappresentato in figura 3.23 per il componente 1234. In questo caso è stato imposto un MOQ di 400 il quale è diventato il valore della zona verde ed è stata mantenuta la compressione del lead time da 10 a 5. Il grafico illustra l'impatto dell'imposizione del MOQ sul buffer: si può notare un salto immediato nella zona verde.

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

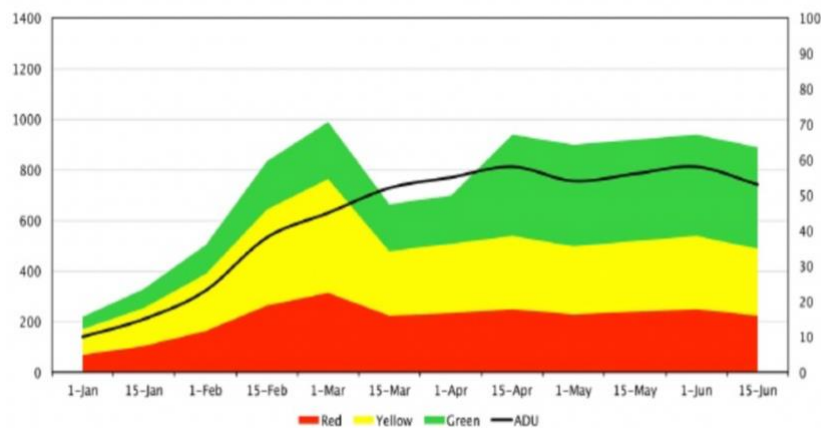


Figura 3.23. Buffer del componente 1234 con la MOQ. (Ptak & Smith, 2016)

È importante ricordare, inoltre, che un cambiamento del profilo di buffer causa un ricalcolo dei buffer di tutte le parti alle quali è stato assegnato quel determinato profilo. L'esempio della parte 1234 ha già dimostrato l'impatto dello spostamento di una parte su un profilo diverso (da tempi di consegna medi a tempi di consegna brevi) e dell'applicazione dei diversi fattori associati a quel profilo (Ptak & Smith, 2016).

### 3.4.2. Planned adjustment factors

I buffer possono essere manipolati anche attraverso aggiustamenti pianificati, questi consistono in manipolazioni dell'equazione di buffer le quali influiscono sull'inventario aumentando o abbassando i livelli di buffer e le loro corrispondenti zone in un determinato momento. Queste manipolazioni possono riguardare manipolazioni dell'input di domanda (ADU), delle zone di buffer o del lead time.

## **Demand Adjustment Factor**

Il demand adjustment factor (DAF) è una manipolazione della ADU all'interno di uno specifico periodo temporale. Questa manipolazione si basa su un adeguamento della ADU basato su basi storiche solide o posizioni pianificate sulla base di un business case approvato o come reazione a rapidi cambiamenti della domanda entro brevi periodi di tempo. Il demand adjustment factor non dovrebbe essere utilizzato indiscriminatamente poiché non va sottostimato il potere e la flessibilità di un sistema DDMRP gestito appropriatamente: i buffer sono robusti e progettati per assorbire variabilità. Più reattivo è l'impianto o la risorsa di fornitura, più robuste saranno le prestazioni dei buffer per un'alta variabilità. Maggiore è il fattore di variabilità integrato nei buffer, più robuste saranno le prestazioni dei buffer per una maggiore variabilità, anche se con la penalità di scorte aggiuntive. Più lungo è l'orizzonte per vedere i picchi, più robuste saranno le prestazioni dei buffer per una maggiore variabilità.

Detto questo, i buffer sono progettati per assorbire la variabilità solo in una certa misura; spesso può succedere che la variabilità verso l'alto o verso il basso possa minacciare l'efficacia del buffer per proteggere quel punto di disaccoppiamento. I DAF dovrebbero essere impiegati proprio quando la variabilità minaccia di sopraffare i buffer, in questo caso la regolazione dovrebbe essere in aumento. Quando la variabilità causerà grandi quantità di scorte in eccesso prolungate, l'adeguamento dovrebbe invece essere in riduzione (Ptak & Smith, 2016).

Un esempio tratto dal libro di Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016) consentirà di comprendere il funzionamento dei demand adjustment factor.

La figura 3.24 illustra i livelli di buffer per una parte denominata ABC, i cui livelli di buffer appaiono abbastanza stabili per il periodo di tempo considerato.

La figura 3.25 mostra invece come possono modificarsi i livelli di buffer cambiando i valori della ADU che alimenta l'equazione del livello del buffer in determinati punti. Viene applicato un DAF dalla settimana 13 alla settimana 25, la tabella sottostante il grafico mostra l'ADU originale, il DAF applicato ad ogni periodo e il valore della ADU aggiustato. Ad esempio, nella settimana 18 è stato applicato un adjustment factor di 1.8 all'ADU originale di 34.68 con l'obiettivo di produrre una ADU aggiustata di 62.43.

Ciò potrebbe essere stato fatto, ad esempio, con la consapevolezza di una grande promozione o per un fattore di stagionalità (qualunque aggiustamento della domanda superiore ad 1 produrrà un effetto inflazionistico sul buffer).

Nelle settimane 22-25 è stato applicato un fattore inferiore ad 1, ciò deflaziona il valore della ADU che alimenta l'equazione dei livelli di buffer, creando così una depressione per un breve periodo di tempo. Questo può essere stato fatto ritenendo che il mercato si sarebbe saturato e la domanda sarebbe crollata temporaneamente oppure potrebbe essere nuovamente un effetto della stagionalità.

L'applicazione di un demand adjustment factor domanda non modifica i criteri di selezione per il dimensionamento delle zone verdi: la zona verde è ancora determinata dal maggiore tra i valori del MOQ, del ciclo di riordino o dell'applicazione del lead time (dopo l'applicazione dell'ADU regolato).

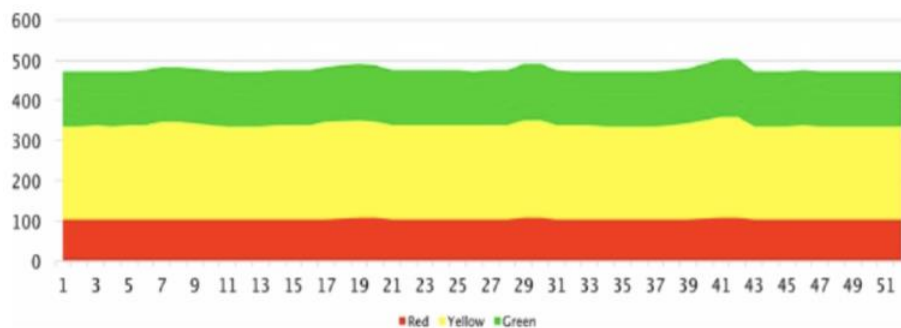


Figura 3.24. Componente ABC senza demand adjustment. (Ptak & Smith, 2016)

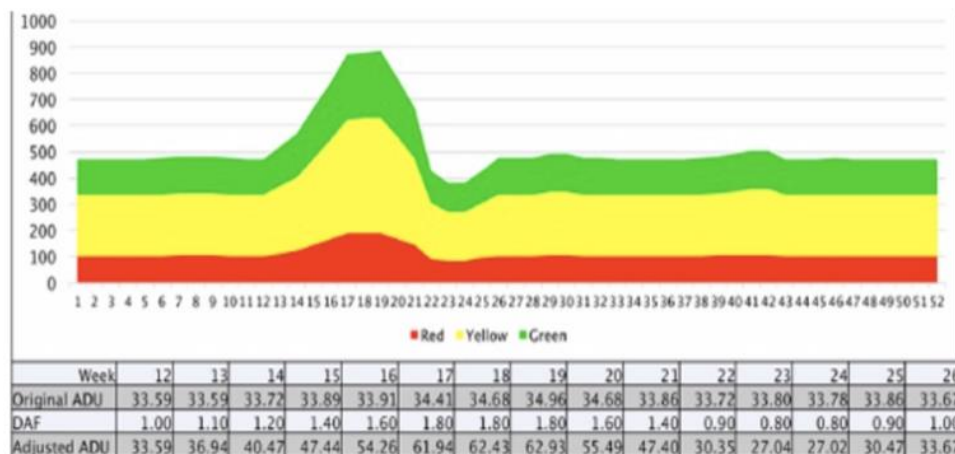


Figura 3.25. Componente ABC con applicazione del demand adjustment factor. (Ptak & Smith, 2016)

I demand adjustment factor vengono utilizzati per situazioni comuni come rapidi cambiamenti della domanda, transizione del prodotto e stagionalità. Questi aggiustamenti pianificati separano ciò che è noto, il modello della domanda, da ciò che è sconosciuto, il livello di domanda effettiva che verrà sperimentato.

Per quanto riguarda una rapida crescita della domanda, un DAF può essere utilizzato per aumentare o diminuire immediatamente i livelli di buffer nel momento in cui vi è un rapido cambiamento nella domanda indicativo di una tendenza in arrivo. Questo cambiamento improvviso dovrebbe essere segnalato da un ADU alert (già nominati in precedenza), si presti però attenzione in quanto gli alert non generano direttamente un demand adjustment factor ma devono invece essere oggetto di discussione e confronto da parte del management (Ptak & Smith, 2016).

Il DAF può essere utilizzato anche nel caso di introduzione, eliminazione o transizione di un prodotto. In questo caso verrà assegnato un DAF alla ADU il quale consentirà di adattare le zone dei buffer alle differenti casistiche, ovvero:

- Nell'introduzione di un prodotto nuovo il DAF produrrà un aumento della ADU (in questo caso valori crescenti da 0 a 1) e di conseguenza delle zone di buffer per un determinato periodo di tempo come rappresentato in figura 3.26;
- Nell'eliminazione di un prodotto può essere applicato un DAF (in questo caso valori decrescenti da 1 a 0) per diminuire i livelli di buffer prima che il prodotto venga ritirato completamente dal mercato come rappresentato in figura 3.27;
- Nella transizione di un prodotto, uno nuovo rimpiazza una versione obsoleta di quest'ultimo. Per approfondimenti su questo punto si rimanda al libro di Ptak e Smith (Ptak & Smith, 2016, p. 174-178).

Week	Projected ADU	DAF	Adjusted ADU
1	2,000	0	0
2	2,000	0.1	200
3	2,000	0.2	400
4	2,000	0.3	600
5	2,000	0.4	800
6	2,000	0.5	1,000
7	2,000	0.6	1,200
8	2,000	0.7	1,400
9	2,000	0.8	1,600
10	2,000	0.9	1,800
11	2,000	1	2,000
12	2,000	1	2,000

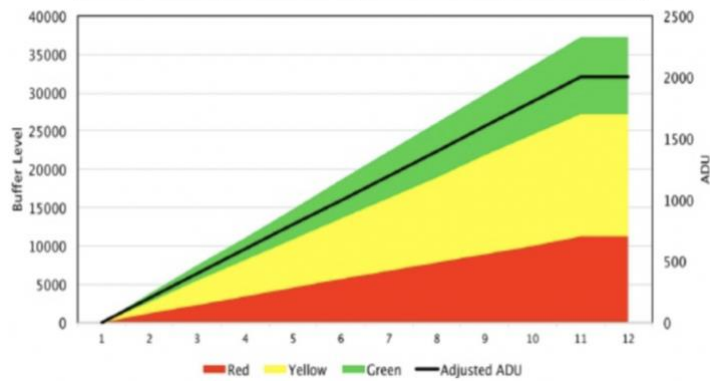


Figura 3.26. Incremento del buffer per l'introduzione di un nuovo prodotto. (Ptak & Smith, 2016)

Week	ADU	DAF	Adjusted ADU
1	300	1	300
2	300	1	300
3	300	1	300
4	300	1	300
5	300	0.8	240
6	300	0.6	180
7	300	0.4	120
8	300	0.2	60
9	300	0	0
10	300	0	0
11	300	0	0
12	300	0	0

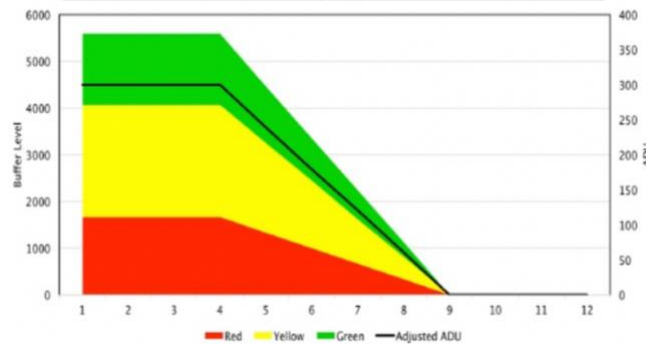


Figura 3.27. Diminuzione del buffer per un prodotto che deve essere ritirato dal mercato. (Ptak & Smith, 2016)

Un'ultima applicazione importante dei demand adjustment factor riguarda la stagionalità. Molte aziende hanno prodotti con aumenti e depressioni stagionali che possono rappresentare una sfida per i buffer DDMRP se non adeguatamente affrontati. Affrontare la stagionalità comporterà adeguamenti sia in aumento che in diminuzione dei buffer, bisogna perciò tenere in conto diversi fattori nel momento in cui si deve decidere quando e in che misura applicare i demand adjustment factor per compensare la stagionalità dei buffer per componenti strategici:

1. Entità della stagionalità (lunghezza e significatività). La prima considerazione riguarda la lunghezza e severità note dell'oscillazione stagionale: maggiore è il cambiamento e più è breve la finestra, più seria sarà la stagionalità.
2. Durata del periodo di calcolo dell'ADU. La lunghezza del periodo di calcolo della ADU deve essere conosciuta e considerata in relazione all'entità della stagionalità. Più sarà lungo il periodo di calcolo della ADU e rigida la stagionalità, più alta sarà la probabilità che la ADU venga gravemente sottostimata durante il periodo iniziale della stagionalità.
3. ADU passata, futura o mista. In molti casi, un ADU basata su delle previsioni elimina il bisogno di un demand adjustment factor poiché anticipa il cambiamento stagionale della domanda. Un approccio misto ADU può invece essere sufficientemente reattivo a seconda della gravità della stagione e della lunghezza del periodo di calcolo, mentre nella maggior parte dei casi un'ADU basato su dati storici renderà i buffer vulnerabili ad una significativa stagionalità e saranno necessari demand adjustment factor per compensare.
4. Lead time dei componenti critici. I componenti con lead time lunghi sono un fattore importante nel determinare quando devono essere applicati i demand adjustment factor: impiegare un DAF troppo tardi significherà che, anche se i buffer sono stati dimensionati appositamente per il cambiamento della domanda, saranno soggetti a un ritardo nella fornitura equivalente al lead time di fornitura. Ad esempio, se DAF inizia ad essere applicato 6 settimane prima del periodo stagionale ma il lead time dell'articolo o dei componenti di livello inferiore è di 12 settimane, il buffer sarà sostanzialmente sottofornito in attesa che il componente con il lead time lungo arrivi. Ciò potrebbe comportare carenze durante il periodo stagionale nonché eccedenze in tale periodo. Pertanto, l'applicazione del DAF deve tenere conto del lead time. In DDMRP ciò viene chiamato "supply offset".

Nel caso in cui un componente-padre abbia un componente bufferizzato con un lead time lungo, allora dovrebbe essere utilizzato, per il supply offset, il cumulative lead time del componente padre (in opposizione al decoupled lead time), a meno che il componente non abbia una posizione sufficientemente bufferizzata da assorbire la domanda stagionale del componente-padre senza considerarne il lead time.

5. Capacità delle risorse. Infine, determinare quando i DAF dovrebbero essere impiegati potrebbe richiedere la considerazione della capacità delle risorse. Se la severità stagionale o l'accelerazione stagionale supera la capacità di fornitura, l'applicazione del DAF della domanda deve essere anticipata.

### **Zone Adjustment Factor**

Oltre alla manipolazione dell'ADU, un altro modo per aggiustare i buffer consiste nella manipolazione delle zone. Ciò potrebbe applicarsi alla singola parte individuale oppure ad un gruppo di componenti interessati allo stesso modo dagli aggiustamenti, non necessariamente parti nello stesso profilo di buffer.

Un zone adjustment factor può essere applicato a ognuna delle tre zone di un buffer: queste servono a diversi scopi, perciò il zone adjustment factor dovrebbe essere applicato alla zona appropriata in base alla logica dell'aggiustamento.

- Aggiustamento della zona verde. La zona verde può essere manipolata nel momento in cui è necessario modificare la dimensione degli ordini o la frequenza di riordino. Gli adeguamenti si verificano spesso quando una risorsa di fornitura con problemi di configurazione significativi incontra un vincolo di capacità. La zona verde di un articolo può essere aumentata per creare ordini meno frequenti e più grandi per salvare così la capacità persa in configurazioni aggiuntive. Si noti che in questo caso non si sta aumentando la zona verde per abbassare il costo unitario, bensì è una strategia deliberata basata sulla protezione del flusso di informazioni e materiali rilevanti attraverso un vincolo di capacità. Qualsiasi capacità salvata a quel punto si traduce direttamente in più output totale per il sistema e questo protegge tutti i buffer e i clienti alimentati da quella risorsa. Regolazioni al ribasso potrebbero avvenire nel caso di cali di domanda stagionali.
- Aggiustamento della zona gialla. Come si è già visto in precedenza, la zona gialla viene calcolata come  $ADU \times \text{decoupled lead time}$  e presuppone un tasso di

domanda all'interno di una finestra di risposta. A tal proposito, un adeguamento della zona gialla potrebbe essere innescato da eventi noti o pianificati che riguardino una di queste due componenti. Un adeguamento della zona gialla, in genere, si verifica in risposta a un evento promozionale pianificato a breve termine o a un'interruzione della fornitura pianificata o nota.

- Aggiustamento della zona rossa. La zona rossa dovrebbe essere regolata quando c'è un cambiamento noto o pianificato ma temporaneo nella volatilità, che tuttavia non giustifica lo spostamento delle parti in un altro profilo del buffer.

Ciò in genere è associato a una modifica o transizione temporanea per quanto riguarda l'acquisto, la produzione o la distribuzione di un articolo o di un gruppo di articoli, ad esempio quando viene messa in linea una nuova risorsa o materiale che potrebbe causare più interruzioni a breve termine rispetto a quelle per le quali il buffer è attualmente dimensionato.

### **Lead time adjustment factor**

L'ultima tipologia di regolazione pianificata dei buffer riguarda aggiustamenti del lead time tramite un lead time adjustment factor. In questo caso può essere applicato un lead time adjustment factor ad una singola parte o ad un gruppo di componenti (non necessariamente nello stesso profilo di buffer) affetti allo stesso modo da ciò che richiede la regolazione (Ptak & Smith, 2016).

### **3.5. Livello 4: Pull. Demand Driven Planning**

Il quarto componente del Demand Driven Material Requirements Planning è rappresentato da un metodo di generazione degli ordini di fornitura collaudato e intuitivo. Si è già visto che DDMRP ha l'obiettivo di proteggere il flusso dei materiali e delle informazioni rilevanti per incentivare un buon ROI e, da un punto di vista di pianificazione, ciò viene attuato da DDMRP attraverso l'utilizzo della domanda effettiva nell'equazione di riordino che esso utilizza, la net flow equation. La domanda effettiva, come si è già discusso, rappresenta la forma più accurata di input di domanda e attraverso il disaccoppiamento combinato con l'utilizzo dei buffer dinamici diventa possibile utilizzarla come input nella pianificazione giornaliera degli ordini.

### 3.5.1. La Net Flow Equation

La net flow equation fornisce un segnale in termini di quantità e tempi per la generazione degli ordini di rifornimento. Essa rappresenta un aspetto chiave e unico di DDMRP: presenta inoltre diverse differenze rispetto ai sistemi convenzionali e dovrebbe essere calcolata giornalmente presso tutti i punti di disaccoppiamento.

La net flow equation è la seguente:

$$\textit{On-Hand} + \textit{On-Order} - \textit{Qualified Sales Order Demand} = \textit{Net Flow Position}$$

Si descriveranno ora i componenti dell'equazione, i quali sono rappresentati nella figura 3.28:

- La quantità on-hand rappresenta la quantità totale di stock disponibile fisicamente. Essa è rappresentata in figura 3.28 dall'immagine al centro della figura denominata "On-Hand". Le scatole più piccole all'interno della figura rappresentano la quantità reale di unità on-hand disponibili all'uso.
- La quantità on-order rappresenta la quantità di stock che è stata ordinata ma non ancora ricevuta, indipendentemente dalle tempistiche. Nella figura 3.28 è rappresentata dal camion sul lato sinistro che si sta dirigendo verso la posizione on-hand. Le scatole piccole all'interno del camion rappresentano l'ammontare di unità in arrivo con l'ordine, il quale potrebbe essere un singolo ordine oppure diversi ordini in arrivo.
- La qualified sales order demand è la domanda degli ordini di vendita qualificata. È data dalla somma degli ordini di vendita che non sono stati evasi in precedenza, degli ordini di vendita che sono in scadenza nella data odierna e dei picchi qualificati di domanda. Questi costituiscono dei picchi futuri di domanda, i quali si distinguono dalla variabilità ordinaria che viene assorbita dai buffer naturalmente (i picchi qualificati saranno approfonditi in seguito). Nella figura 3.28 la qualified sales order demand è rappresentata dagli ordini evidenziati con "Today" e "Day 3", mentre non sono rappresentati ordini non evasi relativi al passato. Ci sono due ordini in scadenza in data odierna e tre ordini di vendita che, combinati, rappresentano un picco qualificato. Questi due giorni di domanda

qualificata sono sommati assieme per raggiungere l'ammontare totale di domanda qualificata necessario per il calcolo della net flow equation per la data odierna.

- La net flow position è il risultato dell'equazione e rappresenta la posizione netta del flusso relativa allo specifico componente al termine della giornata.

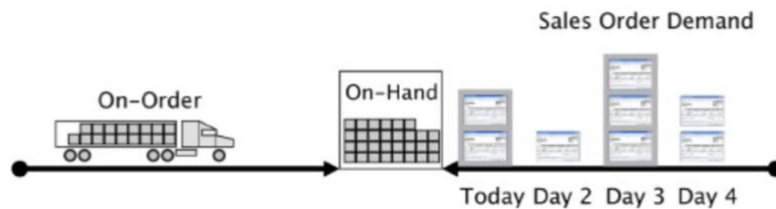


Figura 3.28. Gli elementi della net flow equation. (Ptak & Smith, 2016)

La figura 3.29 illustra un esempio che consente di comprendere più chiaramente la logica della net flow equation. Sono disponibili 6.412 unità in stock (on-hand), 2.428 unità in arrivo (on-order), 312 unità che devono essere spedite in data odierna e 807 unità che dovranno essere spedite il giorno 3. La net flow equation di oggi per questo componente è  $6.412$  (oh-hand) +  $2.468$  (on-order) -  $1.119$  (ordini di domanda qualificata) =  $7.761$  (net flow position).

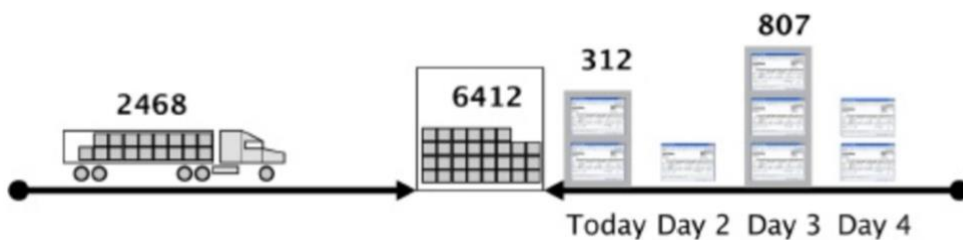


Figura 3.29. Esempio di net flow equation. (Ptak & Smith, 2016)

La net flow equation risulta pertanto essere un metodo semplice ed efficace per analizzare:

- Quanto materiale si ha a disposizione (valore on-hand);
- Quanto materiale è in arrivo (valore on-order);
- Quanta domanda bisogna soddisfare immediatamente (ordini non evasi e da evadere in data odierna);

- Quale domanda futura è qualificabile come rilevante (picchi di domanda qualificata).

Proprio per la sua caratteristica di riuscire a fornire indicazioni su questi differenti aspetti contemporaneamente essa si distingue dai sistemi convenzionali: MRP, ad esempio, come visto nel capitolo 2 nell'equazione di riordino considera solamente le quantità on-hand e on-order per calcolare il fabbisogno netto.

Si presti attenzione al giorno 3 in figura 3.29, la cui quantità totale di ordini (807) si è qualificata come picco di domanda: non è il numero di ordini di vendita che innesca il picco, bensì la quantità totale di stock che quegli ordini di vendita richiedono in un determinato giorno.

Perché un ordine si qualifichi come picco deve soddisfare due condizioni: in DDMRP, un picco di domanda è una quantità della domanda giornaliera cumulativa nota all'interno di una finestra temporale che minaccia l'integrità del buffer, ciò significa che è necessario definire il livello di qualificazione (order spike threshold) e la finestra temporale di qualificazione (order spike horizon) (Ptak & Smith, 2016).

L'order spike threshold (OST) è un livello che qualifica un picco in un determinato ambiente: gli ordini di vendita per uno stesso componente sono totalizzati giornalmente e comparati rispetto a tale livello, se la somma risulta maggiore del threshold allora l'intero ammontare viene incorporato nella net flow equation come picco di domanda qualificata (il motivo per cui viene considerato l'intero ammontare e non solamente l'ammontare superiore al threshold, è che è prudente proteggersi da picchi successivi o raggruppati che potrebbero creare un aumento schiacciante e che potrebbe compromettere l'integrità del buffer se l'intero importo non fosse preso in considerazione).

Vi sono tre alternative per determinare il livello-soglia, le prime due riguardano la zona rossa del buffer:

1. La zona rossa è la sicurezza incorporata nel buffer, perciò i livelli-soglia potrebbero essere determinati in relazione al loro potenziale consumo di tale quantità di sicurezza (ad esempio un threshold potrebbe essere posto al 50% della zona rossa);
2. Un metodo alternativo riguarda il confine della zona rossa di base e la zona rossa di sicurezza del buffer. La zona rossa di sicurezza è direttamente correlata alla variabilità del componente, se quest'ultimo rientra nella categoria ad alta variabilità sarà soggetto a picchi frequenti. L'OST potrebbe perciò essere impostato per l'importo equivalente al valore della zona rossa di base poiché qualsiasi valore superiore a tale importo penetrerà nella zona rossa di sicurezza.

Un terzo metodo per determinare l'OST riguarda la definizione di un picco di domanda in base alla ADU del componente.

La seconda condizione per qualificare un picco di domanda è impostare una finestra temporale futura chiamata order spike horizon (OSH), ovvero un orizzonte temporale all'interno del quale la domanda giornaliera cumulativa può qualificarsi come picco se tale valore cumulativo giornaliero è superiore all'OST. Se la domanda giornaliera cumulativa è al di fuori di tale orizzonte temporale, allora l'ammontare della domanda cumulativa non verrà incorporata nel calcolo della net flow equation. La figura 3.30 illustra l'order spike threshold e l'order spike horizon (Ptak & Smith, 2016).

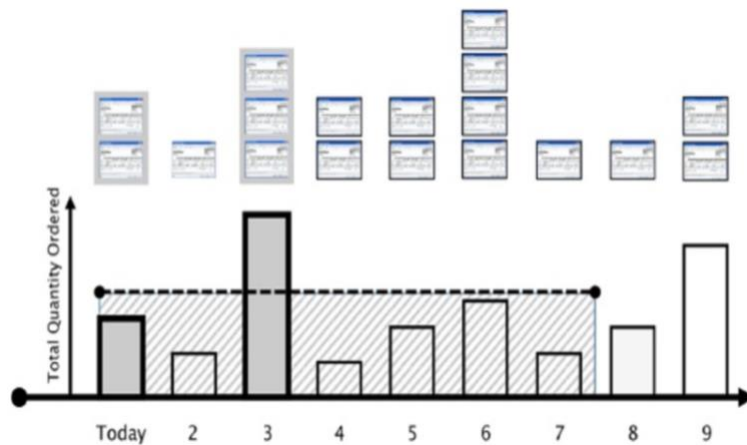


Figura 3.30. Order spike threshold e order spike horizon. (Ptak & Smith, 2016)

### 3.5.2 Generazione degli ordini di fornitura con la Net Flow Position

Come si è visto, ogni volta che la net flow equation viene eseguita per un determinato buffer restituisce un valore relativo a tale buffer chiamato net flow position il quale indicherà se sia necessario o meno emettere un ordine di fornitura rispetto a quella posizione bufferizzata.

La logica è che se la net flow position risulta essere inferiore al limite della zona gialla, detta top of yellow (TOY), allora verrà raccomandato dal sistema un ordine di fornitura pari ad una quantità data dalla differenza tra il top of green (TOG) e il valore della net flow position. Un esempio consentirà di comprendere più chiaramente il meccanismo di riordino tramite la net flow position. La figura 3.31 illustra le posizioni TOG, TOY e top of red (TOR) per il buffer del componente 401P.

Il TOG costituisce la somma di tutte le zone di buffer e nell'esempio ha un valore di 10.888. Il TOY è la somma della zona gialla e rossa e ha un valore di 8.938, il TOR costituisce il totale della zona rossa e ammonta a 2.438. Ogni volta che la net flow position sarà pari o inferiore a 8.938, ovvero al TOY, verrà generato un ordine di fornitura per riportare la net flow position al TOG. Ciò significa che un ordine tipico sarà pari almeno all'ammontare della zona verde (1.950) o maggiore.

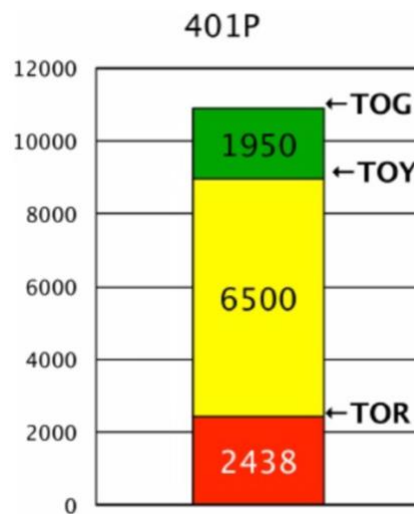


Figura 3.31. Valori del TOG, TOY e TOR per il componente 401P. (Ptak & Smith, 2016)

Considerando le seguenti informazioni per 401P

$$\text{On-hand} = 2.652$$

$$\text{On-order} = 6.233$$

$$\text{Qualified sales order demand} = 712$$

allora la net flow position per 401P risulterà avere un valore di 8.173 (on-hand + on-order - qualified sales order demand) relativamente alla data considerata, ciò significa che la net flow position si trova al di sotto del TOY. La figura 3.32 indica la net flow position per 401P. Il TOG del buffer di 401P ammonta a 10.888, pertanto verrà creato un ordine di fornitura di 2.715 unità [TOG (10.888) - net flow position (8.173)].

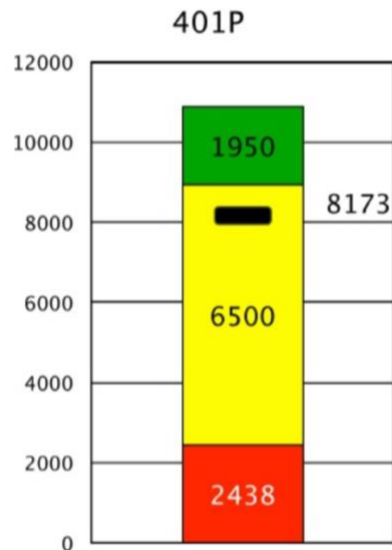


Figura 3.32. Net flow position di 401P. (Ptak & Smith, 2016)

Una volta che l'ordine di fornitura è stato approvato, la net flow position cambia valore e ammonta a 10.888 e l'ordine di fornitura diventa una quantità on-order. Ciò incrementa il totale della quantità on-order a 8.948 [quantità on-order precedente (6.233) + quantità nuova on-order (2.715)].

Una volta accettato, all'ordine viene assegnata una data di consegna richiesta in base al decoupled lead time del componente: ad esempio, se il DLT del componente è di 10 giorni all'ordine verrà assegnata una data di consegna richiesta entro 10 giorni dalla data di approvazione dell'ordine.

La net flow position tipicamente viene rappresentata come percentuale del TOG e con il colore della zona entro la quale tale posizione ricade. Nell'esempio di 401P, la net flow position sarebbe visualizzabile come il 75.1% del TOG e codificata con il colore giallo come rappresentato in figura 3.33. La figura illustra come dovrebbe presentarsi uno schermo basilare di pianificazione di DDMRP, ovvero includendo gli elementi basilari della net flow equation e la logica della generazione degli ordini di fornitura così come il lead time e la data di consegna richiesta per ogni ordine emesso.

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
401P	YELLOW 75.1%	2652	6233	712	8173	2715	25-Jul	2438	8938	10888	10

Figura 3.33. Esempio di schermo di controllo e pianificazione di DDMRP per 401P. (Ptak & Smith, 2016)

Il fatto che vi siano due espressioni della priorità del buffer, una generale (il colore che indica la zona all'interno della quale ricade la net flow position) e una discreta (in percentuale del TOG) consente ai planner o buyer di capire intuitivamente e velocemente lo stato di ogni articolo relativamente alla sua posizione bufferizzata. Sebbene ciò diviene un potente strumento per ogni parte presa singolarmente, il suo vero potenziale può essere apprezzato solamente quando vengono presi in considerazione molti articoli contemporaneamente.

Nella figura 3.34, ad esempio, vi è lo stesso schermo di pianificazione della figura 3.33 ma con l'aggiunta di altri componenti bufferizzati. La progressione è determinata dalla percentuale nella colonna "planning priority": questa sequenza fornisce un senso generale e discreto di priorità relativa tra più parti che necessitano di rifornimento, ciò si rivela fondamentale quando in un ambiente sono presenti limitazioni o vincoli. Nel momento in cui i soldi, il tempo, lo spazio e la capacità delle risorse risultano essere cruciali, è infatti estremamente vantaggioso potersi concentrare rapidamente sulla priorità più alta.

Ad esempio, si può notare facilmente in figura 3.34 che vi è una posizione che necessita di intervento immediato: il componente 406P ha una net flow position contrassegnata dal colore rosso e una percentuale del 19.8% del TOG, è stato infatti raccomandato un ordine di fornitura per 2.606 e dovrebbe essere immediatamente approvato.

Al contrario, si può notare anche che il componente 401P ha la più bassa priorità relativa tra tutti i componenti che necessitano di ordini di fornitura.

Il componente 404P infine non presenta ordini di rifornimento raccomandati perché la sua net flow position si trova nella zona verde con il 97.6% del TOG.

Questa distinzione di priorità relativa è un elemento di differenziazione cruciale tra gli avvisi convenzionali di pianificazione di MRP e l'approccio DDMRP: MRP è un sistema binario, esso indica solamente se si è OK o non OK rispetto ad un determinato articolo ma vi è poco senso nel modo in cui le parti vengono confrontate tra loro e ci si ritrova solamente di fronte alla scelta tra agire o non agire. Al contrario, con l'approccio DDMRP

planner e buyer possono giudicare rapidamente la priorità relativa senza enormi quantità di analisi aggiuntive e query di dati.

Una volta che gli ordini giornalieri sono stati evasi e ogni ordine è stato ricevuto, la quantità on-hand verrà regolata di conseguenza fornendo un inventario on-hand finale che verrà utilizzato per la net flow equation del giorno successivo. Inoltre, se una quantità on-order viene ricevuta e convertita in on-hand, la quantità on-order non ancora ricevuta verrà ridotta per la net flow equation del giorno seguente. Se una quantità on-order viene invece ricevuta ma è in attesa di un controllo qualità o in ispezione, dovrebbe comunque essere considerata come on-order poiché non è realmente disponibile come on-hand (Ptak & Smith, 2016).

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 3.34. schermo di controllo e pianificazione di DDMRP per 401P con più componenti. (Ptak & Smith, 2016)

### 3.6. Livello 5: Pull. Demand Driven Execution

L'ultimo passaggio dell'implementazione di un sistema DDMRP è chiamato Demand Driven Execution.

Il precedente passaggio, il Demand Driven Planning, rappresenta il processo di generazione degli ordini di fornitura tramite la net flow equation e termina nel momento in cui un ordine è stato approvato diventando quindi un ordine di fornitura aperto.

In DDMRP, "execution" costituisce invece la gestione degli ordini di fornitura aperti la quale consiste in dei criteri specifici suddivisibili in due macrocategorie di avvisi (o alerts): i buffer status alerts e i synchronization alerts, rappresentati in figura 3.35.

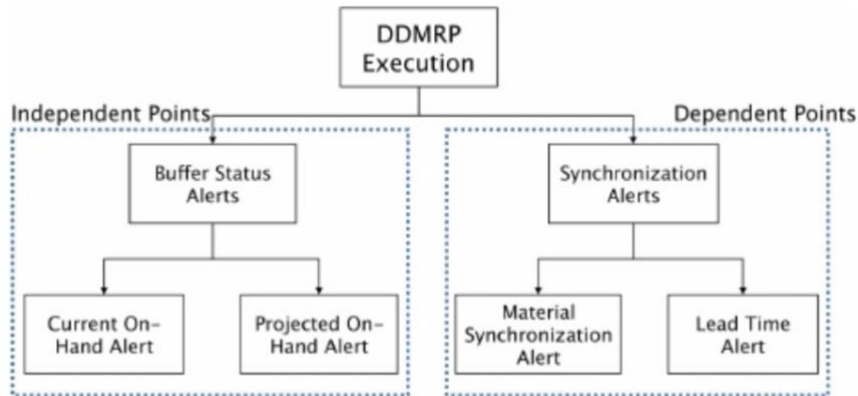


Figura 3.35. Avvisi basilari di DDMRP. (Ptak & Smith, 2016)

La distinzione tra le due categorie è dovuta al fatto che i buffer status alerts sono orientati a monitorare i punti di disaccoppiamento (independent points) mentre i synchronization alerts servono al controllo dei punti non disaccoppiati (dependent points) ovvero a gestire le dipendenze, che possono comunque continuare ad esistere, in un sistema DDMRP. Si approfondiranno ora i due tipi di avvisi del demand driven execution.

### 3.6.1. Buffer status alerts

Prima di analizzare il funzionamento dei buffer status alerts, è necessario soffermarsi un momento sulla gestione dei sistemi MRP degli ordini aperti per comprendere come DDMRP si differenzi da questi ultimi.

I sistemi MRP non sono in grado di fornire una visibilità in tempo reale riguardo alla priorità degli ordini di fornitura aperti nel processo manifatturiero e più in generale lungo la supply chain, siano essi ordini di acquisto (POS), ordini di trasferimento (TOS) e ordini di produzione (MOS). Ciò è dovuto al fatto che i sistemi MRP utilizzano un sistema di priorità in base alla data di consegna, ovvero dando priorità agli ordini di fornitura che sono più in ritardo sulla data di consegna. Tuttavia, tale sistema non consente a chi si occupa della pianificazione degli ordini di poter effettuare un controllo relativo, ossia di fare un confronto di priorità tra i diversi ordini in quanto con questa metodologia si decide semplicemente in base alla data di consegna richiesta. Inoltre, il fatto che un fornitore rispetti al 100% le consegne richieste non assicura che non vi saranno carenze di materiale o eccessi di inventario in quanto potrebbero verificarsi cambiamenti tra il momento in cui l'ordine è stato creato e quello in cui il materiale viene invece ricevuto.

La priorità in base alla data di scadenza è quindi un concetto statico e non si rivela molto utile da un punto di vista esecutivo o di controllo degli ordini aperti.

Un esempio di determinazione della priorità degli ordini in base alla data è rappresentato nella figura 3.36, nella quale sono rappresentati tre ordini di approvvigionamento per uno stesso fornitore e con la stessa data di consegna richiesta. Questi ordini potrebbero non avere nulla a che fare l'uno con l'altro dal punto di vista del cliente, ma dal punto di vista del fornitore potrebbero invece rappresentare un problema nel momento in cui, ad esempio, egli non fosse in grado di consegnare tutti gli ordini nella data richiesta. In tal caso, infatti, decidere quale di essi debba avere la priorità sugli altri nella consegna potrebbe rivelarsi un processo dispendioso in termini di tempo ed energie sia per il fornitore che per il personale aziendale.

Order #	Due Date	Supplier
PO 821158	05/12	PNW Fabrication
PO 831145	05/12	PNW Fabrication
PO 831162	05/12	PNW Fabrication

*Figura 3.36. Determinazione della priorità degli ordini di acquisto in base alla data.*

(Ptak & Smith, 2016)

La figura 3.37 è uguale alla 3.36 ma con una colonna aggiuntiva nominata “Buffer Status”. Il display della figura 3.37 è un esempio di un display di controllo di un sistema DDMRP e consente ai planner o buyer di poter capire velocemente quale tra gli ordini aperti dell'esempio ha più priorità, in questo caso l'ordine PO 831145.

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

*Figura 3.37. Determinazione della priorità degli ordini di acquisto in base allo status dei rispettivi buffer.* (Ptak & Smith, 2016)

È importante sottolineare una differenza che distingue l'execution dal planning in DDMRP. Nel caso dell'execution, ovvero nella gestione degli ordini aperti, i colori e lo stato dei buffer assumono un significato diverso da quello che si è visto per il planning ossia per la pianificazione e generazione degli ordini. Se in quest'ultima, infatti, gli ordini erano generati attraverso la net flow equation, l'execution si focalizza sulla posizione on-hand degli articoli ed è progettato per fornire informazioni rilevanti su ciò che è critico per quanto riguarda la gestione degli ordini già creati. Al contrario, nella net flow equation la componente on-hand era solo uno dei fattori per calcolare la net flow position. I display dell'execution e quelli del planning restituiscono quindi valori diversi e che non vanno confusi.

I buffer status alerts si dividono in due sottocategorie: il current on-hand alert e il projected on-hand alert. Il current on-hand alert si focalizza sulla posizione on-hand di un determinato buffer di un componente ed è progettato per indicare al personale di pianificazione quali posizioni risultano problematiche da una prospettiva solamente on-hand, quindi ciò che si ha fisicamente disponibile in magazzino.

Il projected on-hand alert, invece, utilizza anch'esso una prospettiva on-hand e calcola la penetrazione della zona rossa nel prossimo futuro con l'obiettivo di informare il personale di pianificazione su problemi incombenti relativi all'integrità del buffer (Ptak & Smith, 2016).

### **3.6.2. Synchronization alerts**

Il secondo tipo di alerts o avvisi che esistono in DDMRP, per aiutare il personale a gestire situazioni di emergenza relative ad ordini già aperti, sono i synchronization alerts. Come si è anticipato, in DDMRP possono esistere punti non disaccoppiati e lo scopo dei synchronization alerts è quello di fornire a questi punti maggior visibilità possibile. In questo modo tali posizioni, seppur non fornite di buffer di disaccoppiamento, sperimenteranno meno interruzioni consentendo così una minore variabilità nella continuità della fornitura che viene trasmessa ai punti di disaccoppiamento e ai clienti. Quando viene trasferita una minore variabilità ai punti di disaccoppiamento, inoltre, è necessario meno capitale circolante per bufferizzare tali posizioni e quando meno variabilità viene trasmessa ai clienti le vendite sono in genere protette e promosse.

DDMRP utilizza due tipi di execution alerts per promuovere la sostenibilità e il management dei punti non disaccoppiati: i material synchronization alerts e i lead time alerts.

I material synchronization alerts sono avvisi che si attivano nel momento in cui si verificano problemi imprevisti che possono causare livelli di fornitura di un materiale inferiori a quanto richiesto (ad esempio in periodi di domanda elevata non prevista), oppure ritardi nella fornitura da parte dei fornitori.

I lead time alerts sono invece avvisi utilizzati per componenti non bufferizzati ma considerati strategici. Essi hanno l'obiettivo di informare il personale di pianificazione sullo stato di tali componenti prima che questi possano rappresentare problemi di sincronizzazione, tali avvisi si attivano nel momento in cui il componente entra in una determinata data-soglia. Più il componente ordinato accumulerà ritardo e si avvicinerà alla data di consegna richiesta, più grave sarà il lead time alert assegnato a quell'ordine di fornitura. La figura 3.37 aiuta a comprendere il concetto di lead time alert, dove dopo il 7 Maggio (data di inizio dell'intervallo del lead time alert, detto Lead Time Alert Horizon) a seconda del giorno nel quale si colloca l'ordine di fornitura esso sarà catalogato dal lead time alert come verde, giallo o rosso e tali colori rappresentano semplicemente un countdown progressivo rispetto alla data di consegna richiesta, superata la quale l'ordine entrerà nella fascia "ritardo" (Ptak & Smith, 2016).

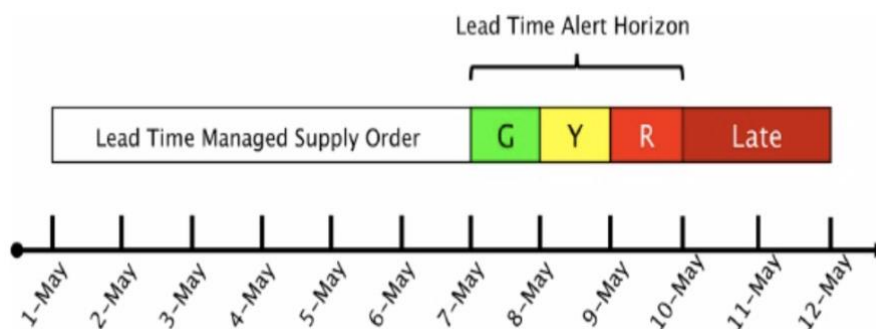


Figura 3.38. Rappresentazione del concetto di lead time alert. (Ptak & Smith, 2016)

Nel corso di questo capitolo si è descritto il sistema DDMRP in quelli che sono i suoi componenti fondamentali. Per ragioni di spazio, tuttavia, non è stato possibile approfondire molti altri suoi aspetti interessanti per i quali si rimanda ai lavori su DDMRP di Ptak e Smith e in particolare ai loro libri “Demand Driven Material Requirements Planning” (Ptak & Smith, 2016) e “Orlicky's Material Requirements Planning - Third Edition” (Ptak & Smith, 2011) nonché al loro sito internet dedicato al Demand Driven Institute (Demand Driven Institute, s.d.).

## **CAPITOLO 4**

### **Applicazione di DDMRP ad un'azienda di distribuzione**

*In questo capitolo verrà presentata e analizzata una simulazione di dati con l'obiettivo di valutare l'efficacia di un'applicazione di DDMRP in un'azienda reale.*

*Inizialmente verrà fornita una breve presentazione dell'azienda oggetto del caso studio, Sonepar Italia, per contestualizzare meglio l'analisi che verrà svolta; in seguito si esplicheranno le motivazioni e lo scopo della simulazione. Infine, dopo aver presentato la simulazione si commenteranno i risultati ottenuti.*

#### **4.1 Sonepar Italia S.p.A.**

Sonepar Italia è leader nel mercato italiano della distribuzione di materiale elettrico e parte del Gruppo internazionale Sonepar, il quale costituisce il più grande distributore al mondo di materiale elettrico.

Essa è presente sul territorio italiano con una rete capillare di 100 punti vendita supportati da 5 centri logistici e 2000 dipendenti e nel 2020 ha sviluppato un fatturato di 800 milioni di euro. L'attività di Sonepar in Italia è iniziata nel 1988 con l'acquisizione della padovana Elettroingross, per poi svilupparsi costantemente negli anni attraverso la crescita interna ed una serie di acquisizioni, l'ultima delle quali è avvenuta ad aprile 2019 con Elettroveneta.

L'azienda è organizzata sul territorio italiano in tre divisioni con rispettive regioni servite: Divisione Nord (Lombardia, Veneto, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna), Divisione Centro (Toscana, Umbria, Lazio e Sardegna) e Divisione Sud (Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia).

Un elemento importante della strategia commerciale di Sonepar Italia sono i 150 punti vendita distribuiti sul territorio, i quali forniscono assistenza e consulenza ai clienti da parte di addetti commerciali e specialisti tecnici. Dal punto di vista logistico, invece, l'azienda si affida a cinque centri distributivi collocati a Padova, Pomezia, Catania, Cagliari e Bari.

Un altro punto chiave nella strategia di Sonepar Italia consiste nel mantenere elevato il livello di servizio, arrivando a consegnare anche entro le 24 ore e offrendo ai clienti un ampio stock di articoli a disposizione.

Per quanto riguarda i prodotti, Sonepar Italia è un'azienda multiprodotto che opera nei seguenti mercati specialistici:

- Installazione Residenziale
- Installazione Industriale
- Automazione Industriale
- Illuminazione
- Building Automation & Construction
- Cavi
- Energie Rinnovabili e HVAC
- Ferramenta e Sicurezza (Sonepar Italia, s.d.).

#### **4.1.2 Ricerca di un miglioramento dell'efficienza nel riordino dei materiali in Sonepar Italia**

Sonepar Italia opera nel settore della distribuzione, pertanto una gestione efficiente del magazzino e dell'approvvigionamento dei materiali risultano estremamente importanti nell'ottenimento e mantenimento di un ottimo livello di servizio finale al cliente.

Come già introdotto nel primo capitolo, un livello troppo elevato di scorte presenti in magazzino comporta problemi di scarsità di spazio e di congestionamento del magazzino oltre che di capitale finanziario immobilizzato in tali scorte; al contrario, una quantità

eccessivamente ridotta di stock detenuta in magazzino si traduce nell'impossibilità di soddisfare le richieste dei clienti, con una conseguente riduzione del livello di servizio. Queste situazioni possono diventare particolarmente rilevanti per un'azienda come Sonepar Italia, la quale vede nella redistribuzione dei materiali dai loro centri logistici ai punti vendita (o direttamente ai clienti) un elemento fondamentale della sua strategia. Una possibile causa di eventuali problemi di efficienza, da questo punto di vista, potrebbe essere riscontrabile nell'elevata complessità della gestione della logistica e della pianificazione del riordino dei materiali; complessità dovuta alla grande estensione territoriale in Italia dell'azienda ma soprattutto all'elevato numero di fornitori e clienti con i quali essa si rapporta.

Per gestire tale complessità l'azienda si avvale di un sistema di pianificazione basato su logiche di tipo MRP, il quale elabora delle previsioni sull'andamento della domanda futura per i diversi prodotti offerti. Le tecnologie MRP, tuttavia, come visto nel capitolo 2 presentano numerosi limiti e difetti soprattutto se applicate ad un contesto complesso e dinamico come può essere quello di Sonepar Italia. Sebbene attualmente l'azienda riesca comunque ad ottenere ottimi risultati in termini di livello di servizio finale al cliente (rappresentati dal breve lead time di consegna del materiale) e l'utilizzo di una tecnologia basata su una logica MRP non sembra influire particolarmente sull'output complessivo, caratteristiche tipiche dei sistemi MRP quali nervosismo e bullwhip effect potrebbero avere un impatto sul livello di efficienza con il quale essa arriva ad ottenere tali risultati. Conseguenze tipiche dei sistemi MRP sono infatti, come già analizzato in precedenza nel corso di questo elaborato, la presenza periodica in magazzino di stock non realmente necessario causata da un disallineamento tra la domanda che si è effettivamente realizzata e quella invece pianificata; oppure l'enorme quantità di dati e informazioni che il sistema richiede per poter effettuare le sue operazioni.

Un modo per prevenire l'insorgenza di questi problemi, come suggerito anche da Ptak e Smith, è quello di organizzare la gestione degli ordini basandosi sulla domanda effettiva piuttosto che su quella pianificata e DDMRP è un metodo che consente (ove opportunamente applicato) di implementare con successo questa strategia. Potrebbe essere pertanto utile e interessante, sia per l'azienda stessa che a fini accademici, confrontare i risultati ottenuti dall'azienda attraverso il sistema attualmente in uso con quelli derivanti da un'implementazione di DDMRP: tale analisi consentirebbe di effettuare un paragone sull'efficacia - ed eventualmente sull'efficienza - di DDMRP rispetto a quella del sistema MRP attualmente utilizzato da Sonepar Italia.

Nel caso in cui DDMRP si dimostrasse più efficace e/o efficiente di MRP, quando applicato al contesto di Sonepar Italia, potrebbe rappresentare un'opportunità per l'azienda per abbracciare una filosofia Demand Driven; questa potrebbe consentirle di raggiungere risultati ancora più soddisfacenti in termini di livello di servizio incrementando al contempo l'efficienza con la quale tali risultati sono raggiunti. In termini pratici, ciò si tradurrebbe nel raggiungimento di un livello di servizio più alto, con riferimento a determinati articoli e clienti, mantenendo al contempo un livello adeguato (né troppo basso né troppo elevato) di scorte di magazzino che comporterebbe un elevato risparmio finanziario e di spazio a disposizione. Non solo, la natura Demand Driven di DDMRP consentirebbe l'esistenza di un flusso di materiali e informazioni rilevanti il quale andrebbe a ridurre l'enorme mole di dati e informazioni tipiche dei sistemi MRP; questi invero rappresentano spesso, per gli operatori che devono avvalersi di tali sistemi di pianificazione, una fonte di confusione che porta ad errori frequenti con la conseguente necessità di modifiche a posteriori (Ptak & Smith, 2016, p. 69-77). DDMRP, quindi, potrebbe rappresentare per Sonepar Italia un potenziale strumento per il miglioramento dei processi di riordino dei materiali, della gestione del magazzino, dei rapporti con i fornitori e, più generalmente, della gestione della sua supply-chain.

La simulazione che verrà proposta nel paragrafo seguente parte proprio da queste premesse ed obiettivi, ed è basata sui dati relativi alla domanda di alcuni ad articoli messi a disposizione da Sonepar Italia. Attraverso una simulazione del sistema DDMRP applicato ad ognuno di questi articoli verrà effettuato un confronto tra i risultati ottenuti con il sistema DDMRP e quello MRP dell'azienda, rendendo possibile trarre un primo giudizio su quale dei due risulti più efficace ed efficiente in base ai benchmark precedentemente discussi.

## 4.2 Simulazione di DDMRP

La simulazione che segue è stata svolta con il supporto di un dottorando dell'Università Ca' Foscari, Alessandro Marin, attraverso un simulatore in excel di Demand Driven Technologies.

L'obiettivo della simulazione, come anticipato, è quello valutare l'efficienza di DDMRP relativamente alla gestione del riordino per tre articoli di Sonepar Italia scelti appositamente per la simulazione e i cui dati sono stati messi a disposizione dall'azienda per poter effettuare una simulazione dell'applicazione di DDMRP.

Due di questi articoli presentano un margine di miglioramento con riferimento al livello di servizio, mentre il terzo ha già in partenza un livello di servizio ottimale. Ciò conferisce una maggior completezza all'analisi, potendo osservare un'implementazione di DDMRP sia con riferimento ad articoli che detengono un potenziale di miglioramento, sia ad articoli che presentano già ottimi risultati secondo i benchmark dell'azienda.

Gli articoli utilizzati per la simulazione sono rappresentati da codici fittizi, al fine di mantenere anonimo qualsiasi riferimento ai prodotti reali su richiesta dell'azienda.

La simulazione verrà presentata separatamente per ogni articolo, ipotizzando diversi scenari e osservando i cambiamenti più rilevanti che avvengono andando a modificare determinati parametri relativi alla domanda. Verranno in particolare confrontati i risultati ottenuti attraverso l'implementazione di DDMRP con quelli ottenuti dal sistema utilizzato dall'azienda, la quale si appoggia ad un sistema tradizionale MRP.

Un input fondamentale per la simulazione è rappresentato dalla domanda giornaliera, ovvero gli ordini che sono stati ricevuti, relativa ai tre prodotti per l'intervallo che va dal 1° gennaio 2020 al 31 dicembre 2020 (che corrisponde all'intervallo temporale considerato dalla simulazione). La domanda giornaliera è stata ottenuta ripartendo il dato aggregato mensile per 20 (numero dei giorni lavorativi): il dato aggregato mensile era l'unico a disposizione inizialmente in quanto, per l'azienda, i tre prodotti non hanno un'elevata variabilità della domanda; ripartire il dato di ogni mese per 20 giorni lavorativi rappresenta pertanto una buona approssimazione del dato giornaliero.

La figura 4.1 rappresenta la domanda giornaliera per i tre articoli: ad esempio, per ID6 nel mese di gennaio la domanda giornaliera è di 2 unità, per febbraio è di 1 unità e così via.

Month	Daily Demand - ID6	Daily Demand - ID46	Daily Demand - ID27
1	2	0	104
2	1	1	67
3	2	1	86
4	1	1	84
5	5	2	79
6	3	1	79
7	5	2	80
8	1	1	51
9	2	1	91
10	2	1	72
11	3	3	55
12	2	2	79

Tabella 4.1. Domanda giornaliera dei tre articoli per l'anno 2020. (Elaborazione personale)

Si analizzerà ora la simulazione per ognuno dei tre articoli, i quali sono tutti acquistati da fornitori esterni e poi rivenduti in quanto non vi è produzione interna nell'azienda.

#### 4.2.1. Simulazione di ID6

Il primo articolo oggetto di analisi è ID6, le cui caratteristiche più importanti ai fini della simulazione sono indicate nella tabella 4.2.

Nella colonna Input sono indicati gli input principali che sono stati utilizzati per ottenere l'elaborazione dei dati, nella colonna Units sono riportati invece i valori relativi ad ogni input.

L'input Average on Hand è una media della quantità on-hand relativa al periodo considerato, quindi dei 12 mesi dell'anno 2020. Il lead time fa riferimento al tempo che trascorre tra un ordine dell'articolo e la sua consegna al cliente. Il Minimum Order Quantity rappresenta una quantità minima di acquisto imposta ed è già stato descritto nel capitolo 3, così come il Service Level (ovvero il livello di servizio) è già stato trattato nel capitolo 2 e consiste in una misura, espressa in percentuale, della soddisfazione della domanda. Il Material Cost è il costo di acquisto dell'articolo mentre Part Type indica il tipo di articolo, che in questo caso è buy - ovvero acquistato - per tutti e tre gli articoli oggetto di analisi. Il valore della colonna Days, infine, riguarda i giorni di copertura riferiti all'Average on Hand; ossia quanti giorni di copertura una determinata media di quantità on-hand riesce ad assicurare.

Part Number	ID6	
Input	Units	Days
Input Average on Hand	95	56
Lead time	18	
Minimum Order Quantity	100	
Service Level	97,52%	
Material Cost	2,61 €	
Part Type	Buy	

Tabella 4.2. Input per ID6. (Elaborazione personale)

Il primo scenario per ID6, che chiameremo “Scenario 1A”, riguarda l’inserimento di alcuni parametri di impostazione per la domanda illustrati nella tabella 4.3.

Il primo è l’Order Spike Horizon, già descritto nel capitolo 3 e fa riferimento ad un orizzonte temporale definito il quale consente al sistema una visibilità verso i picchi di domanda qualificata. In questo caso l’Order Spike Horizon è stato fissato a 7 giorni, quindi il sistema individua un picco di domanda quando questo si verifica in un intervallo temporale non maggiore di 7 giorni. L’Order Spike Horizon viene accompagnato, come già visto in precedenza, da un Order Spike Threshold ovvero da una quantità-soglia che determina un picco di domanda qualificata. L’Order Spike Threshold è stato impostato per tutti gli articoli al 30% della zona rossa.

Il parametro Rolling ADU Horizon fa riferimento alla ADU, la quale viene stimata automaticamente dal sistema per la simulazione e indica quanto frequentemente essa viene ricalcolata e adeguata. In questo caso il Rolling ADU Horizon è di 90 giorni, quindi la ADU viene riaggiustata automaticamente ogni 90 giorni.

Demand Settings	
Order Spike Horizon	7 gg
Order Spike Threshold	30% of Red Zone
Rolling ADU Horizon	90 gg

Tabella 4.3. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 1A. (Elaborazione personale)

Con l'impostazione di questi parametri e sulla base degli input inseriti il sistema ha eseguito la simulazione calcolando autonomamente le zone di buffer e restituendo i risultati indicati nella tabella 4.4.

Il Simulated Average On Hand rappresenta la simulazione della quantità media on-hand sul periodo considerato ottenuta utilizzando il sistema DDMRP.

Una prima osservazione che si può fare riguardo alla Simulated Average On Hand è che questa, utilizzando DDMRP, è diminuita rispetto alla quantità media on-hand utilizzata come input diminuendo tuttavia così anche i giorni di copertura (da 56 a 48).

La Total Demand è la domanda totale annua per ID6, mentre il Peak Demand è il punto valore massimo che ha raggiunto la domanda giornaliera nell'arco del periodo considerato.

I Qualified Spikes rappresentano un output importante in quanto sono il numero di picchi di domanda qualificata che, in base all'Order Spike Horizon impostato, il sistema è stato in grado di individuare (in questo caso 13 picchi di domanda qualificata).

Il Minimum on hand e il Max on hand sono rispettivamente i valori minimi e massimi che la quantità on-hand giornaliera (effettiva, non media) ha raggiunto nel periodo considerato dalla simulazione. Il valore negativo relativo al Minimum on hand sta ad indicare che c'è stato almeno un giorno di stock-out, come indicato dalla riga successiva "Days Stocked Out" la quale riporta il valore di 1.

Il Service Level è calcolato in base ai giorni di stockout nell'anno considerato e nel caso di ID6 ammonta al 99,73%.

La riga "Supply Orders" indica quanti ordini sono stati fatti, mentre la Avg Supply Order Size ne indica la dimensione media; quindi, nell'anno 2020 sono stati effettuati 6 ordini per ID6 con DDMRP della dimensione media di 102 unità.

Risultati della simulazione	Units	Days
Simulated Average on Hand	81	48
Total Demand	617	
Peak Demand	5	
Qualified Spikes	13	
Minimum on hand	-3	
Max on hand	171	
Days Stocked Out	1	
Service Level	99,73%	
Supply orders	6	
Avg Supply Order Size	102	

Tabella 4.4. Risultati della simulazione per lo scenario 1A di ID6. (Elaborazione personale)

La figura 4.1 riporta il grafico relativo a questo scenario con le rispettive zone di buffer e le quantità on-hand, mentre la figura 4.2 rappresenta l'andamento della domanda per il periodo considerato.

Il grafico nella figura 4.1 fornisce una rappresentazione visiva complessiva di ciò che è accaduto nel periodo considerato: si può notare come l'andamento della quantità on-hand sia abbastanza stabile in quanto sono stati effettuati pochi ordini di fornitura (6) di dimensione elevata (102 unità), ciò anche per rientrare nel requisito minimo del MOQ e questo è visibile dalla dimensione maggiore della zona verde rispetto alle zone rosse e gialla.

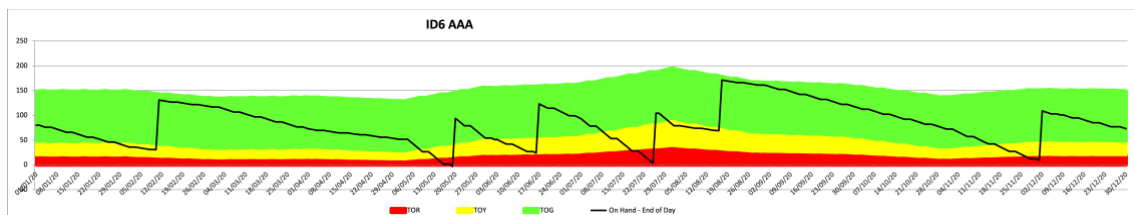


Figura 4.1. Grafico dello scenario 1A. (Elaborazione personale)

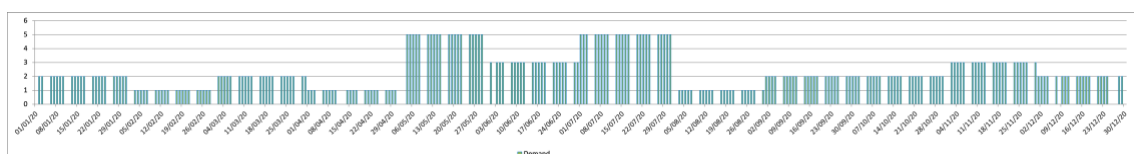


Figura 4.2. Domanda per ID6. (Elaborazione personale)

Questa prima simulazione riporta un miglioramento nell'efficacia complessiva del riordino tramite DDMRP, in quanto la Simulated Average on Hand è diminuita (rappresentando un risparmio dovuto a meno materiale detenuto mediamente in magazzino) ma portando a verificarsi solamente un giorno di Stocked Out e aumentando invece il livello di servizio rispetto a quello di input. Inoltre, la visibilità consentita dall'Order Spike Horizon ha consentito di individuare 13 picchi di domanda qualificata permettendo al buffer di adeguarsi automaticamente per rispondere a tali picchi.

Un secondo scenario per ID6, che chiameremo "Scenario 1B", è stato ottenuto mantenendo inalterati gli input iniziali e portando semplicemente l'Order Spike Horizon a 15gg, come rappresentato in tabella 4.5.

<b>Demand Settings</b>	
Order Spike Horizon	15 gg
Order Spike Threshold	30% of Red Zone
Rolling ADU Horizon	90 gg

*Tabella 4.5. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 1B. (Elaborazione personale)*

Un valore dell'Order Spike Horizon pari al doppio rispetto allo scenario precedente significa un raddoppio della visibilità verso i picchi di domanda qualificata, i quali sono stati 19 in questo scenario come visibile in tabella 4.6. Tale migliore visibilità si è riversata sui giorni di Stocked Out, i quali sono ora pari a 0 (si può notare anche dal fatto che il Minimum On Hand è pari a 3) e consentendo al livello di servizio di salire al 100%. La figura 4.3 mostra il grafico relativo allo scenario 1B: quest'ultimo non si discosta molto dal grafico dello scenario precedente se non per il fatto che non vi sono stati in questo caso giorni di Stocked Out, infatti il Minimum On Hand non scende mai al di sotto dello 0.

Risultati della simulazione	Units	Days
Simulated Average on Hand	82	49
Total Demand	617	
Peak Demand	5	
Qualified Spikes	19	
Minimum on hand	3	
Max on hand	171	
Days Stocked Out	0	
Service Level	100,00%	
Supply orders	6	
Avg Supply Order Size	102	

Tabella 4.6. Risultati della simulazione per lo scenario 1B di ID6. (Elaborazione personale)

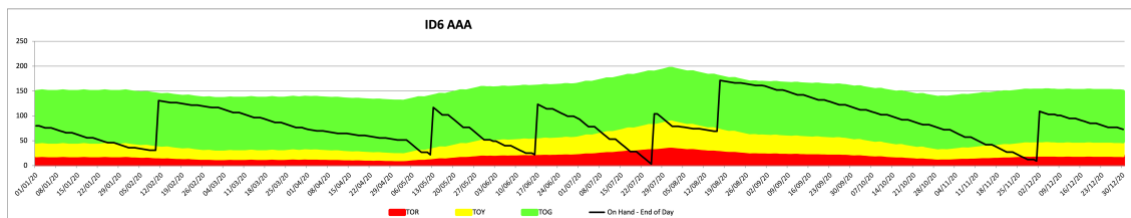


Figura 4.3. Grafico dello scenario 1B. (Elaborazione personale)

#### 4.2.2. Simulazione di ID46

Il secondo articolo oggetto di analisi è ID46, il quale presenta le caratteristiche di input evidenziate in tabella 4.7. In questo caso il livello di servizio è del 96%, un parametro con potenzialità di miglioramento in quanto la soglia minima considerata ottima per l'azienda è un livello di servizio almeno del 98%. Vi è inoltre un MOQ ridotto rispetto agli scenari precedenti, il quale è pari a 10 unità.

Part Number	ID46	
Input	Units	Days
Input Average on Hand	29	31
Lead time	18	
Minimum Order Quantity	10	
Service Level	96,00%	
Material Cost	2,80 €	
Part Type	Buy	

Tabella 4.7. Input per ID46. (Elaborazione personale)

Per lo scenario di ID46, che chiameremo “Scenario 2”, è stato impostato un Order Spike Horizon di 19 giorni, come indicato in tabella 4.8, quindi più elevato rispetto a quello degli scenari dell’articolo precedente.

Demand Settings	
Order Spike Horizon	19 gg
Order Spike Threshold	30% of Red Zone
Rolling ADU Horizon	90 gg

*Tabella 4.8. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 2. (Elaborazione personale)*

I risultati di una visibilità pari a 19 giorni per i picchi di domanda qualificata sono riportati nella tabella 4.9.

I picchi di domanda qualificata individuati dal sistema sono 26 e, non essendovi un livello di MOQ importante, il sistema ha potuto gestire tali picchi di domanda effettuando più ordini di fornitura (32) di dimensione contenuta, come confermato dall’Avg Supply Order Size. Avendo una maggiore visibilità, infatti, il sistema ha ritenuto opportuno non effettuare ordini di grande dimensione che avrebbero sovraccaricato inutilmente il buffer quanto piuttosto creare ordini più frequenti di dimensione contenuta. Il risultato della gestione del buffer da parte del sistema è un abbassamento della Simulated Average on Hand, la quale dal valore iniziale di 29 scende a 17 implicando una minor quantità media di materiale presente in magazzino e un conseguente risparmio economico e finanziario. I giorni di copertura sono scesi dai 31 iniziali a 18 come conseguenza della minor quantità media presente in magazzino, ma ciò non sembra essere un problema sul risultato complessivo finale: i giorni di Stocked Out sono infatti solamente 3 e il livello di servizio finale calcolato dal sistema è pari al 99,18%.

Risultati della simulazione	Units	Days
Simulated Average on Hand	17	18
Total Demand	336	
Peak Demand	3	
Qualified Spikes	26	
Minimum on hand	-1	
Max on hand	37	
Days Stocked Out	3	
Service Level	99,18%	
Supply orders	32	
Avg Supply Order Size	11	

Tabella 4.9. Risultati della simulazione per lo scenario 2. (Elaborazione personale)

Il grafico in figura 4.4. illustra lo scenario appena descritto: la zona verde ha una misura più equilibrata, se confrontata con quella delle altre zone, rispetto agli scenari 1A e 1B; come conseguenza della dimensione media più contenuta degli ordini. La quantità on hand ha invece un andamento non lineare: in particolare dopo il mese di febbraio vi è un andamento altalenante che indica un riordino frequente con quantità diverse a seconda del periodo.

In figura 4.5 è rappresentata la domanda per ID46 nel periodo considerato.

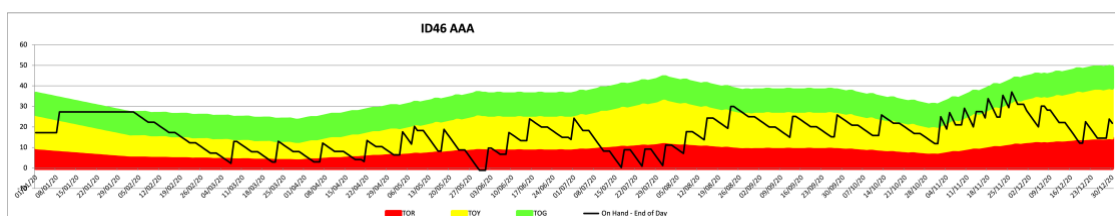


Figura 4.4. Grafico dello scenario 2. (Elaborazione personale)

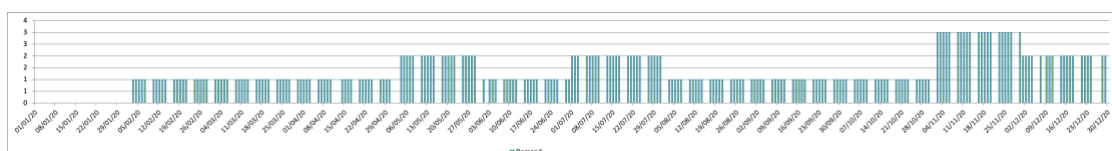


Figura 4.5. Domanda per ID46. (Elaborazione personale)

Simulando l'andamento di questo secondo articolo utilizzando un sistema DDMRP, il risultato complessivo è quello di un buon livello di servizio finale nonostante vi sia una Simulated Average On Hand ridotta, dovuta a un riordino più frequente e di dimensioni contenute.

### 4.2.3. Simulazione di ID27

L'ultimo articolo per il quale è stata svolta la simulazione con DDMRP è ID27, il quale presenta le caratteristiche indicate in tabella 4.10.

L'Input Average on Hand è più elevato (541) rispetto ai casi precedenti, per rispondere ad una domanda media giornaliera più elevata. Il livello di servizio di partenza per questo articolo è già classificato come ottimale in base ai parametri dell'azienda (99%), ad ogni modo si può provare a migliorare l'efficienza, attraverso DDMRP, della gestione degli ordini che porta ad ottenere tale livello di servizio.

Part Number	ID6	
Input	Units	Days
Input Average on Hand	541	10
Lead time	18	
Minimum Order Quantity	10	
Service Level	99,99%	
Material Cost	1,90 €	
Part Type	Buy	

Tabella 4.10. Input per ID27. (Elaborazione personale)

Per lo scenario di ID27, che chiameremo "Scenario 3", si è deciso di non utilizzare la qualificazione dei picchi di domanda qualificata e ciò si manifesta in un Order Spike Horizon pari ad 0 giorni; vale a dire che il buffer ha visibilità nulla verso i picchi di domanda qualificata. Questa impostazione, visibile nella tabella 4.11, è stata scelta per vedere come reagirebbe il buffer senza visibilità verso i picchi di domanda qualificata.

Demand Settings	
Order Spike Horizon	0 gg
Order Spike Threshold	30% of Red Zone
Rolling ADU Horizon	90 gg

Tabella 4.11. Parametri di impostazione per la domanda dello scenario 3. (Elaborazione personale)

Nonostante l'assenza di visibilità verso i picchi di domanda qualificata, il buffer nella simulazione ha mantenuto a 0 il livello di giorni Stocked Out abbassando allo stesso tempo leggermente la Simulated Average on Hand, la quale passa dal valore medio di 541 iniziale a quello di 511 finale (i giorni di copertura diminuiscono di un solo giorno, da 10 a 9). Questa gestione del buffer da parte del sistema DDMRP, che ha consentito di mantenere il valore del Service Level al 100%, è stata implementata effettuando 255 ordini di fornitura nel periodo considerato della dimensione media di 77 unità. Tali valori sono riportati in tabella 4.12.

Risultati della simulazione	Units	Days
Simulated Average on Hand	511	9
Total Demand	19.695	
Peak Demand	104	
Qualified Spikes	0	
Minimum on hand	34	
Max on hand	979	
Days Stocked Out	0	
Service Level	100,00%	
Supply orders	255	
Avg Supply Order Size	77	

Tabella 4.12. Risultati della simulazione per lo scenario 3. (Elaborazione personale)

In figura 4.6, la quale riporta il grafico dello scenario 3, si può notare che la zona verde è contenuta rispetto alla zona gialla proprio per la maggior frequenza e ridotta dimensione degli ordini. Non essendovi visibilità verso i picchi di domanda qualificata, infatti, il sistema ha ritenuto opportuno proteggere il buffer aumentando la zona gialla (che rappresenta il cuore della copertura del buffer) e la zona rossa (che costituisce la zona di sicurezza); riducendo invece la dimensione media degli ordini diminuendo così il rischio di stockout dovuto alla presenza di pochi ordini aperti di grandi dimensioni.

Come si è accennato in precedenza nel capitolo 3, infatti, il sistema DDMRP si basa su una logica secondo la quale è più prudente attivare un flusso di ordini di dimensione ridotta ma costante piuttosto che affidarsi a pochi ordini di grandi dimensioni: se uno di questi ultimi avesse un qualsiasi problema nel consegnare il materiale, si verificherebbe un problema di carenza nella fornitura che potrebbe portare a problemi di stock-out. Al contrario, un flusso maggiore di ordini dalle dimensioni ridotte rappresenterebbe un rischio minore da questo punto di vista.

L'andamento della quantità on hand, visibile nel grafico, rappresenta il numero elevato di ordini che è stato effettuato nell'intervallo temporale scelto per la simulazione: essa ha infatti un andamento discontinuo nel breve periodo ma costante se si considera l'intero periodo della simulazione. Il valore della quantità on hand, infine, si avvicina soltanto due volte a valori critici che potrebbero portare ad uno stock-out mentre per il resto della simulazione non vi sono particolari problemi a questo riguardo.

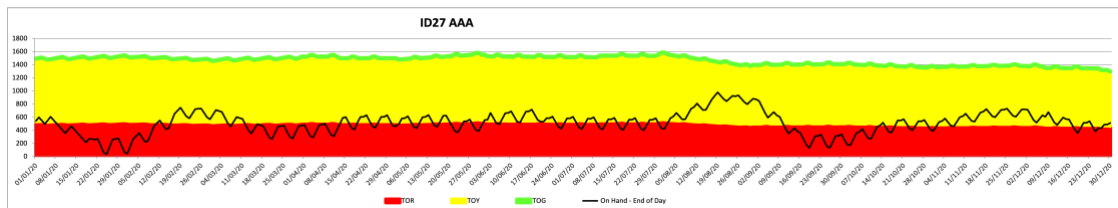


Figura 4.6. Grafico dello scenario 3. (Elaborazione personale)

In quest'ultima simulazione DDMRP ha ottenuto risultati notevoli in quanto, nonostante l'assenza di visibilità verso i picchi di domanda qualificata, è stato in grado di evitare fenomeni di stock-out riuscendo a reagire adeguatamente sia alla domanda regolarmente assorbita dal buffer (ossia quella non anomala, per la quale il buffer è stato progettato), sia ad eventuali picchi di domanda qualificata che possono essersi effettivamente manifestati ma che non sono stati individuati e inclusi nella netflow equation. La figura 4.7 illustra la domanda per ID27.

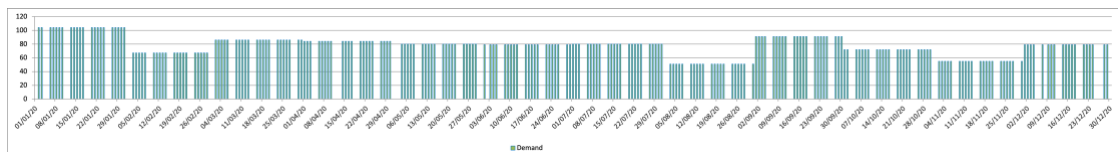


Figura 4.7. Domanda per ID27. (Elaborazione personale)

### **4.3. Discussione dei risultati**

La simulazione che è stata svolta consente di fare alcune considerazioni.

Rispetto ai principali parametri presi in considerazione per poter dare un giudizio sull'efficacia di DDMRP, ovvero l'Average On Hand, i giorni di stock-out e il livello di servizio, in ognuna delle tre simulazioni che sono state svolte esso ha riportato complessivamente ottimi risultati.

Innanzitutto, il livello di servizio ottenuto con DDMRP non si è mai abbassato rispetto a quello iniziale - ottenuto dall'azienda con il sistema MRP tradizionale - e ha sempre riportato valori superiori; ciò è già di per sé un ottimo indicatore di efficacia del sistema. DDMRP si è però dimostrato anche efficiente, oltre che efficace, in ogni scenario: il livello di servizio è infatti sempre aumentato tenendo in considerazione anche la quantità media di materiale necessaria per soddisfare la domanda, ovvero l'Average On Hand. Quest'ultima non è mai aumentata rispetto al valore di input iniziale e ciò non è da sottovalutare, in quanto raggiungere un maggior livello di servizio con un considerevole aumento dell'Average On Hand non sarebbe da considerare un miglioramento efficiente. Un altro indicatore che dimostra l'efficienza di DDMRP nella simulazione è rappresentato dai giorni di stock-out, i quali si sono mantenuti su livelli molto bassi che non hanno destato preoccupazione sulla gestione complessiva.

Il DDMRP, perciò, sembra riportare risultati complessivamente migliori rispetto a quelli ottenuti con il sistema di pianificazione dei materiali utilizzato dall'azienda.

### **4.4. Considerazioni personali**

Posto quanto affermato nel precedente paragrafo, è necessario tenere in considerazione alcuni limiti tipici di una simulazione come quella che è stata svolta.

Innanzitutto, proprio per la sua natura, la simulazione è avvenuta in un ambiente protetto da variabili esterne quali, ad esempio, interruzioni improvvise di rifornimenti da parte dei fornitori o problemi nella consegna dei materiali al cliente, i quali influiscono a loro volta nel livello di servizio finale. Inoltre, per i tre articoli si è utilizzata una domanda di input storica - ovvero già avvenuta - pertanto, per validare i risultati ottenuti con DDMRP dalla simulazione, sarebbe necessaria un'applicazione reale del sistema sottoponendolo alla domanda reale in un ambiente non protetto e suscettibile a qualsiasi tipo di variabile. Ciò

consentirebbe, oltretutto, di applicare il DDMRP ad un maggior numero di prodotti potendone quindi testare l'effettiva efficacia anche su articoli con caratteristiche molto diverse tra loro.

Nella simulazione, in aggiunta, non si è tenuto conto della parte relativa al positioning, quindi della scelta strategica relativa al posizionamento dei buffer e ciò inevitabilmente sottrae del realismo ai risultati ottenuti nella simulazione. Anche per questo motivo, pertanto, per validare i risultati della simulazione si sottolinea la necessità di un'applicazione reale di DDMRP che comprenda anche le scelte strategiche di positioning le quali influiscono severamente sull'efficace implementazione di un sistema DDMRP.

Nonostante questi limiti, che devono essere tenuti in considerazione, la simulazione che è stata presentata rappresenta un primo indicatore del potenziale di DDMRP nella gestione e pianificazione dei materiali all'interno della filiera produttiva nonché della supply chain. In particolare, sarebbe certamente di interesse un'implementazione di DDMRP in Sonepar Italia nelle sue forme proposte da Ptak e Smith dedicate ai distributori, le quali non sono state trattate in questa tesi (Ptak & Smith, 2016, p. 109-123). DDMRP è stato infatti ideato originariamente per le aziende produttive, ma sono state in seguito elaborate delle forme dedicate proprio ai distribution network o reti di distribuzione; anche le aziende operanti in questo settore potrebbero perciò trarre un gran beneficio dalle innovazioni proposte da Ptak e Smith in DDMRP.

## Conclusioni

Come si è potuto apprendere nella prima parte di questo elaborato, dedicata ai sistemi di pianificazione dei materiali e della produzione convenzionali, dalla nascita della produzione industriale ad oggi il mondo circostante alle aziende si è profondamente evoluto, rendendo inadatti sistemi largamente diffusi, quali Lean e MRP, a rispondere alla sempre più dilagante complessità che caratterizza il contesto odierno.

Se MRP al momento della sua introduzione, negli anni '60, si imponeva come sistema estremamente preciso nelle previsioni dei fabbisogni, oggi esso non riveste più tale ruolo. Ciò che richiedono il mercato e la gestione della supply chain non è più estrema precisione nel rispettare dei piani prestabiliti, quanto piuttosto essere adattabili alla sempre maggior richiesta di differenziazione dei clienti nonché riuscire a rispondere efficacemente al sempre più ridotto customer tolerance time e, soprattutto, essere reattivi agli imprevisti che possono sconvolgere la produzione. In altre parole, essere adattabili, efficaci e reattivi in ciò che Ptak e Smith hanno chiamato “The New Normal” è ormai un requisito essenziale, in particolare per le aziende che necessitano di fare uso di metodi di programmazione della produzione e degli ordini di approvvigionamento.

Il metodo DDMRP, introdotto da Ptak e Smith, cerca di superare i limiti dei sistemi di pianificazione convenzionali attraverso una metodologia innovativa che si concentra sulla soddisfazione degli ordini di vendita reali, i quali, come si è visto, rappresentano l'input di domanda più realistico sul quale basarsi per pianificare la produzione o l'approvvigionamento. DDMRP, come visto anche nella simulazione, ha un enorme potenziale nell'efficientamento della gestione degli ordini e della produzione poiché si basa su ordini di vendita reali mantenendo un livello adeguato di stock senza però incidere negativamente sul livello di servizio.

Posto che insito in DDMRP vi è dunque un grande potenziale, esso in futuro dovrà affrontare due problemi che attualmente ne limitano la diffusione e l'applicabilità su larga scala.

Il primo è un fattore che riguarda l'attaccamento del personale aziendale riguardo ai sistemi che sono già utilizzati in azienda: per quanto un nuovo sistema o metodo possa risultare migliore e innovativo, solitamente le aziende mostrano attaccamento al sistema già in uso (esattamente come succedeva prima di MRP con i metodi di Order Point); può essere pertanto difficile, per il management aziendale, decidere di implementare un sistema completamente nuovo qual è DDMRP soprattutto dal momento in cui lo standard

attuale sono i sistemi MRP. Un ottimo modo per DDMRP per farsi strada e guadagnarsi fiducia agli occhi delle aziende e del management aziendale potrebbe essere proprio aumentare la sua notorietà dimostrando la sua efficacia “sul campo” ed effettuando un elevato numero di applicazioni in aziende reali.

Ciò ci porta al secondo problema che deve affrontare DDMRP, ovvero per l'appunto la carenza di studi e applicazioni reali sul tema: nonostante DDMRP esista da circa dieci anni vi sono ancora poche pubblicazioni e studi rilevanti a livello accademico, bisogna evidenziare oltretutto una mancanza di implementazioni in contesti reali che consentano di studiarne l'effettiva applicabilità. Per quanto DDMRP sia innovativo rispetto ai sistemi convenzionali è necessario, per l'appunto, studiarne l'efficacia in un elevato numero di aziende per comprendere in quali ambienti esso funzioni meglio o peggio e aumentarne così la credibilità agli occhi del management aziendale nonché del mondo accademico.

Per concludere, nonostante vi sia ancora molto lavoro da fare per legittimare DDMRP e renderlo un metodo largamente studiato, testato e diffuso, esso detiene in sé un grande potenziale e non è così improbabile che, nel corso del tempo, esso prenda il posto di MRP o, più in generale, di altri metodi di pianificazione convenzionali.

## Bibliografia

- Apics. (2010). *Apics Dictionary, 13th edition*.
- Billington, P., McClain, J., & Joseph Thomas, L. (1983). Mathematical Programming Approaches To Capacity-Constrained MRP Systems: Review, Formulation And Problem Reduction. *Management Science, Vol. 29, No. 10*.
- Bozutti, D., & Espôsto, K. (2019). Sales and Operations Planning: a comparison between the demand-driven and traditional approaches. *International Journal of Production Management and Engineering 7(1)*, 23-38.
- Cordón, C., Hald, K. S., & Seifert, R. W. (2012). *Strategic Supply Chain Management*. Taylor & Francis Group.
- Demand Driven Institute. (n.d.). *demanddriveninstitute.com*. Retrieved from [www.demanddriveninstitute.com](http://www.demanddriveninstitute.com): <https://www.demanddriveninstitute.com>
- Favaretto, D., & Marin, A. (2018). An Empirical Comparison Study Between DDMRP and MRP in Material Management. *Working paper series n. 15*.
- Harris, F. (1913). How Many Parts To Make At Once. *Factory, the Magazine of Management, 10*, 135-136.
- Heisig, G. (2002). *Planning Stability In Material Requirements Planning Systems*. Springer.
- Hugos, M. (2003). *Essentials of Supply Chain Management*. John Wiley & Sons, Inc.
- J. Mabin, V. (2003). The performance of the theory of constraints methodology - Analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management, Vol. 23, No. 6*, pp. 568-595.
- Jacobs, F., & Weston Jr., F. (2007). Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of Operations Management, 25*, 357–363.
- Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., & Amorrortu, I. (2018). Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management, 11 (4)*, 632-650.
- Lee, H., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The Bullwhip Effect in Supply Chains. *MITSloan Management Review, Vol. 38, No. 3*.
- Luther, W. M. (2011). *The Marketing Plan: How to Prepare and implement It*. AMACOM.
- Mabert, V. (2007). The Early Road To Material Requirements Planning. *Journal of Operations Management, 25*, 346–356.
- Mella, P. (2020). Sistemi di controllo integrato di produzione e stock. Dal MRP al OTP; dal JIT ai FMS e oltre. *Economia Aziendale Online - Business and Management Sciences International Quarterly Review, Volume 11 - N. 4*.
- Mentzer, J., DeWitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., & Zacharia, Z. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics, Vol. 22, N.2*.
- Miclo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An empirical study of Demand-Driven MRP. *6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*. Bordeaux, France.
- Minifie, J., & Davis, R. (1990). Interaction effects on MRP nervousness. *International Journal of Production Research, Vol. 28*, 173.
- Minnich, D., & Maier, F. (2006). Supply Chain Responsiveness and Efficiency - Complementing or Contradicting Each Other? *Bruchsal : International University in Germany, School of Business Administration, Vol. 45*.
- Ohno, T. (2004). *Lo spirito Toyota - il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo*. Piccola Biblioteca Einaudi.
- Orlicky, J. (1975). *Material Requirements Planning - The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning - Third Edition*. McGraw-Hill Education .

- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning*. Industrial Press, INC.
- Rahman, S.-u. (1998). Theory of constraints - A review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 4, pp. 336-355.
- Sadler, I. (2008). *Logistics and Supply Chain Integration*. SAGE Publications.
- Simons, R. (2017). *Sistemi di Controllo e Misure di Performance*. Egea.
- Sonepar Italia. (n.d.). *sonepar.it*. Retrieved from [www.sonepar.it](http://www.sonepar.it): <https://www.sonepar.it>
- Taylor, F. (1914). *The principles of scientific management*. Harper.
- Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., & Qu, T. (2017). Drum-buffer-rope and workload control in High-variety flow and job shops with bottlenecks: An assessment by simulation. *International Journal of Production Economics*, No. 188 , 116–127.
- Thierry, C., Zielinski, P., & Guillaume, R. (2017). Robust Material Requirement Planning With Cumulative Demand Under Uncertainty. *International Journal of Production Research*, Vol. 55, No. 22, 6824–6845.
- Tuomikangas, N., & Kaipia, R. (2014). A Coordination Framework For Sales And Operations Planning (S&OP): Synthesis From The Literature. *Int. J. Production Economics*, 154, 243–262.
- Watson, K., Blackstone, J., & Gardiner, S. (2007). The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. *ScienceDirect*, 387-402.
- Wilson, R. (1934). A Scientific Routine for Stock Control. *Harvard Business Review*, 13, 116-128.
- Wren, D. (2011). The Centennial of Frederick W. Taylor's - The Principles of Scientific Management: A Retrospective Commentary. *Journal of Business and Management – Vol. 17, No. 1.*
- Yang, L., Cai, G., & Chen, J. (2018). Push, Pull, and Supply Chain Risk-Averse Attitude. *Production and Operations Management*, Vol. 27, Issue 8, 1534-1552.