



Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Pianificazione della Produzione Secondo l'Approccio DDMRP. Un'Analisi Teorica.

Laureando: Filippo Gavaz De Biasi

Relatore: Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo

Anno accademico 2019-2020

SOMMARIO

Lo scopo della presente tesi è quello di presentare e analizzare il modello di gestione della produzione e di calcolo dei fabbisogni dei materiali che va sotto il nome di *Demand Driven Material Requirements Planning*. Nata agli inizi del nuovo millennio, la metodologia vuole essere il sistema di pianificazione degli approvvigionamenti più adatto a rispondere alle esigenze del mondo moderno in cui la volatilità della domanda, la necessità di offrire sul mercato una grande varietà di prodotti e la competizione su scala globale sono aspetti centrali. La premessa è data dal fatto che la grande maggioranza delle aziende produttive adotta attualmente una logica di pianificazione, l'MRP, nata alla fine degli anni '60 del secolo scorso e che ad oggi presenta diverse criticità a causa della sua rigidità intrinseca.

Il primo passo di questa analisi è allora la comprensione dell'MRP, i motivi per cui ha avuto successo e i fattori che ne compromettono l'efficacia nel contesto industriale dei giorni nostri. In seguito, si passa a discutere i concetti su cui si fonda il Demand Driven MRP e la sua logica di funzionamento. Infine, vengono presentati i più rilevanti casi studio presenti in letteratura per validare quanto affermato e si traggono le conclusioni circa l'efficacia e l'applicabilità del metodo presentato.

INDICE

SOMMARIO.....	II
INTRODUZIONE.....	1
1. SCENARIO.....	3
1.1. Cenni storici.....	3
1.2. Logica di funzionamento della pianificazione tradizionale.....	5
1.3. Inefficienza dell'MRP nel contesto odierno.....	10
2. VERSO UN NUOVO APPROCCIO.....	23
2.1. Il principale ostacolo al flusso: la variabilità.....	24
2.2. Tipi di Variabilità e Six Sigma.....	29
2.3. Lean manufacturing.....	32
2.4. Teoria dei vincoli.....	35
2.5. La forza del disaccoppiamento.....	37
3. STRUTTURA DEL DDMRP: POSITION AND PROTECT.....	43
3.1. Strategic Inventory positioning.....	44
3.2. Buffer profiles and levels.....	50
3.3. Dynamic adjustment.....	61
4. STRUTTURA DEL DDMRP: PULL.....	69
4.1. Demand driven planning.....	69
4.2. Visible and collaborative execution.....	77
5. CASI STUDIO.....	85
5.1. Caso studio 1 – costi e benefici.....	86
5.2. Caso studio 2 – implementazione reale.....	91
5.3. Caso studio 3 – confronto MRP vs DDMRP.....	96
5.4. Caso studio 4 – simulazione su dati storici.....	105
6. RIFLESSIONI FINALI.....	111

INDICE DELLE FIGURE	115
INDICE DELLE TABELLE	117
BIBLIOGRAFIA.....	119

INTRODUZIONE

Da quando Friedrich Taylor ha esposto le sue teorie dell'organizzazione scientifica del lavoro, è stato chiaro a chiunque avesse a che fare con processi produttivi che per incrementarne le performance è necessario trovare dei modelli di gestione che ne aumentino la produttività limitandone al contempo i costi. Se con la mass production fordista, grazie alla domanda di gran lunga superiore all'offerta e alla limitata varietà di prodotti richiesta dal mercato, l'obiettivo era quello di far uscire dalle fabbriche il maggior numero di pezzi possibile, con il passare del tempo la gestione dei flussi produttivi si è evoluta ed ha perseguito obiettivi via via più articolati, anche in virtù degli sviluppi tecnologici che hanno riguardato gli ambienti industriali.

L'invenzione e la diffusione del computer hanno reso possibile l'automatizzazione dei calcoli, consentendo a Joe Orlicky di elaborare attorno agli anni '50 il suo metodo di gestione della produzione, il *Material Requirements Planning* (MRP), che ha avuto la forza di rivoluzionare la pianificazione industriale fino a quel momento basata su metodi statistici legati ai consumi storici e alle previsioni di domanda. La causa della forza dirompente con cui l'MRP si è imposto nel mondo industriale è da ricercare nella sua capacità di fornire un calcolo esatto dei fabbisogni dei codici a domanda dipendente, rendendo quindi non più necessaria una loro previsione. Questo approccio comporta perciò in linea teorica un azzeramento delle giacenze di magazzino per tutti i livelli delle distinte base: ogni ordine di produzione e/o di acquisto è pianificato nelle quantità e nelle tempistiche necessarie ad essere consumato nel momento in cui viene reso disponibile, garantendo un flusso continuo dalla materia prima al prodotto finito e la minimizzazione del capitale circolante. Ad oggi, il sistema ideato da Orlicky è senza ombra di dubbio quello più utilizzato dalle aziende manifatturiere per gestire la produzione e i flussi logistici.

Da quando è stato ideato ad oggi, l'MRP è rimasto sostanzialmente uguale a sé stesso. I calcoli sono stati resi più veloci e la mole dei dati elaborabili è cresciuta notevolmente, ma la logica di calcolo è rimasta esattamente la medesima. Ciò che invece è profondamente cambiato dagli anni '50 ad oggi è il mercato. La ricerca di prodotti sempre più differenziati e personalizzati, la complessità delle reti di fornitura, la sempre più forte spinta alla riduzione delle giacenze e in generale l'aumento esponenziale della variabilità in senso lato fanno sì che le condizioni nelle quali l'MRP è stato ideato non esistano più. Chi si occupa di pianificazione o di gestione dei materiali sa perfettamente che la promessa di un flusso continuo privo di magazzini intermedi è puramente utopica. Generalmente nulla o quasi va secondo quanto previsto. Sono necessari continui interventi per modificare i piani in base ad aggiornamenti provenienti dai fornitori o dai reparti e le previsioni di domanda variano costantemente. In questa situazione vengono a galla tutti i limiti dell'MRP, che ad ogni modifica degli input crea uno scenario completamente diverso. Da ciò deriva una generale mancanza di fiducia nel sistema da parte di chi con esso si interfaccia, con conseguenti azioni "fuori flusso" che non fanno altro che peggiorare la situazione.

Per superare queste inefficienze è stato proposto agli inizi del nuovo millennio un nuovo sistema di pianificazione che si propone di garantire la flessibilità che tanto manca all'MRP e quindi di adattarsi alle esigenze del mondo industriale dei nostri giorni. Questo sistema è chiamato *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) e cerca di unire al proprio interno i principi ritenuti tuttora validi dei vari sistemi di controllo della produzione sviluppati nel corso degli anni e di unirli in un toolset organico capace di soddisfare le esigenze del mercato attuale. Questa tesi nasce con l'obiettivo di presentare il DDMRP, analizzando le premesse dalle quali prende vita, valutando i principi base sui cui si fonda e spiegandone dettagliatamente il funzionamento, per poi cercare di darne una valutazione in termini di applicabilità e corrispondenza dei risultati forniti alle promesse fatte.

1. SCENARIO

Al fine di poter dimostrare l'inadeguatezza dei tradizionali sistemi di pianificazione basati sulla logica MRP, è prima necessario comprendere in quali circostanze e con quali obiettivi sono stati studiati e sviluppati, e come tali circostanze si siano evolute nel tempo modificando di conseguenza il modo in cui quegli stessi obiettivi debbano essere perseguiti. Questo primo capitolo tratta le origini del sistema MRP, la sua struttura logica di base e le sue caratteristiche di funzionamento che ne hanno consentito una così vasta diffusione. Infine, spiega in che modo, a seguito dei radicali cambiamenti cui è andato incontro il mondo industriale, quegli stessi fattori che ne hanno determinato il successo globale siano diventati i suoi principali punti di debolezza.

1.1. Cenni storici

Quando, nel 1975, Joe Orlicky presentava al pubblico il suo lavoro *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*, c'erano al mondo all'incirca 700 aziende manifatturiere o stabilimenti che avevano implementato, o che erano impegnati ad implementare, sistemi MRP (Orlicky, 1975)¹. Ad oggi, questi sistemi sono realmente diventati la "way of life" nell'industria manifatturiera.

L'MRP è stato inizialmente concepito negli anni '50 del secolo scorso grazie alla crescente disponibilità sul mercato dei computer, i quali fecero sì che calcoli fino ad allora fatti manualmente potessero ora essere svolti in modo automatico, molto più velocemente e senza errori. Gli approvvigionamenti di materie prime e semilavorati erano fino a quel momento gestiti con tecniche basate sul punto

¹J. Orlicky, *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill, New York, 1975.

di riordino (ROP, reorder point) o di lotto economico (EOQ, economic order quantity), e ciò portava sistematicamente a componenti mancanti e giacenze di magazzino non corrispondenti a quanto richiesto dal mercato. L'MRP nacque con la promessa di ridurre drasticamente i livelli globali delle giacenze e di incrementare contemporaneamente i livelli di servizio, consentendo agli stabilimenti produttivi di mettere in lavoro soltanto le quantità strettamente necessarie a soddisfare la domanda di mercato e di farlo esattamente nei tempi richiesti.

L'acronimo MRP apparve nel 1965 e di lì in poi il metodo è stato soggetto a numerosi miglioramenti volti ad inglobare diversi aspetti del mondo industriale. Nel 1972 vennero integrati i vincoli capacitivi nella logica di calcolo, dando vita a quello che viene definito close-loop MRP. In seguito, nel 1979, furono aggiunti al metodo principi di contabilità, trasformando l'MRP nel manufacturing resource planning o MRP II (Wight,1981)². Infine, nel 1988 Ling e Goldratt³ iniziarono un processo che portò all'integrazione di altre funzioni aziendali con lo scopo di fornire un metodo più efficace per ricavare l'input per il calcolo dei record MRP, introducendo il concetto di sales and operations planning (S&OP). Questa evoluzione dell'MRP II prese il nome di enterprise resource planning (ERP) e prometteva una migliore visibilità all'interno dell'intera organizzazione in modo da affiancare e sostenere il personale nei processi decisionali. Il dizionario APICS⁴ definisce l'ERP come il quadro di riferimento per organizzare, definire e standardizzare il processo di business necessario per pianificare e controllare efficacemente un'organizzazione in modo che l'organizzazione possa utilizzare le proprie conoscenze interne per ricercare un vantaggio esterno. Un sistema ERP fornisce un'ampia banca dati di informazioni che include record di strutture di prodotto, archivi di costi e vendite, dettagli finanziari, analisi delle gerarchie di prodotti e clienti e dati transazionali storici e attuali.

² O. W. Wight, *MRP II: Unlocking America's Productivity Potential*. Omneo, 1981.

³ R. C. Ling, W. E. Goldratt, *Orchestrating Success: Improve Control of the Business with Sales and Operations Planning*. Oliver Wight Limited Publications, 1988.

⁴ *APICS dictionary*, 16th edition. APICS, 2020.

La visione di Orlicky era pionieristica, rivoluzionaria. Non si trattava di un semplice adeguamento dei metodi utilizzati in precedenza, ma di una radicale rivisitazione del modo in cui le operazioni di pianificazione venivano svolte. L'MRP ha cambiato radicalmente il mondo industriale e lo ha fatto in modo relativamente rapido. La rivoluzione rappresentata dall'invenzione del computer permise di scartare le vecchie tecniche che "fungevano da stampella e avevano al loro interno metodi di sintesi, superficialità e approssimazione, spesso basati su presupposti labili o piuttosto irrealistici, a volte forzando l'adattamento di concetti alla realtà per permettere l'uso di una tecnica". (Orlicky, 1975)⁵

Questa citazione diverrà fondamentale nel seguito del presente capitolo per capire come l'MRP stesso sia diventato incapace di soddisfare le aspettative del mondo industriale contemporaneo.

1.2. Logica di funzionamento della pianificazione tradizionale

Quando si parla di sistemi di pianificazione tradizionali, ciò che si intende è una struttura composta da una componente tattica, il Master Production Scheduling (MPS), e una parte operativa legata alle attività quotidiane, il Material Requirements Planning (MRP). L'impianto formato da questi due elementi sta alla base dei sistemi di pianificazione della maggior parte delle aziende attive nel mondo contemporaneo. In particolare, quasi l'80% delle aziende produttive che usano sistemi ERP per la gestione della propria supply chain implementano anche il modulo dell'MRP (Ptak e Smith, 2018)⁶.

⁵ Ibid

⁶ C. Ptak, C. Smith, *Precisely Wrong. Why Conventional Planning Fails and How to Fix it*. Industrial Press, 2018.

L'MPS è la componente tattica dei sistemi di pianificazione convenzionali, costituisce una sorta di dichiarazione di quanto l'azienda vorrà e sarà in grado di produrre nel medio termine. Di seguito viene riportata la definizione in lingua inglese di MPS data dal dizionario APICS:

“A line on the master schedule grid that reflects the anticipated build schedule for those items assigned to the master scheduler. [...] It becomes a set of planning numbers that drives material requirement planning. It represents what the company plans to produce expressed in specific configurations, quantities and dates. The master production schedule is not a sales item forecast that represents a statement of demand. The master production schedule must take into account the forecast, the production plan, and other important considerations of backlog, availability of materials, availability of capacity, and management policies and goals”.

L'MPS esprime quindi il piano di produzione generale di uno stabilimento in termini di prodotti finiti, e lo fa su un arco temporale denominato *planning horizon*, orizzonte di pianificazione (Orlicky, 1975⁷). Non rappresenta un segnale di domanda ma è la traduzione degli input derivanti dal mercato in un piano di produzione fattibile per il plant. L'MPS stabilisce quali prodotti finiti l'azienda vuole e deve produrre, in quali quantità e con quali tempistiche per poter soddisfare le esigenze dei clienti. L'orizzonte di pianificazione cui fa riferimento è determinato in base decisioni manageriali che conseguono dallo specifico contesto in cui l'azienda opera: più il prodotto realizzato è complesso, maggiori saranno i lead time necessari alla produzione; di conseguenza l'orizzonte di pianificazione si spingerà più avanti nel futuro. La logica con cui l'MPS produce i piani di produzione è solitamente costruita sulla base di varie politiche aziendali quali la prioritizzazione di determinati layer di domanda e, ad esempio, considerazioni di carattere capacitivo riguardanti particolari vincoli di fabbrica. L'input dato in pasto all'MPS è un segnale di domanda che è determinato da una diversa funzione aziendale denominata sales and operations planning (S&OP), la quale elabora i fabbisogni del mercato su un orizzonte temporale più lungo e

⁷ Ibid

solitamente a livello più aggregato. In ogni caso il segnale di domanda è composto sia da ordini effettivi già piazzati dai clienti, sia da domanda prevista con dedicati software di forecasting.

L'output generato dall'MPS diventa poi l'input per l'MRP, il quale converte il piano di produzione dei prodotti finiti nei fabbisogni dei singoli componenti presenti nelle distinte base. Anche in questo caso si riporta la definizione in lingua inglese fornita dal dizionario APICS:

“A set of techniques that uses bill of materials data, inventory data, and the master production schedule to calculate requirements for materials. It makes recommendations to release replenishment orders for material. Further, because it is time-phased, it makes recommendations to reschedule open orders when due dates and need dates are not in phase. Time-phased MRP begins with the items listed on the MPS and determines the quantity of all components and materials required to fabricate those items and the date that the components and materials are required. Time-phased MRP is accomplished by exploding the bill of material, adjusting for inventory quantities on hand or on order, and offsetting the net requirements by the appropriate lead times”.

Come si evince dalla definizione, l'MRP è sostanzialmente un calcolatore che a partire dai fabbisogni di prodotto finito espressi dall'MPS crea la lista degli ordini di approvvigionamento (ordini di acquisto e/o di produzione interna) dei codici necessari alla loro realizzazione. I dati che vengono dati in ingresso al sistema MRP sono, come mostrato in Figura 1-1:

- 1- Il segnale di domanda dato dall'MPS, a cui si possono aggiungere fabbisogni di semilavorati nel caso vengano venduti separatamente o come ricambi.
- 2- Le distinte base di tutti i codici richiesti dall'MPS.
- 3- I dati di giacenza a magazzino di tutti i codici contenuti nelle distinte base.

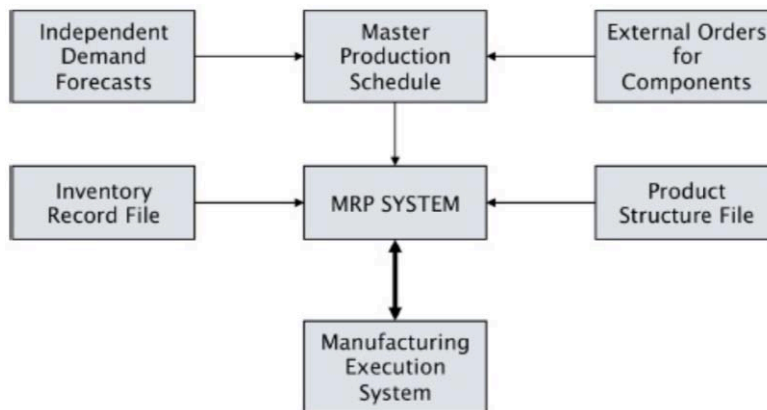


Figura 1-1 Struttura logica dei sistemi di pianificazione convenzionali (Ptak e Smith, 2018)⁸

Data una domanda di prodotto finito, l'MRP calcola i fabbisogni lordi dei componenti esplodendo le distinte base fino ai livelli inferiori. I fabbisogni lordi sono poi nettificati delle quote presenti nei magazzini, che includono sia le giacenze già fisicamente stoccate sia le quantità in WIP (work in progress), con l'obiettivo di portare la giacenza finale a zero. L'MRP pianifica poi le tempistiche di tali fabbisogni in base ai lead time settati per ciascun codice: a partire dalla data di consegna richiesta per il prodotto finito, ricalcola a ritroso le date di partenza in fabbrica per tutti i componenti della distinta base. Solitamente l'MRP lavora in ottica just in time, nel senso che mira a sincronizzare la catena di fornitura per far sì che un componente che viene prodotto possa subito essere consumato dal livello superiore di distinta, senza doversi fermare nei magazzini intermedi.

Come detto precedentemente, l'MPS pianifica all'interno di un lasso temporale ben definito. Lo stesso vale per l'MRP. Questo orizzonte deve essere lungo almeno quanto il lead time totale di produzione del prodotto finito che, secondo la definizione fornita dal dizionario APICS, è dato dal più lungo cammino presente all'interno delle distinte base considerando sia i tempi di

⁸ Ibid

attraversamento dei componenti di produzione interna sia i lead time di approvvigionamento dei codici di acquisto. Risulta quindi evidente come le previsioni di domanda date in input all'MPS debbano a loro volta considerare un orizzonte temporale che copra come minimo il lead time complessivo dei prodotti finiti (Ptak e Smith, 2018)⁹.

L'arma vincente di questo set di strumenti è che consente di calcolare con esattezza le quantità richieste con l'obiettivo di ridurre drasticamente i livelli di giacenza a magazzino. Inoltre, poiché calcola anche le tempistiche dei fabbisogni, consente idealmente una perfetta sincronizzazione del flusso di materiali riducendo code e WIP in eccesso. Nella logica di calcolo adottata dall'MRP tutto è strettamente interconnesso, i fabbisogni sono tra loro dipendenti, nel senso che ogni ordine di semilavorato è dedicato ad uno specifico fabbisogno finale per far sì che vengano soltanto prodotte le quantità strettamente necessarie e nei tempi richiesti. Ciò è particolarmente rilevante nel caso in cui ci siano numerosi componenti condivisi da più codici di prodotto finito o laddove le distinte base siano formate da un numero elevato di livelli. In contrasto a quanto accade per le tecniche di approvvigionamento basate sul punto di riordino, che sono sostanzialmente costituite da calcoli statistici basati su dati storici del consumo medio di un componente in un predeterminato arco temporale, l'MRP non richiede che la domanda dipendente venga prevista.

Con una logica del tutto analoga a quella dell'MRP funziona anche il Distribution Requirements Planning (DRP), ovvero una tecnica che consente di stabilire i piani di spedizione all'interno di una rete distributiva e i fabbisogni produttivi della risorsa che rifornisce il network. Si tratta di un software che, sulla base delle previsioni di mercato dei punti vendita, delle scorte presenti presso ciascun attore del network e dei lead time di produzione e di spedizione, calcola le quantità che ciascun membro della rete deve spedire e le tempistiche delle spedizioni (Romano e Danese, 2006)¹⁰. A partire dai fabbisogni dei punti vendita si ricavano quelli dei grossisti e in seguito quelli del produttore, che

⁹ Ibid

¹⁰ P. Romano, P. Danese, *Supply Chain Management*. McGraw-Hill, 2006.

fungeranno poi da input per i calcoli dei sistemi interni di pianificazione dettagliati nella precedente parte del paragrafo.

1.3. Inefficienza dell'MRP nel contesto odierno

Quando l'MRP fu ideato, il mondo industriale era per molti versi diverso da quello attuale. Erano passati all'incirca due decenni dalla fine della Seconda Guerra Mondiale, e le attività produttive che erano state sviluppate per sostenere lo sforzo bellico furono riconvertite per la produzione di beni di consumo. La crescita economica era sostenuta e di conseguenza aumentava rapidamente la richiesta di mercato per beni materiali. La concorrenza non si sviluppava ancora su scala globale, le capacità produttive erano di gran lunga sovradimensionate rispetto ai fabbisogni e la varietà dei prodotti offerti era ridotta. Inoltre, i clienti erano disposti ad attendere tempi più lunghi rispetto a quanto non lo siano al giorno d'oggi (Kumar e Mede, 2002)¹¹. Queste circostanze creavano un terreno fertile per la diffusione dell'MRP, che in un simile contesto appariva come lo strumento di pianificazione ideale.

In opposizione a quanto appena descritto, lo scenario di oggi è definito da molti autori come VUCA (Bennet e Lemoine, 2014¹²; Kraaijenbrink, 2018¹³; Millar *et al.*, 2018¹⁴ etc.). Si tratta di un acronimo che identifica quattro aggettivi che esprimono quanto sia diventato incontrollabile ed imprevedibile il mondo industriale: volatile (*volatile*), incerto (*uncertain*), complesso (*complex*), ambiguo (*ambiguous*). Le supply chain sono ramificate estendendosi sul mondo intero, la concorrenza è diventata globale, i clienti sono impazienti di avere

¹¹ S. Kumar, D. Meade, *Has MRP run its course? A review of contemporary developments in planning systems*, Industrial Management & Data Systems, 2012.

¹² N. Bennet, G. J. Lemoine, *What VUCA Really Means for You*, Harvard Business review, 2014.

¹³ J. Kraaijenbrink, *What Does VUCA Really Mean?*, Forbes, 2018.

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

immediatamente quello che desiderano, prodotti e servizi sono sempre più personalizzati e perciò la loro domanda è più difficile da prevedere. Tutto ciò rende evidente che le sfide che le aziende si trovano ad affrontare al giorno d'oggi sono di gran lunga più complicate rispetto a quanto accadeva negli anni '60 e '70. La Tabella 1 sintetizza le differenze tra queste due epoche.

Tabella 1. Cambiamenti del mondo industriale dal 1965 al 2013 (adattato da Smith e Smith, 2014)¹⁵

CIRCOSTANZA	1965	2013
Complessità delle supply chain	Bassa. Le reti di fornitura erano catene - erano più lineari. Lo scenario era dominato da supply chain integrate verticalmente e familiari.	Alta. Le supply chain assomigliano più a reti e sono frammentate e si estendono su tutto il mondo.
Cicli di vita dei prodotti	Lunghi. Spesso misurati in anni.	Brevi. Spesso misurati in mesi.
Tempi di tolleranza dei clienti	Lunghi. Spesso misurati in mesi e settimane.	Brevi. Spesso misurati in giorni con diverse situazioni che richiedono attese inferiori alle 24 ore.
Complessità e variabilità di prodotto	Ridotta. Poche varianti e personalizzazioni disponibili.	Elevata. Parti meccaniche ed elettroniche complesse e svariate personalizzazioni.
Parti con lead time lunghi	Poche. La parola "lunghi" è in relazione alla tolleranza della clientela.	Molte. Numerosi componenti d'acquisto prodotti in località remote.
Accuratezza delle previsioni di domanda	Buona. Con minore variabilità, cicli di vita più lunghi e elevati tempi di tolleranza dei clienti, gli errori di forecast avevano impatti limitati.	Pessima. La combinazione degli elementi sopra citati fa sì che avere previsioni accurate sia un'impresa ardua.
Focus sui livelli di giacenze a magazzino	Basso. Con minore variabilità e cicli di vita più lunghi si riducono i rischi di obsolescenza delle merci a magazzino.	Elevato. A causa dell'elevata variabilità di prodotto e dei cicli di vita brevi il rischio di obsolescenza è maggiore, e c'è grande attenzione al working capital.
Frizioni transazionali	Ridotte. La scelta dei fornitori era limitata.	Elevate. La disponibilità di informazioni a portata di click rende esagerato il numero di alternative tra cui scegliere.

¹⁵ D. Smith, C. Smith, *Demand Driven Performance: Using Smart Metrics*. McGraw-Hill, 2014.

Gli autori della tabella definiscono il mondo industriale odierno come “*the New Normal*”.

Tutti questi aspetti, presi nel loro insieme, fanno sì che le supply chain siano caratterizzate da un alto livello di variabilità che deve essere gestito. Il problema di fondo è che, nonostante tutti questi cambiamenti delle condizioni al contorno, la logica di calcolo dell’MRP non è cambiata da quando è stata ideata. Il sistema nel suo complesso si è evoluto integrando varie funzioni aziendali, ma l’algoritmo di base è rimasto esattamente lo stesso.

George Plossl, uno dei padri fondatori dell’MRP e autore della seconda edizione dello scritto *Orlicky’s Material Requirements Planning*, asserisce che la vera essenza delle attività produttive e in generale della gestione delle supply chain è il flusso di materiali e informazioni. Tali materiali e informazioni devono essere rilevanti, il che significa che devono allineare gli asset dell’azienda ai reali fabbisogni del mercato (Smith e Smith, 2014)¹⁶. Avendo delineato quelle che sono le attuali condizioni in cui le aziende si trovano ad operare, è ora possibile spiegare le ragioni per le quali il tradizionale approccio alla pianificazione basato sull’MRP sia inadatto a proteggere e favorire il flusso.

Come descritto in precedenza, l’MRP è un calcolatore molto efficiente che restituisce un risultato ben preciso, ovvero la schedulazione degli ordini dei componenti, quando gli viene dato un certo input, cioè un segnale di domanda, le distinte base e i record dei magazzini. Quindi l’ipotesi di fondo di tutto il sistema è che i dati che lo alimentano siano esattamente corretti. Tuttavia, date le circostanze del *New Normal*, tutti e tre gli input sono soggetti ad errori e incertezze. Innanzitutto, le imprecisioni nelle distinte base sono molto frequenti a causa della crescente complessità dei prodotti e per il fatto che l’inserimento a sistema dei dati è di norma svolto manualmente. Se vi è nella distinta base un codice errato o un componente mancante, la validità del piano suggerito dall’MRP risulterà compromessa. In secondo luogo, anche i dati relativi alle giacenze a magazzino possono essere imprecisi e fuorvianti a causa dell’errata valorizzazione delle parti scartate o per la scarsa abilità degli operatori di reparto

¹⁶ Ibid

di immettere i dati nel sistema IT. In questi casi può accadere che un materiale che risulta disponibile al software è in realtà mancante, con conseguente blocco potenziale di un'intera linea di assemblaggio. Infine, come detto in precedenza, l'orizzonte di pianificazione deve essere maggiore o al limite uguale al lead time complessivo dei prodotti finiti. Dato però che i clienti sono sempre più esigenti in termini di tempi di attesa e di rispetto delle scadenze, non è possibile aspettare l'effettivo inserimento di un ordine per iniziare la produzione, come mostrato in Figura 1-2. Ciò comporta che il dato della domanda di mercato deve essere stimato per poter consegnare puntualmente i prodotti. Le previsioni sono errate per definizione, e più si spingono nel futuro, meno sono accurate.

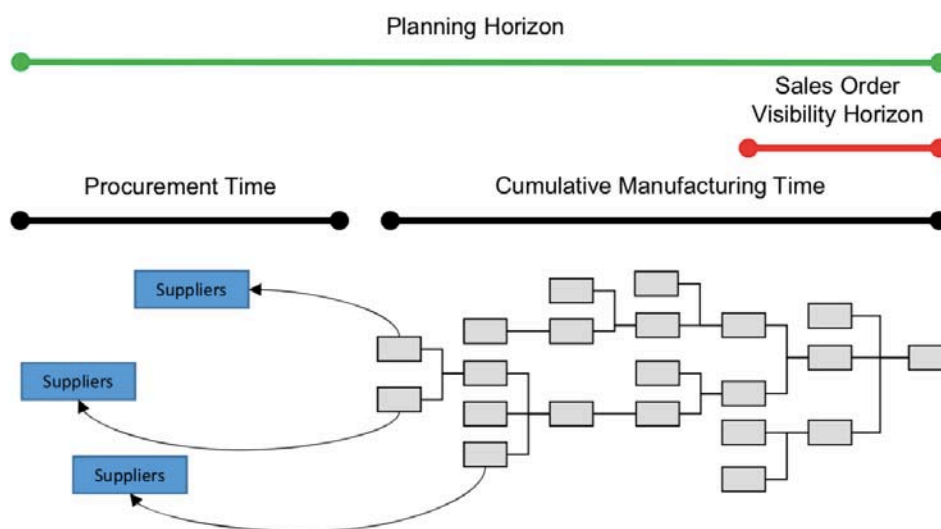


Figura 1-2 Lead time produttivo vs orizzonte di visibilità degli ordini vs orizzonte di pianificazione (Smith e Smith, 2014)¹⁷

Il principale effetto negativo dell'uso del forecast è che, man mano che si avvicinano le date di consegna, la domanda verrà continuamente aggiornata fino a quando verrà congelata, ovvero fino a quando il dato previsto sarà sostituito da

¹⁷ Ibid

un ordine effettivo. Dato che l'MRP considera tutti i fabbisogni strettamente dipendenti tra loro, ogni cambiamento a livello di prodotto finito si ripercuote su tutti i livelli della distinta base. Questo meccanismo fa scattare quello che viene definito nervosismo (*nervousness*) del sistema, osservabile in qualsiasi supply chain gestita con le tradizionali logiche di pianificazione. Il nervosismo crea un quadro in continua evoluzione con lo scenario che cambia ogni qualvolta venga eseguito un nuovo run dell'MRP, il che provoca una incessante serie di messaggi di allerta per i planner oltre che una notevole confusione in reparto per la gestione delle priorità. Qinyun Li e S. M. Disney (2017)¹⁸ hanno sviluppato un modello matematico per misurare il nervosismo che si origina quando partono gli ordini di call-off e vengono emessi gli ordini ai fornitori. Dallo studio emerge che, nel breve termine, incrementi delle quantità richieste possono solo essere soddisfatti con attività di expediting, mentre se le richieste diminuiscono il materiale in eccesso andrà a gonfiare le giacenze dei magazzini. In entrambi i casi l'azienda deve sostenere spese aggiuntive. Esistono in ogni caso nell'MRP classico delle tecniche che tentano di placare il nervosismo del sistema. Un esempio è quello degli ordini pianificati confermati. Si tratta di un ulteriore stadio del ciclo di vita dell'ordine: quando l'ordine pianificato entra nella finestra temporale del lead time cumulato diventa confermato prima di essere rilasciato in fabbrica. Lo stato confermato è una sorta di congelamento dell'ordine che da questo momento in poi non viene più modificato automaticamente dal sistema in modo tale da evitare sconvolgimenti ai livelli inferiori della distinta. L'MRP può soltanto suggerire di apportare delle modifiche di quantità o di tempistiche, ma sta poi al pianificatore verificare se tali modifiche sono realizzabili o meno a seconda delle giacenze a magazzino dei codici figlio impattati e della flessibilità dei processi e/o dei fornitori (De Toni, Panizzolo, 2018)¹⁹. Questa tecnica, pur riducendo il nervosismo del sistema, ha anche l'effetto di ridurre la capacità della supply chain di reagire a cambiamenti di domanda che avvengono entro l'orizzonte del lead time cumulato.

¹⁸ Q. Li & Stephen M. Disney, *Revisiting rescheduling: MRP nervousness and the bullwhip effect*, International Journal of Production Research, 2017.

¹⁹ A. De Toni, R. Panizzolo, *Sistemi di Gestione della Produzione*. Isedi, Milano, 2018.

Vi è poi un altro fenomeno osservabile nelle supply chain che aggrava ulteriormente questa situazione. Si tratta dell'effetto frusta (*bullwhip effect*), che il dizionario APICS definisce come un'ampia variazione nella posizione di fornitura a monte della supply chain generata da una piccola variazione della domanda a valle della supply chain, dovuta alla natura stessa con cui gli ordini vengono trasmessi alle posizioni a monte, con i conseguenti ritardi nel trasporto dei materiali verso le posizioni a valle. La variabilità viene trasmessa ed amplificata ad ogni singolo punto di connessione della catena di fornitura, come mostrato in Figura 1-3. Questo aspetto che caratterizza le supply chain è noto da molto tempo, e nel 1997 Lee, Padmanabhan e Whang²⁰ affermarono che si tratta di una diretta conseguenza del naturale comportamento del personale di pianificazione. Identificarono poi quattro principali cause di tale fenomeno: l'aggiornamento dei forecast di domanda, gestione dei lotti, oscillazioni di prezzo, scarsità e razionamento dell'offerta. Questa distorsione delle informazioni porta ogni attore della supply chain ad accumulare scorte per far fronte all'elevato livello di incertezza e di variabilità.

²⁰ H. L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang, *The Bullwhip Effect in Supply Chains*, Sloan Management Review, 1997.

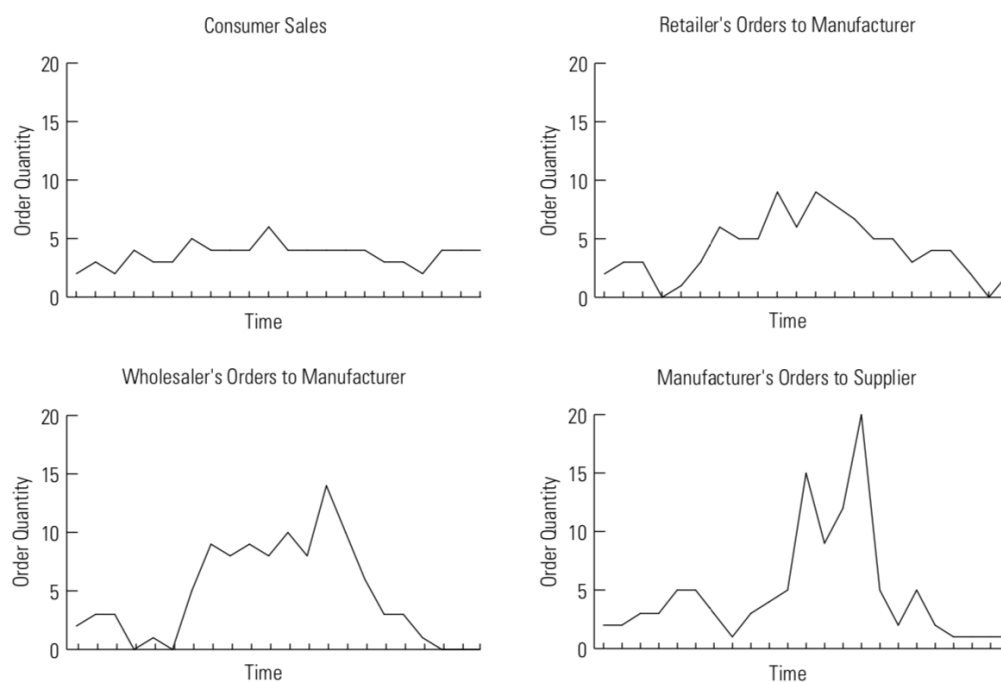


Figura 1-3 Crescita di variabilità degli ordini verso le posizioni a monte della supply chain (Lee, Padmanabhan e Whang, 1997)

Come analizzato nel precedente paragrafo, l'MRP crea un piano per il rilascio degli ordini e il versamento dei componenti a partire dalla data di consegna richiesta del prodotto finito. Questo ricalcolo è svolto sulla base di un'informazione cruciale contenuta nella distinta base: il lead time di produzione, che è considerato costante. Nemmeno questa assunzione di base è tuttavia corretta, in quanto i reparti produttivi sono tutt'altro che un ambiente deterministico. Ritardi di fornitura e di produzione sono all'ordine del giorno, le macchine non hanno mai una disponibilità pari al 100% e possono fermarsi o rompersi, l'efficienza degli operatori è in larga misura frutto dell'esperienza individuale e così via. Bisogna sempre tenere a mente che un singolo componente mancante, che si tratti sia di un oggetto complesso sia della più economica delle viti, può causare il blocco di un'intera linea di assemblaggio, e ciò mostra la natura bidirezionale dell'effetto frusta.

Ptak e Smith (2018)²¹ affermano che una delle principali conseguenze della struttura logica dell'MRP è l'andamento del livello delle giacenze che si riscontra nelle aziende che lo implementano, e sottolineano come l'88% delle compagnie che basano le proprie procedure di pianificazione sull'MRP riscontrino una distribuzione dei livelli di magazzino che si può definire bimodale. Ciò significa che se il livello ideale di giacenza è quello per cui viene garantito il flusso continuo dei materiali senza però arrivare all'accumulo di eccedenze, nella realtà succede che tale livello viene raramente raggiunto e ancor più raramente mantenuto. Accade invece che la maggior parte dei componenti ha giacenze che sono in una continua oscillazione tra un livello troppo ridotto, che quindi provoca mancati e fermi su fase, e un livello di eccedenza, ovvero di materiale in eccesso che causa un flusso rallentato del capitale circolante così come dei costi opportunità legati allo stoccaggio. Questo aspetto è sintetizzato con la frase *“too much of the wrong and too little of the right, and too much in total”*, il che porta inevitabilmente ad importanti esborsi necessari a mantenere i magazzini vicini ai livelli desiderati.

Le politiche di lottizzazione, utilizzate da tutte le aziende per ottimizzare gli attrezzaggi delle macchine, per migliorare l'efficienza produttiva e per ottenere prezzi d'acquisto più vantaggiosi, rendono ancor più drammatica l'inefficienza dell'approccio tradizionale al planning. Esistono svariate regole per la determinazione della dimensione dei lotti, e spesso le regole hanno anche l'obiettivo di rendere più uniforme il segnale di domanda e quindi di mitigare il nervosismo del sistema. I lotti sono calcolati tentando di bilanciare correttamente i costi di emissione dell'ordine (che si tratti di ordini di acquisto o di ordini di produzione) e i costi di mantenimento delle giacenze a magazzino, minimizzando allo stesso tempo il rischio di stock out (De Toni, Panizzolo, 2018)²². Quello che tuttavia accade è che le dimensioni dei lotti di produzione saranno diverse per ciascuna lavorazione cui un materiale è sottoposto, e i lotti di acquisto saranno calcolati indipendentemente da quelli di produzione. Ogni componente o gruppo di componenti verrà prodotto e trasportato in lotti di

²¹ Ibid

²² Ibid

dimensioni diverse, causando una distorsione ancor maggiore del segnale di domanda che viene trasmesso attraverso la supply chain.

Chi si occupa di pianificazione industriale affronta quotidianamente le tematiche appena illustrate dovendo trovare dei modi per superare le distorsioni che l'MRP genera. Quello che allora accade è che vengono svolte innumerevoli manovre per aggirare il sistema, con l'utilizzo di fogli di calcolo per analizzare i dati forniti dall'MRP in modo da capire quali siano le lavorazioni o i fornitori che stanno causando i ritardi. È ad esempio una prassi consolidata quella di creare manualmente gli ordini di produzione ignorando quelle che sono le proposte fatte dall'MRP per far sì che tutti i componenti necessari vengano pianificati di conseguenza e che venga riservata sufficiente capacità per produrli. Lo svantaggio di questa pratica è che i piani di produzione vengono congelati prima di quanto previsto dalle logiche MRP, e di conseguenza una reazione ad un cambio improvviso di domanda risulta molto complessa.

Inoltre, nonostante le moderne potenze di calcolo di cui sono dotati i computer consentirebbero ricalcoli immediati da parte dell'MRP, Ptak e Smith (2018)²³ mostrano come la maggioranza delle aziende utilizzano quello che viene definito un *weekly bucket*: anziché far girare permanentemente o quotidianamente il sistema, lo si programma in modo tale che la serie di ricalcoli venga svolta soltanto una volta a settimana per sì che venga attenuato il nervosismo del sistema. Questa scelta è illustrata in Figura 1-4: si preferisce gestire delle modifiche di entità maggiore ma con frequenza ridotta piuttosto che generare confusione nei reparti, anche considerando che in tal modo i pianificatori possono lavorare su dei dati che restano invariati nel corso della settimana. L'altra faccia della medaglia è che cos' facendo si genera una latenza nel segnale, in quanto si ignorano delle modifiche della domanda che invece si verificano continuamente.

²³ Ibid

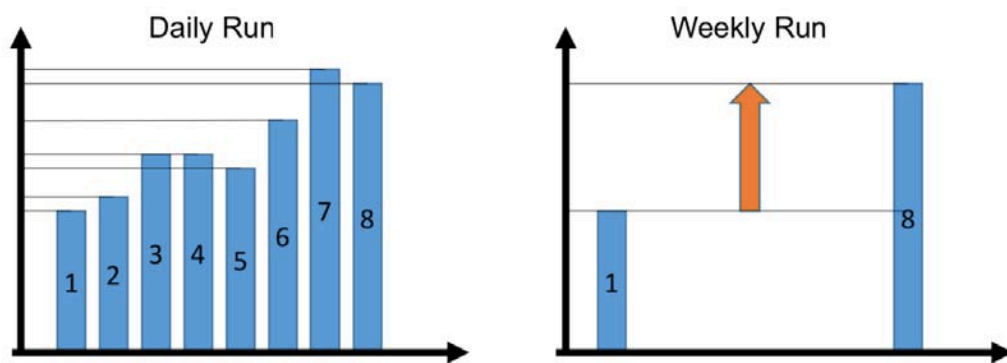


Figura 1-4 Run Giornaliero vs run settimanale (Ptak e Smith, 2018)

Infine, lo strumento sicuramente più usato in pianificazione per far fronte alla variabilità è l'implementazione delle scorte di sicurezza, definite dal dizionario APICS come una quantità di materiale stoccato per proteggere da variazioni di domanda o di fornitura e, nello specifico contesto dell'MPS, il materiale e la capacità pianificata in eccesso come protezione da errori di previsione e cambiamenti di breve termine nel backlog. La scorta di sicurezza diventa il nuovo "zero" a cui l'MRP tenta di portare la giacenza e si comporta pertanto come un segnale di domanda aggiuntivo. È quindi un ulteriore input approssimativo che viene dato in pasto al sistema.

La Figura 1-5 riassume le inefficienze della pianificazione convenzionale in un contesto come quello odierno. La distorsione di informazioni e materiali è dovuta alla caratteristica principale dei sistemi MRP, ovvero quella di rendere tutto dipendente. Il tempo che il cliente è disposto ad aspettare è di molto inferiore al lead time complessivo di produzione, motivo per cui le operations si trovano a dover gestire un segnale di domanda composto prevalentemente da previsioni. Man mano che la domanda diventa effettiva e il forecast viene aggiornato, il sistema reagisce in modo nervoso e si richiedono azioni correttive da parte degli addetti alla pianificazione. Il risultato è una ancor più drastica distorsione delle informazioni trasmesse. Ciononostante, se anche gli input dati all'MRP fossero certi ed esatti, tutta la filiera produttiva dovrebbe essere deterministica e svolgersi esattamente secondo quanto pianificato per avere

sempre il materiale disponibile al momento giusto. Una condizione che è irrealizzabile all'interno degli ambienti produttivi. Tutto ciò mostra come la logica che sta alla base dell'MRP sia responsabile della creazione, della trasmissione e dell'amplificazione della variabilità attraverso la supply chain, penalizzandone le performance.

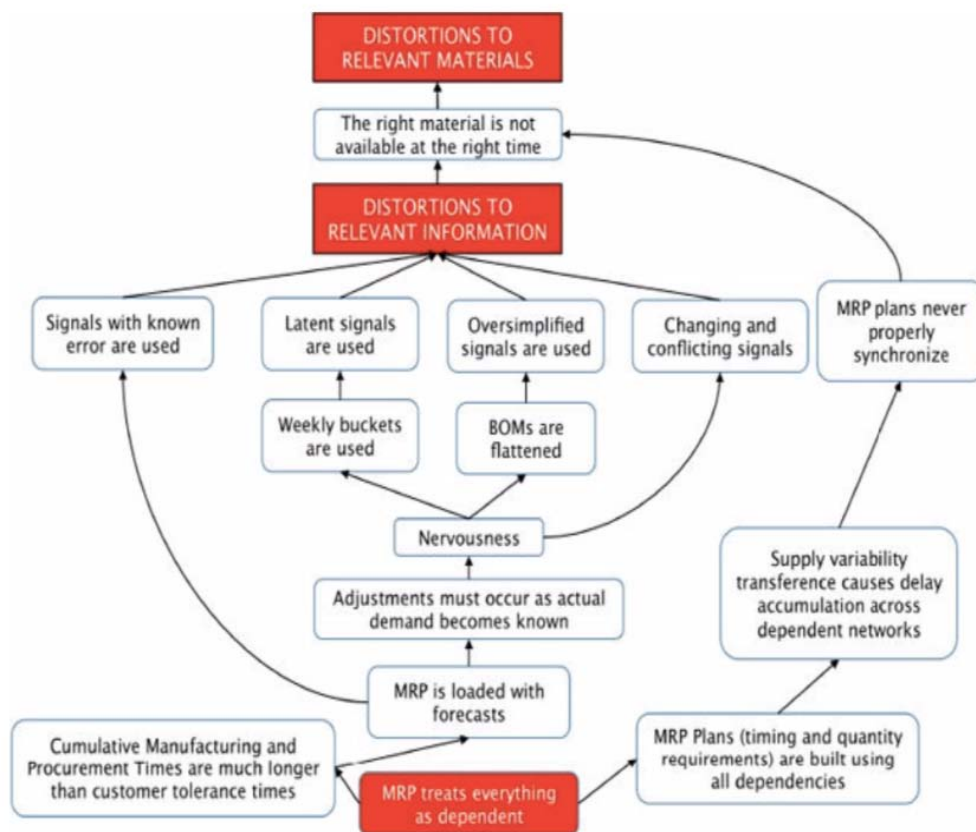


Figura 1-5. Inefficienza dell'MRP nel *New Normal* (Ptak and Smith, 2018)

Riprendendo la citazione contenuta nella parte introduttiva del presente capitolo, dovrebbe a questo punto essere chiaro che lo stesso MRP sia diventato una stampella, sia basato su presupposti labili e irrealistici e forzi l'adattamento di concetti alla realtà per consentirne l'uso.

Il capitolo seguente analizza quelle che sono le basi teoriche del *Demand Driven Material Requirements Planning*, un approccio innovativo alla pianificazione industriale che si pone come obiettivo quello di superare le inefficienze dei metodi tradizionali.

2. VERSO UN NUOVO APPROCCIO

Una volta analizzata e compresa la logica di funzionamento dei tradizionali sistemi di pianificazione e in seguito ad averne colto le inadeguatezze in un contesto contemporaneo sempre più complesso e volatile, è necessario intraprendere la rotta verso un nuovo approccio che abbia come obiettivo quello di superare le sopracitate inefficienze. Questo è il luogo in cui si colloca il Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), un innovativo modello di pianificazione della produzione e gestione delle giacenze nato agli inizi del nuovo millennio. Il modello vuole mettere insieme i principali aspetti positivi e tuttora applicabili della metodologia MRP, unendoli a quelli di altri metodi e filosofie sviluppati nel corso degli scorsi decenni. I pilastri del DDMRP sono mostrati in Figura 2-1.

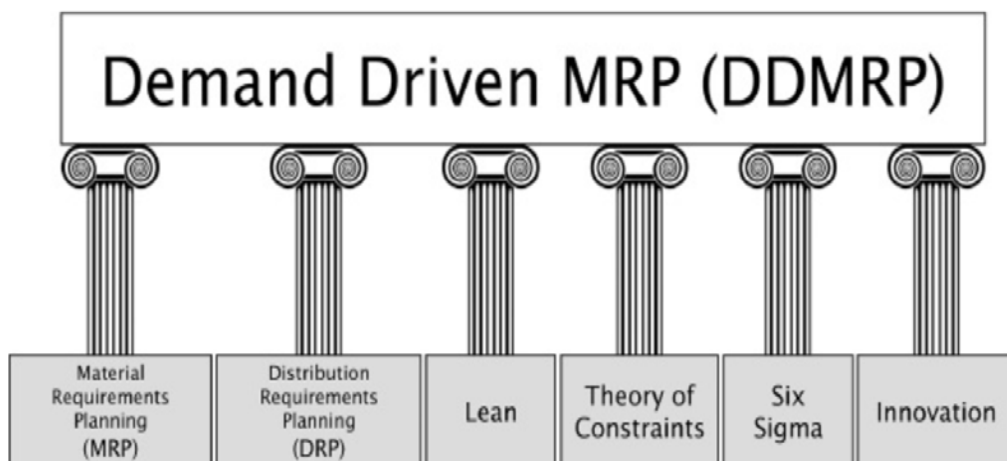


Figura 2-1 Pilastri della metodologia DDMRP (Ptak e Smith, 2016)²⁴

Prima di sviscerare le procedure tecniche ed operative di funzionamento del DDMRP, che verranno coperte nel capitolo successivo, è importante capire i concetti chiave sui quali tale metodologia si basa e in che modo questi vadano a

²⁴ C. Ptak, C. Smith, *Demand Driven Material Requirements Planning*. Industrial Press, 2016.

colmare le lacune presenti nel tradizionale approccio alla pianificazione industriale. Pertanto, il presente capitolo si focalizza sul concetto di flusso e sul principale elemento delle supply chain che lo impedisce – la variabilità. Il capitolo prosegue andando ad analizzare gli altri approcci alla pianificazione industriale mostrati in Figura 2-1, cercando di concentrare l'attenzione su quegli aspetti fondamentali che sono poi stati ripresi ed elaborati dagli ideatori del DDMRP. Infine, viene presentato un concetto che è indispensabile per comprendere l'innovazione rappresentata dal DDMRP, ovvero quello di disaccoppiamento: un concetto sicuramente non nuovo ma che in questa metodologia viene rivisitato ed adattato in modo da rendere le logiche di pianificazione più adatte a soddisfare le richieste del mondo industriale odierno.

2.1. Il principale ostacolo al flusso: la variabilità

Riprendendo quanto anticipato nel primo capitolo, il principale driver delle performance di una supply chain è la velocità del flusso secondo il quale materiali e informazioni vengono trasmesse tra i vari nodi della catena di fornitura. Il flusso informativo scorre dal cliente fino ad arrivare al produttore di materie prime, mentre il flusso dei materiali ha verso opposto, come schematizzato in figura 2-2.

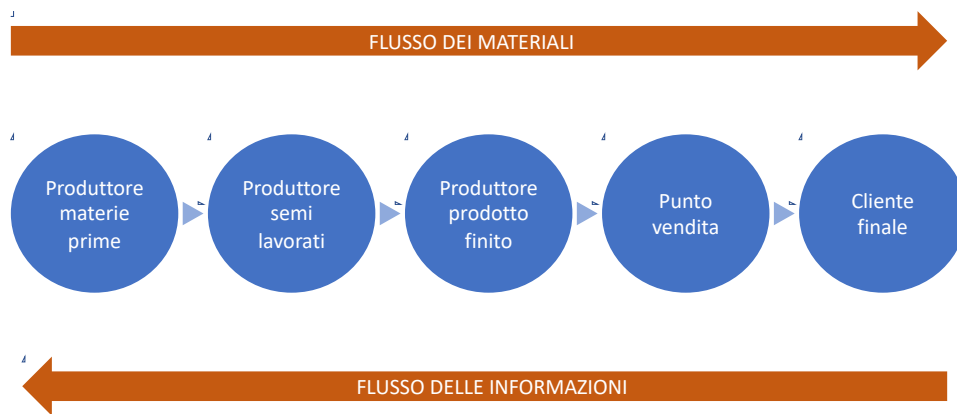


Figura 2-2. Flusso delle informazioni e flusso dei materiali

Ptak e Smith (2018)²⁵ identificano sei aspetti che concorrono a definire le performance di un'impresa:

- Livello di servizio. Un sistema dotato di un flusso continuo di informazioni e materiali produce risultati affidabili e in linea con le attese, rendendo più facilmente perseguibile l'obiettivo di soddisfare le richieste dei clienti.
- Ricavi. Il livello di servizio va di pari passo con la quota di mercato.
- Qualità. Quando le cose vanno secondo previsione è meno probabile incappare in errori in quanto c'è in generale meno confusione.
- Livelli di magazzino e capitale circolante. Con riferimento alla legge di Little, la quantità di work in progress (WIP) è direttamente proporzionale al tempo impiegato da un prodotto per attraversare il sistema. Al crescere della velocità di flusso verrà ridotto il tempo di attraversamento e di conseguenza il working capital (WC).
- Costi. Quando il flusso è rallentato si rendono necessarie attività di expediting per rispettare le scadenze, quali ad esempio spedizioni

²⁵ C. Ptak, C. Smith, *Precisely Wrong. Why Conventional Planning Fails and How to Fix it*. Industrial Press, 2018.

express, rilavorazioni e straordinari per completare attività rimaste incompiute.

- Liquidità. Se la velocità del flusso è massimizzata, risulterà rapido anche il ritorno degli investimenti, e non saranno necessarie le attività di expediting sopra citate.

Il flusso fa sì che gli obiettivi delle varie funzioni dell'impresa siano tra loro coerenti e permette a ciascuna di massimizzare le proprie performance. L'importanza della coerenza sta nel fatto che il miglioramento degli indicatori di una singola funzione ha un conseguente risvolto positivo sulle prestazioni globali dell'azienda. (Abith, 2018)²⁶. Risulta pertanto evidente come l'obiettivo ultimo di ogni sistema di pianificazione, e in senso più generale di tutte le funzioni aziendali e degli strumenti da esse adottati, dovrebbe essere quello di promuovere e proteggere il flusso di materiali e informazioni. Va però precisato che non tutte le informazioni e non tutti i materiali sono utili al miglioramento delle performance aziendali: ciò che si osserva al giorno d'oggi è che molte aziende sono sommerse da informazioni poco utili e ridondanti, e allo stesso tempo i materiali sono spesso eccedenti laddove non sono necessari mentre invece mancano quando vengono richiesti. Ciò che li rende rilevanti è l'essere allineati con quello che chiede il mercato, in modo da poter sfruttare al meglio gli asset dell'azienda. (Ptak e Smith, 2018)²⁷.

Al fine di implementare e proteggere un flusso continuo di materiali e informazioni, è necessario conoscere il principale fattore che si oppone alla sua realizzazione, ovvero la variabilità. All'interno del dizionario APICS viene definita la legge della variabilità, secondo cui l'aumento di variabilità in un processo comporta direttamente una perdita di produttività dello stesso. È qui importante notare come i concetti sia di flusso che di variabilità vengano intesi a livello sistemico più che di singola attività. Così come il flusso è riferito non tanto alla cadenza di una linea produttiva ma alla linearità e alla velocità con cui materiali e informazioni percorrono una supply chain, allo stesso modo la

²⁶ Z. G. Abith, *Demand Driven Material Requirements Planning: A new method for production and planning management*. Politecnico di Milano, 2018.

²⁷ Ibid

variabilità va intesa come fenomeno più ampio rispetto alla difettosità di un singolo processo. A livello locale gli impatti sono limitati: ciò che realmente intralcia il flusso a livello di sistema è l'accumulazione e la propagazione delle variabilità locali attraverso tutta la rete di fornitura. Questa trasmissione è strettamente legata al modo in cui le varie aree interagiscono tra loro, ed è in queste interazioni che i sistemi ERP, e in particolare l'MRP, mostrano le loro inadeguatezze. Nel precedente capitolo sono stati illustrati i concetti di *nervousness* ed effetto frusta: dovrebbe a questo punto risultare evidente come al crescere delle dimensioni e della complessità di un sistema diventino più articolate le interazioni tra le varie aree, rendendo questi due effetti ancor più deleteri. C'è in particolare una relazione diretta tra il numero di connessioni interdipendenti viste e calcolate dall'MRP e il grado di nervosismo del sistema. La Figura 2-3 è una rappresentazione schematica di questo fenomeno: nella parte inferiore è mostrata una struttura di prodotto che converge verso il prodotto finito, cui è sovrapposta una linea ondulata che rappresenta la variabilità che viene amplificata attraverso il network di attività interconnesse; il grafico superiore illustra come al susseguirsi delle operazioni e quindi alla crescita della variabilità, rappresentata lungo l'asse delle ascisse, corrisponda un crescente accumulo di ritardo. Il risvolto di questo accumulo è un lead time complessivo più lungo e più incerto, così come una produttività ridotta e non conforme alle aspettative.

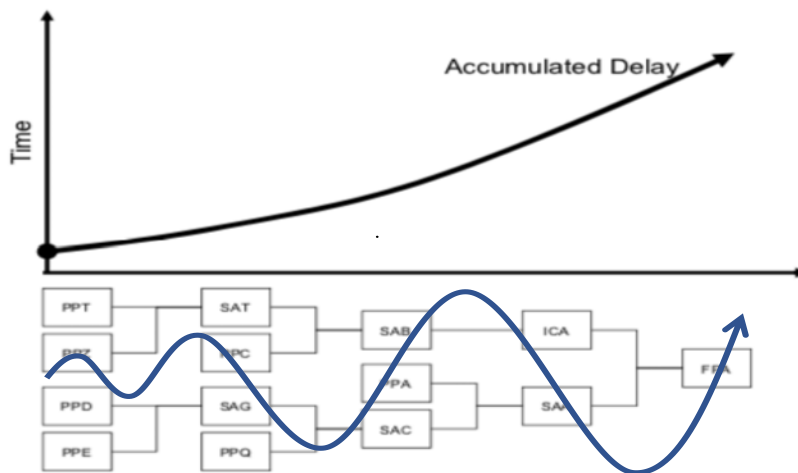


Figura 2-3 Effetto della variabilità di sistema (Smith e Smith, 2014)²⁸

Secondo Germain *et al.* (2008)²⁹ gli effetti della variabilità sono visibili a 3 livelli. Guardando il singolo processo, la variabilità fa insorgere costi diretti, quali rilavorazioni per qualità non conforme o straordinari degli operatori, e costi opportunità, legati al mancato sfruttamento della capacità produttiva disponibile e all'obsolescenza di giacenze eccessive nei magazzini. Inoltre, la variabilità viene solitamente amplificata attraverso le diverse funzioni aziendali in quanto, ad esempio, materiali che arrivano dai fornitori successivamente a quando pianificato potrebbero provocare tempi di inattività e ritardi nei versamenti. Infine, all'interno di supply chain complesse, la variabilità di un'azienda può trasmettersi attraverso il network di interconnessioni, arrivando ad altri attori anche non direttamente collegati.

²⁸ D. Smith, C. Smith, *Demand Driven Performance: Using Smart Metrics*, McGraw-Hill, 2014.

²⁹ R. Germain, C. Claycomb, C. Dröge, *Supply Chain Variability, Organizational Structure and Performance: The Moderating Effect of Demand Unpredictability*. *Journal of Operations Management*, 2008.

2.2. Tipi di Variabilità e Six Sigma

Nel tentativo di classificare i vari tipi di variabilità che un'organizzazione si ritrova a dover affrontare, Smith e Smith (2014)³⁰ identificano 4 categorie, come mostrato dalla Figura 2-4.

- Demand variability. È una forma di variabilità esterna, rappresentata dall'imprevedibilità dell'andamento della domanda. Può essere la conseguenza di stagionalità, riduzioni di prezzo o particolari campagne di marketing, oltre che del comportamento della clientela soggetto a mode e tendenze più o meno durature.
- Supply variability. È una forma di variabilità esterna. Consiste nei ritardi e/o nelle mancate consegne dei materiali in ingresso, in generale definibili come affidabilità e puntualità della rete di fornitura. Nel contesto industriale contemporaneo le penalizzazioni derivano dal crescente numero di fornitori e dalla loro localizzazione in tutto il mondo.
- Operational Variability. È una forma di variabilità interna. Si tratta di tutti gli imprevisti che possono accadere nei reparti produttivi, quali ad esempio guasti ai macchinari, problemi di qualità che comportano rilavorazioni, errori di assemblaggio, tempi di lavorazione maggiori degli standard dovuti a inefficienze e poca esperienza degli operatori.
- Management variability. È una forma di variabilità interna associata alla componente umana che definisce, interpreta e usa le regole di un sistema. È un tipo di variabilità autoimposta che deriva direttamente dalle decisioni strategiche e dalle azioni intraprese dal management. L'analisi di questo tipo di variabilità è secondo gli autori il primo passo per riconoscere l'inefficienza del modello basato sull'MRP e per intraprendere la rotta verso il DDMRP.

³⁰ Ibid

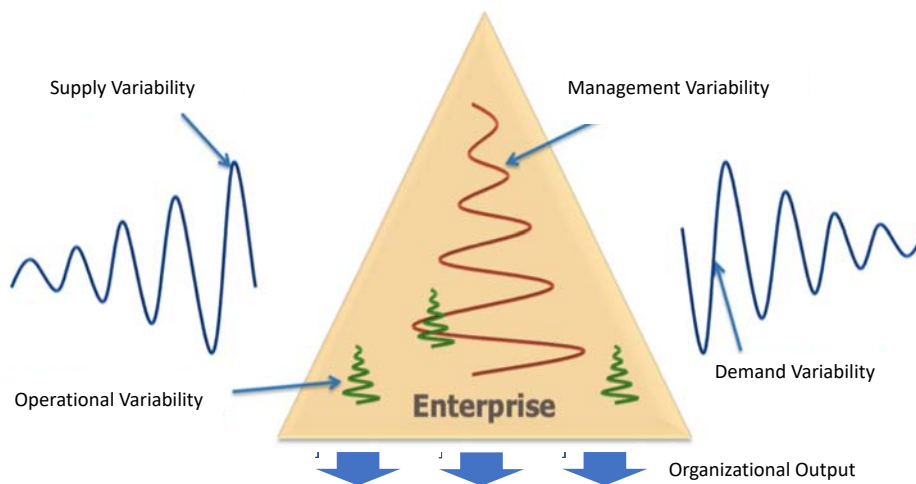


Figura 2-4 Tipi di variabilità. (Smith e Smith, 2014)¹⁸

William Edwards Deming, padre del total quality management (TQM), classifica le cause di variabilità in 2 categorie distinte: cause comuni (common cause of variation) e cause speciali (special cause of variation) (Aven, 2014)³¹. Le prime sono quelle strettamente inerenti al processo, che si traducono in una distribuzione costante ma casuale della produzione intorno alla media dei dati³². Non sono quindi eliminabili senza riprogettare il processo stesso. Le seconde sono invece cause esterne, altamente imprevedibili, che portano a delle variazioni elevate e non casuali dell'output³³. Se un processo è soggetto soltanto a cause comuni di variabilità il suo output sarà contenuto all'interno di limiti di controllo definiti in base alla natura del processo stesso. Tale processo sarà considerato "sotto controllo". L'insorgenza di cause speciali di variazione farà uscire l'output al di fuori dei limiti di controllo, rendendo quindi il processo "fuori controllo" (Aven, 2014)³⁴. Nonostante sia impossibile pensare di eliminare totalmente ogni tipo di variabilità, è necessario limitarne le cause e la diffusione tra gli attori delle supply chain.

³¹ T. Aven, *On the Meaning of Special-Cause Variation Concept Used in the Quality Discourse*. Reliability Engineering and System Safety, Elsevier, 2014.

³² www.isixsigma.com/dictionary/common-cause-variation

³³ www.isixsigma.com/dictionary/special-cause-variation

³⁴ Ibid

In quest'ottica si colloca la metodologia six sigma, sviluppata da Motorola nel 1985 con l'obiettivo di ridurre drasticamente la difettosità della propria produzione attraverso un approccio statistico, e diventata poi uno strumento applicato per conseguire l'eccellenza in tutti i processi aziendali. Si basa sul fatto che “se esiste la possibilità di misurare quanti difetti/errori ci sono in un processo, è possibile eliminarli sistematicamente fino a ridurli a zero” (Tono, 2019)³⁵. Per poter ridurre la difettosità è necessario andare ad analizzare e dove possibile eliminare le cause delle variabilità di processo. Linderman *et al.* (2003)³⁶ definiscono il six sigma come un metodo organizzato e sistematico per il miglioramento dei processi strategici e lo sviluppo di nuovi prodotti e servizi, che utilizza metodi statistici ed il metodo scientifico per ridurre drasticamente il numero di difetti definiti dal cliente. Secondo Abdelhamid (2014)³⁷ la novità e l'unicità di questa metodologia sta nel riconoscere la relazione esistente tra la riduzione della variabilità interna ai processi produttivi e il grado di soddisfazione della clientela. Il metodo è basato sul ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control): definizione del problema, mappatura del processo e determinazione delle esigenze del cliente; identificazione di misure possibili e raccolta dati rilevanti per il problema analizzato; analisi dei dati raccolti cercando correlazioni tra di essi per identificare le cause profonde dei problemi utilizzando gli strumenti della statistica inferenziale; miglioramento del processo esistente utilizzando soluzioni alternative ricavate dall'analisi dei dati; controllo e monitoraggio dei risultati ottenuti per mantenere i miglioramenti conseguiti (Abdelhamid, 2014³⁸; Tono, 2019³⁹). L'obiettivo finale del metodo è quello di avere un output di processo sotto controllo, ovvero racchiuso all'interno di limiti di controllo definiti dalla media attesa +/- 6 volte la deviazione standard. Ammettendo che la stessa media possa variare di 1,5 volte la deviazione standard, tale intervallo corrisponde ad una difettosità di 3,4 parti

³⁵ S. Tono, *Lean Six Sigma e Yellow Belt*, Materiale didattico del corso Gestione Snella dei Processi, 2019. Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale, Università degli Studi di Padova, A.A. 2019/2020.

³⁶ K. Linderman, R. G. Schroeder, S. Zaheer, A. S. Choo, *Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective*. Journal of Operations Management, 2003.

³⁷ T. S. Abdelhamid, *Six Sigma in Lean Construction Systems: Opportunities and Challenges*. Research Gate, 2014.

³⁸ Ibid

³⁹ Ibid

per milione. La spiegazione dettagliata del metodo e del significato dei limiti di controllo esula dallo scopo di questa tesi, ma ciò che si vuole sottolineare è l'attenzione posta alla riduzione della variabilità di processo come leva per il miglioramento delle performance aziendali, aspetto che rende la metodologia six sigma uno dei pilastri portanti del DDMRP.

2.3. Lean manufacturing

Un'altra metodologia fondamentale nella gestione dei processi produttivi e delle reti di fornitura è la lean manufacturing. Si tratta di una vera e propria filosofia produttiva sviluppata in Giappone dalla Toyota Motor Company, ed in particolare da Taiichi Ohno, a partire dalla fine della Seconda Guerra Mondiale. Il mondo dell'automobile era allora dominato dai colossi americani Ford e General Motors, che avevano raggiunto la loro posizione di predominio grazie all'applicazione della mass production. Womack e Jones, nel loro *The Machine that Changed the World*⁴⁰ spiegano come le condizioni economico sociali post-belliche del Giappone rendessero impossibile l'adozione delle strategie americane: un mercato locale di dimensioni contenute ma che chiedeva una grande varietà di mezzi di trasporto, una classe lavoratrice che guadagnava consapevolezza e reclamava maggiori diritti e tutele, un'economia soffocata dall'occupazione americana e che quindi non poteva permettersi investimenti ingenti, e una serie di produttori esteri desiderosi di entrare nel mercato giapponese. La mass production americana prevedeva che gli operatori di linea svolgessero ciascuno poche attività ripetitive, mentre i supervisori controllavano il procedere delle operazioni e gli ingegneri costruivano i processi, davano le indicazioni su come svolgere le attività ed erano responsabili delle iniziative di miglioramento. La valutazione del management era basata su 2 indicatori: il primo misurava la quantità di pezzi prodotti in relazione al target previsto, il

⁴⁰ J. P. Womack, D. T. Jones, *The Machine that Changed the World*, Free Press, 1990.

secondo ne valutava la qualità in termini di riparazioni necessarie. Questo approccio rendeva indispensabile il fatto che la linea di produzione non venisse mai fermata, ed eventuali difettosità potevano essere momentaneamente ignorate e risolte alla fine del processo in un'area dedicata. Womack e Jones spiegano come agli occhi di Ohno, che visitò ripetutamente gli stabilimenti Ford a Detroit, questo metodo nascondesse enormi sprechi che era necessario eliminare. Infatti, nessuno, ad eccezione degli operatori di linea, aggiungeva valore al prodotto finale, e l'area dedicata alle rilavorazioni occupava fino al 20% dello stabilimento. Ohno propose allora un metodo radicalmente diverso, che prevedeva che fossero gli stessi operatori incaricati di stoppare la linea ogni qualvolta riscontravano un difetto, e diede loro anche il compito di trovarne la causa profonda tramite una metodologia standard (*five whys*, i cinque perché). Questa responsabilizzazione degli operatori implicava che il continuo miglioramento del processo fosse una loro prerogativa, con evidenti implicazioni a livello di motivazione e dedizione. Inoltre, il tempestivo riconoscimento delle difettosità rese non più necessaria l'area dedicata alle rilavorazioni e soprattutto consentì di mettere sul mercato un prodotto molto più affidabile rispetto alla concorrenza. Se inizialmente l'applicazione di questi concetti comportò blocchi molto frequenti delle linee, al crescere dell'esperienza degli operatori il flusso veniva interrotto sempre più di rado.

Womack e Jones analizzano poi il metodo di Ohno a livello di supply chain. Il modello fordista prevedeva che i fornitori ricevessero il disegno finale dei pezzi richiesti senza alcuna informazione sul resto del veicolo. Ciò comportava una gara al ribasso tra i vari concorrenti per aggiudicarsi le commesse, tanto che spesso si verificavano cambi di fornitore repentini in base al miglior offerente. Di conseguenza, accadeva regolarmente che le aziende produttrici di componenti accumulassero notevoli scorte per evitare ritardi di consegna che avrebbero potuto compromettere la loro posizione contrattuale. L'intuizione di Ohno fu quella di coinvolgere diversi fornitori fin dalle prime fasi dello sviluppo dei prodotti, con lo scopo di realizzare sistemi integrati piuttosto che singole parti. Era convinto che la collaborazione degli esperti di ciascun settore fosse un fondamentale driver di miglioramento e che la condivisione di informazioni consentisse un processo di sviluppo più armonico.

Infine, Womack e Jones illustrano il metodo che Ohno propose per la gestione operativa del flusso dei materiali all'interno dello stabilimento, che è probabilmente il tratto distintivo più conosciuto della lean production: il sistema just in time, basato sui cartellini *kanban*. L'idea di fondo è quella di fare in modo che ogni fase della catena produttiva inizi a produrre soltanto nel momento in cui la fase successiva lo richiede. Una volta che la fase cliente ha consumato un lotto di semilavorato, tramite *kanban* viene dato l'input alla fase precedente per la produzione di un nuovo lotto. Lo stesso Ohno (1978)⁴¹ spiega come l'approccio just in time preveda che ciascun componente arrivi alla linea di assemblaggio nel preciso momento in cui è richiesto e nella quantità necessaria, rendendo superfluo lo stoccaggio di semilavorati, considerato come un'ulteriore forma di spreco. Questo obiettivo è evidentemente difficile da perseguire, in particolare se si considera la complessità di un'automobile, ed è per questo che è fondamentale una puntuale correzione delle difettosità e una perfetta sincronizzazione delle forniture.

come per la metodologia six sigma, ciò che si vuole enfatizzare non è il funzionamento dettagliato della lean production, quanto invece i principi fondamentali su essa cui si basa. Dovrebbe allora risultare evidente il concetto di produzione basata su un reale fabbisogno e non su una previsione di domanda, in piena ottica pull. In particolare, la metodologia lean prevede che l'input per la produzione venga dato addirittura dopo che il consumo si è verificato. Altro aspetto che sta alla base della produzione lean è il flusso continuo di materiali e informazioni: data l'assenza di magazzini intermedi, qualsiasi difetto o ritardo provoca il blocco dell'intero sistema. Ancora una volta, il flusso è ottenuto tramite una sistematica riduzione – e, dove possibile, eliminazione – della variabilità di processo grazie alla responsabilizzazione degli operatori nella risoluzione dei problemi che si verificano, e alla progettazione congiunta di assiemi realizzati in collaborazione con i fornitori di diversi componenti.

⁴¹ T. Ohno, *Toyota Production System*, 1978.

2.4. Teoria dei vincoli

L'ultimo approccio al controllo della produzione i cui aspetti fondamentali stanno alla base del metodo DDMRP è la teoria dei vincoli (*TOC, theory of constraints*). Questo metodo nasce agli inizi degli anni '80 grazie a Eliyahu Goldratt con l'obiettivo di sviluppare un sistema per rendere più efficiente la schedulazione della produzione nei reparti. Il concetto fondante è quello secondo cui la forza di una catena è sempre data dalla forza dell'anello più debole. In ambito produttivo significa che lo sforzo della pianificazione va concentrato sui colli di bottiglia, ovvero quelle risorse che determinano il ritmo e limitano l'output dell'intero sistema. Secondo Goldratt, in ogni sistema vi è almeno un vincolo, dove per vincolo si intende qualsiasi cosa limiti le capacità del sistema stesso di migliorare le proprie performance in relazione al proprio obiettivo (Gupta e Snyder, 2009)⁴². Per questo motivo, affinché sia massimizzato l'output di un sistema è necessario massimizzare l'utilizzo del vincolo. Parallelamente, utilizzare al massimo una risorsa che non costituisce un vincolo risulta soltanto in un accumulo di merce stoccata a magazzino. È qui fondamentale capire la distinzione tra utilizzo e attivazione di una risorsa: si può parlare di utilizzo soltanto quando c'è un contributo all'intero processo o all'attività complessiva (Slack *et al.*, 2013)⁴³. Per sfruttare al 100% il vincolo, Goldratt sviluppò la metodologia di schedulazione chiamata *drum-buffer-rope (DBR, traducibile come tamburo-tampone-corda)*. Il vincolo è il tamburo, il pace setter dell'intero sistema e il punto di controllo del processo. Affinché esso non venga mai sottoutilizzato è necessario fare in modo che ne sia garantita l'alimentazione, e ciò si ottiene tramite un buffer, un tampone. Questo garantisce che lungo la catena produttiva il ritmo scandito dal tamburo venga effettivamente mantenuto. Per far in modo che le risorse a monte del vincolo non vengano utilizzate inutilmente, il rilascio del materiale all'interno del reparto deve essere effettuato sempre in base alla capacità vincolata, e questo meccanismo di rilascio è

⁴² M. Gupta, D. Snyder, *Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review*. International Journal of Production Research, 2009.

⁴³ N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston, A. Betts, A. Vinelli, P. Romano, P. Danese, *Gestione delle Operations e dei Processi*. Pearson, 2013.

rappresentato dalla corda (Watson *et al.*, 2007)⁴⁴. La figura 2-5 schematizza questo sistema. Maggiore è la protezione che si vuole dare al vincolo, maggiore sarà il buffer. Di conseguenza aumenterà la lunghezza della corda e insieme ad essa anche il WIP e il lead time, in quanto il rilascio del materiale andrà effettuato con più largo anticipo.

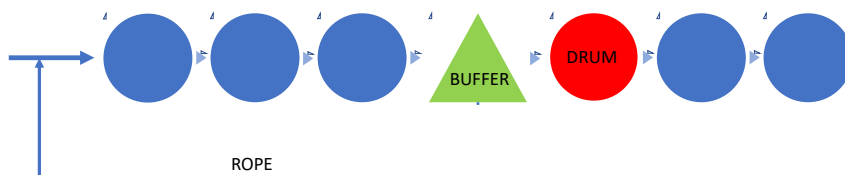


Figura 2-5 Sistema drum-buffer-rope.

Anche se ad un primo sguardo il concetto di flusso può sembrare secondario, è in realtà il fine ultimo anche di tale metodologia. Infatti, se il vincolo viene alimentato continuamente, il flusso non è mai impedito e le scadenze saranno più agevolmente rispettate. Allo stesso modo, il fatto di evitare una sovrapproduzione da parte delle risorse a monte del buffer concorre a ridurre il materiale in eccesso lungo il processo produttivo e quindi ad ottenere un più rapido attraversamento del processo stesso.

Un altro importante contributo di Goldratt è dato dalla proposta di un nuovo approccio per la misurazione delle performance aziendali che prende il nome di *throughput accounting*, in opposizione al tradizionale *cost accounting* largamente diffuso. Dugdale e Jones (1998)⁴⁵ spiegano come secondo Goldratt il margine di contribuzione dei prodotti non sia un buon indicatore per determinare la redditività di un business, in quanto l'ossessione per la riduzione dei costi unitari porta ad un maggiore focus sulle performance locali di ciascuna area dell'impresa a discapito delle prestazioni globali. Ciò che conta davvero è

⁴⁴ K. J. Watson, J. H. Blackstone, S. C. Gardiner, *The Evolution of a Management Philosophy: The Theory of Constraints*. Journal of Operations Management, 2007.

⁴⁵ D. Dugdale, T. C. Jones, *Throughput Accounting: Transforming Practices?* British Accounting Review, 1998.

la velocità con cui l'azienda guadagna, e tale velocità è direttamente legata allo sfruttamento dei colli di bottiglia. Questo modo di pensare secondo cui la minimizzazione dei costi unitari è in realtà un ostacolo alla produttività trova ampio spazio anche nella metodologia DDMRP.

2.5. La forza del disaccoppiamento

L'ultimo pilastro del DDMRP rappresentato in Figura 2-1 è l'innovazione, un concetto ampio che nella metodologia in questione è declinato sotto vari punti di vista. Innanzitutto, l'innovazione sta nel prendere alcuni dei tratti fondanti di metodi ed approcci già ampiamente utilizzati nel mondo industriale, analizzarne le potenzialità all'interno del contesto contemporaneo e farli convivere per dar vita ad un nuovo modello di pianificazione che possa rispondere alle esigenze attuali. Ciò che rende possibile questa combinazione di principi a volte anche radicalmente discordanti tra loro è il concetto di disaccoppiamento. Non si tratta certo di una novità nel mondo industriale, ma l'innovazione è data dal modo in cui tale concetto viene utilizzato e messo in pratica. Per comprendere questa innovazione è necessario fare un passo indietro e tornare alla logica di funzionamento dell'MRP. Nel primo capitolo è stato ampiamente delineato l'aspetto che ne ha permesso una così larga diffusione in breve tempo, ovvero la sincronizzazione idealmente perfetta delle reti di fornitura attraverso il calcolo dei fabbisogni dei componenti necessari alla realizzazione di un prodotto finito. L'esplosione dei fabbisogni avviene direttamente a partire dalla domanda di mercato, e tutti gli ordini di produzione sono allocati ad uno specifico fabbisogno finale. La potenza di questo approccio sta nella velocità con cui vengono calcolate quantità richieste e date di versamento, velocità che risulta di importanza crescente con l'aumentare della complessità delle strutture di prodotto. La logica di calcolo dell'MRP porta tuttavia alla nascita delle problematiche descritte, su tutte nervosismo ed effetto frusta, che sono tanto più impattanti quanto più numerose sono le interconnessioni calcolate. Sembra quindi evidente che la soluzione non possa essere data da una ancor maggiore

efficienza di calcolo. Ciò che serve è una rivalutazione della struttura di base del metodo, ed è proprio in quest'ottica che si colloca il concetto di disaccoppiamento, che ha come obiettivo quello di limitare il numero di connessioni interdipendenti date in input all'MRP. Il dizionario APICS definisce il disaccoppiamento come la creazione di indipendenza tra fornitura e utilizzo del materiale, solitamente attraverso l'utilizzo di scorte (buffer) che permettano che variazioni di produttività dell'operazione a monte non vincolino l'utilizzo dell'operazione a valle. Ptak e Smith (2018)⁴⁶, ideatori del DDMRP, spiegano il disaccoppiamento tramite la metafora delle barriere ignifughe, che isolano gli eventi che avvengono da un lato da ciò che succede dall'altro. Inoltre, chiariscono come il disaccoppiamento sia una soluzione bidirezionale, così come è bidirezionale il problema che si vuole combattere, ovvero l'effetto frusta. Infatti, disaccoppiando due operazioni si blocca la propagazione della variabilità sia in entrata sia in uscita. La dimensione dei buffer sarà commisurata al livello di protezione che si vuole garantire. È importante notare come il disaccoppiamento non elimini la variabilità a livello locale, bensì ne stoppi la diffusione e l'amplificazione lungo la supply chain.

Già nella metodologia lean descritta in precedenza è presente il concetto di disaccoppiamento: utilizzando la logica del *kanban*, la lean si propone di disaccoppiare tra loro tutte le operazioni innescando la produzione solo quando la fase direttamente successiva lo richiede. Questo approccio è diametralmente opposto a quello adottato dall'MRP, che sincronizzando tutte le fasi produttive non presenta alcun punto di disaccoppiamento. Nella teoria dei vincoli il buffer funge da punto di disaccoppiamento, ma con l'obiettivo di garantire una costante alimentazione del collo di bottiglia e non quello di bloccare la trasmissione della variabilità a livello di sistema. L'innovazione del DDMRP sta nell'unione di questi 3 approcci: l'idea di base è quella di posizionare dei punti di disaccoppiamento in punti strategici, rendendo tra loro indipendenti le fasi separate da buffer ma mantenendo la logica dell'MRP tra un buffer e l'altro. Ptak e Smith spiegano come in tal modo si possa garantire una continua alimentazione alle fasi che consumano il buffer, fornendo contemporaneamente un segnale di

⁴⁶ Ibid

domanda più corretto e più stabile alle fasi che lo riforniscono, grazie alla possibilità di aggregare la domanda. È fondamentale sottolineare come lo stock presente in questi magazzini non debba mai essere portato a zero, pena la perdita della funzione di disaccoppiamento. La localizzazione dei buffer è una decisione strategica molto rilevante che verrà discussa nel capitolo seguente.

Se il buffer è dimensionato correttamente, garantirà la disponibilità di semilavorati alla fase direttamente successiva. Ciò ha immediate ripercussioni sul lead time visto dal cliente finale in quanto l'esplosione dei fabbisogni si fermerà laddove si incontra un buffer. In altre parole, si creano orizzonti di pianificazione molto più brevi e totalmente indipendenti tra loro, come mostrato dalle linee tratteggiate in Figura 2-6. La lunghezza di questi orizzonti sarà data dalla più lunga sequenza temporale presente tra due buffer.

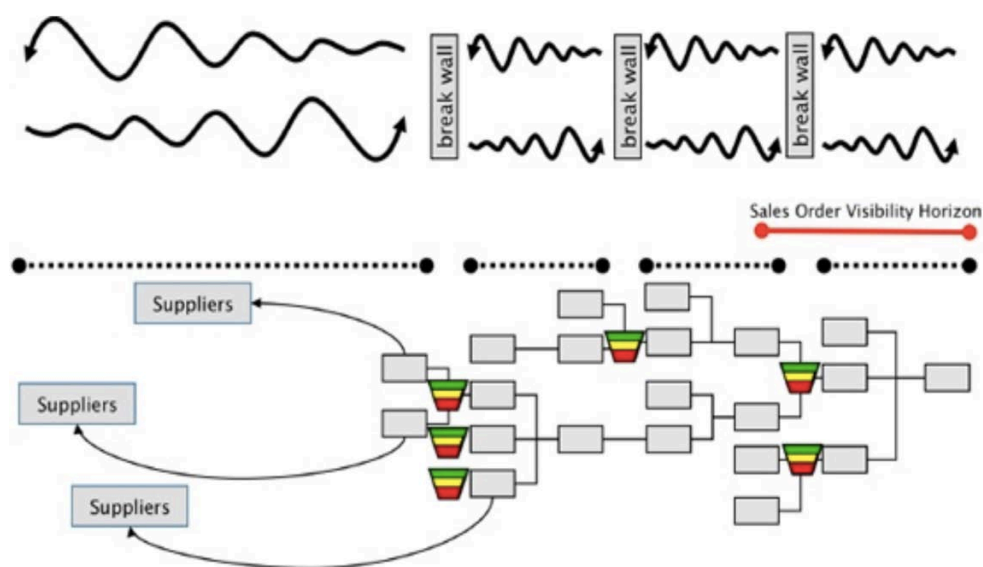


Figura 2-6 Orizzonti di pianificazione in presenza di buffer (Ptak e Smith, 2016)⁴⁷

⁴⁷ Ibid

Un'implicazione della riduzione degli orizzonti di pianificazioni sta nel fatto che se il punto di disaccoppiamento è all'interno dell'orizzonte di visibilità degli ordini dei clienti, come nel caso della Figura 2-6, sarà possibile dare in input al sistema soltanto la domanda reale. In questo modo uno dei principali problemi dell'MRP viene eliminato alla radice: la pianificazione della produzione avverrà non più in base a dei forecast che, pur essendo sviluppati con sofisticati software sempre più complessi e articolati, sono errati per definizione, ma in base alla domanda effettiva data dagli ordini dei clienti. Questa maggiore accuratezza del segnale di domanda si ripercuote poi su tutta la struttura di prodotto in quanto le oscillazioni che causano il nervosismo dell'MRP saranno di frequenza e di ampiezza minore, oltre a essere stoppate tramite i punti di disaccoppiamento.

Un'altra importante implicazione dell'uso dei punti di disaccoppiamento è visibile a livello di distinta base del prodotto finito. Ptak e Smith parlano a tal proposito di *decoupled explosion*: l'esplosione dei fabbisogni dipendenti è stoppata ogni qualvolta si incontra un buffer di disaccoppiamento. Ciò è possibile grazie al fatto che il buffer garantisce la disponibilità dei semilavorati. Sarà poi il buffer stesso il punto di partenza di un'ulteriore esplosione di fabbisogni necessari a mantenere il livello di protezione desiderato, ma tali fabbisogni saranno indipendenti da quelli dei livelli superiori e si verificheranno soltanto quando la giacenza scenderà al di sotto di una soglia di controllo determinata tramite un'equazione chiamata *net flow equation*, equazione di flusso netto. Tale equazione è il fulcro del meccanismo di generazione degli ordini di produzione e di acquisto e verrà dettagliata nel prossimo capitolo. La differenza tra la tradizionale esplosione di distinta base utilizzata nell'MRP e l'esplosione disaccoppiata è illustrata in Figura 2-7: è molto importante notare come tra un buffer e l'altro la logica dell'MRP rimanga esattamente la stessa. Il concetto di esplosione disaccoppiata è un'altra sostanziale innovazione del DDMRP.

Per determinare se un buffer di disaccoppiamento sia efficace e svolga la funzione per la quale viene utilizzato, Ptak e Smith hanno identificato sei criteri di successo. Per evitare di creare fraintendimenti dovuti a traduzioni imprecise i nomi dei criteri sono riportati in lingua inglese.

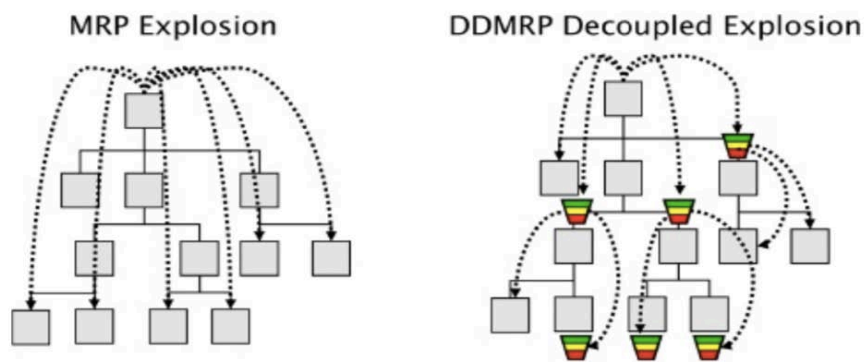


Figura 2-7 Distinta base tradizionale vs. esplosione disaccoppiata (Ptak e Smith, 2016)

- 1- Decoupling test. Un punto di disaccoppiamento blocca il trasferimento e l'amplificazione della variabilità sia della domanda che delle forniture, ed elimina la completa dipendenza temporale nella creazione degli ordini grazie all'esplosione disaccoppiata.
- 2- Bidirectional benefit test. I benefici del disaccoppiamento devono essere tangibili sia per le attività che alimentano il buffer, in termini di segnali di domanda più stabili e realistici, sia per le attività che lo consumano, grazie alla disponibilità immediata di materiale.
- 3- Order independence test. Il materiale in giacenza all'interno dei buffer è disponibile per qualsiasi impiego, senza essere assegnato ad un preciso fabbisogno di prodotto finito.
- 4- Primary planning mechanism test. I punti di disaccoppiamento creano orizzonti di pianificazione più brevi ed indipendenti tra loro. La creazione di ordini di produzione e/o acquisto avviene a partire dal buffer stesso.
- 5- Relative priority test. I buffer devono facilmente trasmettere una relativa priorità per permettere ai planner di determinare quali codici richiedono maggiore ed immediata attenzione.
- 6- Dynamic adjustment test. La capacità dei buffer di assorbire la variabilità deve adattarsi al contesto, riflettendo i cambiamenti che avvengono nel mercato e nella supply chain.

Dovrebbe a questo punto essere chiaro come i buffer di disaccoppiamento siano il nocciolo centrale della metodologia DDMRP: consentono di migliorare quegli aspetti che rendono obsoleto il tradizionale schema di pianificazione basato sulla pura logica MRP e sono al contempo il punto da cui si origina il meccanismo di creazione degli ordini di approvvigionamento. La Tabella 2 sintetizza come il disaccoppiamento vada ad impattare sulle varie problematiche legate alle assunzioni che stanno alla base dell'MRP.

Tabella 2 Impatti del disaccoppiamento. (Ptak e Smith, 2018)

Ipotesi MRP impattata	Problema nell'approccio convenzionale	Impatto del disaccoppiamento
La domanda è accurata e completa	L'uso del forecast implica che la domanda reale sarà diversa da quella utilizzata per la generazione degli ordini di approvvigionamento. Più è lungo l'orizzonte di pianificazione, maggiore sarà la differenza tra quanto pianificato e quanto realmente necessario, e maggiore sarà il grado di nervosismo del sistema e la necessità di azioni di expediting.	L'uso esclusivo della domanda reale significa che i segnali di domanda saranno più rilevanti, più accurati e più stabili. Il piano di produzione sarà legato direttamente a ciò che il mercato realmente chiede.
I lead time fissi sono accurati e completi	Senza disaccoppiamento, i ritardi spesso si accumulano penalizzando notevolmente la possibilità di rilasciare puntualmente gli ordini di produzione. Le giacenze vengono portate a zero, i lead time fissi impongono che non ci sia variabilità e non consentono margini di errore	L'uso dei buffer di disaccoppiamento comporta orizzonti di pianificazione più brevi e tra loro indipendenti, portando ad una diminuzione della variabilità che viene trasmessa attraverso il sistema. Ciò si traduce in date di sincronizzazione più realistiche e al contempo meno importanti da rispettare grazie all'esistenza dei buffer.
Piena allocazione (tutti i materiali sono disponibili quando servono)	Data l'esistenza della variabilità sia nelle tempistiche sia nelle quantità, spesso non c'è il materiale disponibile al momento del rilascio dell'ordine.	I buffer di disaccoppiamento non vengono mai portati a zero, per cui c'è sempre del materiale disponibile. Ciò significa che la probabilità di piena allocazione è maggiore. Inoltre, i buffer riducono la necessità di schedulazioni precise. Se viene meno la disponibilità di un materiale, il buffer successivo compenserà il ritardo, mantenendo una buona protezione per il flusso.

Dopo aver analizzato le basi teoriche su cui il DDMRP poggia, è ora possibile passare alla descrizione tecnica di come il modello sia effettivamente strutturato e di come si propone di cambiare la pianificazione industriale per adattarla alle complesse esigenze del *new normal*.

3. STRUTTURA DEL DDMRP: POSITION AND PROTECT

Dopo aver illustrato i concetti chiave che stanno alla base del Demand Driven Material Requirements Planning, è ora il momento di passare alla descrizione tecnica di come il metodo in questione è strutturato.

Il nome DDMRP comparve per la prima volta nel 2011, quando Chad Smith e Carol Ptak pubblicarono la terza edizione dello scritto *Orlicky's Material Requirements Planning*, all'interno della quale era presente una sezione che illustrava le linee guida di una nuova logica di pianificazione e controllo della produzione. Nel 2016 fece seguito la pubblicazione da parte degli stessi autori di quello che è il riferimento principale della metodologia, scritto che non a caso prende proprio il nome di *Demand Driven Material Requirements Planning* ed è ad oggi l'unica fonte in letteratura che ne descrive dettagliatamente passo dopo passo gli obiettivi, la logica di funzionamento e le implicazioni sul resto dell'impresa. Per questo motivo, il presente capitolo è in larga parte tratto dal corpo centrale del libro.

Gli obiettivi che il DDMRP si propone di perseguire sono strettamente legati alle inefficienze riscontrate nell'utilizzo dell'MRP: sincronizzare i flussi di informazioni e materiali, dare maggiore visibilità di quanto accade nell'intera supply chain, fornire messaggi chiari e non equivoci su priorità e problemi, consentire una produzione che segua l'andamento della reale domanda di mercato. A livello di terminologia, la differenza tra i due approcci sta nelle prime due parole che compongono l'acronimo: *demand driven*. Demand driven non significa produrre tutto su commessa, né mettere magazzini ovunque, né tantomeno migliorare il forecast. Significa riconoscere i cambiamenti della domanda di mercato e adattarvi pianificazione e produzione. Ciò richiede che i tradizionali metodi basati sui costi unitari siano sostituiti da tecniche che mettono al centro il flusso. In opposizione al tradizionale *push and promote* di cui l'MRP è l'espressione per eccellenza, questo nuovo approccio viene identificato come *position, protect and pull*, ed i buffer di disaccoppiamento

descritti nel precedente capitolo ne sono il nocciolo centrale. Si vogliono combinare gli aspetti rilevanti dell'MRP con l'approccio pull della lean production, la ricerca di visibilità su operazioni critiche della teoria dei vincoli, e la riduzione della variabilità del six sigma.

La Figura 3-1 illustra come il mantra *position, protect and pull* sia declinato in cinque fasi: le prime tre costituiscono il settaggio iniziale dei parametri su cui il metodo è strutturato e saranno oggetto del presente capitolo, mentre le ultime due rappresentano l'aspetto operativo del DDMRP e verranno dettagliate nel capitolo successivo.

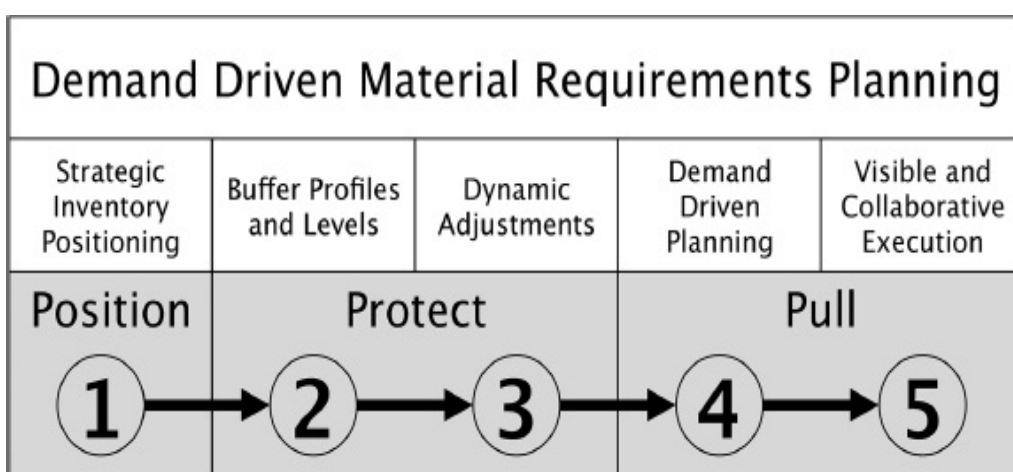


Figura 3-1 Le 5 fasi del DDMRP (Ptak e Smith, 2016)

3.1. Strategic Inventory positioning

Già nel precedente capitolo è stato anticipato che la localizzazione dei buffer di disaccoppiamento è una decisione strategica che ha importanti ripercussioni sul sistema di pianificazione nel suo complesso. Ptak e Smith definiscono sei criteri di posizionamento secondo cui scegliere dove collocare i punti di disaccoppiamento. Come in precedenza, anche in questo caso i nomi dei criteri vengono riportati in lingua inglese per evitare traduzioni fuorvianti.

1. *Customer tolerance time*. Come descritto nel primo capitolo, è il tempo che il cliente è disposto ad aspettare la consegna di un prodotto o di un servizio prima di cercare un'alternativa sul mercato.
2. *Market potential lead time*. Si tratta di un lead time che consentirebbe all'azienda di aumentare i prezzi dei propri prodotti o di conquistare nuove fette di mercato. Ci potrebbero essere diverse stratificazioni di questo tipo di lead time, motivo per cui è necessario segmentare il mercato per determinarlo in modo da massimizzare la possibile crescita dei ricavi.
3. *Sales order visibility horizon*. È l'orizzonte temporale entro cui l'azienda ha visibilità circa gli ordini della clientela. Nel contesto del retail tale orizzonte è nullo in quanto i clienti si aspettano di trovare sugli scaffali del rivenditore i prodotti che cercano. Solitamente è un arco temporale che eguaglia o supera il *customer tolerance time*. È anche importante evidenziare come al crescere di questo orizzonte temporale risulti più facile per l'azienda riconoscere picchi di domanda e prepararsi ad evaderli.
4. *External variability*. La variabilità esterna considera sia la domanda sia le forniture. Per quanto riguarda la domanda, viene presa in considerazione la possibilità che picchi di richieste possano sopraffare le risorse dell'azienda, che si tratti di capacità, merci stoccate a magazzino o altri asset. Solitamente è una variabilità calcolabile tramite strumenti statistici oppure grazie all'esperienza del personale di pianificazione. Per quanto riguarda invece le forniture, si considera la puntualità con cui i fornitori spediscono le merci richieste. Anche in questo caso la statistica serve per determinare l'aderenza delle date effettive rispetto a quelle pianificate.
5. *Inventory leverage and flexibility*. Se vi sono nelle strutture di prodotto dei nodi che possono risultare critici, sarà opportuno valutare il posizionamento dei buffer in questi punti. Esempi possono includere componenti condivisi da più prodotti, materiali la cui domanda è altamente imprevedibile ecc.
6. *Critical operation protection*. Analogamente a quanto avviene per le strutture di prodotto, è conveniente valutare se vi sono delle operazioni

nei cicli di produzione dei prodotti che richiedono particolare protezione. Tra queste vi possono essere macchinari con capacità ridotte, operazioni critiche a livello qualitativo, assemblaggi che richiedono la contemporanea presenza di un numero elevato di componenti.

A titolo di esempio, si consideri il seguente caso, tratto dal manuale di Ptak e Smith, di due prodotti finiti FPE e FPF. La Figura 3-2 ne illustra le rispettive distinte base. I numeri contenuti nei cerchi posti a fianco di ciascun codice di semilavorato e dei due prodotti finiti ne indicano il lead time.

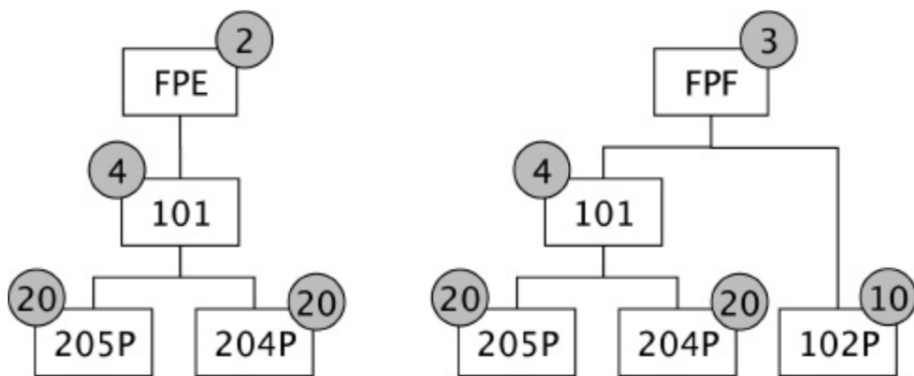


Figura 3-2 Distinte base dei codici FPE e FPF (Ptak e Smith, 2016)

La Figura 3-3 mostra invece i cicli di lavorazione dei due prodotti. Si noti come i 2 codici siano molto simili tra loro, in quanto l'unica differenza è data dal codice 102P che viene assemblato insieme al codice 101 per dare vita a FPF.

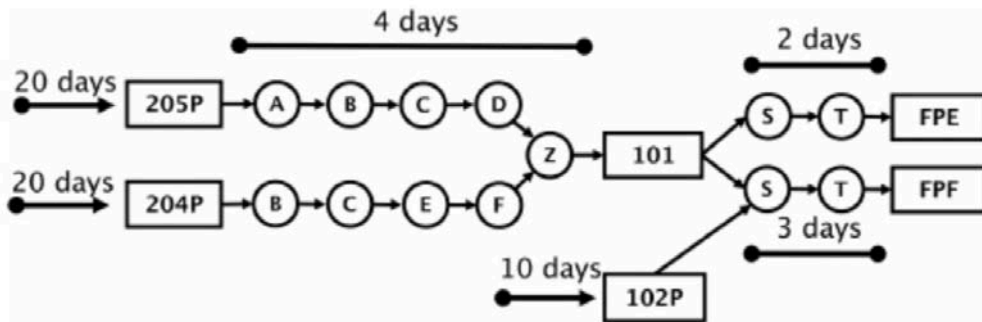


Figura 3-3 Cicli di lavorazione dei codici FPE e FPF (Ptak e Smith, 2016)

Per valutare il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento sono vengono inoltre forniti i seguenti dati:

- La clientela è disposta ad aspettare 3 giorni per ricevere entrambi i prodotti. 3 giorni è anche l'orizzonte di visibilità degli ordini.
- Una disponibilità certa ed immediata del prodotto FPE consentirebbe di aumentarne i volumi di vendita.
- Le forniture dei codici 205P e 204P sono affidabili, mentre non lo sono per il codice 102P.

Le informazioni fornite sono sufficienti per valutare quali siano delle possibili localizzazioni dei punti di disaccoppiamento mediante l'applicazione dei sei criteri precedentemente introdotti.

1. *Customer tolerance time*. I tre giorni che i clienti sono disposti ad aspettare suggeriscono di disaccoppiare le ultime due operazioni (S e T) che hanno una durata massima pari appunto a tre giorni.
2. *Market potential lead time*. È conveniente stoccare FPE in modo da garantirne la disponibilità.
3. *Sales order visibility*. Vale la stessa considerazione fatta al punto 1. Questo disaccoppiamento consente di sincronizzare la produzione alla reale domanda di mercato.
4. *External variability*. Per tutelarsi da eventuali ritardi nella fornitura, si può considerare di stoccare il codice 102P
5. *Inventory leverage and flexibility*. Il codice 101 è un componente condiviso che alimenta due distinte serie di operazioni, motivo per il quale è un ottimo candidato ad essere disaccoppiato.
6. *Critical operation protection*. Nonostante le forniture dei codici 105P e 104P siano affidabili, è conveniente posizionare un buffer in corrispondenza di questi codici per garantire una maggiore protezione alla risorsa Z che richiede la simultanea presenza di entrambi.

Il risultato di questa analisi è mostrato in Figura 3-4. Si noti come il percorso dal buffer in 101 a quello in FPE sia molto breve, motivo per cui non sarà necessario stoccare grandi quantità del prodotto finito (il dimensionamento dei buffer verrà

coperto in dettaglio nel prossimo paragrafo). Inoltre, FPF può ora essere prodotto secondo la logica assemble-to-order (ATO), anche perché lo stoccaggio di FPE dovrebbe limitare il rischio di carenza di capacità che potrebbe mettere a rischio il lead time di 3 giorni necessario a FPF.

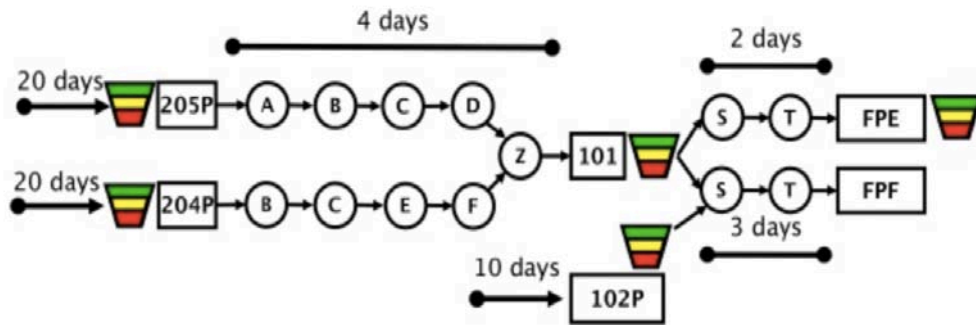


Figura 3-4 Inserimento dei buffer in base ai 6 criteri (Ptak e Smith, 2016)

Un fondamentale concetto che emerge con l'introduzione dei buffer è quello di lead time disaccoppiato (*decoupled lead time*, DLT). Il lead time produttivo di un qualsiasi codice presuppone che nel momento del rilascio siano presenti tutti i componenti necessari alla sua realizzazione, ed è il dato sulla base del quale l'MRP ricalcola le tempistiche dei fabbisogni di tutti i componenti. È stato visto precedentemente quanto la simultanea disponibilità di semilavorati sia difficile da garantire negli ambienti gestiti con le tecniche dell'MRP. Il lead time disaccoppiato è invece definito come il più lungo lead time cumulativo presente tra due punti di disaccoppiamento. Se i buffer svolgono correttamente la loro funzione di disaccoppiamento, l'ipotesi secondo cui viene presso di essi garantita la disponibilità di materiale rende molto più realistico il lead time disaccoppiato. Ciò è valido per il prodotto finito ma anche per tutte le altre sequenze di distinta base racchiuse tra due buffer. La conseguenza dell'introduzione di questo nuovo tipo di lead time è che sarà più facile per il pianificatore determinare le tempistiche dei fabbisogni e i livelli di giacenze dei buffer stessi.

È importante osservare come cambiando la localizzazione dei punti di disaccoppiamento vengano stravolte di volta in volta le catene su cui è calcolato il lead time disaccoppiato. Ciò è di particolare rilevanza laddove ci siano distinte base ampie con numerosi componenti condivisi. In tali situazioni è conveniente ricorrere allo strumento delle matrici di distinte base, ovvero delle distinte base in forma tabellare che, mettendo i codici padre in colonna e i codici figli in riga (o viceversa), mostrano le varie interconnessioni tra le diverse strutture di prodotto. In tal modo è possibile osservare come il posizionamento di un punto di disaccoppiamento in corrispondenza di un componente condiviso vada ad influire sui lead time disaccoppiati di tutti i codici padre del componente in questione.

Inoltre, il lead time disaccoppiato del prodotto finito è il lead time che effettivamente viene visto dal cliente in quanto il disaccoppiamento delle ultime fasi di lavorazione garantisce che il materiale per svolgerle sia sempre disponibile quando necessario. Infatti, tornando al codice FPF dell'esempio precedente, esso ha un lead time disaccoppiato di 3 giorni: data la presenza dei buffer prima delle operazioni S e T che garantiscono la disponibilità del materiale necessario ad alimentarle, si potrà ragionevolmente pensare che, una volta che viene inserito un ordine di un cliente, esso possa essere evaso in 3 giorni. Ciò significa che l'ordine fa scattare soltanto l'ultima fase della produzione, mentre ciò che avviene prima del buffer è nascosto al cliente ed indipendente da esso.

È evidente il cambio di paradigma rispetto alla logica MRP: anziché avere un fabbisogno che, a partire dal prodotto finito, genera a cascata i fabbisogni di tutti i componenti che compongono la distinta base creando una serie di ordini strettamente dipendenti tra loro, ora l'esplosione si ferma dove incontra un punto di disaccoppiamento. Le equazioni che portano alla generazione degli ordini per fare il replenishment dei buffer, argomento che verrà dettagliato nel seguito del presente capitolo, sono tra loro pienamente indipendenti; ogni catena compresa tra due buffer avrà i propri fabbisogni e il proprio lead time disaccoppiato che corrisponderà all'orizzonte di pianificazione. In altre parole, la logica secondo la quale un buffer viene rifornito per essere mantenuto al livello desiderato non

è data dall'esplosione del fabbisogno che consuma il buffer, ma dal livello di giacenza in esso contenuto.

Le implicazioni a livello di reattività al mercato sono immediate. Infatti, in base al posizionamento dei punti di disaccoppiamento varierà il lead time visto dal cliente. Modificando la localizzazione dei buffer si andranno anche ad alterare i lead time disaccoppiati, adattabili di volta in volta alle diverse situazioni. Se poi, come nell'esempio sopra, i buffer sono posizionati in modo tale che il lead time disaccoppiato del codice venduto sia pari o inferiore all'orizzonte di visibilità che l'azienda ha sugli ordini dei clienti, ecco che sarà possibile utilizzare come segnale in input al sistema soltanto la domanda reale, andando ad eliminare alla radice i problemi connessi all'utilizzo del forecast come base per la generazione degli ordini.

Non bisogna tuttavia pensare che nel DDMRP non sia previsto in alcun modo l'utilizzo delle previsioni di vendita. Ciò che cambia è lo scopo per il quale si utilizzano. Nell'MRP classico una volta che un forecast viene inserito a sistema esso genera tutta la catena di ordini pianificati, causando infine un reale flusso di materiale in fabbrica e quindi un'allocazione di risorse capacitive e finanziarie. Ora invece la domanda prevista concorre a definire il livello a cui va mantenuto un buffer affinché sia garantita la sua funzione di disaccoppiamento.

3.2. Buffer profiles and levels

Ptak e Smith danno grande rilevanza al fatto che l'attuale tendenza ad una riduzione spinta dei livelli di magazzino porti con sé una crescente probabilità di non avere la disponibilità di materiale nel preciso momento in cui viene richiesto, con il conseguente rallentamento del flusso. Nella loro visione lo stoccaggio di merce a magazzino non è di per sé un fatto negativo: ciò che causa problemi è una giacenza eccessiva di materiale che non serve ed una simultanea carenza di materiale necessario. Le aziende si aspettano di avere un ritorno dalle voci che compongono l'attivo del proprio stato patrimoniale: questo ritorno è

quantificato dall'indicatore ROA (*return on asset*, rendimento dell'attivo, appunto). Lo stesso dovrebbe allora valere per il capitale immobilizzato in merce stoccata. Quindi risulta fondamentale trovare il punto di equilibrio in cui le giacenze possano avere impatti positivi sul flusso e di conseguenza sulle generali performance aziendali. Il primo passo per determinare questo equilibrio sta nella corretta localizzazione dei punti strategici in cui stoccare la merce ed è stato coperto dal precedente paragrafo. Il secondo passo è invece quello di determinare quanta merce stoccare presso questi buffer. Va sempre tenuto a mente che, affinché un punto di disaccoppiamento mantenga la propria funzione, esso deve garantire la disponibilità di materiale alle fasi che lo consumano fornendo allo stesso tempo un segnale di domanda corretto e più costante possibile alle fasi che lo alimentano. Solo in tal modo i magazzini daranno un contributo positivo al flusso e quindi al ROA.

Più nello specifico, i buffer devono perseguire tre propositi:

- Attenuare la variabilità sia in ingresso sia in uscita, limitando e possibilmente azzerando le amplificazioni dovute all'effetto frusta e al nervosismo dei classici sistemi MRP.
- Comprimerne il lead time visto dal cliente mediante il concetto di lead time disaccoppiato visto nel precedente paragrafo.
- Fungere da punto di partenza per il meccanismo di generazione degli ordini di approvvigionamento.

Il dimensionamento dei buffer è fatto in tre step successivi che corrispondono ai tre layer che lo compongono, come mostrato in Figura 3-5. Ciascuno di questi layer ha un preciso scopo ed è dimensionato indipendentemente dagli altri. Il primo è la zona verde, che rappresenta il cuore del processo di generazione degli ordini e ne determina mediamente la frequenza e la quantità. Il secondo è la zona gialla, che rappresenta la copertura che tramite il buffer si vuole fornire. Il terzo è la zona rossa e rappresenta la sicurezza contenuta nel buffer, ovvero quanta variabilità esso deve assorbire.

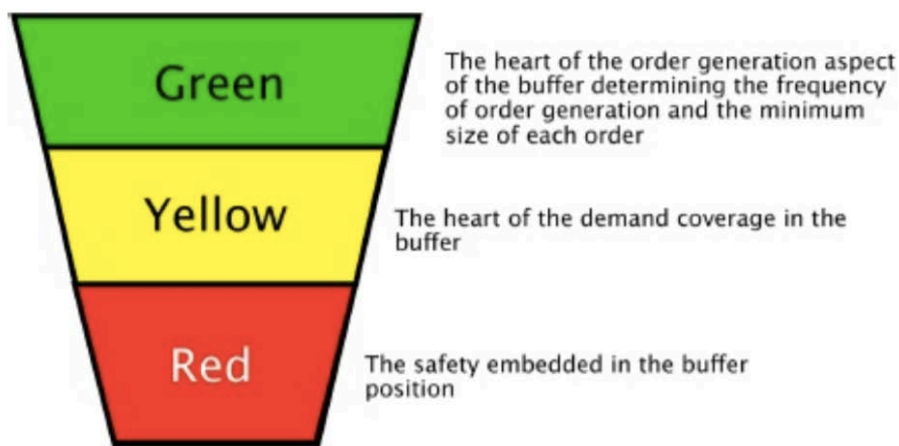


Figura 3-5 I tre layer dei buffer e la rispettiva funzione (Ptak e Smith, 2016)

Il calcolo dei tre layer è fatto in base al raggruppamento dei codici con caratteristiche simili in categorie chiamate *buffer profiles*, ed a proprietà del singolo codice stoccato. Inoltre, va fin da subito evidenziato come il dimensionamento dei buffer non sia statico ma vada con il tempo adeguato all'evolversi delle condizioni di mercato in cui l'azienda si trova ad operare. Questo aspetto dinamico dei buffer verrà coperto nel prossimo paragrafo del presente capitolo.

L'assegnazione di un codice ad uno specifico *buffer profile* è fatta in base a tre fattori. Il primo indica se si tratta di codici acquistati o prodotti internamente (in caso di particolari necessità questa categorizzazione può essere ampliata, ad esempio nel caso in cui si vogliono differenziare i semilavorati dai prodotti finiti o codici molto semplici da codici più complessi).

Il secondo riguarda il lead time, che può essere lungo, medio o breve. Il lead time considerato è quello disaccoppiato. Questa clusterizzazione varierà in base al contesto in cui l'azienda opera e sarà diversa a seconda che si tratti di codici di acquisto o di produzione interna. Ad ogni categoria di lead time verrà poi assegnato un *lead time factor*, ovvero un valore percentuale che fungerà da fattore moltiplicativo nel calcolo della zona verde e della zona rossa del buffer. La Tabella 3 mostra i valori raccomandati da Ptak e Smith per ciascuna

categoria. Non vi è un preciso calcolo matematico per determinare le fasce in cui collocare i diversi codici: sarà il personale che, all'aumentare dell'esperienza, perfezionerà questa suddivisione andando a modificare i valori soglia per l'appartenenza ad una o all'altra categoria.

Tabella 3. *Lead time factors* (adattato da Ptak e Smith, 2016)

Lead time	<i>lead time factor</i>
Lungo	20% - 40%
Medio	41% - 60%
Breve	61% - 100%

È interessante notare come più è lungo il lead time del codice, minore è la relativa percentuale ovvero il fattore moltiplicativo utilizzato per il dimensionamento. In particolare, con riferimento alla zona verde, questa può sembrare una contraddizione ma l'approccio del DDMRP favorisce ordini più frequenti e più piccoli per codici con lead time elevato. In tal modo infatti il segnale di domanda che viene ricevuto dai fornitori o dalle fasi produttive a monte sarà più costante e in linea con i reali fabbisogni. Ciò che accade invece normalmente è che i codici con lead time elevati sono spesso i più critici, quelli che causano maggiori preoccupazioni per i planner. Questo perché la lunghezza del lead time è dovuta a grandi distanze fisiche tra il fornitore e l'acquirente o a particolari difficoltà produttive e/o di maneggiamento. Nel primo caso risulterà difficile monitorare lo stato di avanzamento degli ordini, nel secondo potrebbero essere necessarie numerose rilavorazioni, e in entrambi i casi sarà molto complicato per il planner prevedere una data reale di disponibilità della merce. Sono inoltre codici che possono con maggiore probabilità presentare non-conformità dovute a danneggiamenti durante il trasporto o semplicemente a difetti produttivi. Per tutelarsi da questa grande incertezza, i planner prediligono per questi codici ordini più massicci e emessi con largo anticipo in modo da garantire che la merce sia disponibile quando serve e che sia sufficiente a coprire fabbisogni per un arco di tempo sufficientemente lungo. Capita anche spesso che siano tra i pochi codici che vengono singolarmente controllati dal personale in modo tale da emettere un

nuovo ordine non appena la giacenza libera scende al di sotto di una soglia che il planner identifica come valore “di tranquillità”. Il rovescio della medaglia è che così facendo si vanno a gonfiare inutilmente le giacenze e ad aumentare il grado di amplificazione della variabilità del segnale di domanda. Si tratta cioè di un tipico comportamento messo in pratica dal personale che genera e amplifica l’effetto frusta. Nell’ottica del DDMRP si prediligono invece ordini piccoli e frequenti e i vantaggi di questo approccio sono una maggiore stabilità del segnale di domanda trasmesso verso le fasi a monte o verso i fornitori, ma anche un più agevole controllo delle giacenze che saranno più facilmente in linea con i reali fabbisogni. Si riduce anche il rischio che una mancata consegna possa destabilizzare un intero reparto, cosa che facilmente accade quando un grande lotto di un codice critico tarda ad arrivare. Ordini piccoli e frequenti sono inevitabilmente più costosi ma, per le ragioni appena descritte, consentono una più agevole protezione del flusso e, secondo Ptak e Smith, questo avrà infine ripercussioni positive sulle performance aziendali globali.

Il terzo fattore per l’assegnazione di un codice ad un *buffer profile* riguarda la variabilità che, come in precedenza, viene valutata sia dal punto di vista della domanda sia della fornitura/produzione. Chiaramente un codice di acquisto sarà soggetto maggiormente alla variabilità dei fornitori, mentre un codice agli alti livelli della distinta base risentirà più della variabilità della domanda in virtù della presenza dei disaccoppiamenti. Come accade per il lead time, anche la variabilità è suddivisa in tre categorie (alta, media, bassa), ciascuna delle quali sarà associata ad un fattore moltiplicativo da utilizzare nelle equazioni per il dimensionamento della zona rossa; anche in questo caso non vi è un modello matematico che stabilisce in che modo assegnare un codice ad una determinata categoria, ma sarà il personale che aggiusterà questa suddivisione in base alle performance dei buffer. La Tabella 4 mostra il valore di questi coefficienti.

Tabella 4. *Variability factors* (adattato da Ptak e Smith, 2016)

Variabilità	<i>variability factor</i>
Alta	61% - 100%
Media	41% - 60%
Bassa	0% - 40%

Dopo aver determinato il *buffer profile* di appartenenza di ciascun codice che si vuole disaccoppiare è necessario andare a valutare gli attributi individuali delle parti stoccate. Questi attributi sono il consumo medio giornaliero, il lead time e i lotti minimi di riordino.

Il consumo medio giornaliero (*average daily usage*, ADU) è con ogni probabilità la più importante delle caratteristiche utilizzate per il dimensionamento in quanto compare nelle equazioni che definiscono tutte e 3 le zone del buffer. Trattandosi di un dato medio, è innanzitutto fondamentale scegliere l'arco temporale su cui mediare il calcolo. Più questo è breve, più il risultato sarà in linea con il dato reale. Allo stesso tempo però un calcolo su un orizzonte troppo breve causerà una frequente variazione del dato, con il rischio di generare l'effetto frusta che si vuole combattere. Chiaramente questo effetto è tanto più marcato quanto più il codice è soggetto ad una domanda variabile. Viceversa, una media su un orizzonte temporale troppo prolungato restituirà un valore eccessivamente appiattito e inadatto a rispondere alle variazioni di domanda. Questo effetto è mostrato in Figura 3-6: nel primo grafico è rappresentato l'andamento settimanale della domanda di un certo codice, mentre nel secondo ogni linea rappresenta il calcolo del consumo medio giornaliero mediato su 1, 12 e 52 settimane.

La scelta dell'orizzonte temporale dipenderà dal tipo di domanda di ogni singolo codice e dalla flessibilità delle risorse impiegate nella sua produzione: nell'esempio in figura, il calcolo su base settimanale potrebbe fornire un'oscillazione di domanda troppo ampia che causerebbe carichi non sostenibili per macchine e operatori, mentre mediando il dato sull'anno intero la produzione

rischia di non tenere il passo del mercato. In ciascuna situazione va quindi trovato il giusto compromesso.

Figura 3-6 Effetti dei diversi orizzonti temporali per il calcolo dell'ADU (Ptak e Smith, 2016)

Oltre all'orizzonte temporale preso come riferimento per il calcolo, è necessario valutare anche la frequenza di aggiornamento del calcolo. Un aggiornamento saltuario comporta che le variazioni saranno ogni volta di entità elevata, e ciò causerebbe nuovamente l'effetto frusta. Ptak e Smith sostengono pertanto che convenga aggiornare il più frequentemente possibile il calcolo del consumo medio giornaliero per garantire la stabilità del sistema.

Un'altra importante considerazione da fare per il calcolo dell'ADU riguarda il tipo di orizzonte temporale considerato. Infatti, utilizzando dati storici e quindi un orizzonte di tempo nel passato si potrebbe rischiare di non avere sufficiente

visibilità su eventuali picchi o cali improvvisi di domanda. Viceversa, utilizzando dati previsionali e quindi un orizzonte nel futuro si incontrano gli stessi problemi spiegati in precedenza legati all'intrinseca inaccuratezza del forecast. Per Ptak e Smith l'approccio corretto da seguire è quello di considerare un mix di dati storici e di dati previsionali. La Figura 3-7, basata sullo stesso esempio della precedente, mostra queste differenze e mette in luce il fatto che il calcolo fatto utilizzando sia dati storici sia forecast restituisca un risultato più vicino alla domanda reale (l'asse y di sinistra rappresenta la domanda, quello di destra il valore dell'ADU).

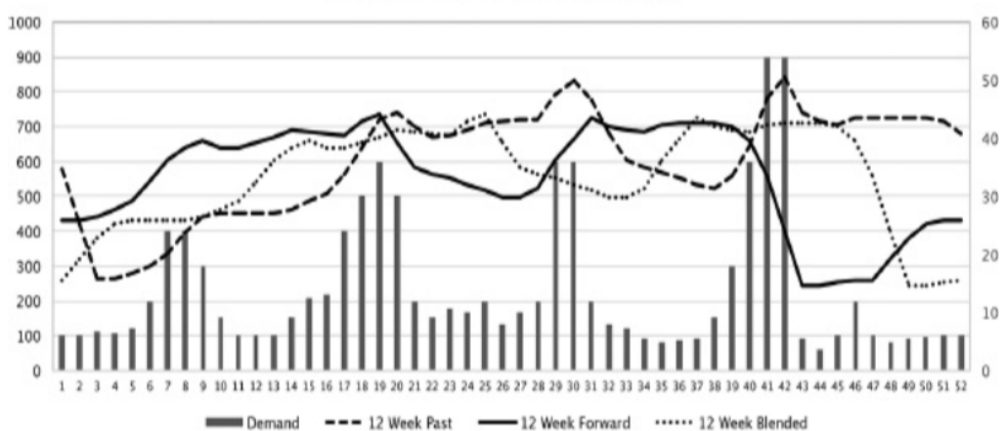


Figura 3-7 ADU calcolata su: dati storici vs dati previsionali vs mix dei due (Ptak e Smith, 2016)

Si nota qui come il DDMRP non escluda affatto il forecast della domanda, ma come i dati previsionali rientrino nella determinazione di fattori che concorrono a fornire le condizioni al contorno del sistema e non, come si vedrà in seguito, all'interno dell'equazione che porta alla generazione degli ordini di approvvigionamento.

Infine, dal calcolo dell'ADU vanno escluse quelle ampie variazioni di domanda che avrebbero un importante impatto sul calcolo del dato medio ma che non costituiscono un reale cambiamento dell'andamento della domanda del codice, come ad esempio degli ordini piazzati una tantum da dei clienti che solitamente non acquistano quel codice. Se invece tali variazioni sono il sintomo di una

risposta del mercato che sta realmente mutando, allora bisogna tenerne conto nelle evoluzioni dinamiche dei buffer, argomento che verrà coperto nel prossimo paragrafo.

Per quanto riguarda gli altri due attributi individuali citati in precedenza, essi non sono altro che il lead time disaccoppiato del codice stoccato e l'eventuale lotto minimo di riordino o di acquisto (*minimum order quantity*, MOQ) laddove sia richiesto dal fornitore o da particolari vincoli e/o esigenze di fabbrica.

Definiti tutti i fattori indicati, è il momento di procedere al calcolo vero e proprio delle tre zone del buffer.

- Zona verde

Il dimensionamento della zona verde è fatto a partire da tre equazioni: l'equazione che restituisce il valore più elevato determina la dimensione del layer.

1. Nel caso in cui sia prevista una frequenza (espressa in giorni) prestabilita tra un ordine di approvvigionamento e il successivo si avrà:

$$ADU * frequenza$$

2. Utilizzando il lead time:

$$DLT * ADU * lead\ time\ factor$$

3. Se vi è l'imposizione di un MOQ e questo valore è maggiore dei due risultati precedenti, allora la zona verde sarà pari al MOQ

- Zona gialla

La zona gialla è sempre calcolata come $DLT * ADU$

- Zona rossa

Il dimensionamento della zona rossa è dato da tre equazioni da calcolare in sequenza.

- 1- *Red base*:

$$DLT * ADU * lead\ time\ factor$$

- 2- *Red safety*:

$$Red\ base * variability\ factor$$

- 3- Totale zona rossa:

$$Red\ base + Red\ safety$$

La Figura 3-8 riassume il calcolo layer per layer.

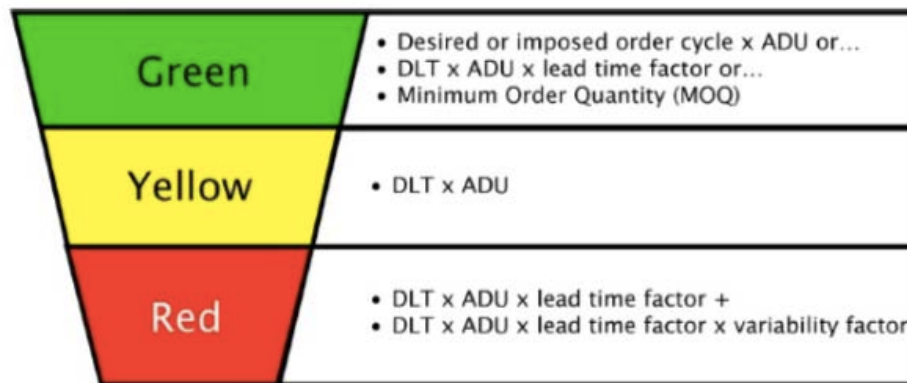


Figura 3-8 Dimensionamento delle 3 zone del buffer (Ptak e Smith, 2016)

Si consideri il seguente esempio basato sui due prodotti FPE e FPF visti in precedenza per il posizionamento dei buffer. Volendo calcolare la dimensione del buffer del codice 102P bisogna innanzitutto assegnarlo ad un *buffer profile*. Si tratta di un codice di acquisto con lead time di 10 giorni il cui fornitore è poco affidabile. Pertanto, si può ipotizzare di assegnare un *lead time factor* di 0,5 (lead time medio) e un *variability factor* di 0,7 (variabilità alta). I dati sono completati

dal consumo medio giornaliero di 15 pezzi e dal fatto che non sono previsti né una frequenza prefissata di ordinazione né un lotto minimo di acquisto. Pertanto:

- Zona verde: $DLT * ADU * lead\ time\ factor = 10 * 15 * 0,5 = 75$
- Zona Gialla: $DLT * ADU = 10 * 15 = 150$
- Zona rossa:
$$DLT * ADU * lead\ time\ factor * (1 + variability\ factor) =$$
$$= 10 * 15 * 0,5 * (1 + 0,7) = 128$$

La dimensione del buffer sarà allora la somma delle tre zone, pari a 353.

Considerando invece il codice di produzione 101, esso ha un lead time disaccoppiato di 4 giorni classificabile come lungo (è un codice di produzione interna per cui cambia la classificazione dei lead time; $lead\ time\ factor = 0,3$) e, dato che non sono disponibili dettagli circa la complessità delle lavorazioni necessarie a produrlo, la variabilità si può inizialmente considerare media ($variability\ factor = 0,5$). Se l'ADU è di 45 pezzi/giorno e il lotto minimo di produzione è di 80 pezzi si avrà:

- Zona verde: $DLT * ADU * lead\ time\ factor = 4 * 45 * 0,3 = 54$.
Questo valore è minore del MOQ, per cui la zona verde sarà pari a 80.
- Zona Gialla: $DLT * ADU = 4 * 45 = 180$
- Zona rossa:
$$DLT * ADU * lead\ time\ factor * (1 + variability\ factor) =$$
$$= 4 * 45 * 0,3 * (1 + 0,5) = 81$$

E la dimensione totale del buffer sarà 341.

Come detto in precedenza, l'assegnazione dei fattori di lead time e variabilità non segue un preciso modello matematico ma va adattata nel tempo in base a come verrà valutata la performance del buffer.

È importante sottolineare che la dimensione finale del buffer, data dalla somma delle 3 zone, non corrisponde al livello di giacenza che vi si vorrà mantenere, ma al valore massimo a cui la giacenza dovrebbe arrivare e al valore target

dell'equazione che determina l'esigenza di un riordino, come si vedrà successivamente.

3.3. Dynamic adjustment

Il dimensionamento dei buffer è un'operazione dinamica e per far sì che la funzione di disaccoppiamento venga mantenuta nel tempo è necessario adeguare i parametri descritti nel precedente paragrafo in modo che rispecchino l'evoluzione del contesto in cui l'azienda opera. Ciò è particolarmente rilevante in un ambiente in continua evoluzione come quello odierno.

Il parametro che viene più spesso modificato è l'ADU in quanto, come detto in precedenza, il DDMRP prevede che venga aggiornato quanto più frequentemente possibile. Inoltre, le variazioni dell'ADU impattano direttamente tutti e tre i layer del buffer. In Tabella 5 sono indicate, ad intervalli di 15 giorni riportati nella prima colonna, le dimensioni delle 3 zone del buffer e il valore dell'ADU. Le ultime 3 colonne mostrano che gli altri fattori che impattano il dimensionamento non subiscono variazioni nel periodo in esame. Si nota come vi sia proporzionalità diretta tra il valore dell'ADU e la dimensione delle 3 zone del buffer; la Figura 3-9 illustra graficamente la situazione con l'asse *y* di sinistra che rappresenta le zone del buffer e quello di destra il valore dell'ADU.

Tabella 5 Impatto dell'ADU sul buffer (Ptak e Smith, 2016)

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

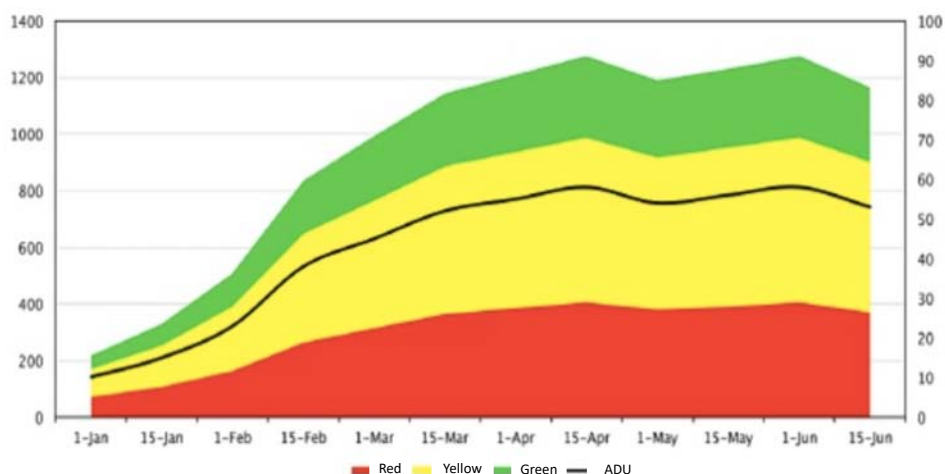


Figura 3-9 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer (Ptak e Smith, 2016)

L'esempio di Ptak e Smith procede andando ad analizzare il comportamento del buffer se viene modificato l'altro parametro che impatta tutte e tre le zone, ovvero il lead time disaccoppiato. La Tabella 6 mostra come nella settimana del 15 marzo si abbia un dimezzamento del DLT: questo può essere dovuto al fatto che il codice viene acquistato da un fornitore più vicino oppure, se si tratta di un codice di produzione interna, all'aumento di capacità produttiva o

all'inserimento di un nuovo punto di disaccoppiamento. L'esempio è una prosecuzione del caso precedente, in quanto l'aumento dell'ADU è ancora visibile ma, come evidenziato dalle celle grigie, il DLT passa ad un certo punto da 10 a 5 giorni. La riduzione ha anche comportato il cambiamento di *buffer profile* in quanto ora il codice appartiene alla classe di lead time breve anziché medio: ciò significa che il *lead time factor* passa da 0,5 a 0,7. Di conseguenza, mentre le zone verde e gialla diminuiscono proporzionalmente al lead time, la zona rossa ha una riduzione più lieve in virtù dell'aumento del coefficiente moltiplicativo. Come per il caso precedente, la Figura 3-10 illustra l'andamento dei layer e dell'ADU in seguito ai cambiamenti riportati nella Tabella 6.

Tabella 6 Impatto del DLT sul buffer (Ptak e Smith, 2016)

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	260	182	52	182	72.8	5	0.7	0.4
1-Apr	308	275	192.5	55	192.5	77	5	0.7	0.4
15-Apr	324.8	290	203	58	203	81.2	5	0.7	0.4
1-May	302.4	270	189	54	189	75.6	5	0.7	0.4
15-May	313.6	280	196	56	196	78.4	5	0.7	0.4
1-Jun	324.8	290	203	58	203	81.2	5	0.7	0.4
15-Jun	296.8	265	185.5	53	185.5	74.2	5	0.7	0.4

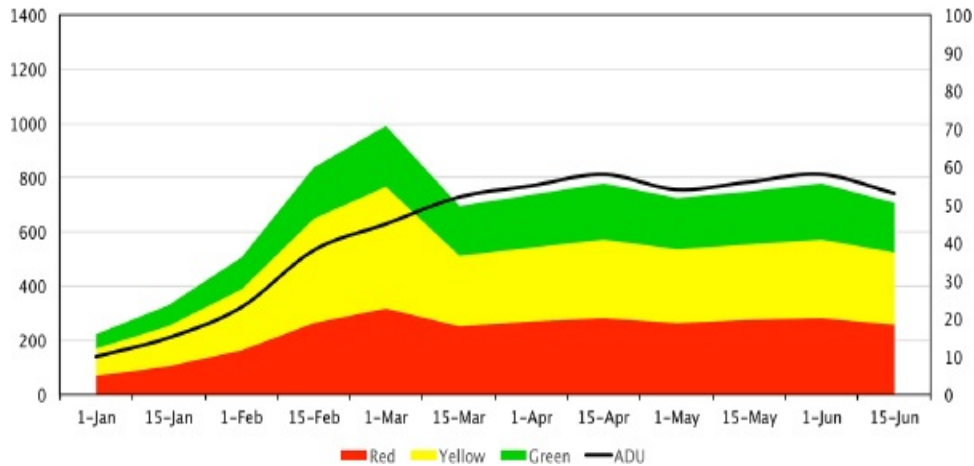


Figura 3-10 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer con riduzione DLT (Ptak e Smith, 2016)

Infine, la Tabella 7 e la Figura 3-11 mostrano gli effetti dell'introduzione di un lotto minimo di 400pz nella settimana del 15 aprile, mantenendo le variazioni introdotte nei due precedenti casi. Come si vede dal grafico, il MOQ è ora il valore assunto dalla zona verde in quanto è maggiore del valore calcolato in base al lead time e mostrato nell'ultima colonna della Tabella 7.

Tabella 7 Impatto dell'introduzione del MOQ sul buffer (Ptak e Smith, 2016)

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

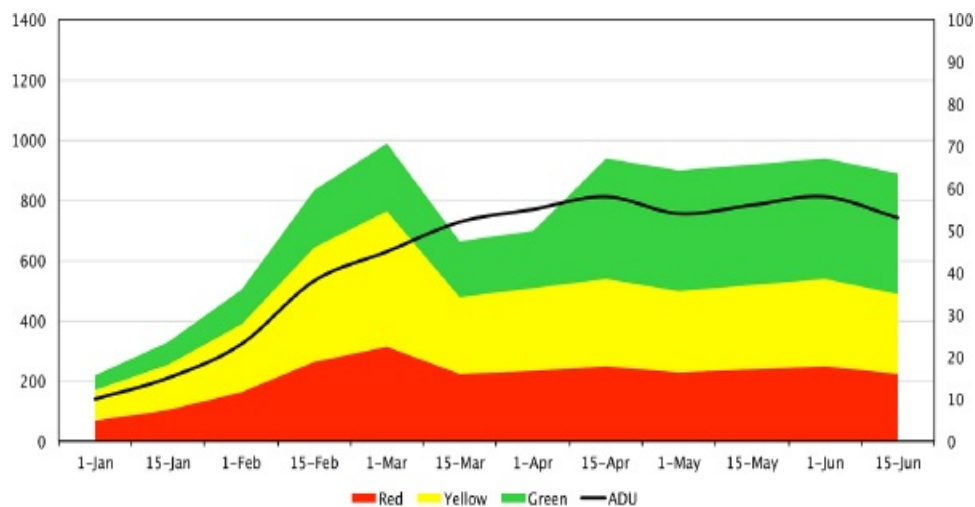


Figura 3-11 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer con riduzione DLT e introduzione del MOQ (Ptak e Smith, 2016)

Per far sì che i cambiamenti che avvengono nei livelli del buffer siano graduali e possano quindi essere seguiti e supportati dalle risorse produttive è necessario pianificarli modificando i fattori che determinano il dimensionamento. Il modo più comune per manipolare la dimensione dei buffer è l'utilizzo dei *demand adjustment factors* (DAF), ovvero dei coefficienti moltiplicativi da applicare all'ADU dei codici stoccati per portare tale parametro ad un valore storicamente comprovato o previsto in corrispondenza di bruschi aumenti o diminuzioni di domanda dovuti, ad esempio, alla stagionalità. Una delle funzioni del buffer è quella di assorbire la variabilità, ma se le variazioni sono troppo ampie o troppo repentine il buffer può rischiare di perdere la propria efficacia. Per esempio, una campagna di marketing lanciata con poco preavviso potrebbe non consentire all'algorithm che determina l'ADU di rispecchiare l'effettivo aumento di domanda in un tempo sufficientemente breve. Ciò comporterebbe un temporaneo sottodimensionamento del buffer e un conseguente rischio di rottura di stock e quindi di mancate vendite. Inoltre, terminata la fase promozionale, è lecito aspettarsi che le richieste tornino ai livelli precedentemente noti. L'applicazione di un DAF consente in questi casi di manipolare il dato di consumo medio giornaliero, in modo da utilizzare come input per il

dimensionamento un valore ritenuto coerente con l'avvenimento che si vuole fronteggiare. Così facendo si crea una rampa di salita della produzione che consente al magazzino di essere preparato nel momento in cui l'aumento di domanda si verifica. La Figura 3-12 mostra un esempio di applicazione del DAF. Si tratta dell'analisi, fatta a posteriori, del comportamento di un buffer manipolato per affrontare un consistente aumento di domanda. Nella prima riga della tabella è indicato l'ADU reale. A partire dalla settimana 13 si è deciso di utilizzare un coefficiente moltiplicativo maggiore di 1 per dimensionare il buffer su un ADU maggiore di quello reale. L'effetto ottenuto è quello di permettere al magazzino di portarsi ai livelli richiesti dal picco di domanda in anticipo rispetto a quando questo si verifica, ovvero tra la settimana 18 e la 19, garantendo così di non andare in rottura di stock e preservando la funzione di disaccoppiamento. Senza l'utilizzo del DAF, il calcolo dell'ADU avrebbe reagito all'aumento di domanda in ritardo, non garantendo sufficiente copertura al buffer. Dopo il picco il DAF assume valori decrescenti in modo da portare gradualmente il segnale di domanda al valore standard.

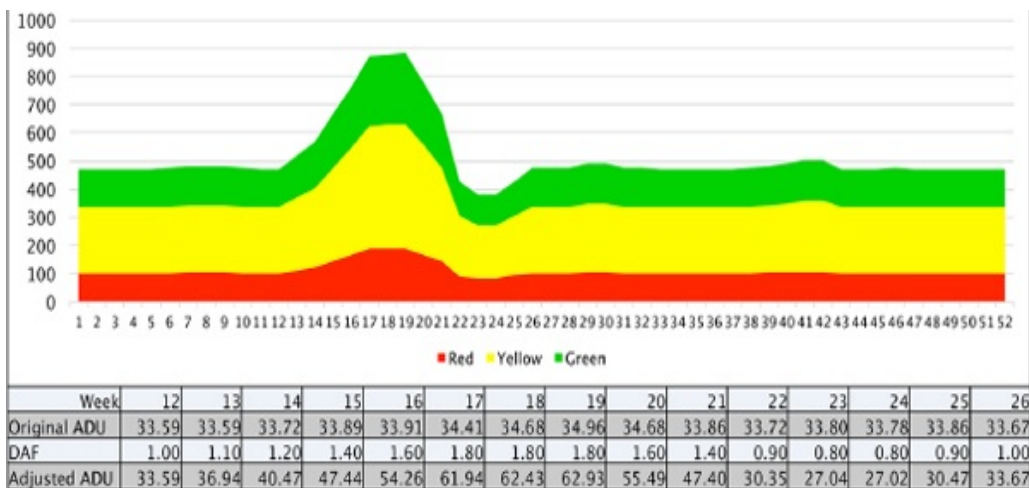


Figura 3-12 Effetto dell'utilizzo di un DAF

In occasione del lancio di un nuovo prodotto è facilmente intuibile l'importanza del DAF il quale, passando in un numero predefinito di settimane dal valore

nullo ad 1, permette di avere un segnale di domanda che da zero arriva fino al valore stimato in modo graduale e continuo. Analogamente, quando un prodotto viene discontinuato il DAF passerà da 1 a 0 per fermare progressivamente la produzione. Inoltre, quando vi è una transizione da un vecchio modello ad una versione aggiornata dello stesso, tramite i DAF si può creare una rampa di discesa per il codice vecchio e una rampa di salita per quello nuovo, permettendo cioè un passaggio fluido tra le due versioni.

Ptak e Smith evidenziano tuttavia che laddove il calcolo dell'ADU avviene mediante previsione della domanda futura, l'utilità del DAF risulta confinata alle situazioni in cui i cambiamenti di domanda sono improvvisi e noti soltanto con breve anticipo. L'efficacia del DAF dipende anche dal lead time delle parti coinvolte: se ed esempio viene applicato ad una distanza dall'evento promozionale minore del lead time del codice stoccato, il suo effetto sarà percepito in ritardo sia durante la rampa di salita sia durante la successiva discesa. Infine, anche i vincoli capacitivi devono essere presi in considerazione, in quando gli aumenti dettati dal DAF potrebbero non essere sostenibili per le risorse impiegate: in tal caso l'applicazione del coefficiente va anticipata per non avere sovraccarichi.

Le considerazioni fatte finora per gli aggiustamenti della domanda riguardano i prodotti finiti o comunque codici soggetti a domanda indipendente. Una volta determinati, gli stessi DAF vanno applicati anche ai buffer dei componenti coinvolti.

4. STRUTTURA DEL DDMRP: PULL

Dopo aver chiarito come posizionare i buffer all'interno di una struttura di prodotto (*position*), il secondo e il terzo step del DDMRP, vale a dire il dimensionamento e l'adattamento dei buffer alle condizioni in cui l'azienda opera, rappresentano la fase denominata *protect* in quanto concorrono a mantenere nel tempo la funzione per la quale i punti di disaccoppiamento sono stati posizionati.

La fase successiva sarà allora quella operativa di gestione delle attività quotidiane del personale coinvolto nella pianificazione e nella messa in lavoro degli ordini. Generazione ed esecuzione degli ordini di approvvigionamento sono, nell'ottica del DDMRP, svolte secondo la logica *pull*, ovvero "tirate" dalle reali richieste dei clienti. Queste ultime due fasi sono dettagliate del presente capitolo.

4.1. Demand driven planning

Come detto in precedenza, oltre alla riduzione del lead time visto dal cliente e all'assorbimento della variabilità, il proposito per il quale si costruiscono i buffer di disaccoppiamento è quello di fungere da punto di partenza per il meccanismo di generazione degli ordini di approvvigionamento. Inoltre, la presenza dei buffer e il conseguente concetto di lead time disaccoppiato rendono possibile l'utilizzo della sola domanda reale come input per l'equazione che determina la necessità o meno di un ordine. Questa equazione è un'altra delle grandi innovazioni introdotte dal DDMRP e prende il nome di equazione di flusso netto (*net flow equation*). Si tratta di una formula matematica molto semplice ed elegante, che secondo Ptak e Smith andrebbe calcolata quotidianamente per tutti i codici toccati:

$$\text{net flow position} = \text{on hand} + \text{on order} - \text{qualified demand}$$

Il significato dei primi due termini è facilmente intuibile: *on hand* rappresenta la quantità fisica effettivamente presente in giacenza presso il buffer e disponibile per essere utilizzata; *on order* è invece la quantità che è stata ordinata (da un fornitore o dalle fasi a monte del buffer) ma non ancora ricevuta, a prescindere dallo stato dell'ordine emesso. Rientrano all'interno della quantità *on order* anche quei lotti o parti di lotti che, ad esempio per difetti qualitativi, sono stati ricevuti ma non possono realmente essere utilizzati perché necessitano di ulteriori check o rilavorazioni. Il terzo termine rappresenta il segnale di domanda ed include gli ordini già scaduti in precedenza, gli ordini in scadenza nel giorno in cui si fa il calcolo e i picchi "qualificati" di domanda futura. Vale la pena di approfondire il significato di questo aggettivo.

Come chiarito precedentemente, si vogliono dare in input al sistema che governa gli approvvigionamenti soltanto segnali di domanda che siano rilevanti ai fini di garantire lo scorrimento rapido e senza intoppi del materiale lungo la supply chain. Nel paragrafo 3.2 è stato mostrato come il dimensionamento dei buffer sia largamente dipendente dall'ADU, ovvero da quanto il codice stoccato venga mediamente consumato. È tuttavia cosa nota che la domanda di mercato non segue quasi mai un andamento lineare e stabile, in quanto saltuari ordini più grandi di particolari clienti sono la norma in quasi tutti gli ambienti industriali. Questi ordini massicci, se non correttamente presi in considerazione, possono mettere a rischio la funzione di disaccoppiamento fornita dal buffer. Nel paragrafo 3.1 è inoltre stato chiarito che il posizionamento dei magazzini va fatto in modo da rendere il lead time disaccoppiato visto dal cliente pari o inferiore all'orizzonte di visibilità che l'azienda ha sull'inserimento degli ordini. Questi due aspetti sono ora fondamentali per capire quando un picco di domanda è "qualificato", ovvero rilevante, e vada quindi considerato nell'equazione di flusso netto. Si definiscono a tale scopo due soglie, una quantitativa e una temporale. Se il picco di domanda, dato dalla somma delle richieste in un determinato giorno, sarà maggiore della quantità definita e richiesto entro l'orizzonte temporale scelto, allora sarà qualificato. Nell'equazione sarà presente l'intero picco e non soltanto la quota oltre la soglia in modo da tutelare il buffer da altri possibili picchi futuri. Per determinare la soglia quantitativa, chiamata *order spike threshold* (OST), Ptak e Smith propongono 3 metodi alternativi: il

primo prevede di porla uguale al 50% della zona rossa, il secondo la pone uguale alla *red base*, il terzo la calcola come multiplo dell'ADU. Più la soglia ha un valore limitato, più la scelta risulterà cautelativa in quanto renderà qualificati un numero maggiore di picchi di domanda. In tal modo si avrà un livello globale di giacenza maggiore, ma di conseguenza anche migliori livelli di servizio. Sta quindi al management valutare secondo quale criterio determinare la soglia a seconda di quali indicatori si vogliono privilegiare. In ogni caso Ptak e Smith consigliano di adottare come OST un valore non superiore alla dimensione totale della zona rossa. Per quanto riguarda l'orizzonte temporale, chiamato *order spike horizon* (OSH), il suggerimento è di porlo almeno pari al lead time disaccoppiato del codice stoccato. In tal modo le operations avranno tempo a sufficienza per produrre le quantità richieste e, se il posizionamento è stato fatto correttamente, l'OSH sarà anche pari o inferiore all'orizzonte di visibilità degli ordini consentendo l'utilizzo esclusivo della domanda reale.

La Figura 4-1 è un esempio tratto dal manuale di Ptak e Smith che riassume quanto detto: nella parte alta della tabella sono indicati la soglia quantitativa (100 pezzi) e l'orizzonte temporale (6 giorni) scelti per il codice in questione, mentre ogni riga contiene un ordine con la relativa quantità richiesta e la data di scadenza, e la parte con sfondo grigio rappresenta gli ordini che cadono entro l'OSH. Nella parte inferiore la OST e l'OSH sono rappresentati graficamente, e ad ogni giorno è associata la domanda cumulativa data dalla somma dei singoli ordini. La domanda in scadenza il 23 giugno rappresenta un picco qualificato in quanto è maggiore della OST e cade entro l'OSH, diversamente da quanto succede il 29 giugno, che cade al di fuori dell'orizzonte temporale scelto. Immaginando di calcolare l'equazione di flusso netto nella giornata indicata, la domanda qualificata sarebbe allora data dalla somma dei due ordini in scadenza quel giorno che ammontano a 75 pezzi addizionati del valore totale del picco, pari a 180 pezzi. Nell'equazione non vanno invece presi in considerazione tutti gli altri ordini già piazzati dai clienti in quanto, se non qualificati come picchi, sono segnali di domanda in un certo senso già previsti nella fase di costruzione del buffer. Rientrano infatti all'interno del consumo medio sulla cui base si è svolto tutto il dimensionamento, per cui il buffer ha proprio l'obiettivo di garantire la disponibilità del materiale per soddisfare questo tipo di richieste.

Questo aspetto rende sempre più evidente la differenza tra il DDMRP e la tradizionale logica di pianificazione adottata dai sistemi MRP dove ogni singolo segnale di domanda, sia reale sia frutto di forecast, fa scattare ordini di approvvigionamento lungo tutta la supply chain. Il DDMRP cerca invece di limitare i segnali di input soltanto a ciò che è realmente rilevante, nel senso che potrebbe compromettere la funzionalità dei buffer.

Part # EXAMPLE Order Spike Horizon = 6 days Order Spike Threshold = 100 Today's Date: 06/21		
Demand	Quantity	Due Date
SO# 1234	35	06/21
SO# 1235	40	06/21
SO# 1236	40	06/22
SO# 1237 - SPIKE!	70	06/23
SO# 1238 - SPIKE!	50	06/23
SO# 1239 - SPIKE!	60	06/23
SO# 1240	10	06/24
SO# 1241	25	06/24
SO# 1242	60	06/25
SO# 1243	10	06/25
SO# 1244	10	06/26
SO# 1245	15	06/26
SO# 1246	50	06/26
SO# 1247	20	06/26
SO# 1248	40	06/27
SO# 1249 (OUTSIDE HORIZON)	70	06/28
SO# 1250 - SPIKE! (OUTSIDE HORIZON)	80	06/29
SO# 1251 - SPIKE! (OUTSIDE HORIZON)	60	06/29

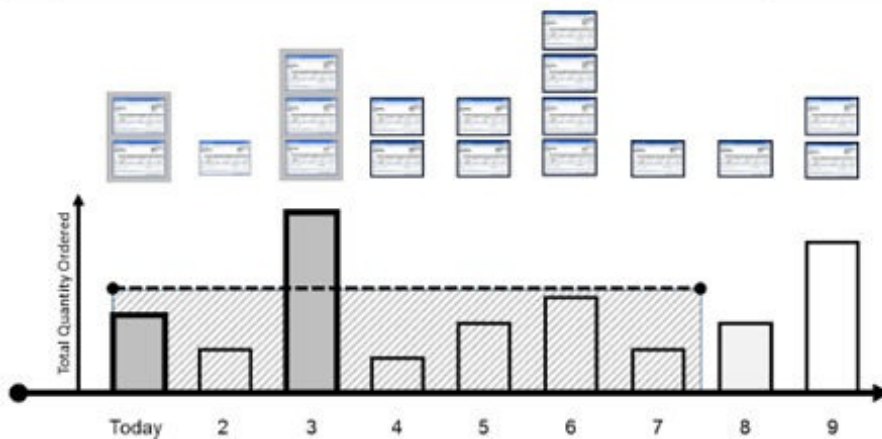


Figura 4-1 Esempio di OST e OSH (Ptak e Smith, 2016)

A questo punto è importante sottolineare che i picchi di domanda qualificati continuano a rientrare nel calcolo della *net flow equation* fino a quando non vengono evasi. Con riferimento all'esempio precedente, il picco del 23 giugno sarà conteggiato ogni giorno e non soltanto la prima volta che compare all'interno dell'OSH. Questo perché se l'equazione porta all'approvazione di un ordine di approvvigionamento, quel picco di domanda servirà poi a bilanciare la quantità *on order*. Considerare i picchi soltanto la prima volta che diventano visibili causerebbe un apparente sovradimensionamento del buffer in quanto il calcolo dell'equazione restituirebbe un valore irrealisticamente elevato.

Chiarito il significato dei termini che compongono l'equazione, bisogna valutare quando il risultato da essa fornito implichi la creazione di un ordine di approvvigionamento. Tornando alle tre zone del buffer, Ptak e Smith definiscono come *top of red* (TOR) l'estremo superiore della zona rossa, *top of yellow* (TOY) il livello dato dalla somma della zona rossa e della zona gialla, *top of green* (TOG) il valore totale dato dalla somma delle 3 zone, come mostrato in Figura 4-2.

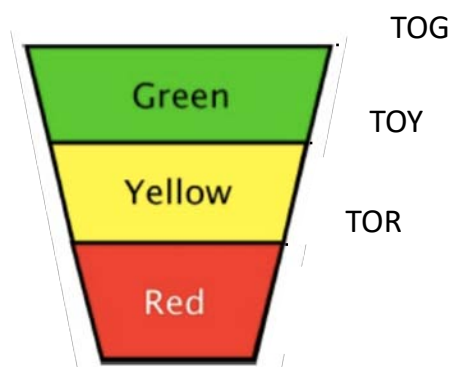


Figura 4-2 TOG, TOY, TOR (adattato da Ptak e Smith, 2016)

Se la *net flow position* calcolata è pari o inferiore al livello TOY, allora sarà necessario emettere un ordine di dimensione pari alla differenza tra il valore TOG e la *net flow position*. Quindi il suggerimento degli ordini è fatto in modo tale da riportare la posizione di flusso netto al livello della dimensione totale del

buffer. La consegna dell'ordine sarà richiesta in un tempo pari al lead time disaccoppiato del codice stoccato. Dovrebbe ora essere chiaro il motivo per cui in precedenza è stato affermato che la zona verde determina quantità e frequenza degli ordini: in base a quanto appena descritto, ogni ordine sarà sempre almeno pari alla zona verde e, dividendo la dimensione della zona verde per l'ADU si otterrà la frequenza media dell'emissione di un ordine.

Uno degli aspetti sottolineati da Ptak e Smith è la semplicità e l'eleganza di questo metodo di pianificazione. Infatti, oltre a basare gli ordini su un'equazione che dal punto di vista algebrico è banale, il metodo fornisce istantaneamente un senso di priorità che indica al planner quali siano i codici più bisognosi di attenzioni. Questo perché la *net flow position* è solitamente indicata, oltre che in valore assoluto, in valore percentuale relativo al livello TOG e anche con un colore che indica la zona del buffer all'interno della quale ricade. Si consideri a tal proposito la Figura 4-3. Per ciascun codice stoccato sono indicate le quantità in giacenza (*on hand*) e ordinate (*on order*), la domanda qualificata che rientrerà nell'equazione di flusso netto, il risultato del calcolo dell'equazione, la quantità raccomandata per l'ordine, la data in cui l'ordine è richiesto, la dimensione delle tre zone del buffer e il lead time disaccoppiato. La colonna denominata "priority planning" serve proprio al planner per capire dove intervenire con maggiore urgenza. Il primo codice in tabella è in una situazione di rischio, in quanto la sua *net flow position* è pari soltanto al 19,8% del livello TOG e in valore assoluto è di oltre 100 pezzi inferiore alla zona rossa. Il planner dovrà quindi urgentemente emettere l'ordine di approvvigionamento.

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 4-3 Schermata di pianificazione in ambito DDMRP (Ptak e Smith, 2016)

I due autori pongono poi l'attenzione su un altro tratto di differenziazione rispetto all'MRP tradizionale in cui una prioritizzazione relativa non esiste affatto: al planner è semplicemente chiesto di creare/approvare o meno un ordine, ma il confronto delle urgenze viene normalmente fatto soltanto in base ai volumi richiesti o all'importanza dei clienti che richiedono il prodotto. Ora invece è possibile dare un peso diverso a ciascun codice stoccato in base alla sua posizione di flusso netto.

Nel precedente capitolo è stato introdotto il concetto di esplosione disaccoppiata che ora trova riscontro nel meccanismo di generazione degli ordini: quando tramite la *net flow equation* si determina la necessità di un ordine, questo causerà un segnale di domanda per il buffer successivo che si incontra lungo la distinta base. Il segnale di domanda così generato sarà di nuovo un segnale effettivo e non una previsione, in quanto deriva dalla necessità di mantenere il livello desiderato di giacenza in un altro buffer, a sua volta consumato dagli ordini dei clienti. Tra due buffer il calcolo dei fabbisogni avviene esattamente come nell'MRP tradizionale, ma la grande differenza sta nel fatto che un ordine di prodotto finito non comporta l'innescò di ordini lungo tutta la struttura di prodotto. L'esplosione dei fabbisogni prosegue soltanto se lo stesso buffer richiede un riordino di materiale. Nell'MRP tradizionale il solo caso in cui l'esplosione viene stoppata ad un determinato livello della distinta si verifica se vi è materiale residuo in giacenza sufficiente a coprire il fabbisogno ricalcolato. Tuttavia, si tratta in realtà di un fenomeno non voluto, in quanto l'obiettivo dell'MRP è quello di portare a zero tutte le giacenze, e si verifica a seguito di cambiamenti di domanda che non sono stati compensati da una modifica delle quantità di componenti ordinate.

Il modo in cui è strutturata la *net flow equation* permette di fare delle importanti considerazioni sul valore medio della giacenza. In uno scenario in cui la domanda è sempre pari all'ADU ci si deve aspettare un andamento a dente di sega della giacenza, la quale verrà erosa quotidianamente fino a quando non viene ricevuto un ordine. In questa situazione priva di variabilità la dimensione dell'ordine sarà sempre pari alla zona verde in quanto non ci sono picchi di domanda, e anche la frequenza di ordinazione sarà costante. Ciò significa che il

valore della giacenza sarà sempre contenuto all'interno di un intervallo di dimensioni pari alla stessa zona verde. All'inizio del paragrafo 3.2 era stato chiarito che, affinché i magazzini contribuiscano al ROA, essi debbano assestarsi attorno ad un valore di equilibrio che favorisca il flusso. Il punto di equilibrio è appunto questo intervallo che assume quindi il significato di range ottimale per il valore della giacenza e può essere usato per valutare la performance di un determinato codice stoccato. Il valore dell'estremo inferiore è pari alla zona rossa, la quale sarà quindi pari all'ampiezza della zona inferiore di allerta. Quando la giacenza scende sotto l'estremo inferiore dell'intervallo ottimale entra nella zona di allerta. Ciò significa che se la giacenza ha un valore compreso tra zero e TOR allora richiede attenzione da parte del planner che dovrà valutare se occorrono delle azioni di expediting per anticipare la ricezione degli ordini già emessi o se invece la domanda futura non rischia di mandare il buffer in rottura di stock. L'estremo superiore dell'intervallo è dato dal valore della zona rossa più la zona verde. Se la giacenza supera tale estremo entra nella zona superiore di allerta, la quale ha ampiezza pari al valore della zona gialla meno la zona verde. La Figura 4-4 illustra graficamente i vari intervalli appena descritti, con il punto A che rappresenta la rottura di stock e il punto B l'eccedenza, mentre l'arco tratteggiato indica l'intervallo massimo entro cui la giacenza deve variare. Si può ora anche facilmente stabilire un valore assoluto come target della giacenza, che sarà pari alla somma della zona rossa e della metà della zona verde, ovvero il punto centrale del range ottimale. Da notare che le dimensioni delle due zone di allerta non sono necessariamente uguali.

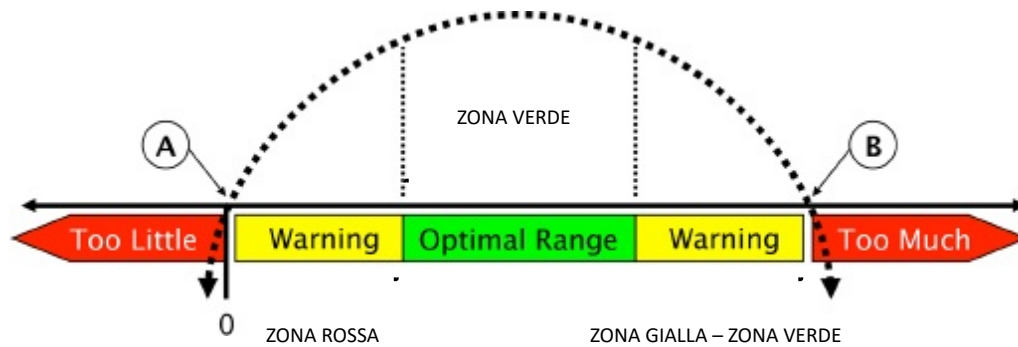


Figura 4-4 Intervallo ottimale e zone di allerta per la giacenza media (adattato da Ptak e Smith,2016)

Si può a tal proposito pensare di graficare l'andamento del valore della giacenza entro un determinato orizzonte temporale per valutare quante volte siano state toccate le zone di allerta e di conseguenza capire se il dimensionamento del buffer è corretto in relazione alle condizioni in cui opera. Inoltre, questo intervallo ottimale e le relative zone di allerta saranno fondamentali nel prossimo paragrafo in cui verrà dettagliato l'ultimo step del DDMRP, ovvero l'esecuzione e il controllo dell'avanzamento degli ordini dopo che sono stati emessi dal planning.

4.2. Visible and collaborative execution

Nella tradizionale logica della gestione della produzione secondo i dettami dell'MRP, può accadere che, specialmente nelle aziende di piccole dimensioni, chi si occupa della pianificazione degli ordini sia anche il responsabile dell'avanzamento degli stessi. Ciò si verifica in quanto le priorità vengono gestite esclusivamente sulla base delle date di versamento scritte sui cartellini degli ordini di produzione o sulle date di consegna pattuite con i fornitori al momento dell'emissione dell'ordine. Dato che sono i planner a stabilire queste date, sembra naturale attribuire agli stessi planner anche la responsabilità circa

il rispetto delle scadenze. Se anche le funzioni di planning e scheduling sono gestite da persone differenti, le priorità vengono in ogni caso gestite sempre e solo in base alle date pianificate. In altre parole, spesso non c'è nell'MRP una distinzione tra pianificazione ed esecuzione. Quest'ultimo step del DDMRP cerca invece di mettere in evidenza come le due cose vadano accuratamente distinte in quanto, per perseguire l'obiettivo ultimo di garantire un flusso continuo di materiali e di informazioni, esse debbano avere priorità e basarsi su parametri gestiti separatamente.

Ptak e Smith evidenziano la fallacità di un sistema di esecuzione basato su priorità determinate esclusivamente dalle date richieste di versamento o di consegna. Nella logica dell'MRP, poiché tutto deve andare esattamente come pianificato per evitare ritardi e quindi penalizzazioni nei livelli di servizio offerti al cliente, la misurazione delle performance sia dei fornitori sia dei processi produttivi interni è basata in larga misura sulla puntualità, ovvero sul rispetto delle date richieste dal planning. Quando ci si accorge che qualcosa sta andando in ritardo, si fanno onerose azioni di expediting quali ad esempio spedizioni express o spaccettamento dei lotti produttivi in quantità minori che non compromettano le capacità delle risorse produttive. Nel primo caso i costi sono direttamente associati al tipo di spedizione, nel secondo invece possono nascere situazioni conflittuali tra parti ritenute ugualmente prioritarie e delle quali bisogna scegliere quale mandare avanti e quale far attendere, con il risultato che le schedulazioni in reparto subiscono continue modifiche. Il problema principale di questo approccio è che le date di richiesta consegna vengono fissate al momento dell'emissione dell'ordine. Siccome i lead time coinvolti nell'MRP sono elevati, il momento della definizione della priorità rischia di essere distante dal momento in cui la priorità deve effettivamente essere rispettata. Visto poi il dinamismo del contesto industriale odierno, il rispetto di una data richiesta può non coincidere con le reali esigenze che si sono andate definendo dal momento dell'emissione dell'ordine in poi. Si può verificare il caso in cui, sebbene il fornitore sia puntuale al 100%, le linee di assemblaggio si trovino ad avere componenti mancanti perché, a seguito di un aumento di domanda, sono state ritoccate le quantità degli ordini di produzione. Se questi cambiamenti avvengono all'interno del ciclo di vita di un ordine, allora bisogna aspettarsi dei

disallineamenti tra le reali necessità e le priorità inizialmente definite. Questo modus operandi è reso ancor più traballante a causa del nervosismo del sistema che crea segnali di domanda che cambiano continuamente sia in termini di quantità sia di tempistiche.

In contrasto a ciò, nel DDMRP le funzioni di pianificazione e di esecuzione sono tra loro ben distinte. Se la pianificazione valuta l'emissione degli ordini di approvvigionamento in base all'equazione di flusso netto, il compito dell'esecuzione è quello di gestire l'avanzamento degli ordini dal momento in cui vengono emessi in poi. Questa gestione si basa su due tipi di criteri: il primo riguarda lo stato del buffer valutato sulla base della giacenza disponibile corrente e sulla proiezione nel futuro di quest'ultima, il secondo invece considera la sincronizzazione di tempistiche e quantità all'interno delle catene produttive contenute tra due buffer consecutivi, le quali sono quindi gestite con la normale logica MRP.

L'idea di Ptak e Smith è quella di valutare l'integrità di un buffer tramite uno schema a colori (rosso, giallo, verde) e una relativa percentuale, analogamente a quanto avveniva per la *net flow position*. Il modo in cui vengono determinati colori e percentuali sono tuttavia differenti rispetto all'ottica della pianificazione, ma l'obiettivo è sempre quello di determinare una relativa priorità che consenta al personale di stabilire quali codici richiedano attenzione immediata. Questo sistema di prioritizzazione consente inoltre di non valutare fornitori e processi soltanto sulla base della puntualità rispetto alle date pianificate, nella consapevolezza che queste potrebbero non rappresentare le reali necessità delle operations dell'azienda. Il DDMRP parte dal presupposto che difficilmente le cose vanno come le si pianifica e, anziché cercare di pianificare in maniera più esatta, si propone di trovare un modo di considerare la variabilità come elemento ineliminabile dei processi e che quindi richieda una pianificazione meno precisa.

Come detto, la gestione degli avanzamenti degli ordini valuta innanzitutto lo stato di integrità del buffer. A differenza di quanto avviene per il planning, nell'esecuzione non si utilizza la *net flow equation* ma si valuta la quantità di materiale presente nei punti di disaccoppiamento. La percentuale associata a

ciascun codice sarà ora data dal rapporto tra la giacenza e il valore TOR. Tornano ora utili gli intervalli ottimali e le zone di allerta definite alla fine del precedente paragrafo: il range ottimale quello compreso tra i valori TOR e TOR + zona verde. Se la giacenza di un codice stoccato ricade tra questi due estremi, allora non c'è motivo di preoccupazione e il colore assegnato a tale codice sarà verde, mentre la percentuale sarà superiore al 100%. I colori giallo e rosso vengono utilizzati per determinare la gravità della penetrazione del livello di giacenza all'interno della zona di allerta, ovvero della zona rossa del buffer. Va quindi definita una soglia che determini il passaggio dal giallo al rosso per identificare lo stato del buffer: Ptak e Smith suggeriscono di porre tale soglia pari al 50% della zona rossa. Quando un buffer è segnalato come rosso, scatta quella che viene definita dagli autori una *current on-hand alert*: gli ordini aperti che alimentano il buffer in questione devono ricevere il massimo grado di priorità. Si consideri a titolo di esempio la Tabella 8 che rappresenta una basilare schermata utilizzata dal personale di esecuzione per dei codici di produzione interna: il codice FPB è quello più a rischio per quanto riguarda l'integrità del buffer, e quindi gli ordini di FPB saranno prioritari rispetto a quelli dei codici IC203 e FPC, anche se le date richieste di consegna potrebbero suggerire una scelta diversa.

Tabella 8 Schermata per personale di esecuzione (Ptak e Smith, 2016)

On-Hand Alert Manufactured Parts	
Part #	Status
FPB	RED - 20.7%
IC203	YELLOW - 53.5%
FPC	YELLOW - 99.4%

Bisogna qui fare attenzione a distinguere le due prospettive: un codice potrebbe avere una *net flow position* caratterizzata dal colore verde e contemporaneamente uno stato del buffer rosso in quanto la giacenza risulta essere inferiore al 50% del valore del TOR. Diverso è anche il messaggio che bisogna trarre: dal punto di vista del planning significa che il codice non richiede

l'emissione di un ordine di approvvigionamento, mentre per l'esecuzione significa che è necessaria un'azione di expediting o di prioritizzazione degli ordini già emessi per riportare lo stato del buffer all'interno del range ottimale.

Oltre a valutare lo stato attuale dei buffer, è anche importante determinare come la giacenza sarà nel prossimo futuro, sempre con lo scopo di evitare rotture di stock che comprometterebbero il flusso. Per fare ciò si utilizzano le informazioni relative alla domanda futura e allo stato di avanzamento degli approvvigionamenti: si delinea in tal modo una proiezione della giacenza disponibile per un numero di giorni pari al lead time disaccoppiato della parte considerata e, se tale proiezione assume valori inferiori alla soglia del 50% della zona rossa, scatterà una *projected on-hand alert*. Il dato di domanda da utilizzare è il valore maggiore tra l'ADU e gli ordini effettivamente piazzati in un determinato giorno per tutelarsi da eventuali picchi di domanda inattesi. Nel caso in cui la giacenza proiettata sia minore di zero, nel giorno in cui si verifica la scopertura lo stato del buffer assumerà una colorazione rosso scuro per evidenziarne la criticità. Si consideri la Tabella 9: il codice considerato ha un lead time disaccoppiato di 7 giorni e la zona rossa del buffer è di 52 pezzi; sono indicati l'ADU, gli ordini di consumo, gli ordini di approvvigionamento e la proiezione della giacenza a inizio giornata. Con questo schema è possibile valutare se e quando un codice avrà una giacenza tale da non garantire il disaccoppiamento. In questo esempio non scatterà alcuna allerta in quanto sono presenti soltanto due giorni in cui la giacenza entrerà nella zona rossa, senza però raggiungere il valore soglia del 50% del TOR.

Tabella 9 Proiezione dello stato del buffer (adattato da Ptak e Smith, 2016)

Top Of Red = 52

	today	day +1	day +2	day +3	day +4	day +5	day +6	day +7
ADU	10	10	10	10	10	10	10	10
Sales orders	10	18	17	6	5	9	10	30
Expected supply	0	35	0	0	0	37	0	0
Projected starting on-hand	65	55	72	55	45	35	62	52
Projected status		105.8%	138.5%	108.8%	86.5%	67.3%	119.2%	100.0%

Il secondo aspetto che deve valutare chi si occupa dell'avanzamento degli ordini è la sincronizzazione delle catene presenti tra due buffer successivi. Come detto in precedenza, la logica di esplosione dei fabbisogni per questi segmenti di distinta base è esattamente quella del tradizionale MRP per cui, per poter rilasciare in fabbrica un ordine di produzione del codice, è necessaria la simultanea disponibilità dei codici figlio nella data prevista dal planning. Se ciò non avviene deve scattare un messaggio di allerta, che può essere di due tipi.

Il primo è chiamato dagli autori *material synchronization alert* ed indica un disallineamento di materiale per uno specifico fabbisogno: significa cioè che l'ordine di un codice padre non è totalmente coperto dalla giacenza del codice figlio. Questo caso si può verificare per tre principali ragioni: ordini di approvvigionamento non sufficienti a causa di perdite di efficienza o difetti qualitativi, ordini di approvvigionamento in ritardo rispetto alle date pianificate, richieste di anticipo di ordini di produzione che consumano la giacenza. Si consideri il seguente esempio, riportato in Figura 4-5. In alto è rappresentata la distinta base di un generico codice FPA, nella quale è evidenziata la catena contenuta tra due buffer oggetto di disallineamento. Si supponga che sia stato emesso per il 5 maggio un ordine del codice 201 di 2213 pezzi che genera tramite l'esplosione dei fabbisogni un ordine della stessa quantità per il codice 301 (MO2574), ma che la giacenza del codice di acquisto 401P sia soltanto di 2108 pezzi. Questo disallineamento provocherebbe una scopertura di 105 pezzi. La tabella sottostante indica appunto il messaggio di allerta per questa situazione: la colonna *shortage* dà l'informazione circa il componente critico per il rilascio dell'ordine e l'entità della scopertura, mentre l'ultima colonna indica lo stato del buffer del più vicino codice padre stoccato dal quale è partita l'esplosione. Questo messaggio di allerta viene mostrato al planner che dovrà decidere se posticipare la data di rilascio dell'ordine nel caso in cui sia in arrivo una fornitura del codice 401P, oppure se ridurre l'ordine del codice 201 e di conseguenza del codice 301 di 105 pezzi, in modo che la giacenza di 401P sia sufficiente.

Figura 4-5 Material synchronization alert (Ptak e Smith, 2016)

Tale scelta va anche fatta considerando lo stato del buffer del codice 201, motivo per cui è presente l'ultima colonna nella tabella in Figura 3.17: se il buffer non è in una situazione critica si può posticipare l'ordine perché non si rischia di mettere a rischio il disaccoppiamento, in caso contrario sarà preferibile ridurre l'ordine in modo da far uscire il buffer dalla zona di allerta il prima possibile. Come detto, questo tipo di messaggio di allerta è visto dal planner del codice che consuma la giacenza, ma è allo stesso tempo visibile come *projected on-hand alert* dal buyer del codice consumato.

L'ultimo messaggio di allerta indicato da Ptak e Smith è chiamato *lead time alert* e riguarda codici strategici non stoccati in un buffer di disaccoppiamento. Solitamente si tratta di codici che non generano volumi tali da giustificarne lo stoccaggio ma che possono provocare importanti problemi di disallineamento se mancanti, e sono ad esempio forniture da regioni remote o con difficoltà di maneggiamento e trasporto. Per tenere un monitoraggio più accurato, si divide l'ultima parte del lead time (solitamente l'ultimo 30%) in tre zone: verde, gialla e rossa. Tali zone rappresentano semplicemente un'indicazione dell'avvicinarsi della data di prevista ricezione; se l'ordine risulta scaduto assumerà una colorazione rosso scuro. Ciascuna zona dovrebbe corrispondere ad una richiesta di aggiornamenti da parte del buyer in modo da poter anticipare eventuali ritardi e conseguenti *material synchronization alerts*.

L'insieme di questi messaggi di allerta condivisi da pianificazione ed esecuzione dovrebbe chiarire il motivo per cui il titolo del presente paragrafo alluda alla collaborazione e alla visibilità, ritenuta dagli autori la principale leva per evitare trasmissioni ed amplificazioni della variabilità lungo la supply chain.

5. CASI STUDIO

Come accade per ogni nuova teoria che viene presentata, affinché si possa formulare una valutazione oggettiva del DDMRP sono necessarie evidenze empiriche che ne dimostrino l'applicabilità e l'efficacia. Trattandosi tuttavia di un modello nato pochi anni fa, sono attualmente molto pochi i casi studio presenti in letteratura. Per aumentare la consapevolezza all'interno del mondo industriale circa l'esistenza del DDMRP e per promuoverne la commercializzazione è stato fondato nel 2011 il Demand Driven Institute (DDI), un'organizzazione che, oltre a pubblicizzare libri e articoli ed organizzare eventi correlati alla tematica, propone una serie di corsi di formazione con relativi certificati per standardizzare e attestare le conoscenze e le competenze di chi voglia approfondire il mondo del DDMRP. Il DDI offre sul proprio sito anche un buon numero di casi studio i quali però, per evitare informazioni faziose fornite da chi vuole vendere il proprio prodotto, non sono stati presi in considerazione per lo svolgimento della presente tesi. Il presente capitolo analizza pertanto 4 casi studio ritenuti i più rilevanti tra quelli presenti in letteratura. La scelta, oltre dalla completezza e coerenza delle informazioni fornite, è stata dettata dal fatto che ciascuno si differenzia dagli altri per l'approccio scelto. Il primo, a partire dai dati di un'azienda reale, analizza tramite una simulazione quali impatti ci si debba aspettare non solo a livello di performance, ma anche per quanto riguarda l'organizzazione interna del personale. Il secondo è un caso di implementazione reale. Gli ultimi due sono reperibili sia come articoli sia, più in dettaglio, all'interno di tesi di dottorato. In particolare, il terzo valuta le differenze di performance tra MRP e DDMRP in un ambiente simulato, l'ultimo parte da una situazione reale con evidenti problemi e, di nuovo tramite una simulazione, valuta potenziali vantaggi offerti dal DDMRP.

5.1. Caso studio 1 – costi e benefici

Il primo caso studio analizzato è stato sviluppato all'interno di una tesi di laurea del 2018⁴⁸. Tratta l'implementazione del DDMRP in un'azienda del Nord Italia, la ISEO Serrature. Si tratta di un'azienda a gestione familiare fondata nel 1969, diventata leader mondiale nella realizzazione di serrature, lucchetti e sistemi di sicurezza in generale. Nel corso degli anni ha aperto filiali in diversi Paesi e ha perseguito la strategia dell'integrazione verticale acquisendo aziende complementari e aumentando così il proprio know how e la qualità dei propri prodotti. Il caso studio parte dall'analisi della situazione *as-is* delle funzioni di procurement e planning, per poi andare a descrivere la simulazione dei cinque step dell'implementazione del DDMRP ed infine, analizzando i risultati, trae le conclusioni a livello di costi, benefici e implicazioni sulle funzioni analizzate.

Per quanto riguarda il procurement, ogni plant ha il proprio ufficio acquisti ma il coordinamento viene svolto centralmente. Il confronto dei fornitori è fatto su scala globale. ISEO ha un potere contrattuale molto forte nei confronti dei propri fornitori in quanto quasi tutti le dedicano la loro intera capacità produttiva. Il planning ha a che fare con due tipi di clienti: clienti diretti esterni all'azienda tra cui distributori, fabbri e negozi privati, e clienti interni ovvero centri distributivi proprietari che coprono mercati locali in varie zone del mondo. Il 90% del fatturato deriva da ordini make-to-stock di prodotti standard, mentre il restante 10% è ricavato tramite prodotti personalizzati su commessa realizzati con logica make-to-order. La produzione in generale si può suddividere in chiavi, corpi di serrature (cilindri) e rotor per i meccanismi di chiusura. Ogni tipo di componente è prodotto individualmente per poi essere portato alle stazioni di assemblaggio manuale e al packaging. La pianificazione viene svolta settimanalmente con un orizzonte congelato di quattro settimane e include la gestione della produzione e degli ordini di approvvigionamento. Ogni quinta settimana vengono fatte delle valutazioni circa la necessità di modifiche in

⁴⁸ Z. G. Abith, *Demand Driven Material Requirements Planning: A new method for production and planning management*. Politecnico di Milano, 2018.
<https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/144494>

seguito a cambiamenti della domanda o ritardi di fornitura e/o produzione. Il punto di partenza della pianificazione è il production plan annuale redatto in fase di budgeting che viene poi dettagliato mensilmente e, insieme alle previsioni di vendita, agli ordini già piazzati dai clienti e alle scorte di sicurezza di prodotto finito, costituisce l'input per l'MPS. L'MRP espone poi i fabbisogni su tutte le distinte base e vengono fatti degli aggiustamenti in base alle capacità produttive. L'azienda cerca di minimizzare le scorte di sicurezza ai livelli inferiori della distinta e, se necessario, le imposta per garantire una copertura pari a metà del lead time del codice.

L'analisi di implementazione è fatta sul cilindro più altorotante. Analisi interne hanno determinato che tale prodotto, insieme alle altre componenti meccaniche prodotte dall'azienda, è tra le fasi di crescita e maturità del suo ciclo di vita, motivo per il quale è essenziale migliorarne la flessibilità per rispondere a variazioni di mix e volumi, e la velocità di consegna in quanto attualmente il lead time di produzione è di 4-5 settimane, contro un tempo di consegna atteso dal cliente di due settimane. Altre analisi hanno mostrato come l'azienda lavori sulla base di previsioni di vendita con un elevato grado di errore, tanto che nell'anno analizzato oltre il 40% dei codici venduti, corrispondenti al 7,3% dei volumi, non era nemmeno stato previsto dal budget.

L'implementazione del DDMRP parte dal posizionamento dei buffer lungo la distinta base, svolto applicando i sei *positioning factors* illustrati precedentemente e mostrato in Figura 4-1.

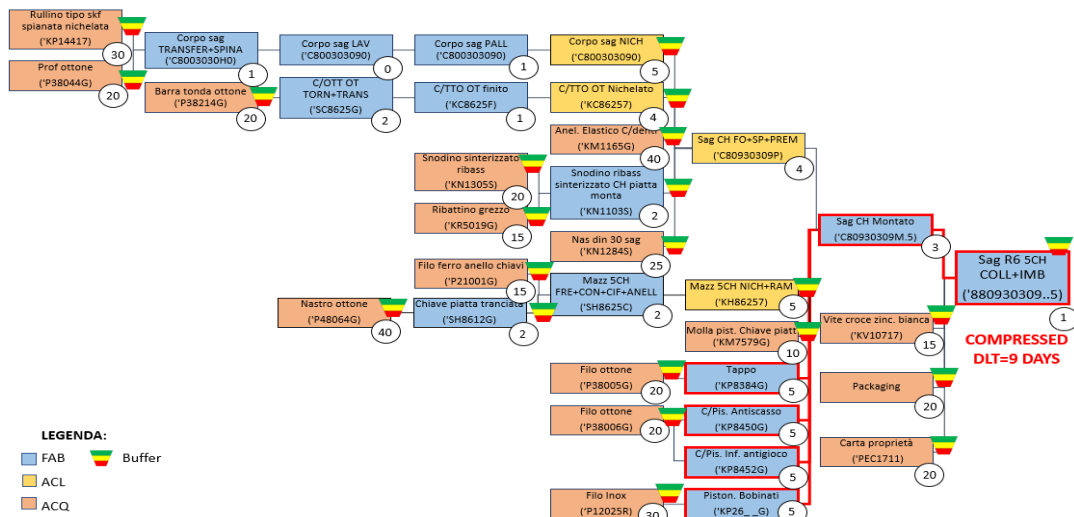


Figura 5-1 Posizionamento dei buffer (Abith, 2018)

I dati di consumo medio così come le fasce per i lead time e la variabilità sono stati desunti dal gestionale utilizzato fino a quel momento con l'aiuto del personale più esperto. In particolare, l'ADU è stato calcolato mediante il dato storico degli ultimi 12 mesi unito al dato previsionale dei successivi 6. I risultati del dimensionamento del buffer del prodotto finito sono mostrati in Figura 4-2. L'ultima riga della tabella (Average OH) indica il target della giacenza media dato dalla somma della zona rossa e metà della zona verde.

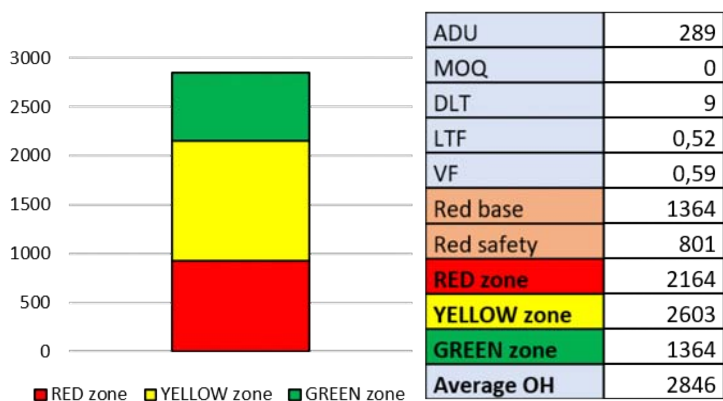


Figura 5-2 dimensionamento del buffer del prodotto finito (Abith, 2018)

Le fasi di pianificazione ed esecuzione sono invece state fatte tramite una simulazione di emissione degli ordini secondo la logica prevista dal DDMRP e la loro gestione in base alle priorità definite dai messaggi di allerta. L'andamento della *net flow position* e della giacenza sono mostrate in Figura 4-3

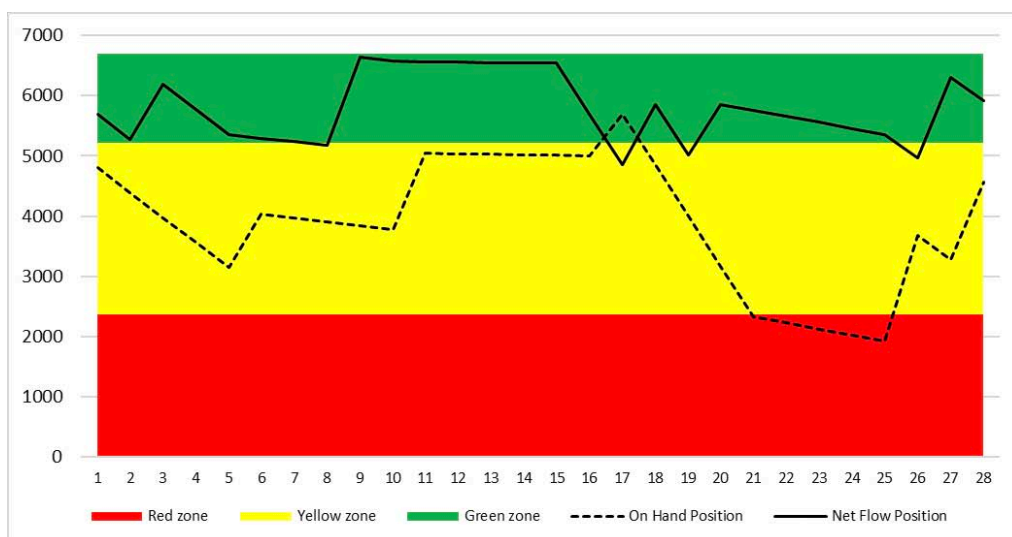


Figure 5-3 Andamento di *net flow position* e *on hand position* (Abith, 2018)

Il primo effetto dell'implementazione del DDMRP si ha a livello di lead time, che passa dalle 4-5 settimane iniziali a 9 giorni in quanto si considera ora il lead time disaccoppiato. Quindi il dato è in linea con ciò che si aspetta il cliente e consente una maggiore reattività alla domanda che, come è stato visto, è molto variabile e difficilmente prevedibile. Altro vantaggio è l'ottimizzazione dei magazzini: la Tabella 10 mostra come, nei mesi successivi all'implementazione, il costo complessivo della giacenza dei codici presenti in distinta base del prodotto finito analizzato sia sceso. La tabella distingue il saving avuto grazie alla diminuzione del livello delle giacenze esistenti dal saving nato in seguito all'eliminazione di magazzini non più necessari: gli spazi fisici per lo stoccaggio erano già presenti in quanto con la logica MRP si tende ad accumulare delle scorte ad ogni livello di distinta, mentre ora i magazzini sono soltanto situati presso i punti di disaccoppiamento. Da notare il fatto che c'è stato un momento

(feb-18) in cui il costo dei magazzini mantenuti è aumentato. Ciò si spiega con il fatto che il DDMRP non mira ad abbassare tutte le giacenze presenti in azienda, ma cerca di ottimizzarle per proteggere il flusso.

Tabella 10 Evoluzione costo magazzino PF (Abith, 2018)

	gen-18	feb-18	mar-18	apr-18
Savings due to lower stock level	- 19'127 €	2'952 €	- 9'197 €	- 5'476 €
Savings due to removed buffers	- 13'259 €	- 9'700 €	- 7'508 €	- 12'141 €
TOTAL	- 32'385 €	- 6'748 €	- 16'705 €	- 17'617 €

Un ulteriore effetto positivo riscontrato da Abith nel corso della simulazione è la maggiore intuitività della logica di pianificazione e di esecuzione grazie al sistema a colori che garantisce un immediato riconoscimento delle relative priorità.

Una considerazione interessante fatta da Abith riguarda il totale costo di implementazione della nuova tecnica. Tiene conto a tal proposito due aspetti: in primo luogo bisogna considerare che serve un nuovo modulo del software gestionale programmato secondo le logiche del DMRP; inoltre va conteggiata la spesa necessaria alla formazione di tutto il personale coinvolto, a partire dal management fino agli operatori di reparto che si interfacciano con il sistema IT. Il costo totale è stimato attorno ai 40-50k€, ma per valutare la convenienza economica dell'operazione sarebbe necessario proseguire l'analisi estendendola all'intero portafoglio di prodotti realizzati dall'azienda.

Vengono poi analizzati i cambiamenti a livello di work flow del personale: la frequenza di aggiornamento dei parametri di calcolo deve passare da mensile a settimanale, mentre la *net flow position* dei codici stoccati deve essere calcolata ogni giorno, a differenza della pianificazione settimanale utilizzata precedentemente.

Infine, vengono valutate le criticità della metodologia. Innanzitutto, l'autore nega la possibilità di applicare il DDMRP a tutti i codici presenti nelle distinte base. In particolare, le materie prime hanno un lead time di acquisto troppo

elevato, il quale non consente di costruire il modello per la generazione degli ordini. Infatti, per questi codici l'orizzonte di pianificazione sarebbe troppo lungo e non consentirebbe di utilizzare il segnale di domanda dato dal consumo del buffer successivo ma richiederebbe di stimare la domanda per poter ordinare in tempo il materiale. L'aspetto più rilevante riguarda però la cultura aziendale: l'adozione di una tecnica innovativa si scontra con le consolidate pratiche operative sviluppate nel corso dei decenni. Queste sono sempre radicate profondamente nel personale, specialmente in quegli addetti che lavorano per l'azienda da molto tempo. Vincere queste resistenze interne può essere assai complicato e può portare al fallimento un progetto di implementazione di nuove tecniche.

5.2. Caso studio 2 – implementazione reale

Questo secondo caso, pubblicato nel 2018 da Kortabarria *et al.*⁴⁹, rappresenta il primo studio presente in letteratura riguardante l'implementazione del DDMRP in un contesto reale, senza quindi ricorrere a simulazioni per valutarne l'efficacia. L'azienda di riferimento, come per il caso precedente, opera nel settore della ferramenta ed è leader nel mercato spagnolo. Fondata nel 1948, oggi vende i propri prodotti in oltre 50 Paesi di tutto il mondo, anche se l'85% delle vendite vengono effettuate in Spagna. Per questioni di riservatezza e di tutela di dati sensibili, gli autori hanno dato all'azienda il nome fittizio CS1.

La maggioranza dei fornitori di CS1 è localizzata in Cina e i trasporti in ingresso vengono fatti via mare tramite grandi container a causa dell'elevato peso della merce e del ridotto prezzo di vendita del prodotto. Di conseguenza il lead time di acquisto per queste merci è mediamente di tre mesi e mezzo. Di contro, i

⁴⁹ A. Kortabarria, U. Apaolaza, A. Lizarralde, I. Amorrortu, *Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP*. Journal of Industrial Engineering and Management, 2018. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2654>

clienti di CS1 si aspettano di ricevere i prodotti tra le 24 e le 48 ore dall'emissione dell'ordine.

Per ottimizzare quanto più possibile gli elevati costi dei trasporti i lotti acquistati sono molto grandi e, per far fronte alla variabilità in entrata dovuta alle incertezze delle forniture, vengono ordinati con ancor più largo anticipo rispetto a quanto richiesto dal lead time cumulativo dei prodotti finiti. I fornitori non sono inoltre in grado di fronteggiare richieste improvvise in quanto la loro capacità produttiva non è tale da permettere flessibilità nel breve periodo. Gli acquisti sono pianificati sulla base di previsioni di vendita che però raramente corrispondono poi al reale andamento della domanda, motivo per il quale CS1 mantiene alti livelli di scorte di sicurezza per evitare stock-out e mancate vendite, garantendo così un buon livello di servizio. Il primo obiettivo che si vuole pertanto raggiungere è una riduzione delle giacenze a magazzino.

Un altro problema che l'azienda ha al suo interno è insito nel processo di pianificazione il quale risulta molto complesso e dispendioso in termini di tempo. Proprio a causa della notevole complessità, soltanto uno degli impiegati ha la responsabilità sul processo, mentre il resto del personale non ha le competenze per svolgerlo. Inoltre, le elevate tempistiche necessarie per portarlo a termine fanno sì che la frequenza di pianificazione sia mensile. Ciò comporta una pessima visibilità sullo stato delle giacenze e una scarsa capacità di reazione, in quanto eventuali errori rimangono latenti per un mese intero prima di essere scoperti e corretti. Ancora una volta, questi rischi vengono coperti da elevate scorte di sicurezza.

A tutto ciò si aggiunge il fatto che alcuni fornitori vendono a CS1 più di un singolo prodotto e richiedono un MOQ da saturare con codici della stessa famiglia. Tuttavia, l'ERP in uso presso CS1 non ha tra i propri campi la suddivisione dei codici in famiglie e ciò comporta che sia necessario ordinare il MOQ per ciascun codice, andando anche in questo caso a gonfiare i magazzini.

Per valutare l'implementazione del DDMRP vengono presi in considerazione 579 codici e ne viene analizzato l'andamento delle giacenze tra giugno 2016 e aprile 2017. L'implementazione inizia con la scelta della localizzazione dei

buffer che vengono posizionati presso i prodotti finiti. Questa decisione comporta che non siano necessarie azioni particolari in quanto l'azienda già utilizzava lo stoccaggio di prodotti finiti in termini di scorte di sicurezza. I campi necessari al dimensionamento dei buffer (ADU, DLT, fattori di variabilità e di lead time ecc...) vengono implementati nell'ERP, compresa la classificazione in famiglie dei vari codici. Si decide poi di utilizzare dei fattori di aggiustamento per pianificare correttamente gli approvvigionamenti per il Capodanno cinese che cade all'inizio di febbraio e durante il quale tutti i fornitori di CS1 rimangono chiusi. Nello specifico, si fa in modo di ricevere a novembre il 20% della merce in più, a dicembre il 40% e a gennaio il 75%. Le giacenze aggiuntive accumulate in questi tre mesi serviranno per compensare il periodo in cui i ricevimenti saranno nulli. Nel momento in cui i fornitori riprenderanno a lavorare, gli ordini si riasserteranno sui livelli standard.

I nuovi campi implementati nel gestionale vengono esportati quotidianamente per valutare la necessità di riordini. Si fa uso di un software per il calcolo della *net flow position* dei codici toccati e per la visualizzazione di colori e percentuali relativi a ciascuno. Inoltre, stabilita la necessità di riordinare un determinato codice, è ora possibile andare a saturare il MOQ richiesto da un fornitore con altri codici della stessa famiglia che hanno una posizione vicina alla zona gialla. Quando poi un ordine va in ritardo sulle date di consegna previste, scattano le allerte di esecuzione che permettono al personale di contattare immediatamente il fornitore per capire che azioni intraprendere.

Gli autori analizzano dapprima i risultati qualitativi dell'implementazione del DDMRP. Innanzitutto, i buffer hanno consentito di pianificare gli acquisti non più sulla base di forecast ma della domanda effettiva dei clienti, riducendo considerevolmente l'incertezza con cui venivano fatti gli approvvigionamenti. Ciò ha consentito di mantenere i livelli di servizio diminuendo però le scorte a magazzino, che ora seguono molto più fedelmente l'andamento del mercato. L'utilizzo dei fattori di aggiustamento ha poi consentito di soddisfare i clienti anche nel periodo del capodanno cinese senza incorrere in stock-out. Infine, l'intero processo di pianificazione è stato reso più snello e di più facile esecuzione: tenere sotto controllo lo stato dei vari codici è diventato immediato

grazie alla crescente visibilità fornita dal DDMRP; il tempo richiesto per l'emissione degli ordini si è drasticamente ridotto, rendendo possibile una pianificazione settimanale anziché mensile; la semplicità del processo basato sulla priorità data in base ai colori ha fatto sì che non ci fosse più la totale dipendenza da un'unica persona, ma che tutti gli addetti alla gestione dei materiali fossero in grado di capire dove intervenire e con quale urgenza.

In termini quantitativi, dei 579 codici sono stati valutati 3 indicatori: l'ADU, la giacenza a magazzino e la copertura fornita, ottenuta dividendo la giacenza per l'ADU. A livello globale, il consumo dei codici è cresciuto mediamente dell'8.7%, mentre la giacenza totale è scesa addirittura del 52.53% e la copertura del 57.51%. Le Figure 4-4, 4-5 e 4-6 mostrano questi risultati in forma grafica.

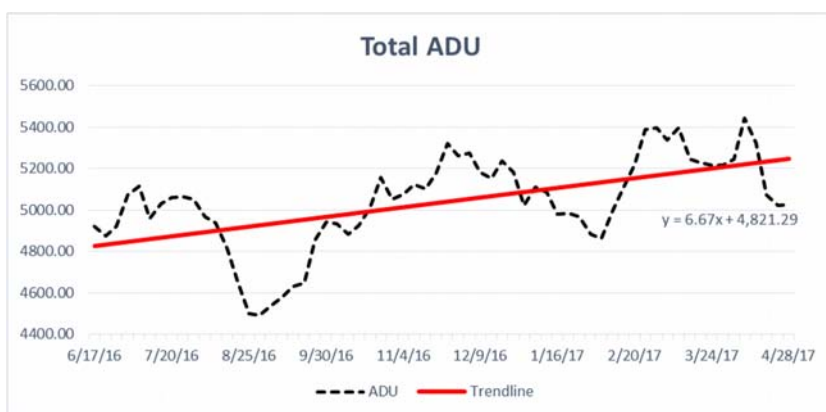


Figura 5-4 Evoluzione ADU globale (Kortabarria *et al.*, 2018)



Figura 5-5 Evoluzione giacenza totale (Kortabarría *et al.*, 2018)



Figura 5-6 Evoluzione copertura della giacenza (Kortabarría *et al.*, 2018)

Per verificare che la tendenza a livello globale sia rappresentativa anche dei singoli casi individuali, sono stati analizzati gli stessi indicatori per famiglia con il consumo maggiore, composta da 23 codici. Si è osservato, nello stesso arco temporale, un incremento del 13.49% dell'ADU con una corrispondente riduzione della giacenza e della copertura rispettivamente del 81.63% e del 84.92%. Anche per la famiglia in questione vengono riportati in Figura 4-7 i risultati in forma grafica, i quali confermano il trend osservato per gli indicatori globali.

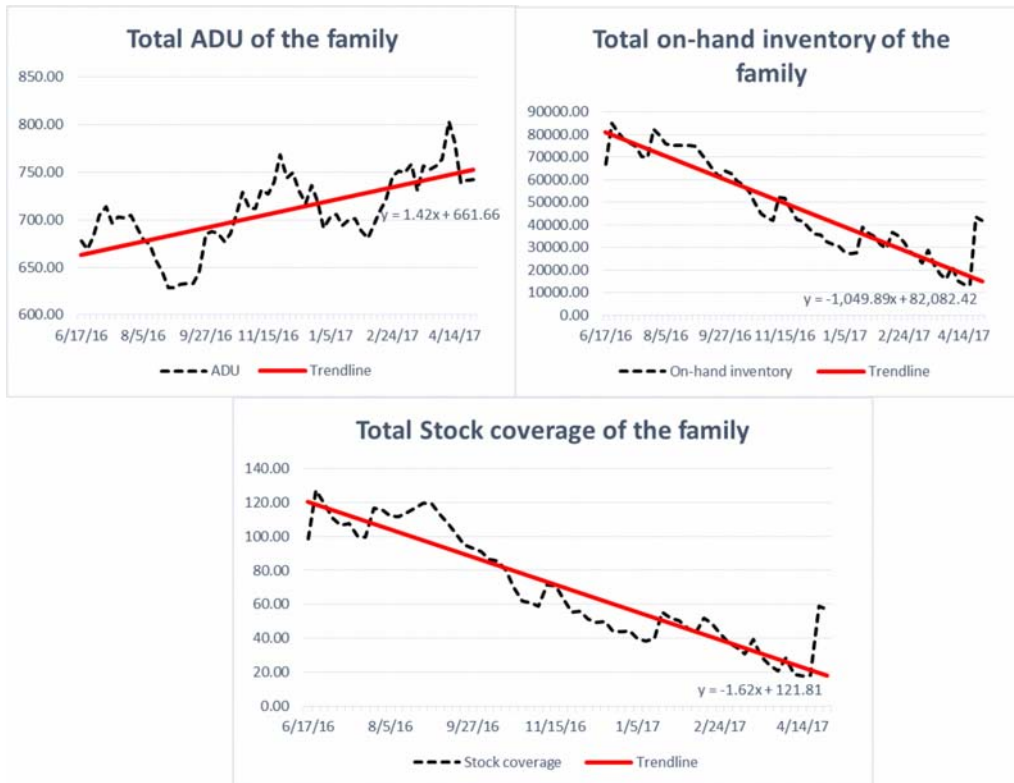


Figura 5-7 Andamento di ADU, giacenza e copertura per la famiglia maggiormente consumata (Kortabarria *et al.*, 2018)

5.3. Caso studio 3 – confronto MRP vs DDMRP

Presentato da R. Miclo *et al.* nel 2016⁵⁰ e dettagliato con più precisione dallo stesso Miclo nella sua tesi di dottorato⁵¹, si tratta di uno dei primi casi studio in cui vengono messe a confronto le performance di una gestione della produzione con la classica logica MRP rispetto a quelle del DDMRP. Il confronto viene fatto con una simulazione ad eventi discreti ed è basato su un caso studio contenuto

⁵⁰ R. Miclo, F. Fontanili, M. Lauras, J. Lamothe, B. Milian, *An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP*. IFAC-PapersOnLine, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.831>

⁵¹ R. Miclo, *Challenging the “Demand Driven MRP” Promises: A Discrete Event Simulation Approach. Modeling and Simulation*. Ecole des Mines d’Albi-Carmaux, 2016.
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01673811/>

in un gioco didattico sviluppato dal *Centre International de la Pédagogie d'Enterprise* chiamato *Kanban serious game*. Viene analizzata un'azienda fittizia chiamata Redix che produce riduttori di velocità composti da 3 componenti: una coppa dell'olio, un ingranaggio e una corona, ciascuno dei quali viene prodotto tramite un passaggio su di una macchina utensile, ad eccezione della corona che necessita di 2 passaggi (corona A e poi corona B). La distinta base del riduttore generico è mostrata in Figura 4-10.

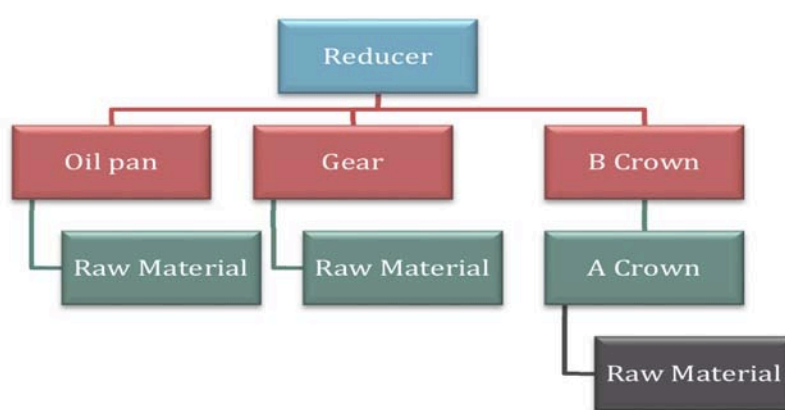


Figura 5-8 Distinta base del riduttore (Miclo, 2016)

L'azienda vende 6 diversi riduttori che si differenziano in base ai colori dei componenti, oltre alla corona A bianca venduta come ricambio. Le varie combinazioni di componenti per ciascun riduttore sono mostrate in Tabella 13. In totale ci sono pertanto 16 codici tra prodotti finiti e componenti.

Tabella 11 Riduttori e ricambi venduti (Miclo, 2016)

Sold part	Oil pan component	Gear component	Crown component
R1	Red oil pan	Yellow gear	White B crown
R2	Red oil pan	Yellow gear	Green B crown
R3	Red oil pan	Yellow gear	Red B crown
R4	Red oil pan	White gear	White B crown
R5	Blue oil pan	White gear	Green B crown
R6	Blue oil pan	White gear	Red B crown
Spare parts	/	/	White A crown

Per ciascuna fase di lavorazione sono dati il tempo ciclo, la dimensione del lotto minimo, il tempo di attrezzaggio e le distribuzioni di mean time between failure (MTBF, legge esponenziale negativa) e mean time to repair (MTTR, legge triangolare). Inoltre, per ciascun codice venduto, vengono forniti la giacenza iniziale, la domanda media e la rispettiva variazione, il costo di produzione e il prezzo di vendita. Il quadro complessivo è completato dalle seguenti condizioni al contorno: le risorse umane non sono un vincolo e la capacità produttiva è sufficiente per i volumi richiesti, che sono costanti mensilmente mentre varia il mix; lo spazio dedicato ai magazzini è potenzialmente infinito; non vengono conteggiati gli scarti di produzione; le materie prime sono considerate sempre disponibili per cui non si tiene conto di alcuna variabilità da parte dei fornitori; i colli di bottiglia possono essere, a seconda della domanda e della disponibilità delle macchine, le lavorazioni della coppa dell'olio, dell'ingranaggio oppure la stazione di assemblaggio; l'azienda lavora in logica make-to-stock.

Gli indicatori utilizzati per valutare le prestazioni dei due metodi sono:

- OTD, *on time delivery*, dato dal rapporto tra gli ordini evasi in tempo e nella quantità corretta e il numero totale degli ordini;
- WC, *working capital*, dato soltanto dalla somma di giacenze e WIP.

Per il posizionamento dei buffer, la logica make-to-stock impone di disaccoppiare tutti i codici venduti (sia i riduttori sia la corona venduta come ricambio). Gli altri buffer vengono posizionati valutando due configurazioni alternative e scegliendo quella che comporta il minor costo di giacenza, la quale prevede di disaccoppiare tutti i codici ad eccezione delle corone A rossa e verde. I risultanti lead time disaccoppiati sono simili tra loro, motivo per cui si è scelto di porre il *lead time factor* pari al 50% per tutti i codici stoccati (sia per la zona verde sia per la zona rossa). Anche il fattore di variabilità è stato posto pari al 50% per tutti i codici, data l'impossibilità di valutare inizialmente se le variabilità sono diverse per i vari livelli di distinta base. La Tabella 14 mostra il risultato dei primi due step di implementazione del DDMRP. In questa fase iniziale non è previsto l'utilizzo di fattori di aggiustamento dinamici.

Tabella 12 Posizionamento e dimensione dei buffer (Miclo, 2016)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	White A Crown	Yellow Gear	White Gear	Red Oil Pan	Blue Oil Pan	White B Crown	Green B Crown	Red B Crown	Green A Crown	Red A Crown
Forecasts	700	75	550	900	400	350	1100									
Average Daily Usage	140	15	110	180	80	70	540	265	330	445	150	320	95	180	95	180
Setups per week	1	1	1	1	1	1	2.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.9	1.9	1.9	2.7	2.7
DLT (days)	5	5	5	5	5	5	1.9	5.9	5.9	5.1	5.1	2.6	4.5	4.5	1.9	1.9
Lead Time factor Green	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Variability factor	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Lead Time factor Red	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Yellow	700	75	550	900	400	350	1011	1574	1960	2282	769	830	424	804		
Green	350	100	275	450	200	175	505	787	980	1141	385	415	212	402		
Red Base	350	37,5	275	450	200	175	505	787	980	1141	385	415	212	402		
Red Safety	175	26,25	137,5	225	100	87,5	253	394	490	571	192	208	106	201		
Planning Top Of Red	525	75	425	675	300	275	775	1200	1475	1725	600	625	325	625		
Top Of Yellow	1225	150	975	1575	700	625	1800	2775	3450	4025	1375	1475	750	1450		
Top Of Green	1575	250	1250	2025	900	800	2325	3575	4450	5175	1775	1900	975	1875		
593 943 € Average Inventory (€)	70000	12500	56250	90000	40000	36250	9250	39839	49127	126253	43577	8326	4311	8260		

Pianificazione ed esecuzione seguono le regole teoriche descritte nel precedente capitolo.

Per valutare accuratamente le performance dei due sistemi, vengono testati 7 scenari differenti, caratterizzati via via da una crescente variabilità sia interna, dovuta alle disponibilità delle macchine e ai lead time di produzione, sia esterna, relativa alla domanda. La Tabella 15 delinea ciascuno scenario:

- 1- È lo scenario iniziale privo di qualsiasi tipo di variabilità. I risultati ottenuti in questa condizione ideale saranno poi la base per la normalizzazione dei risultati ottenuti negli scenari successivi.
- 2- Viene implementata la variabilità interna in termini di lead time e tempi di attrezzaggio.
- 3- I picchi di domanda assumono valori fino a 8 volte il dato previsto. La domanda totale mensile resta tuttavia invariata per confrontare i risultati a parità di carico di lavoro.
- 4- Scenario dato dalla somma delle variabilità dei due precedenti.
- 5- I picchi di domanda dello scenario 3 vengono visti dall'azienda 5 giorni lavorativi prima che si verifichino.
- 6- I picchi di domanda non sono più casuali ma ciascun prodotto è soggetto a stagionalità (diversa per ognuno) e gli aggiustamenti dei buffer del DDMRP vengono fatti tramite dei fattori di aggiustamento pianificati (PAF, *planned adjustment factors*). La domanda totale mensile resta di nuovo costante.
- 7- Scenario uguale al precedente ma con visibilità di una settimana sulla domanda, pari al lead time di assemblaggio.

Tabella 13 Descrizione scenari per la simulazione (Miclo *et al.*, 2016)

Sc#	Scenario	Parameters
Sc1	Initial scenario	Kanban serious game with stable weekly demand profile
Sc2	Sc1 + Internal variability	Triangular laws (+/- 50%) on operations lead times and set-up.
Sc3	Sc1 + Demand spike	Spike = 8*forecasted demand
Sc4	Sc1 + Internal variability + spikes	Sc2 and Sc3 parameters
Sc5	Sc3 + Demand visibility	Demand is known 1 week (assembly Lead time) before
Sc6	Sc3 + Seasonal demand	Each product has a seasonal demand profile (PAF) but total load per month is stable.
Sc7	Sc6 + Demand visibility	Demand is known 1 week (assembly lead time) before.

Ogni scenario viene simulato per un totale di 48 settimane, pari ad un anno lavorativo. Le prime 24 settimane sono utilizzate per consentire al sistema di stabilizzarsi, mentre sulle ultime 24 vengono valutati gli indicatori. Entrambe le logiche di pianificazione vengono man mano aggiustate per garantire, dove possibile, un livello di OTD pari almeno al 99,3%.

I risultati delle simulazioni sono riportati in Tabella 16. Per ciascuno scenario vengono riportati i risultati ottenuti in termini di OTD e WC. Quest'ultimo è normalizzato rispetto al valore ottenuto dall'MRP nello scenario iniziale senza variabilità. Si può osservare come l'obiettivo in termini di OTD sia stato raggiunto sempre ad eccezione dello scenario 6 svolto con logica DDMRP. Ciò che emerge è però che il DDMRP ottiene risultati migliori in termini di WC, mediamente del 10% inferiore a quello ottenuto con l'MRP, in ogni scenario. Va inoltre sottolineata la grande stabilità del DDMRP che mantiene gli stessi settaggi di base per tutti gli scenari con variabilità (viene soltanto introdotto un

fattore di aggiustamento dell'ADU nello scenario 6). Osservando nello specifico lo scenario 6, gli autori hanno evidenziato che alcuni picchi di domanda si sono verificati durante i periodi in cui già la stagionalità prevedeva una domanda elevata. Ciò ha provocato, per la logica del DDMRP, degli stock out che hanno causato il mancato raggiungimento del target in termini di OTD. Tuttavia, nello scenario 7, la possibilità di anticipare i picchi ha reso possibile l'evasione di tutte le richieste. Questo ultimo aspetto significa che laddove i picchi di domanda sono visibili in anticipo, questi vengono evasi con logica push similmente a quanto avviene nell'MRP, mentre il resto delle richieste vengono gestite con la normale logica pull prevista dal DDMRP.

Un altro risultato degno di nota è il fatto che, rispetto a quanto avviene nell'MRP che prevede slot settimanali di pianificazione, gli ordini generati tramite DDMRP sono molto più frequenti e di dimensione minore. Ciò comporta anche che la variabilità delle dimensioni degli ordini sia drasticamente ridotta rispetto all'MRP, il che ha il vantaggio di rendere più stabile il segnale di domanda lungo la catena di fornitura e quindi di minimizzare l'effetto frusta e il nervosismo del sistema.

Tabella 14 Risultati delle simulazioni (Miclo *et al.*, 2016)

Sc#	Policy	OTD %	WC %	Policy adjustments
Sc1	MRPII	99,3	Base 100	Safety Stock = 2000
Sc1	DDMRP	100	101	LT Factor Green= 80%, Variability Factor = 30 %
Sc2	MRPII	99,9	122	Safety Stock = 2600
Sc2	DDMRP	100	109	LT Factor Green = 80%, Variability factor = 50%
Sc3	MRPII	99,5	125	Safety Stock = 2900
Sc3	DDMRP	99,9	111	LT Factor Green = 80%, Variability factor = 50%
Sc4	MRPII	99,8	125	Safety Stock = 2900
Sc4	DDMRP	99,6	116	LT Factor Green = 80%, Variability factor = 50%
Sc5	MRPII	99,5	118	Safety Stock = 2300
Sc5	DDMRP	99,8	113	LT Factor Red&Green= 80%, Variability factor = 50%
Sc6	MRPII	99,8	139	Safety Stock = 3500
Sc6	DDMRP	98,8	117	LT Factor Green= 80%, variability Factor = 50% Lot Size = 200
Sc7	MRPII	99,3	137	Safety Stock = 2900
Sc7	DDMRP	99,3	119	LT Factor Green = 80%, Variability factor = 50%

Infine, vengono analizzate le distribuzioni delle giacenze di prodotti finiti e componenti, come mostrato in Figura 4-11. Le percentuali indicate in ascissa sono calcolate rispetto al valore TOG, mentre ogni colonna rappresenta il numero di volte in cui la rilevazione della giacenza di un codice è rientrata nell'intervallo di percentuale relativo. La linea rossa verticale indica il target della giacenza media, dato dalla somma della zona rossa e metà zona verde. Si nota come con la logica MRP la distribuzione sia piuttosto piatta, con numerosi

casi di giacenza eccedente e giacenza nulla (ovvero componenti o prodotti finiti mancanti). Viceversa, osservando il comportamento del DDMRP, le giacenze sono molto più vicine al valore target, e raramente vengono toccate le zone di pericolo.

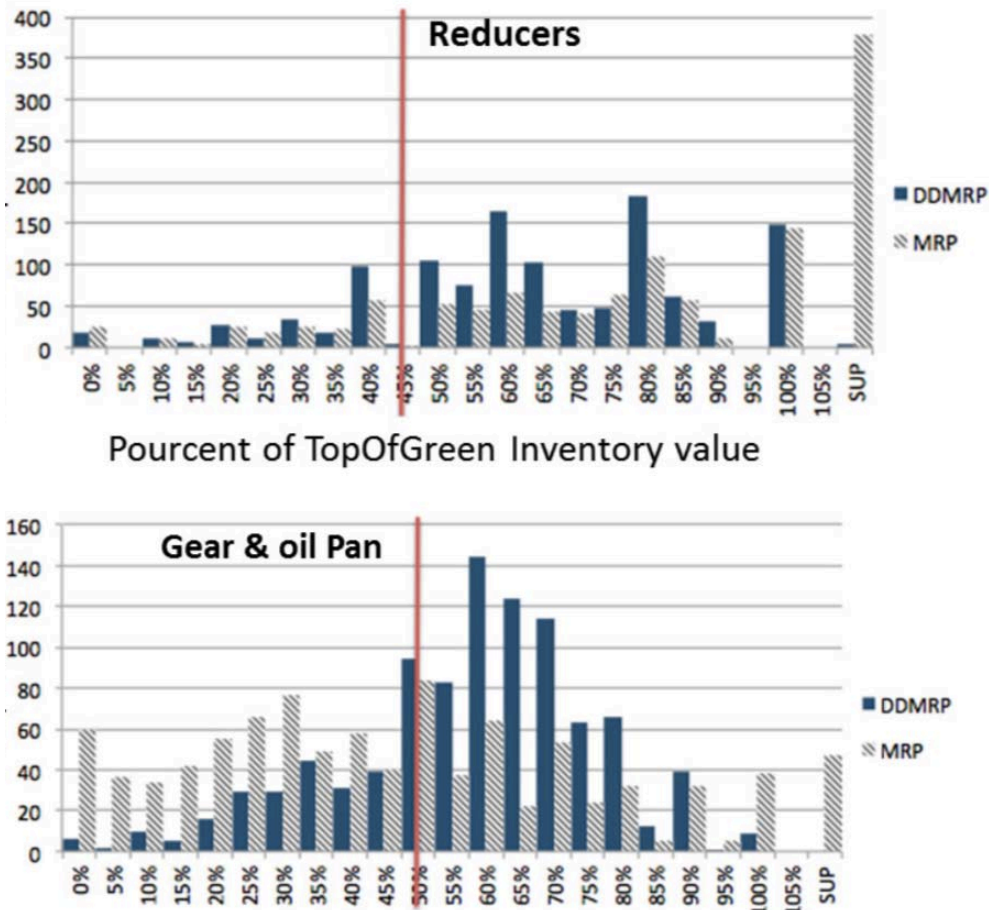


Figura 5-9 Andamento delle giacenze di prodotti finiti e componenti (Miclo *et al.*, 2016)

Lo studio si conclude quindi affermando la superiorità del DDMRP grazie alla sua capacità di adattarsi dinamicamente alle diverse condizioni di variabilità, pur essendo molto sensibile a grandi aumenti improvvisi di domanda. Resta comunque da valutare il comportamento delle due logiche in presenza di variabilità dal lato dei fornitori, assente in questo caso.

5.4. Caso studio 4 – simulazione su dati storici

Il presente studio è stato pubblicato nel 2015 da M. Ihme e R. Stratton⁵² e, analogamente al caso precedente, è anche contenuto nella tesi di dottorato dello stesso Ihme⁵³. Si tratta di uno studio svolto a partire dai dati storici di un'azienda reale, sulla cui base sono stati settati i parametri necessari ad implementare il modello del DDMRP per poterne simulare il funzionamento. I dati storici sono poi stati confrontati con quelli ottenuti dalla simulazione per valutare la potenziale efficacia del nuovo metodo di pianificazione.

L'azienda in questione, chiamata dagli autori InkCo per motivi di riservatezza, produce inchiostri per stampaggio ed è situata nel Sud della Germania da più di 150 anni. I suoi clienti sono sparsi in più di 80 Paesi. Lo strumento principale per il controllo della produzione è il budget annuale, redatto alla fine di ogni terzo quarter per l'anno successivo e rivisto due volte nel corso dell'anno di riferimento per valutare esigenze emerse nel tempo. Le previsioni su cui è basato sono derivate dalla conoscenza del mercato da parte del management, da contratti distributivi già stipulati e da target di vendite. L'analisi è fatta a livello di famiglie di codici. Ihme fa notare come l'obiettivo della redazione del budget sia di carattere finanziario e non produttivo, ma nonostante ciò è preso come punto di partenza dalle operations e viene dettagliato attraverso l'MPS, sebbene non vi siano contenute considerazioni riguardanti, ad esempio, le capacità produttive. Inoltre, le funzioni legate alla produzione non vengono interpellate nel processo di budgeting. L'MRP è configurato in modo da generare i fabbisogni soltanto a livello del prodotto finito, mentre la pianificazione degli ordini dei componenti e delle materie prime è fatta manualmente. In questa fase si esamina anche la fattibilità dei prodotti finiti in base alle disponibilità di materie prime e di capacità. Le materie prime vengono pianificate secondo la logica del punto di riordino e hanno un lead time di oltre una settimana, il che fa

⁵² M. Ihme, R. Stratton, *Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study*. International Conference of the European Operations Management Association, 2015. <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/26668/>

⁵³ M. Ihme, *Interpreting and applying Demand Driven MRP. A case study*. Nottingham Trent University, 2015. <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/27704>

sì che risultino spesso essere mancanti. Un altro problema è dato dagli ordini di tipo MTO, che sono una quota marginale ma prioritaria sul resto della produzione: quando vengono presi in carico, rendono necessaria una revisione delle schedulazioni per poter essere evasi per primi. Oltre ad occupare capacità, a questi ordini vengono anche dedicate le materie prime inizialmente previste per la produzione standard, provocando ulteriore confusione per le attività di scheduling. Questa confusione viene gestita con numerose attività di expediting molto onerose (straordinari del personale, spedizioni express ecc....) e crea malumori diffusi anche tra il personale del procurement che fatica a capire cosa acquistare e con quale priorità. Dato poi che la redazione del budget avviene con un grosso anticipo rispetto all'anno cui fa riferimento, le previsioni di vendita su cui è basato molto spesso non si concretizzano e ciò provoca frequenti stock-out a livello dei prodotti finiti. Tutto ciò si traduce in pessime performance a livello di giacenze a magazzino (eccedenze di codici inutili e codici necessari mancanti) e di livelli di servizi offerti al cliente.

Data la situazione, si vuole testare il DDMRP come un'alternativa all'attuale sistema di gestione della produzione e valutare se possa far migliorare le performance dell'azienda. A tal fine si utilizza una simulazione: vengono esportati dall'ERP e presi come riferimento i dati storici relativi all'anno 2013, sulla base dei quali si settano i parametri necessari all'implementazione del modello DDMRP. Si sceglie un set di 28 prodotti ritenuti rappresentativi dell'intero portafoglio sia in termini di caratteristiche tecniche sia di volumi di vendita, e per tali prodotti si decidono posizionamento e dimensione dei punti di disaccoppiamento. Poiché vengono presi come input dati storici, al momento della simulazione i dati di vendita sono già noti ma, per mantenere uno scenario coerente con quella che è la realtà aziendale, viene definito un orizzonte di visibilità sugli ordini dei clienti pari a due settimane. La simulazione delle fasi operative del DDMRP è fatta secondo le regole teoriche, per cui le decisioni a livello di pianificazione e esecuzione vengono prese solamente in base alla posizione di flusso netto e allo stato dei buffer. Ihme precisa tuttavia che, a causa del campione ristretto di SKU oggetto della simulazione (28 su un totale di 5200), le fasi di posizionamento dei buffer e di esecuzione collaborativa sono poco generalizzabili. Nel primo caso il motivo è che non si tiene conto del fatto

che le quantità reali di materie prime e semilavorati, comuni a più codici, sono di gran lunga maggiori rispetto alla simulazione, e tale aspetto influenza la decisione circa la localizzazione dei buffer. Per quanto riguarda invece l'esecuzione, con un numero così ridotto di SKU non è possibile simulare i conflitti per dedicare le risorse produttive ad un codice piuttosto che ad un altro.

I risultati della simulazione mostrano come i messaggi di allerta per stock eccessivo si sono ridotti del 43%, mentre le rotture di stock sono diminuite addirittura del 95%. A livello di giacenze si è osservato che il 39% dei codici analizzati ha ridotto il proprio livello di magazzino, anche se la riduzione globale è soltanto del 2%.

Andando più in dettaglio, vengono analizzati i risultati ottenuti dal codice ADSP2, un prodotto finito altorotante ($ADU = 73$ calcolata sulla base dei dati storici) che rientra nella categoria di lead time lungo e variabilità bassa. Nella Figura 4-12 viene riportato l'andamento reale della giacenza nell'anno di riferimento, rappresentato in ascissa. I valori delle ordinate sono suddivisi nelle tre zone ottenute dal dimensionamento del buffer. Questa suddivisione è utile per effettuare un confronto con i risultati ottenuti tramite simulazione, riportati in Figura 4-13 con la stessa suddivisione dell'asse y . Si nota immediatamente come i dati reali mostrino un'oscillazione molto più ampia, con 3 casi in cui la giacenza ha raggiunto livelli eccessivi a causa dell'impiego di lotti di produzione di grandi dimensioni per privilegiare gli indicatori di efficienza e di utilizzo delle risorse. Nel caso del DDMRP invece, i livelli del magazzino non hanno mai superato il livello TOG e in generale le oscillazioni hanno ampiezza minore. La sottostante Tabella 16 fornisce una visione più dettagliata dei risultati: a parità di rilevazioni, ci sono stati nella simulazione più messaggi di allerta per livelli bassi di giacenza, ma questi non hanno mai comportato rotture di stock, che invece si sono verificate ben 5 volte nella realtà. La giacenza media del codice risulta ridotta del 28% nella simulazione.

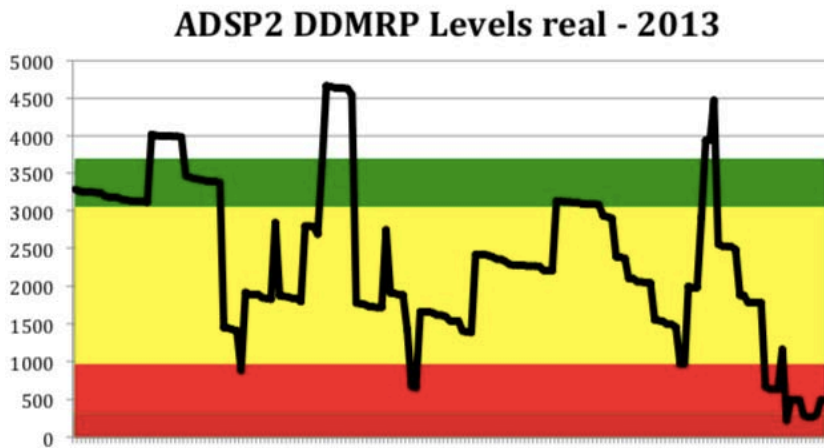


Figura 5-10 Andamento giacenza reale del codice ADSP2 (Ihme, 2015)

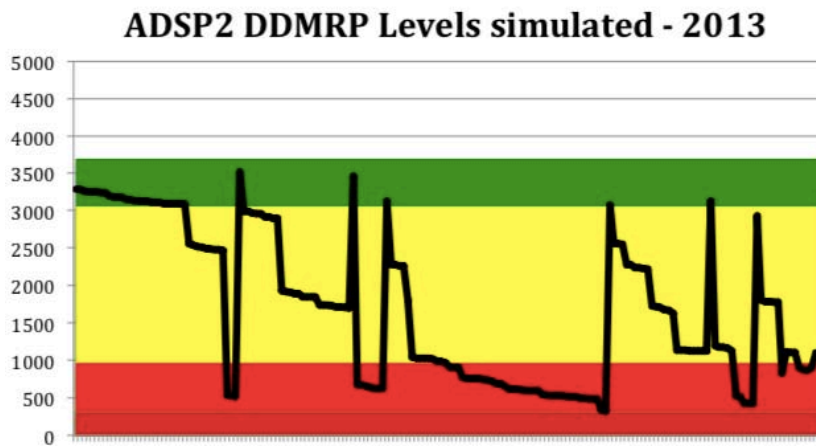


Figura 5-11 Andamento giacenza simulato con DDMRP del codice ADSP2 (Ihme, 2015)

Tabella 15 Confronto realtà vs DDMRP, codice ADSP2 (Ihme, 2015)

Source	# data entries	# High inv. alerts	# Low inv. alerts	# Stock outs	Average stock level
Reality	180	58	19	5	2354
Simulation	180	32	59	0	1691

Analogamente vengono riportati i risultati ottenuti per il codice DDDP5, un prodotto introdotto all'inizio del 2013 per il quale l'ADU è stimato dal marketing ed è pari a 1. Il lead time è medio, mentre la variabilità alta. La Figura 4-12 mostra l'andamento reale della giacenza, che mette in luce il fatto che la dimensione degli ordini di approvvigionamento non segue la domanda. In particolare, l'ultimo ordine, di dimensione più che doppia rispetto ai precedenti, è stato dettato da un previsto picco di domanda che non si è verificato nella realtà. Si sono inoltre verificati 3 stock-out, come mostrato in Tabella 16, e in generale la giacenza segue un andamento non in linea con la domanda di mercato. La Figura 4-13 mostra invece l'andamento del magazzino ottenuto dalla simulazione. Si nota come le regole dettate dal DDMRP abbiano portato ad una giacenza quasi sempre contenuta entro il valore TOG e in linea con le richieste. Infine, il valore medio della giacenza nel corso dell'anno è stato più che dimezzato.

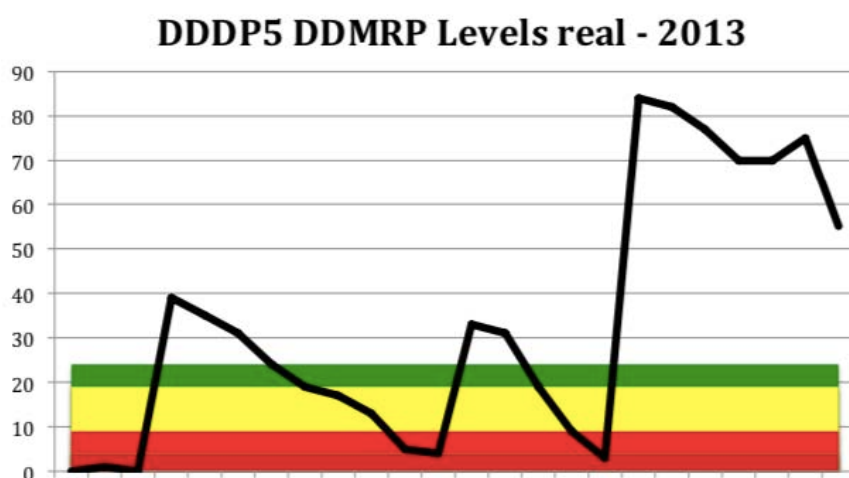


Figura 5-12 Andamento giacenza reale del codice DDDP5 (Ihme, 2015)

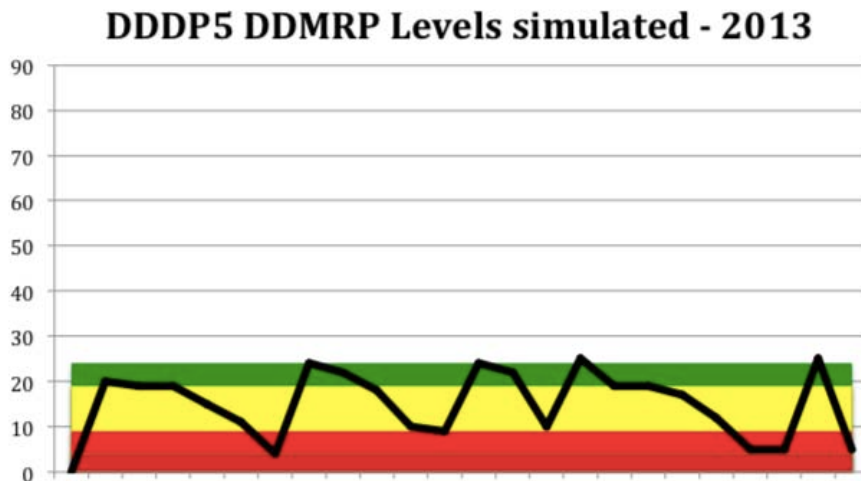


Figura 5-13 Andamento giacenza simulato con DDMRP del codice DDDP5 (Ihme, 2015)

Tabella 16 Confronto realtà vs DDMRP, codice DDDP5 (Ihme, 2015)

Source	# data entries	# High inv. alerts	# Low inv. alerts	# Stock outs	Average stock level
Reality	26	13	4	3	35
Simulation	26	6	4	0	16

In conclusione, il caso studio sembra confermare le potenzialità del DDMRP sia in termini di riduzione generale del livello di giacenza, sia per quanto riguarda il rischio di stock out e quindi i livelli di servizio. Il sistema di prioritizzazione basato sugli stati dei buffer ha poi contribuito a diminuire le azioni di expediting. Ihme precisa però che i miglioramenti ottenuti non sono soltanto imputabili all'applicazione del DDMRP in quanto i dati di partenza sono appunto dei dati reali, frutto sì dei limiti dell'MRP ma anche di cattive pratiche consolidate nell'azienda. Non è infatti possibile sapere fino a che punto le performance reali siano migliorabili utilizzando in modo migliore gli strumenti attualmente in uso.

6. RIFLESSIONI FINALI

Il primo capitolo della presente tesi mostra quelle che sono le criticità del sistema di pianificazione più utilizzato nel mondo industriale, suggerendo quindi la necessità di un metodo alternativo. Nel secondo capitolo le basi di questa alternativa vengono illustrate mettendo in evidenza quelli che sono i concetti chiave già presenti in altri metodi e che vengono rielaborati e fatti coesistere. Il terzo e il quarto capitolo dettagliano struttura e funzionamento del DDMRP così come i suoi ideatori, Carol Ptak e Chad Smith, lo hanno presentato nell'omonimo libro. Il capitolo 5, infine, sintetizza alcuni dei più rilevanti casi studio presenti in letteratura con l'obiettivo di dare rilevanza empirica al metodo proposto. L'obiettivo di questa tesi è quindi presentare una metodologia che, stando alle promesse fatte dai suoi ideatori, potrebbe potenzialmente rivoluzionare la gestione delle supply chain. Si tratta tuttavia di un sistema che si può considerare acerbo sotto diversi punti di vista.

Le premesse da cui parte sono senz'altro corrette. È infatti cosa nota a chiunque abbia a che fare con la pianificazione industriale che la logica dell'MRP, secondo la quale la maggior parte delle aziende affronta il problema della gestione dei materiali, porti con sé non poche criticità. L'architettura è molto rigida, nel senso che ogni modifica degli input comporta un ricalcolo di tutto lo schema degli ordini di approvvigionamento e ciò causa non pochi problemi sia per chi segue la pianificazione di tali ordini, sia per chi è poi delegato alla messa in lavoro degli stessi. Considerando poi che, a causa dei lunghi lead time coinvolti, tutto il processo di pianificazione è svolto sulla base di previsioni di domanda errate per definizione, i vari ricalcoli non solo causano confusione tra il personale, ma portano ad un risultato che non sarà mai realmente in linea con ciò che il mercato effettivamente chiede. Per questo motivo, la proposta di un metodo che non prevede il forecast come input diretto per le equazioni che guidano l'emissione di ordini, può senz'altro risultare centrata rispetto all'obiettivo di migliorare i flussi di informazioni all'interno delle supply chain e di conseguenza anche le performance dei magazzini, che saranno più facilmente in linea con le esigenze del mercato.

Inoltre, un punto focale di tutto il DDMRP è la promozione della visibilità, considerata dagli autori una fondamentale leva per il miglioramento delle performance aziendali. Come descritto in precedenza, in un sistema nel quale non è prevista alcuna logica di prioritizzazione, le urgenze vengono tradizionalmente gestite sulla base delle date di scadenza e dei volumi o, in presenza di sistemi più evoluti, può esserci una differenziazione in base al tipo di domanda che un ordine va a pagare. Ciò implica un notevole dispendio di tempo in analisi per determinare quali lotti siano più urgenti e, ancora una volta, i continui ricalcoli dell'MRP possono alterare le urgenze ogni qualvolta viene, ad esempio, inserito un nuovo ordine. Perciò, la definizione delle priorità, sia per la pianificazione che per l'esecuzione, basata su un sistema a 3 colori di facile ed immediata comprensione è senza dubbio una delle principali armi vincenti del DDMRP.

Vi sono però alcune problematiche che vale la pena mettere in luce. Innanzitutto, l'implementazione del metodo prevede che buona parte delle decisioni vengano prese sulla base dell'esperienza degli addetti. Nello specifico, per quanto riguarda il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento, non viene proposta alcuna regola né alcun criterio universalmente applicabile. Le decisioni vengono prese sulla base dei 6 *positioning factors* che però non sono in alcun modo definibili tramite un'equazione matematica. Non è quindi possibile determinare una funzione obiettivo che permetta di arrivare ad una soluzione ottima. In altre parole, il posizionamento va fatto a tentativi, confrontando manualmente diverse soluzioni. Anche il risultato di questo confronto è totalmente dipendente dal fattore umano, in quanto non vi è un criterio sulla base del quale scegliere un'alternativa piuttosto che un'altra. Il corretto posizionamento dei magazzini, che si tratti di scorte strategiche o di buffer di disaccoppiamento, non è certo un problema nuovo e per giunta non vengono forniti nuovi strumenti per risolverlo. Ciò che cambia è il motivo per cui si accumulano le giacenze e il modo in cui si definiscono i riordini.

Un'altra fase ampiamente dipendente dall'esperienza del personale è l'assegnazione dei vari codici ai *buffer profile*, e nello specifico la determinazione delle fasce per lead time e variabilità. Se per il lead time si può

pensare di costruire una scala di valori basata sul codice a lead time più lungo, per la variabilità la classificazione può soltanto essere fatta in base a considerazioni qualitative e comunque frutto dell'esperienza personale di chi ha nel tempo gestito i codici in questione. Tutto ciò può non essere rilevante se l'azienda che vuole implementare il DDMRP è di piccole dimensioni e dotata di un portafoglio prodotti ristretto. Quando però si ha a che fare con centinaia se non migliaia di codici, molti dei quali condivisi da più distinte base, risulta difficile pensare di poter riprogettare un'intera supply chain senza una struttura automatizzata e basata su regole matematiche che affianchi il personale nelle decisioni. Come ampiamente detto, si tratta di decisioni strategiche che impattano direttamente l'intero impianto del DDMRP e di conseguenza tutte le funzioni legate alla produzione e alla pianificazione. Per questo motivo è difficile immaginare che ci si possa semplicemente affidare al giudizio di persone che, per quanto esperte, saranno sempre influenzate da convinzioni personali e da esperienze pregresse che ne condizionano l'oggettività, ancor più in un contesto in cui l'oggettività manca a prescindere. L'evoluzione futura del DDMRP dovrebbe puntare ad inserire nelle fasi di implementazioni delle regole e delle strutture decisionali che ne consentano l'automatizzazione.

È poi interessante notare come il meccanismo della generazione degli ordini basato sulla *net flow equation* ricordi abbastanza da vicino il concetto di copertura libera, proposto da Corke alla fine degli anni 60 (De Toni, Panizzolo, 2018)⁵⁴. Si tratta di un modello di gestione degli approvvigionamenti pensato per i codici a domanda variabile e in particolare per la gestione dei picchi puntuali di domanda, e rappresenta una sorta di evoluzione dei tradizionali metodi basati sul punto di riordino. Il modello prevede un'equazione del tutto simile alla *net flow equation* che somma le quantità fisicamente stoccate e gli ordini in sospeso, sottraendo i fabbisogni; se questa restituisce un valore inferiore ad una soglia di riordino stabilita, allora viene emesso un ordine. Non è comunque presente il concetto di *order spike threshold*, e infatti vengono conteggiati tutti i fabbisogni futuri entro un orizzonte posto normalmente pari al

⁵⁴ A. De Toni, R. Panizzolo, *Sistemi di Gestione della Produzione*. Isedi, Milano, 2018

lead time, ma resta l'obiettivo di tutelare il sistema anticipando quei fabbisogni che potrebbero mettere in crisi la catena di fornitura.

Infine, qualche perplessità emerge da un aspetto legato alla struttura stessa del DDMRP. Il fulcro centrale del sistema sono, come detto, i punti di disaccoppiamento. Il loro posizionamento, il dimensionamento, i riordini sono tutte operazioni svolte per far sì che venga presso di essi garantita la presenza di materiale nel momento in cui le fasi successive lo richiedono. Si può quindi in un certo senso dire che l'integrità del buffer sia l'obiettivo del DDMRP in quanto garantisce il flusso. Al contempo però, i concetti di distinta base disaccoppiata e di lead time disaccoppiato, senza i quali non sarebbe possibile costruire il DDMRP, derivano proprio dal fatto che le esplosioni dei fabbisogni si possano fermare dove si incontra un buffer. Ciò è vero soltanto se il buffer svolge correttamente la propria funzione, disaccoppiando appunto consumo da approvvigionamento. In questo senso la disponibilità del materiale è anche un'ipotesi di base del metodo. Sembra quindi che l'obiettivo del DDMRP sia quello di mantenere valide nel tempo le ipotesi su cui il modello stesso si basa. Quello che manca è una vera dimostrazione del collegamento tra la protezione del flusso e il miglioramento delle performance globali dell'impresa.

In conclusione, pur presentando alcune criticità, si può affermare che il DDMRP è un valido metodo di gestione della produzione e degli approvvigionamenti in quanto supera almeno in parte quelle che sono le criticità dell'MRP, anche in virtù di quanto emerso analizzando i casi studio. Se nell'ottica dell'MRP tutto deve andare secondo i piani, il DDMRP parte dal presupposto che nulla andrà secondo i piani a causa della variabilità sempre presenti nel mondo industriale, e i buffer hanno proprio lo scopo di bloccare il propagarsi di questa variabilità, rendendola quindi tollerabile. Ciò si traduce esattamente nella citazione dalla quale Ptak e Smith partono per presentare il proprio metodo:

“It is better to be roughly right than precisely wrong.”

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1 Struttura logica dei sistemi di pianificazione convenzionali (Ptak e Smith, 2018).....	8
Figura 1-2 Lead time produttivo vs orizzonte di visibilità degli ordini vs orizzonte di pianificazione (Smith e Smith, 2014)	13
Figura 1-3 Crescita di variabilità degli ordini verso le posizioni a monte della supply chain (Lee, Padmanabhan e Whang, 1997).....	16
Figura 1-4 Run Giornaliero vs run settimanale (Ptak e Smith, 2018)	19
Figura 1-5. Inefficienza dell'MRP nel <i>New Normal</i> (Ptak and Smith, 2018)...	20
Figura 2-1 Pilastri della metodologia DDMRP (Ptak e Smith, 2016)	23
Figura 2-2. Flusso delle informazioni e flusso dei materiali	25
Figura 2-3 Effetto della variabilità di sistema (Smith e Smith, 2014)	28
Figura 2-4 Tipi di variabilità. (Smith e Smith, 2014) ¹⁸	30
Figura 2-5 Sistema drum-buffer-rope.	36
Figura 2-6 Orizzonti di pianificazione in presenza di buffer (Ptak e Smith, 2016)	39
Figura 2-7 Distinta base tradizionale vs. esplosione disaccoppiata (Ptak e Smith, 2016)	41
Figura 3-1 Le 5 fasi del DDMRP (Ptak e Smith, 2016).....	44
Figura 3-2 Distinte base dei codici FPE e FPF (Ptak e Smith, 2016).....	46
Figura 3-3 Cicli di lavorazione dei codici FPE e FPD (Ptak e Smith, 2016) ...	46
Figura 3-4 Inserimento dei buffer in base ai 6 criteri (Ptak e Smith, 2016)	48
Figura 3-5 I tre layer dei buffer e la rispettiva funzione (Ptak e Smith, 2016).52	
Figura 3-6 Effetti dei diversi orizzonti temporali per il calcolo del'ADU (Ptak e Smith, 2016).....	56
Figura 3-7 ADU calcolata su: dati storici vs dati previsionali vs mix dei due (Ptak e Smith, 2016).....	57
Figura 3-8 Dimensionamento delle 3 zone del buffer (Ptak e Smith, 2016)	59
Figura 3-9 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer (Ptak e Smith, 2016)	62
Figura 3-10 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer con riduzione DLT (Ptak e Smith, 2016)	64

Figura 3-11 Evoluzione grafica di ADU e zone del buffer con riduzione DLT e introduzione del MOQ (Ptak e Smith, 2016)	65
Figura 3-12 Effetto dell'utilizzo di un DAF	66
Figura 4-1 Esempio di OST e OSH (Ptak e Smith, 2016)	72
Figura 4-2 TOG, TOY, TOR (adattato da Ptak e Smith, 2016)	73
Figura 4-3 Schermata di pianificazione in ambito DDMRP (Ptak e Smith, 2016)	74
Figura 4-4 Intervallo ottimale e zone di allerta per la giacenza media (adattato da Ptak e Smith,2016)	77
Figura 4-5 Material synchronization alert (Ptak e Smith, 2016).....	83
Figura 5-1 Posizionamento dei buffer (Abith, 2018)	88
Figura 5-2 dimensionamento del buffer del prodotto finito (Abith, 2018)	88
Figure 5-3 Andamento di <i>net flow position</i> e <i>on hand position</i> (Abith, 2018) .	89
Figura 5-4 Evoluzione ADU globale (Kortabarria <i>et al.</i> , 2018)	94
Figura 5-5 Evoluzione giacenza totale (Kortabarria <i>et al.</i> , 2018).....	95
Figura 5-6 Evoluzione copertura della giacenza (Kortabarria <i>et al.</i> , 2018).....	95
Figura 5-7 Andamento di ADU, giacenza e copertura per la famiglia maggiormente consumata (Kortabarria <i>et al.</i> , 2018).....	96
Figura 5-8 Distinta base del riduttore (Miclo, 2016)	97
Figura 5-9 Andamento delle giacenze di prodotti finiti e componenti (Miclo <i>et al.</i> , 2016)	104
Figura 5-10 Andamento giacenza reale del codice ADSP2 (Ihme, 2015)	108
Figura 5-11 Andamento giacenza simulato con DDMRP del codice ADSP2 (Ihme, 2015).....	108
Figura 5-12 Andamento giacenza reale del codice DDDP5 (Ihme, 2015).....	109
Figura 5-13 Andamento giacenza simulato con DDMRP del codice DDDP5 (Ihme, 2015).....	110

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Cambiamenti del mondo industriale dal 1965 al 2013 (adattato da Smith e Smith, 2014)	11
Tabella 2 Impatti del disaccoppiamento. (Ptak e Smith, 2018)	42
Tabella 3. <i>Lead time factors</i> (adattato da Ptak e Smith, 2016)	53
Tabella 4. <i>Variability factors</i> (adattato da Ptak e Smith, 2016).....	55
Tabella 5 Impatto dell'ADU sul buffer (Ptak e Smith, 2016)	62
Tabella 6 Impatto del DLT sul buffer (Ptak e Smith, 2016).....	63
Tabella 7 Impatto dell'introduzione del MOQ sul buffer (Ptak e Smith, 2016)	64
Tabella 8 Schermata per personale di esecuzione (Ptak e Smith, 2016).....	80
Tabella 9 Proiezione dello stato del buffer (adattato da Ptak e Smith, 2016)...	81
Tabella 10 Evoluzione costo magazzino PF (Abith, 2018)	90
Tabella 11 Riduttori e ricambi venduti (Miclo, 2016)	98
Tabella 12 Posizionamento e dimensione dei buffer (Miclo, 2016).....	99
Tabella 13 Descrizione scenari per la simulazione (Miclo <i>et al.</i> , 2016).....	101
Tabella 14 Risultati delle simulazioni (Miclo <i>et al.</i> , 2016)	103
Tabella 15 Confronto realtà vs DDMRP, codice ADSP2 (Ihme, 2015).....	108
Tabella 16 Confronto realtà vs DDMRP, codice DDDP5 (Ihme, 2015)	110

BIBLIOGRAFIA

T. S. Abdelhamid, *Six Sigma in Lean Construction Systems: Opportunities and Challenges*. Research Gate, 2014.
<https://www.researchgate.net/publication/267842682>

Z. G. Abith, *Demand Driven Material Requirements Planning: A new method for production and planning management*. Politecnico di Milano, 2018.
<https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/144494>

T. Aven, *On the Meaning of Special-Cause Variation Concept Used in the Quality Discourse*. Reliability Engineering and System Safety, Elsevier, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2014.01.001>

APICS dictionary, 16th edition. APICS, 2020.

N. Bennet, G. J. Lemoine, *What VUCA Really Means for You*, Harvard Business review, 2014.
<https://ssrn.com/abstract=2389563>

A. De Toni, R. Panizzolo, *Sistemi di Gestione della Produzione*. Isedi, Milano, 2018.

D. Dugdale, T. C. Jones, *Throughput Accounting: Transforming Practices?* British Accounting Review, 1998.
<https://doi.org/10.1006/bare.1997.0062>

R. Germain, C. Claycomb, C. Dröge, *Supply Chain Variability, Organizational Structure and Performance: The Moderating Effect of Demand Unpredictability*. Journal of Operations Management, 2008.
doi.org/10.1016/j.jom.2007.10.002

M. Gupta, D. Snyder, *Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review*. International Journal of Production Research, 2009.
<https://doi.org/10.1080/00207540701636322>

M. Ihme, *Interpreting and applying Demand Driven MRP. A case study*. Nottingham Trent University, 2015.
<http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/27704>

M. Ihme, R. Stratton, *Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study*. International Conference of the European Operations Management Association, 2015.
<http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/26668/>

- A. Kortabarria, U. Apaolaza, A. Lizarralde, I. Amorrortu, *Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP*. Journal of Industrial Engineering and Management, 2018.
<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2654>
- J. Kraaijenbrink, *What Does VUCA Really Mean?*, Forbes, 2018.
<https://www.forbes.com/sites/jeroenkraaijenbrink/2018/12/19/what-does-vuca-really-mean/#201bab6e17d6>
- S. Kumar, D. Meade, *Has MRP run its course? A review of contemporary developments in planning systems*, Industrial Management & Data Systems, 2012.
<https://doi.org/10.1108/02635570210445880>
- H. L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang, *The Bullwhip Effect in Supply Chains*, Sloan Management Review, 1997.
<https://sloanreview.mit.edu/wp-content/uploads/1997/04/633ecdb037.pdf>
- Q. Li & Stephen M. Disney, *Revisiting rescheduling: MRP nervousness and the bullwhip effect*, International Journal of Production Research, 2017,
 DOI: 10.1080/00207543.2016.1261196
- K. Linderman, R. G. Schroeder, S. Zaheer, A. S. Choo, *Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective*. Journal of Operations Management, 2003.
[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
- R. C. Ling, W. E. Goldratt, *Orchestrating Success: Improve Control of the Business with Sales and Operations Planning*. Oliver Wight Limited Publications, 1988.
- R. Miclo, *Challenging the “Demand Driven MRP” Promises: A Discrete Event Simulation Approach. Modeling and Simulation*. Ecole des Mines d’Albi-Carmaux, 2016.
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01673811/>
- R. Miclo, F. Fontanili, M. Lauras, J. Lamothe, B. Milian, *An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP*. IFAC-PapersOnLine, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.831>
- C. C. J. M. Millar, O. Groth, J. F. Mahon, *Management Innovation in a VUCA World: Challenges and Recommendations*, California Management Review, 61(1), 5-14.
<https://doi.org/10.1177/0008125618805111>
- T. Ohno, *Toyota Production System*, 1978.
- J. Orlicky, *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill, New York, 1975.

C. Ptak, C. Smith, *Demand Driven Material Requirements Planning*. Industrial Press, 2016.

C. Ptak, C. Smith, *Precisely Wrong. Why Conventional Planning Fails and How to Fix it*. Industrial Press, 2018.

P. Romano, P. Danese, *Supply Chain Management*. McGraw-Hill, 2006.

N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston, A. Betts, A. Vinelli, P. Romano, P. Danese, *Gestione delle Operations e dei Processi*. Pearson, 2013.

D. Smith, C. Smith, *Demand Driven Performance: Using Smart Metrics*. McGraw-Hill, 2014.

S. Tono, *Lean Six Sigma e Yellow Belt*, Materiale didattico del corso Gestione Snella dei Processi, 2019. Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale, Università degli Studi di Padova, A.A. 2019/2020.

K. J. Watson, J. H. Blackstone, S. C. Gardiner, *The Evolution of a Management Philosophy: The Theory of Constraints*. Journal of Operations Management, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.004>

O. W. Wight, *MRP II: Unlocking America's Productivity Potential*. Omneo, 1981.

J. P. Womack, D. T. Jones, *The Machine that Changed the World*, Free Press, 1990.

www.isixsigma.com/dictionary/common-cause-variation

www.isixsigma.com/dictionary/special-cause-variation