UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELLA REPUBBLICA
DI SAN MARINO

UNIVERSITÀ
DI PARMA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE
IN INGEGNERIA GESTIONALE

TESI DI LAUREA

Applicazione del modello Demand Driven MRP (DDMRP) per la gestione delle scorte: il caso Colombini

Relatore *Prof. Pietro Renzi*

Laureando Giordano Ghigi

anno accademico 2025-2026

INDICE

1. INTRODUZIONE 3

2. IL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT 6

3. CONTESTO E LIMITI DEI SISTEMI TRADIZIONALI 11

3.1. Contesto globale e Industriale 11

3.2. Logica dei sistemi tradizionali (MRP, MPS, ATP) 14

3.3. Limiti dei sistemi tradizionali 17

3.4. MRP vs LEAN Management 25

4. DEMAND DRIVEN MRP 28

4.1. Introduzione 28

4.2. Posizionamento strategico dei buffer di disaccoppiamento 32

4.3. Dimensionamento dei buffer di disaccoppiamento 38

4.4 *Zone Cromate DDMRP* 44

4.5. *Ripristino Dinamico della Giacenza (Dynamic Adjustment)* 47

4.6. Definizione del piano di Demand Driven Planning 48

4.7. Implementazione del DDMRP 54

5. METODOLOGIA E PROGETTO DI IMPLEMENTAZIONE: IL CASO COLOMBINI 60

5.1. Introduzione 60

5.2. Struttura del sistema informativo di pianificazione aziendale 62

5.3. Problematiche in azienda nel sistema tradizionale MRP 63

5.4. Struttura del progetto DDMRP 67

5.5. Piattaforma Bricks e Calcolo Consumi 68

5.6. Inizio Sperimentazione del DDMRP 71

6. RISULTATI 76

6.1. Primo mese effettivo di applicazione: Febbraio 2026 76

6.2. Secondo Mese: Marzo 2026 78

6.3. Terzo Mese: Aprile 2026 80

6.4. Quarto mese di test: Maggio 2026 82

6.5. Giugno 2026 86

6.6. *Ultimo mese di analisi: Luglio 2026* 90

6.7. *Considerazione sul costo opportunità del software DDMRP: Make Or Buy?* 95
7. CONCLUSIONI.....96
8. BIBLIOGRAFIA:.....97

1. INTRODUZIONE

Nel contesto economico e industriale contemporaneo, la gestione della supply chain assume un ruolo strategico e di primaria importanza per la competitività delle imprese. L'evoluzione dei mercati, caratterizzata da una crescente globalizzazione, da una forte pressione competitiva, da un'elevata volatilità della domanda e da un livello di servizio al cliente sempre crescente, ha reso progressivamente più complessa la pianificazione e il controllo dei flussi materiali e informativi. In tale scenario, le organizzazioni sono chiamate a garantire elevati livelli di servizio al cliente, mantenendo al contempo sotto controllo i costi operativi e il capitale investito in scorte.

Tradizionalmente, i sistemi di pianificazione della produzione e degli approvvigionamenti si sono basati su modelli di tipo previsivo, nei quali la domanda futura viene stimata attraverso strumenti di forecasting e successivamente tradotta in piani di produzione e acquisto. Il Material Requirements Planning (MRP) e le sue evoluzioni hanno rappresentato per lungo tempo il principale riferimento metodologico in questo ambito. Tuttavia, numerosi contributi nella letteratura scientifica hanno evidenziato come tali approcci risultino strutturalmente vulnerabili in contesti caratterizzati da elevata incertezza, in quanto la dipendenza dalle previsioni tende a generare instabilità nei piani, amplificazione delle variazioni lungo la catena di fornitura e difficoltà nel garantire continuità di servizio.

A fronte di tali criticità, si è progressivamente affermata l'esigenza di sviluppare modelli di pianificazione alternativi, in grado di ridurre l'impatto della variabilità e di migliorare la reattività dei sistemi produttivi e logistici. In questo contesto si colloca il Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), un approccio che propone un cambiamento di paradigma rispetto ai modelli tradizionali, spostando il focus dalla previsione della domanda alla gestione del consumo reale. Il DDMRP si fonda sull'integrazione di principi provenienti da differenti scuole di pensiero quali la Lean Manufacturing, la Theory of Constraints e i modelli puramente Demand Driven, con l'obiettivo di migliorare la stabilità operativa e l'affidabilità del flusso.

Dal punto di vista concettuale, il DDMRP si basa sull'idea che la complessità e l'incertezza non possano essere eliminate attraverso un affinamento delle previsioni, ma esse debbano essere governate mediante meccanismi strutturali di protezione del sistema. Tali meccanismi sono rappresentati dal disaccoppiamento dei flussi e dall'introduzione di buffer strategicamente posizionati lungo la supply chain. Questi elementi consentono di separare le diverse fasi del processo produttivo e logistico, riducendo la propagazione delle variazioni e migliorando la capacità del sistema di rispondere in modo efficace alla domanda effettiva.

All'interno di questo "framework" teorico, il concetto di livello di servizio al cliente assume un ruolo centrale. Il livello di servizio rappresenta infatti una delle principali variabili attraverso cui valutare l'efficacia complessiva di una supply chain, in quanto riflette la capacità dell'organizzazione di soddisfare le esigenze del mercato in termini di disponibilità del prodotto, puntualità delle consegne e affidabilità del fornitore. In un approccio Demand Driven, il livello di servizio non è considerato come un risultato secondario dell'efficienza interna, bensì come un obiettivo primario del sistema di pianificazione.

La misurazione del livello di servizio presenta tuttavia una dimensione concettuale complessa, poiché può essere interpretata secondo differenti prospettive. Dal punto di vista interno all'azienda, le performance vengono spesso valutate attraverso indicatori legati al rispetto dei piani, alla saturazione delle risorse o alla rotazione delle scorte. Dal punto di vista del cliente, invece, il livello di servizio è associato alla capacità dell'azienda di rispondere in modo tempestivo e completo alla domanda, indipendentemente dalle dinamiche operative interne. Tale distinzione risulta particolarmente rilevante nel contesto del DDMRP, il cui orientamento alla domanda reale rende prioritario il punto di vista del cliente nella valutazione delle prestazioni.

In questo senso, i Key Performance Indicators (KPI) di livello di servizio assumono una funzione fondamentale all'interno del modello Demand Driven. Essi rappresentano lo strumento attraverso cui tradurre concetti astratti, quali affidabilità e continuità del flusso, in misure coerenti con gli obiettivi del sistema. Dal punto di vista teorico, tali indicatori consentono di valutare l'allineamento tra la struttura di pianificazione adottata e la

capacità dell'organizzazione di generare valore per il cliente, superando una visione esclusivamente interna della performance.

È importante sottolineare come, nel DDMRP, la misurazione delle performance non sia concepita come un'attività separata dalla pianificazione, bensì come parte integrante del modello decisionale. La definizione di KPI coerenti con l'approccio Demand Driven permette infatti di supportare il processo di miglioramento continuo, fornendo indicazioni sul grado di adeguatezza del sistema rispetto agli obiettivi di servizio. In questa prospettiva, la misurazione del livello di servizio assume una valenza non solo valutativa, ma anche diagnostica e di supporto alle decisioni.

La presente tesi si propone pertanto di approfondire attraverso il caso aziendale Colombini il modello DDMRP da un punto di vista principalmente pratico, con particolare attenzione alla definizione e all'analisi dei KPI inerenti alla misurazione del livello di servizio interno sulla gestione delle scorte. L'analisi teorica iniziale costituirà la base per le successive valutazioni applicative ed empiriche, che verranno sviluppate nei capitoli successivi dell'elaborato.

2. IL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

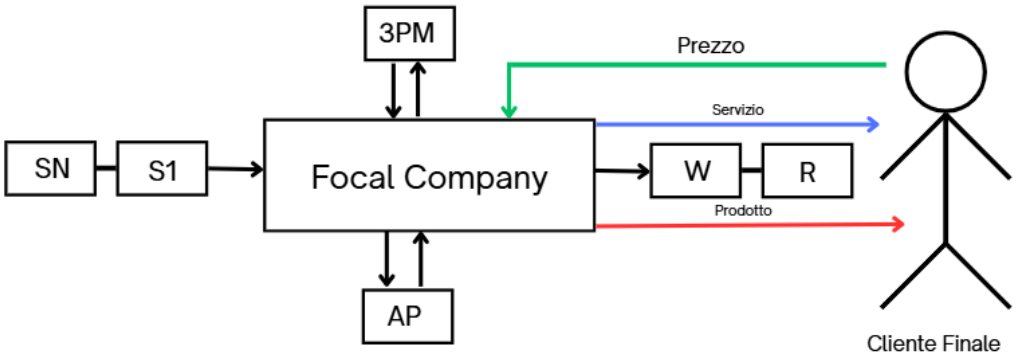

Figura 2.1 - Funzionamento della SC con i suoi attori e flussi (Elaborazione Personale)

Nella seguente figura è rappresentata un modello semplice di Supply Chain, dove al centro c'è l'azienda principale che coordina tutto il processo di fornitura e su cui il cliente finale attribuisce un valore, comprando uno o più prodotti e/o servizi di essa.
Gli altri attori presenti in questo processo sono i fornitori, S1 (di primo livello), S2, … , SN (di ennesimo livello), i 3PM ossia gli attori che si occupano della produzione di un prodotto da parte della Focal, ossia l'azienda principale che governa questo processo, gli Asset Pooler (AP) che si occupano della gestione dei pallet e infine l'Wholesaler (venditore all'ingrosso) e il Retailer (venditore al dettaglio, negozi di prossimità, di grandi catene, e-commerce, negozi gestiti direttamente dalla Focal Company o in franchise).
Nella letteratura scientifica, il concetto di Supply Chain Management (SCM) ha cominciato a emergere intorno agli anni '80, grazie al contributo dello Stanford Supply Chain Forum. Il Termine si riferisce a un approccio integrato e sistematico alla gestione dei flussi di materiali, informazioni e risorse finanziarie che attraversano una rete complessa composta da fornitori, produttori, intermediari e clienti finali. In pratica, l'SCM non si limita a coordinare la produzione o la logistica interna di un singolo soggetto, ma coinvolge la pianificazione, l'organizzazione e il controllo di tutte le attività

che caratterizzano la catena di approvvigionamento nel suo complesso, il tutto con l'obbiettivo di soddisfare i clienti finali (Customers).

Tra le principali responsabilità del Supply Chain Management vi sono la programmazione della domanda e dell'offerta, l'ottimizzazione dei processi logistici, la gestione dei fornitori e la creazione di collaborazioni strategiche con partner chiave, che possono includere fornitori esterni, distributori, operatori di servizi terzi e clienti diretti. L'obiettivo principale è quello di garantire un flusso efficiente e coerente di beni, informazioni e capitale lungo l'intera rete, riducendo sprechi, migliorando la tempestività delle consegne, incrementando la soddisfazione del cliente finale e con ciò il valore per cui il cliente è disposto a pagare, ossia il prezzo.

Nonostante la crescente diffusione del concetto, permangono discussioni e dibattiti sul confine preciso tra il Supply Chain Management e la logistica tradizionale, con molti autori che sottolineano come la SCM rappresenti un'evoluzione più ampia e strategica rispetto alla gestione logistica, includendo elementi di pianificazione, integrazione interaziendale e cooperazione tra partner della catena.

La Supply Chain, secondo la definizione del Council of Supply Chain Management Professionals è [13]:

"Il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficiente ed efficace flusso e stoccaggio di materie prime, semilavorati e prodotti finiti e delle relative informazioni dal punto di origine al punto di consumo con lo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti".

In apparenza, le due definizioni non presentano differenze significative ed hanno il medesimo scopo di soddisfare i consumatori finali, ma nel frattempo la letteratura si è ampliata. Nel 2004, Larson e Halldórsson hanno condotto uno studio mirato a questo

obiettivo, concentrandosi sul legame tra i termini e identificando quattro diverse prospettive in grado di descrivere tale relazione [8]:

- Traditionalist: in questa visione, il Supply Chain Management è considerato una parte della logistica e può essere interpretato come la logistica esterna all'azienda, focalizzata sulla gestione dei rapporti tra l'impresa e l'ambiente circostante.



Figura 2.2. SC Traditionalist[8]

- Re-Labeling: secondo questo approccio, i due termini sono sostanzialmente sinonimi; pertanto, la gestione della supply chain non rappresenta altro che la gestione della logistica, concepita come l'intero network logistico dell'azienda.



Figura 2.3. SC Re-labeling [8]

- Intersectionist: in questa prospettiva, logistica e SCM condividono solo alcune caratteristiche. Il Supply Chain Management non è visto come la semplice somma di logistica, marketing, approvvigionamenti, produzione e altre aree funzionali, ma piuttosto come un insieme di elementi strategici provenienti da queste diverse funzioni. Di conseguenza, il SCM è concepito come un'attività strategica di coordinamento tra le varie funzioni, più che come una funzione puramente tattica.

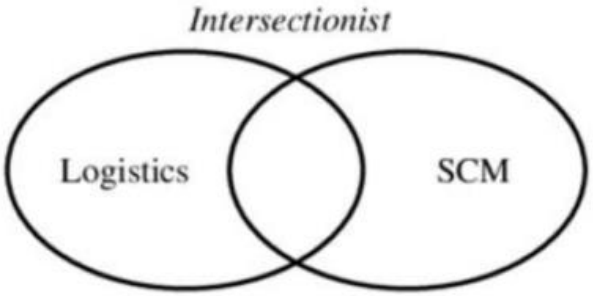

Figura 2.4. SC Intersectionist [8]

- Unionist: la logistica rappresenta una delle componenti del Supply Chain Management, che ingloba attività quali acquisti, vendite, logistica, marketing, ricerca e sviluppo, produzione e tutte le altre funzioni aziendali tradizionali.

Tra le varie prospettive teoriche disponibili, quella definita Unionist è oggi considerata la più consolidata e viene adottata come punto di riferimento nello sviluppo del presente studio. Secondo questo approccio, e in continuità con la definizione di logistica proposta in precedenza dal *Council of Logistic Management*, il Supply Chain Management non si limita alle attività interne di un'impresa, ma si propone di integrare in maniera sistematica la gestione della domanda e dell'offerta attraverso il coordinamento di tutti i soggetti coinvolti nella catena logistica.

In quest'ottica, la supply chain assume la forma di una rete complessa di entità organizzative interconnesse e interdipendenti, ciascuna con ruoli specifici ma operanti in modo coordinato per assicurare la gestione efficiente dei flussi di materiali e informazioni. Tale rete copre tutti i principali sottosistemi aziendali, dall'approvvigionamento delle materie prime, alla produzione, fino alla distribuzione e consegna dei prodotti al cliente finale. L'obiettivo principale consiste nell'ottimizzare i processi lungo l'intera catena, migliorando l'efficienza, la tempestività e la qualità dei flussi informativi e fisici tra i vari attori.

Il Supply Chain Management (SCM), oltre la logistica, comprende numerose attività operative, tra cui:

- Gestione delle fatture di acquisto e di vendita per la valorizzazione dell'inventario
- Controllo dell'inventario
- Preparazione dei prodotti per la spedizione ai clienti
- Operazioni di reverse pick-up
- Gestione dei beni restituiti dai clienti (resi e reverse engineering)
- Trattamento dei pezzi difettosi in outbound (reverse logistics)
- Gestione delle pratiche doganali
- Emissione DDT, DESADV, RECADV
- Ottimizzazioni sui flussi di trasporto e dei magazzini

In Sintesi, il Supply Chain Management è visto come la gestione di tre tipi di flussi differenti: informativi, finanziari e fisici. Tra le attività fondamentali, una delle più critiche risulta essere la gestione e pianificazione delle scorte. Questa attività, infatti, risulta una fonte di continua ricerca al miglioramento ed ottimizzazione da parte delle aziende in un'ottica di massimizzazione del livello di servizio al cliente ed una parallela minimizzazione dello stock in magazzino e, di conseguenza, una minimizzazione dei costi. Negli anni si sono susseguite diverse teorie riguardo la presenza o meno di stock all'interno dell'azienda, da un lato viste come ingente fonte di costo ma dall'altro come

un elemento essenziale per rendere meno fragile la catena produttiva. Occuparsi della gestione delle scorte implica lo studio delle quantità e delle tempistiche con cui ricevere le materie prime e produrre i vari prodotti finiti, semilavorati. È un tema sempre più complesso in quanto gli attori coinvolti nella catena produttiva sono sempre più numerosi, ed è per questo che le aziende stanno sempre di più sperimentando nuovi metodi e tecnologie per ottimizzare la logistica, come l'RFID, il tracking dei pacchi e il cross docking per minimizzare il numero di viaggi in outbound. Oltre a ciò, nel corso degli anni sono stati studiati e implementati differenti metodi anche per la pianificazione e il controllo dei fabbisogni come l'MRP e l'ATP in primis, il DRP, il Lean Management, fino ad arrivare al DDMRP.

3. CONTESTO E LIMITI DEI SISTEMI TRADIZIONALI

3.1. Contesto globale e Industriale

La progressiva estensione geografica delle supply chain ha determinato un aumento dei lead time complessivi e una maggiore frammentazione dei processi produttivi e distributivi. Tale configurazione ha accresciuto il livello di interdipendenza tra i diversi attori coinvolti, amplificando l'impatto delle perturbazioni locali sull'intero sistema. In questo quadro, la variabilità non rappresenta un'eccezione, bensì una condizione strutturale con cui i modelli di pianificazione devono confrontarsi.

Parallelamente, le dinamiche di mercato hanno evidenziato una crescente instabilità della domanda, riconducibile alla riduzione dei cicli di vita dei prodotti, all'aumento della varietà offerta e alla diffusione di strategie di personalizzazione. Questi fattori compromettono l'affidabilità delle previsioni su orizzonti temporali medio-lunghi, riducendo la capacità dei sistemi previsivi di supportare efficacemente le decisioni di pianificazione. Ne consegue una progressiva perdita di coerenza tra i piani generati e la realtà operativa.

In tale contesto, la pianificazione dei materiali assume una valenza sistemica che trascende il semplice calcolo dei fabbisogni. Essa deve essere interpretata come un

processo di governo della variabilità e di coordinamento dei flussi lungo l'intera catena di fornitura, in cui le decisioni di pianificazione, esecuzione e controllo risultano strettamente interconnesse. L'obiettivo non è esclusivamente l'ottimizzazione di singole variabili operative, ma il perseguimento di un equilibrio complessivo tra efficienza interna e affidabilità del servizio.

La centralità attribuita al livello di servizio al cliente riflette un'evoluzione nei criteri di valutazione delle performance della supply chain. In contesti competitivi maturi, la capacità di garantire continuità di fornitura, puntualità nelle consegne e coerenza rispetto alle aspettative del mercato costituisce un fattore determinante per il mantenimento del vantaggio competitivo. Di conseguenza, i sistemi di pianificazione sono chiamati a supportare obiettivi di efficacia complessiva, oltre che di efficienza operativa.

Alla luce di tali considerazioni, emerge la necessità di modelli concettuali in grado di superare i limiti intrinseci degli approcci tradizionali, caratterizzati da una forte dipendenza dalle previsioni e da una ridotta capacità di adattamento. L'attenzione si orienta progressivamente verso sistemi di pianificazione che privilegiano la gestione della domanda effettiva e l'introduzione di meccanismi strutturali di protezione del flusso, finalizzati a migliorare la stabilità e la resilienza del sistema.

Il presente capitolo fornisce pertanto il quadro teorico di riferimento entro cui si inserisce l'analisi dei modelli di pianificazione orientati alla domanda. Tale inquadramento risulta funzionale alla comprensione delle logiche sottostanti ai sistemi Demand Driven e costituisce la base concettuale per l'approfondimento dei modelli e degli strumenti esaminati nelle sezioni successive.

Il riapprovvigionamento dei materiali rappresenta una funzione fondamentale all'interno dei sistemi produttivi e logistici, in quanto incide direttamente sulla continuità operativa, sui livelli di servizio e sull'impiego delle risorse finanziarie. Le modalità con cui un'azienda gestisce il riapprovvigionamento dipendono da molteplici fattori, tra cui la struttura della domanda, le caratteristiche dei prodotti, i lead time di fornitura e il grado di integrazione con i fornitori. In ambito teorico, è possibile ricondurre tali modalità a differenti logiche di gestione, ciascuna delle quali risponde a specifiche ipotesi di contesto. Le modalità di riapprovvigionamento di un'azienda possono essere:

- Basate sulla previsione (logica push): gli ordini di acquisto o di produzione vengono generati sulla base di una previsione della domanda futura. In questo approccio, il flusso di materiali è guidato da piani elaborati a monte, che determinano quantità e tempi di approvvigionamento indipendentemente dal consumo effettivo. Tale modalità è tipicamente associata ai sistemi di pianificazione tradizionali, nei quali la previsione rappresenta l'input principale per il calcolo dei fabbisogni. Dal punto di vista teorico, questo approccio presuppone una domanda relativamente stabile e prevedibile, nonché lead time noti e affidabili. In presenza di tali condizioni, il riapprovvigionamento basato su previsione consente un elevato livello di pianificazione e coordinamento, ma risulta vulnerabile in contesti caratterizzati da elevata variabilità e incertezza.
- Riapprovvigionamento basato sul consumo (logica pull): gli ordini vengono emessi in risposta al consumo reale dei materiali. In questo caso, il flusso è guidato dalla domanda effettiva e non da una stima della domanda futura. Il riapprovvigionamento avviene quando le scorte raggiungono un determinato livello di riordino, predefinito in funzione delle caratteristiche del sistema. L'approccio pull è una conseguenza della logica del Lean Manufacturing, in quanto consente di ridurre l'esposizione al rischio di errore previsionale e di migliorare l'allineamento tra domanda e offerta. Tuttavia, esso richiede tempi di risposta sufficientemente brevi e una gestione accurata dei livelli di scorta, affinché il sistema sia in grado di garantire continuità di fornitura.
- Riapprovvigionamento a punto di riordino : in questo approccio l'emissione di un ordine avviene al raggiungimento di una soglia prestabilita di giacenza. Il punto di riordino è generalmente determinato in funzione del consumo medio e del lead time di approvvigionamento, includendo una componente di scorta di sicurezza per assorbire la variabilità. Generalmente una quantità ottimale di riordino in questa tipologia di riapprovvigionamento coincide con l'EOQ. Questa logica risulta particolarmente adatta per articoli a domanda indipendente (esempio i ricambi e parti di servizio destinati al mercato aftermarket) ma dipende dalla corretta determinazione dei parametri e dalla stabilità delle condizioni operative

- Riapprovvigionamento periodico: le scorte vengono controllate a intervalli temporali fissi prefissati e gli ordini vengono emessi per riportare il livello di giacenza a un valore target. In questo caso occorre dimensionare bene il quantitativo di Scorte di Sicurezza per assorbire il più possibile la variabilità della domanda e dei Lead Time di Riapprovvigionamento. Una quantità ottimale di riapprovvigionamento in questo caso coincide con l'EOI.
- Riapprovvigionamento sincronizzato e collaborativo: si basa sulla condivisione delle informazioni e sul coordinamento delle decisioni tra cliente e fornitore. Nel Vendor Managed Inventory (VMI) il fornitore è responsabile della gestione delle scorte del cliente, sulla base dei dati di consumo condivisi dal cliente e dei livelli di magazzino condivisi. Nel Consignment Stock le scorte sono fisicamente presso il cliente ma restano di proprietà del fornitore fino al momento dell'utilizzo. Entrambi i modelli mirano a migliorare la disponibilità dei materiali e a ridurre le inefficienze lungo la supply chain. La loro efficacia richiede un elevato grado di integrazione informativa e fiducia reciproca.
- Riapprovvigionamento Demand Driven: rappresenta un'evoluzione dei modelli pull tradizionali, in quanto basa la generazione degli ordini sul consumo reale anziché sulle previsioni. Il Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) implementa questa logica mediante buffer di scorta posizionati strategicamente lungo la supply chain, in grado di assorbire la variabilità della domanda e dei lead time. Gli ordini vengono attivati in funzione dei livelli effettivi dei buffer, garantendo continuità dei flussi e protezione del processo produttivo. Rispetto ai sistemi tradizionali, il DDMRP migliora la stabilità dei piani, riduce le rotture di stock e allinea la disponibilità dei materiali alla domanda reale. Tale approccio consente inoltre di ottimizzare il capitale immobilizzato in scorte e di incrementare il livello di servizio percepito dal cliente.

3.2. Logica dei sistemi tradizionali (MRP, MPS, ATP)

I sistemi di pianificazione della produzione risalgono fin dai tempi della rivoluzione industriale. La prima definizione del Material Requirements Planning (MRP), risale al 1950, ma trova applicazione intorno agli anni '70 sfruttando l'onda dell'informatizzazione che stavano attraversando le aziende, la cui definizione fornita dall'APICS Dictionary è [15]:

"MRP is a set of techniques that uses bill of material data, inventory data, and he 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".

Per comprendere il funzionamento dell'MRP (Material Requirements Planning), è necessario introdurre i principali input che il sistema richiede per elaborare la pianificazione.
Il primo e più rilevante input è il Master Production Schedule (MPS), ossia il documento di pianificazione della produzione che, sulla base della domanda cliente, definisce le quantità di prodotto finito da realizzare. L'MPS generalmente copre un orizzonte temporale mensile, suddiviso in *time bucket* settimanali. Le quantità pianificate settimanalmente costituiscono l'input principale per l'MRP, il quale, incrociando tali dati con ulteriori informazioni quali la Distinta Base (Bill of Materials), le scorte di ciascun componente presenti a magazzino e i lead time di produzione o di approvvigionamento, genera gli ordini di acquisto necessari. Tali ordini indicano, per ciascun componente, le quantità di materie prime (in caso di ordine di approvvigionamento) o di semilavorati (in caso di ordine di produzione) e la relativa data di scadenza, in modo da soddisfare la domanda cliente.
Il calcolo dell'MRP può essere eseguito giornalmente o settimanalmente, a seconda delle scelte operative dell'azienda, adottando una politica di rolling-horizon. Questa politica prevede l'elaborazione di un nuovo piano di produzione (*PDP*) in funzione delle

variazioni delle previsioni di domanda, delle nuove esigenze operative e della visibilità aggiornata della domanda cliente.
Per quanto riguarda quest'ultima, è importante chiarire che l'MRP richiede come input esclusivamente i dati di domanda, i quali possono provenire da fonti diverse: ordini o previsioni interne, esigenze inter-impianto, ordini o previsioni dei clienti, richieste di pezzi di servizio da magazzini periferici o produzione di altri prodotti. Fondamentale è distinguere la domanda in due categorie principali: domanda prevista e domanda effettiva, secondo le definizioni riportate nel *Dizionario APICS [15]*:

- Previsione: Una stima della domanda futura attraverso il sistema APS. Una previsione può essere costruita utilizzando metodi quantitativi, qualitativi o una combinazione di metodi e può basarsi su fattori estrinseci (esterni) o intrinseci (interni). Le varie tecniche di previsione cercano di prevedere una o più delle quattro componenti della domanda: ciclica, casuale, stagionale e di tendenza.
- Domanda effettiva: La domanda effettiva è composta dagli ordini dei clienti (e spesso dalle assegnazioni di articoli, ingredienti o materie prime alla produzione o alla distribuzione). La domanda effettiva si contrappone o "consuma" la previsione, a seconda delle regole scelte per un orizzonte temporale. Ad esempio, la domanda effettiva, sostituisce totalmente le previsioni all'interno dell'orizzonte del portafoglio ordini dei clienti esauriti (spesso chiamato "recinto temporale della domanda"), ma si compenserà con le previsioni al di fuori di questo orizzonte in base alla regola di consumo previsionale scelta.
- Stima di consegna: attraverso il sistema ATP (Available to Promise), viene rappresentata la quantità di prodotto finito disponibile da promettere ai clienti in un determinato momento, tenendo conto delle scorte attuali e degli ordini già confermati.

La domanda considerata dall'MRP, sia essa prevista o effettiva, riguarda esclusivamente il prodotto finito (end item), mentre i fabbisogni dei componenti vengono determinati a partire da questa attraverso il processo di esplosione della distinta base. L'accuratezza di

questo input risulta fondamentale, poiché un dato più preciso consente di ridurre gli errori nel calcolo dei fabbisogni e, conseguentemente, di ottimizzare i livelli di scorte a magazzino, contenendo i costi associati.

Con l'aumento della capacità di calcolo dei computer, nei primi anni '80 venne introdotto il Manufacturing Resource Planning (MRP II), sviluppato principalmente per superare il problema della capacità infinita tipico dell'MRP tradizionale. L'MRP II, che mantiene l'MPS come modulo centrale, integra i vincoli di capacità, considerando la disponibilità di macchine e manodopera, nonché i cicli di lavorazione.

Le logiche di funzionamento dell'MRP rimangono sostanzialmente invariate, ma l'MRP II applica successivamente un'analisi di Capacity Requirements Planning (CRP) sull'output del calcolo. Qualora i vincoli di capacità vengano violati, il CRP consente di ricalcolare l'MPS oppure di ottimizzare il carico assegnato alle risorse tramite algoritmi di Rough Cut Capacity Planning (RCCP), che tengono conto della capacità effettiva delle risorse stesse.

Negli anni '90, l'integrazione di informazioni provenienti da diverse funzioni aziendali tra cui vendite, gestione del magazzino, contabilità e finanza hanno portato all'evoluzione dell'MRP II verso una metodologia completa di gestione aziendale, nota come Enterprise Resource Planning (ERP). È importante sottolineare che, nonostante l'aggiunta di moduli e il supporto a un numero maggiore di informazioni, la logica di funzionamento originaria dell'MRP è rimasta invariata.

Nel sottocapitolo successivo verranno esaminati i difetti di questa procedura tra cui l'effetto "Bullwhip Effect", o effetto frusta, che si manifesta a causa dell'incertezza della domanda finale del cliente che può creare in maniera amplificata delle successive della variabilità della domanda lungo la catena di fornitura.

3.3. Limiti dei sistemi tradizionali

I Sistemi Tradizionali di pianificazione dei fabbisogni, in particolare il *Material Requirements Planning (MRP)*, sono stati progettati per fornire un quadro integrato delle esigenze di materiali e di produzione sulla base di distinte base, dati di inventario e previsioni della domanda. Pur avendo costituito per decenni un punto di riferimento nella gestione della supply chain, tali sistemi si fondano su una serie di assunzioni semplificative che risultano frequentemente disallineate con le dinamiche dei mercati moderni. Tra queste vi sono:

- Dipendenza dei dati e qualità dell'informazione [14]: I sistemi tradizionali di pianificazione, in particolare il *Material Requirements Planning (MRP)*, si basano in modo estremamente vincolante sulla disponibilità di dati accurati e aggiornati riguardanti la distinta base (*Bill of Materials*), i livelli di inventario, i lead time e i programmi principali di produzione. La qualità e l'integrità di tali dati rappresentano un prerequisito imprescindibile affinché il sistema generi piani affidabili. Tuttavia, nella pratica gestionale, le informazioni spesso risultano incomplete, obsolete o incoerenti, generando un fenomeno noto come *garbage-in, garbage-out*, in cui dati errati producono piani altrettanto inaccurati e non attuabili.
- Poca sensibilità alle variazioni della domanda [14]: Un'altra limitazione intrinseca riguarda la forte dipendenza dalle previsioni di domanda. I sistemi MRP operano secondo una logica push, nella quale la produzione e gli ordini di acquisto sono generati sulla base di previsioni formulate in fase di pianificazione. Tale impostazione presuppone un grado elevato di accuratezza delle previsioni (con MAPE, ossia errore medio sulla previsione, massimo del 2-3%) che nella realtà è difficile da raggiungere, soprattutto in contesti caratterizzati da variazioni frequenti o imprevedibili nella domanda. Quando le previsioni divergono in modo significativo dal reale comportamento del mercato, il sistema tende ad accumulare scorte in eccesso o, al contrario, a generare carenze di materiali, con impatti negativi sui livelli di servizio e sui costi complessivi della supply chain.
- Instabilità del piano e "nervosismo" del sistemam [14]: La grande sensibilità dei sistemi MRP alle variazioni dei dati di input si traduce in frequenti riesecuzioni del

piano di produzione e di approvvigionamento, generando un fenomeno definito come *system nervousness*. Questo fenomeno si manifesta con la continua emissione di ordini aggiuntivi, modifiche di pianificazione e riprogrammazioni di attività in risposta a lievi modifiche della domanda o a variazioni nei parametri del sistema. Tale instabilità operativa complica la gestione quotidiana e comporta un aumento delle attività di emergenza (*firefighting*), ovvero interventi manuali volti a correggere le anomalie generate dal sistema. Il risultato è una minore capacità di pianificazione a lungo termine e un incremento dei costi operativi legati alla gestione delle eccezioni.

- Lead Time deterministici e incapacità di gestire la variabilità [14]: I sistemi MRP tradizionali considerano i lead time di approvvigionamento e produzione come parametri fissi e deterministici. Nella realtà operativa, tuttavia, questi tempi sono soggetti a variabilità dovuta a ritardi dei fornitori, congestione delle risorse, imprevisti logistici e altre perturbazioni. L'assunzione di lead time statici limita la capacità del sistema di rispondere efficacemente alle fluttuazioni, con possibile generazione di piani che risultano non allineati ai vincoli temporali effettivi. Questa rigidità aumenta il rischio di ritardi nelle consegne e di accumulo di scorte, soprattutto quando i lead time reali divergono in modo sostanziale da quelli dichiarati nel sistema.
- Rigidità e scarsa adattabilità [14]: La struttura dei sistemi MRP presenta una rigidità intrinseca che li rende poco adattabili ai cambiamenti rapidi nella configurazione del mercato e nelle condizioni operative. In scenari caratterizzati da instabilità strutturale — quali variazioni stagionali impreviste, richieste di personalizzazione dei prodotti o crisi improvvise della catena di fornitura — il modello MRP fatica ad adattarsi, portando a piani che risultano spesso lontani dalla realtà. Tale rigidità si manifesta anche nella difficoltà di gestire nuove varianti di prodotto o di incorporare feedback di breve periodo all'interno dei cicli di pianificazione.
- Sovraccarico di messaggi di eccezione e perdita di priorità: Nel funzionamento quotidiano, il MRP tradizionale genera un elevato numero di messaggi di eccezione (exception messages) a causa delle continue modifiche ai piani in risposta ai segnali

di domanda e alle variazioni del sistema. La molteplicità di questi messaggi rende complesso l'ordinamento delle priorità, poiché il sistema non è in grado di distinguere tra variazioni significative e alterazioni di scarsa rilevanza operativa. Di conseguenza, i responsabili della pianificazione sono costretti a ricorrere a processi manuali e mezzi informali (come e-mail o fogli di calcolo) per gestire le eccezioni, con un impatto negativo sull'efficienza della supply chain complessiva.

- Limitata gestione delle capacità produttive: Un'altra criticità riguarda la gestione delle capacità produttive all'interno dei sistemi MRP di base. Questi modelli tendono a operare con l'ipotesi di capacità illimitata, ossia assumendo che le risorse produttive siano sempre disponibili per soddisfare i piani generati. Tale semplificazione trascura le restrizioni reali legate alla disponibilità di macchinari, manodopera e altre risorse critiche, con il rischio di produrre piani non realistici o non eseguibili. La mancata integrazione delle capacità reali può portare a congestioni delle risorse, ritardi e inefficienze operative.
- Integrazione tecnologica e costi di implementazione: l'implementazione e la manutenzione di sistemi MRP richiedono un significativo investimento tecnologico e organizzativo. L'integrazione tra i moduli di pianificazione e altri sistemi gestionali (ERP, moduli di magazzino, finanza e acquisti) può risultare complessa, richiedendo competenze specifiche e un elevato grado di coordinamento tra le funzioni aziendali. Il costo associato all'adozione di tali sistemi, nonché alla formazione del personale e alla governance dei dati, rappresenta un ulteriore fattore critico di successo, soprattutto per le imprese di dimensioni medio-piccole.
- Effetto frusta e propagazione delle variazioni [2]: I sistemi MRP tradizionali possono amplificare le variazioni nella domanda man mano che queste si propagano lungo la catena di fornitura, fenomeno noto nella letteratura come effetto bullwhip. Anche piccole variazioni nella domanda finale possono generare fluttuazioni significative dei piani di approvvigionamento e produzione ai livelli a monte della catena. Tale amplificazione comporta oscillazioni eccessive nei livelli di scorta, incremento dei costi e difficoltà nel garantire un servizio stabile e affidabile al cliente finale.

In generale questo effetto è definito dal dizionario APICS [15]:

"Un cambiamento estremo nella posizione delle scorte a monte di una catena di approvvigionamento, generato da una piccola variazione della domanda a valle della catena di approvvigionamento. L'inventario può passare rapidamente da un livello di arretratezza a un livello di eccedenza. Questo fenomeno è causato dalla natura seriale della comunicazione degli ordini a monte della catena e dai ritardi di trasporto inerenti allo spostamento del prodotto a valle della catena. Il bullwhip può essere eliminato sincronizzando la Supply Chain".

Le principali cause che contribuiscono all'insorgenza del fenomeno del Bullwhip Effect lungo la supply chain possono essere sintetizzate come segue:

- Asimmetria informativa tra gli attori della supply chain: ad esempio, un'azienda retail che osserva un incremento della domanda cliente potrebbe non comunicare tempestivamente tale variazione al distributore. Quest'ultimo, venendo a conoscenza dell'incremento solo successivamente, tenderà a ordinare al produttore quantità ancora maggiori per compensare il ritardo informativo, amplificando così la variabilità lungo tutta la catena di fornitura.
- Fluttuazioni dei prezzi: promozioni e sconti possono generare picchi di domanda, anche se limitati nel tempo, aumentando la variabilità complessiva della supply chain e rendendo più difficile la pianificazione accurata dei fabbisogni.
- Lead time di consegna lunghi o instabili: ritardi frequenti o tempi di attesa prolungati spingono i punti vendita retail a ordinare quantità superiori al necessario, come misura di protezione contro eventuali interruzioni di fornitura, o ad anticipare i loro ordini rispetto alle necessità effettive, accentuando ulteriormente le oscillazioni della domanda lungo la catena.

Questi elementi, insieme ad altre determinanti come le politiche di riordino (ad esempio la Minimum Order Quantity – MOQ), conducono a una percezione della domanda cliente progressivamente amplificata man mano che ci si sposta verso i livelli più alti della catena logistica. In altre parole, gli attori situati più a monte interpretano la domanda come più volatile e intensa rispetto a quanto effettivamente osservato dal rivenditore, ovvero dall'attore situato a valle della supply chain.

L'effetto Bullwhip rappresenta quindi un fenomeno intrinseco e fisiologico nelle catene di approvvigionamento. L'unica strategia efficace per contenerne l'impatto consiste nel generare ordini sempre più precisi e puntuali, riducendo così la propagazione delle fluttuazioni. Tuttavia, l'MRP tradizionale si rivela poco adatto a questo scopo. La logica dell'MRP prevede infatti una dipendenza reciproca tra tutti gli ordini generati lungo l'intera filiera e il ricalcolo quotidiano basato su una domanda cliente spesso variabile e incerta.

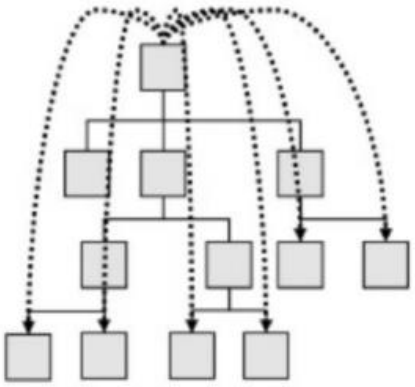

Figura 3.1. Esplosione della Distinta Base (BOM) [16]

L'esplosione della distinta base (Bill of Materials – BOM), tipica del metodo MRP, combinata con la presenza del Bullwhip Effect, comporta che gli ordini generati ai livelli più bassi della catena presentino oscillazioni amplificate.

La Figura 3.3. fornisce una rappresentazione visiva di tale fenomeno, evidenziando come le fluttuazioni della domanda si amplifichino procedendo verso i livelli a monte della supply chain.

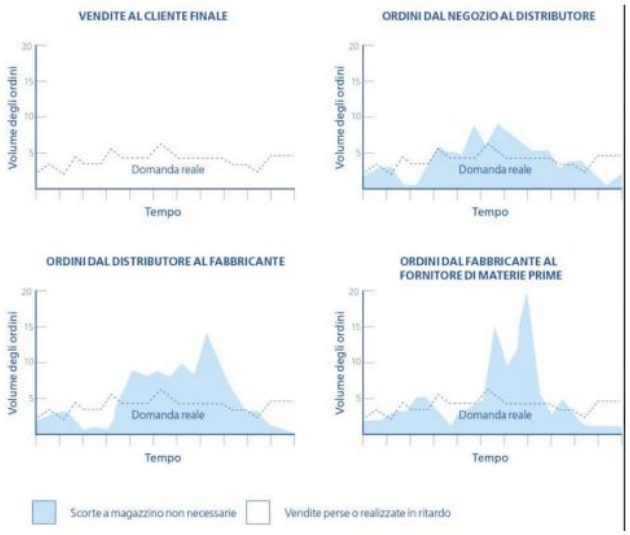

Figura 3.2. Esempio di Effetto Bullwhip [8]

Per cercare di ridurre l'effetto frusta, occorre dimensionare al meglio i magazzini e le giacenze in tutti gli attori coinvolti nella Supply Chain, specialmente sugli articoli più critici ad alta variabilità e con tempi di consegna maggiore. La figura 3.2. sottostante indica la quantità di giacenza di un prodotto all'interno di un magazzino:

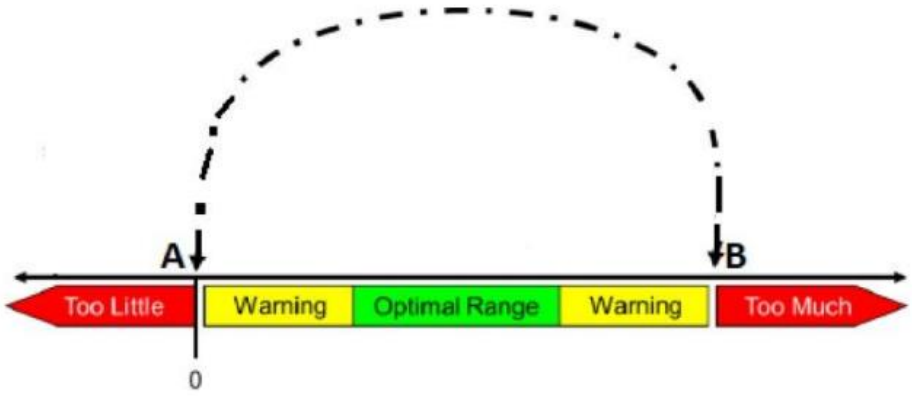

Figura 3.3. Dimensionamento Ottimale Buffer [1]

Il grafico mostra come il livello di scorte in magazzino oscilli tra una situazione di understock e una di overstock per la maggior parte del tempo, mentre solo per un breve periodo il livello di inventario risulta ottimale. Il motivo per cui si verifica ciò è dato dal fatto che questa situazione si verifica ogni volta che viene eseguito l'MRP, portando di fatto da una situazione di understock ad una di overstock, o viceversa nel caso in cui non venga eseguito l'MRP da tanto tempo.

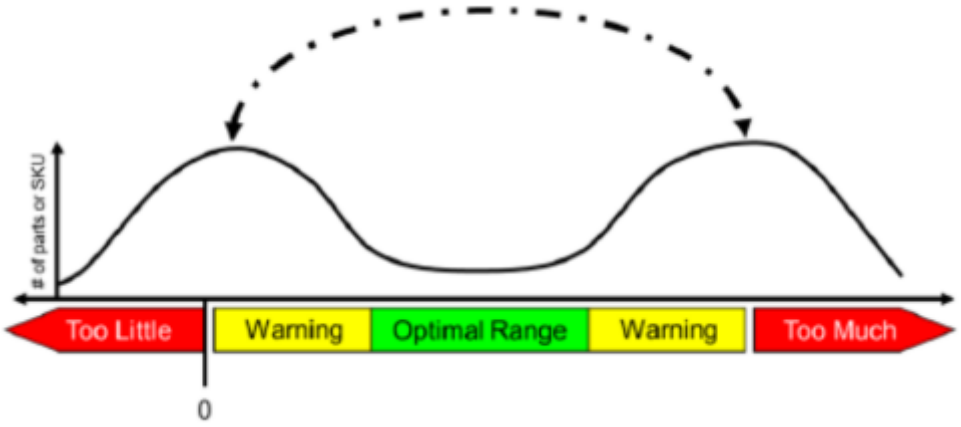

Figura 3.4. Distribuzione bimodale dell'inventario [3]

Va inoltre sottolineato che, in molti casi, il livello di stock di un aggregato di articoli (SKU) tende a mostrare un andamento bimodale (Figura 3.3).
Nello specifico, gran parte degli articoli si concentra in zone critiche: tra la zona gialla e rossa nella fascia di sottodimensionamento (parte sinistra della figura) oppure tra la zona gialla e rossa nella fascia di sovradimensionamento (parte destra della figura). Solo una minoranza di SKU risulta collocata nell'intervallo ottimale centrale, rappresentato in verde chiaro, che identifica i livelli di scorta ideali secondo la logica dei buffer.
Questa distribuzione irregolare delle scorte ha implicazioni operative e finanziarie significative per l'azienda. Da un lato, genera un aumento dei costi di inventario, sia per il mantenimento di scorte eccessive sia per la gestione di materiali in eccesso o obsoleti. Dall'altro lato, comporta un incremento dei costi logistici, derivanti dalla necessità di movimentare quantità non ottimali e di gestire scorte in eccesso o carenze in aree critiche. Inoltre, la presenza di SKU concentrati nelle zone critiche aumenta il rischio di stockout o di overstock, con potenziali ripercussioni sulla continuità produttiva e sulla soddisfazione del cliente. Questa condizione può provocare un allungamento generalizzato dei lead time, non solo per l'approvvigionamento dei materiali, ma anche per le fasi di produzione interna e di trasporto verso il cliente finale. Di conseguenza, il controllo accurato della distribuzione dei livelli di stock diventa un elemento strategico per ridurre la variabilità operativa e ottimizzare sia i costi sia i tempi di consegna.

3.4. MRP vs LEAN Management

In questo ultimo sottocapitolo viene brevemente richiamata la famosa Lean Production, confrontandola con la logica tradizionale dell'MRP e come può anch'essa aiutare a superare le criticità dei sistemi tradizionali.
La Lean Production, o produzione snella, è una metodologia di gestione delle operations aziendali basata sui criteri adottati in Giappone dal Toyota Production System negli anni '50 e affermatasi globalmente nei primi anni '80. Essa consiste in un insieme di tecniche da adattare e modulare in riferimento al contesto applicativo, al fine di ottimizzare e incrementare la produttività e il valore per il cliente mediante un processo di

miglioramento continuo (kaizen), cardine di questa filosofia di produzione. Il concetto fondamentale su cui si basa la Lean production è quella di identificare ed eliminare tutti quegli sprechi (muda, muri e mura) che non portano effettivo valore aggiunto al prodotto o più in generale al processo. In letteratura Lean ne vengono nominati sette:

- Sovrapproduzione (muri): si vuole produrre solo ciò che è effettivamente richiesto, si può attuare attraverso un sistema di cartellini chiamati kanban dove per ognuno, ogni risorsa produce solo in relazione al kanban di produzione proveniente da quella successiva.
- Tempo di attesa (muda): avere processo a flusso continuo e lineare, senza mai interruzioni.
- Scorte (muda): minimizzazione delle scorte a magazzino.
- Trasporto (muda): un trasporto efficiente e puntuale dei materiali.
- Processi (mura): evitare al massimo le lavorazioni non neccessarie per realizzare il prodotto finale. L'obbiettivo è quello di livellare la produzione per assorbire al massimo la variabilità, creando un flusso produttivo più efficiente.
- Movimenti (muda): le movimentazioni eccessive di materiale creano inefficienze e confusione nel flusso di valore.
- Difetti (mura): minimizzazione dei difetti di produzione su tutti gli articoli.

L'approccio Lean viene usata una logica di tipo pull, ossia che è la domanda che "tira" la produzione, non la produzione stessa. La Lean Production è pensata per avere flusso continuo, sia per i materiali che per le informazioni all'interno del sistema aziendale, in quanto il flusso di valore generata dal processo produttivo non deve presentare interruzioni.
L'introduzione delle logiche Lean nei contesti aziendali è stata motivata dall'esigenza di superare l'approccio di pianificazione formale tipico dell'MRP, ritenuto da molti non pienamente adeguato alla crescente complessità e volatilità dei mercati contemporanei. In particolare, l'MRP, fondato su una logica push e su previsioni di domanda spesso instabili, può generare rigidità e amplificare la variabilità lungo la supply chain.

Tuttavia, dal punto di vista del personale addetto alla pianificazione, l'approccio Lean viene talvolta percepito come eccessivamente semplificato rispetto alle esigenze di coordinamento di un sistema produttivo dinamico e articolato. La logica dei flussi tirati (*pull*), basata su meccanismi visivi e buffer locali, può infatti offrire una visibilità limitata sull'intero sistema, concentrandosi prevalentemente sul controllo puntuale delle scorte e dei flussi a livello operativo. Ne deriva una possibile divergenza di prospettive all'interno dell'organizzazione, tra chi privilegia un modello strutturato e centralizzato di pianificazione e chi, invece, sostiene un approccio più snello e decentralizzato.
Pur partendo da presupposti teorici e operativi profondamente differenti, MRP e Lean condividono un obiettivo comune: garantire la continuità e la stabilità del flusso produttivo. Le modalità attraverso cui tale finalità viene perseguita divergono tuttavia in modo significativo, principalmente per tre ragioni fondamentali:

- Generazione degli ordini: Nel sistema MRP, gli ordini vengono pianificati anticipatamente rispetto al consumo effettivo, sulla base delle previsioni e del piano principale di produzione. Si tratta di una logica di tipo push, in cui la produzione è guidata da un piano formale derivante dalla domanda stimata.
  La filosofia Lean, al contrario, adotta una logica pull: gli ordini vengono generati esclusivamente in risposta a un consumo reale, con l'obiettivo di allineare il ritmo produttivo alla velocità della domanda cliente. In questo modo si riduce il rischio di sovrapproduzione, ma si rinuncia a una pianificazione anticipata di medio periodo.
- Dipendenza/Indipendenza dei nodi di filiera: L'MRP configura la supply chain come un sistema fortemente interconnesso, nel quale ogni livello risulta strettamente dipendente dagli altri attraverso il meccanismo di esplosione della distinta base e il ricalcolo periodico dei fabbisogni. Tale impostazione garantisce una sincronizzazione formale dell'intera filiera, ma espone il sistema a continui aggiustamenti derivanti anche da minime variazioni della domanda finale.
  Al contrario, la logica Lean, attraverso strumenti quali il kanban, struttura il flusso produttivo secondo relazioni locali di tipo cliente-fornitore interno: ciascuna risorsa è collegata esclusivamente al consumo della fase immediatamente successiva. Questo

approccio riduce l'interdipendenza globale, ma può comportare una limitata visibilità sistemica e un coordinamento meno strutturato tra i diversi nodi della catena.

- Reattività alle variazioni della domanda: Entrambi gli approcci risentono di shock esogeni significativi nella domanda. Tuttavia, l'MRP, grazie al ricalcolo periodico (spesso giornaliero o settimanale) dell'intero piano, risulta generalmente più strutturato nella gestione di variazioni rilevanti, potendo intervenire lungo tutta la filiera in un orizzonte temporale di medio periodo.

  Nella logica Lean, invece, ciascun nodo dispone di visibilità limitata al processo immediatamente successivo. Una variazione della domanda finale viene quindi trasmessa progressivamente lungo la catena attraverso i segnali di consumo, e viene percepita dai diversi livelli solo nel momento in cui si manifesta operativamente nel flusso degli ordini interni.

4. DEMAND DRIVEN MRP

4.1. Introduzione

Il presente capitolo si propone di analizzare in modo sistematico e approfondito i principali elementi costitutivi del DDMRP, con particolare riferimento alle logiche di posizionamento e gestione dei buffer, ai meccanismi di pianificazione guidati dal consumo e alle modalità di esecuzione operative che ne derivano.

Il Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) si configura come un'evoluzione concettuale e operativa dei sistemi tradizionali di pianificazione dei fabbisogni di materiali, espressamente concepita per fronteggiare le condizioni di elevata variabilità, incertezza e complessità che contraddistinguono le moderne supply chain. In contesti caratterizzati da mercati instabili, cicli di vita dei prodotti sempre più brevi e livelli di personalizzazione crescenti, i modelli previsionali convenzionali mostrano infatti limiti strutturali, rendendo necessario l'adozione di approcci di pianificazione maggiormente adattivi e reattivi.

Il modello DDMRP è stato formalmente introdotto nel 2011 all'interno della terza edizione di *Orlicky's Material Requirements Planning* (Ptak e Smith), come metodo innovativo di pianificazione dei fabbisogni di materiali guidato dal consumo effettivo, proposto come valida alternativa alle logiche tradizionali di pianificazione e controllo della produzione basate prevalentemente su previsioni di domanda. Tale impostazione si fonda sul principio secondo cui il consumo reale rappresenta il segnale informativo più affidabile per governare i flussi materiali, soprattutto in ambienti ad elevata variabilità.
L'obiettivo primario del DDMRP è quello di rendere la supply chain più strutturata, resiliente e capace di rispondere in modo tempestivo ed efficace alle richieste del cliente finale, riducendo la dipendenza da metodi di forecasting di medio-lungo periodo. A tal fine, il DDMRP integra in maniera organica e coerente i principi derivanti dalla Theory of Constraints, dal Lean Thinking e dall'MRP tradizionale, superandone le rispettive criticità attraverso la definizione di un sistema di pianificazione e controllo fondato sulla domanda reale e sulla protezione del flusso dei materiali.

I principali vantaggi e i risultati che può portare questo metodo sono:

- Riduzione degli stock e del capitale immobilizato [6]: grazie ai buffer dinamici si mantengono solo le scorte necessarie per assorbire la domanda reale, riducendo le scorte anche a più del 50% rispetto a un sistema tradizionale, evitando accumuli di inventario dovuti a previsioni errate o a ordini anticipati inutilmente.
- Miglioramento del servizio del cliente [5]: Il sistema è guidato dalla domanda reale, quindi gli ordini vengono soddisfatti più velocemente, riducendo gli ordini cliente arretrati e le rotture di stock.
- Reattività ai cambiamenti [4]: questo strumento permette di rispondere rapidamente alle variazioni della domanda finale, consentendo di pianificare in anticipo la produzione senza generare oscillazioni eccessive causate dall'effetto frusta nella catena di fornitura.
- Aumento del ROI: grazie alla riduzione delle giacenze in magazzino e alla diminuzione delle inefficienze dovute ad una poco attenta pianificazione

operativa, la redditività generale dovuto all'efficientamento delle operations grazie al DDMRP e misurata dall'indicatore Return On Investment (ROI) aumenta.

- Semplificazione della pianificazione [6]: elimina la dipendenza da dati storici o da previsioni di lungo termine, che spesso sono inaccurate, definendo delle priorità di pianificazione per ogni ordine grazie agli indici preposti per ogni buffer.
- Migliore coordinamento tra produzione e approvvigionamento [6]: fornisce input chiari e visivi per lanciare ordini di produzione o di acquisto, riducendo il disagio causato da ordini a elevata priorità o da cambiamenti improvvisi nella fornitura.
- Focalizzazione sulle risorse critiche – colli di bottiglia [6]: in quanto aiuta a concentrare l'attenzione su ciò che realmente influenza negativamente il livello di servizio dei clienti.
- Supporto Decisionale Veloce [6]: grazie a segnali visivi e parametri che rendono rapide e affidabili le decisioni operative, anche per i meno esperti.

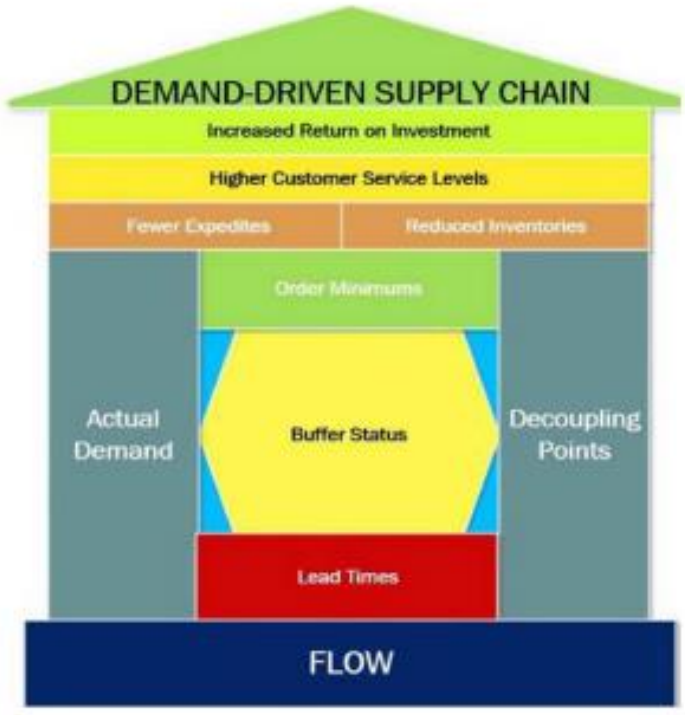

Figura 4.1. Vantaggi del DDMRP [17]

Per far ciò, l'elemento centrale dell'approccio DDMRP è l'introduzione di punti di disaccoppiamento strategicamente posizionati lungo la supply chain, supportati da buffer opportunamente dimensionati e gestiti. Tali buffer consentono di assorbire la variabilità della domanda e dei tempi di approvvigionamento, separando le dinamiche di consumo dalle logiche di produzione e approvvigionamento, e contribuendo così a garantire stabilità operativa e continuità del flusso.

Il modello DDMRP si articola in cinque elementi fondamentali (Figura 4.1.), che verranno descritti in maniera dettagliata e critica nei paragrafi successivi.

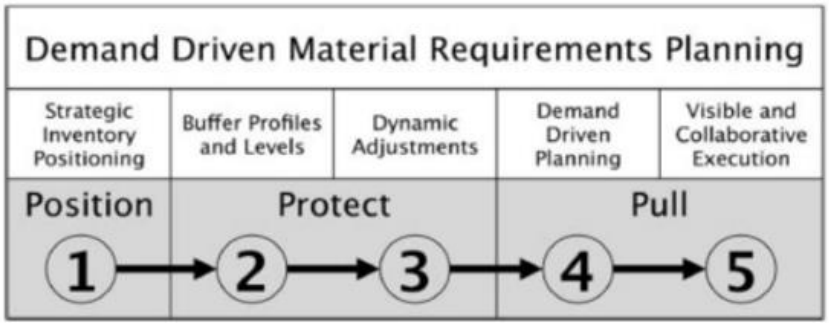

Figura 4.2. I cinque step del DDMRP [8]

4.2. Posizionamento strategico dei buffer di disaccoppiamento

Il posizionamento strategico dei buffer di disaccoppiamento costituisce il fondamento del paradigma Demand Driven. A differenza dei sistemi MRP tradizionali, che tendono a propagare la variabilità lungo l'intera distinta base, il DDMRP introduce punti selezionati di disaccoppiamento, con l'obiettivo di proteggere e promuovere il flusso di informazioni rilevanti [9]. Tali punti hanno la funzione di assorbire la variabilità della domanda (effetto bullwhip) e dell'offerta, evitando che essa si amplifichi a monte del sistema. In tale ottica occorre indagare bene sulla collocazione di questi punti di disaccoppiamento per massimizzare l'efficacia della supply chain aziendale.

Questa scelta di dove posizionare questi buffer risulta essere strategica in quanto consente di evitare l'eccesso di buffer/magazzini aumentando esponenzialmente i costi di mantenimento a scorta, ma anche di evitare sottodimensionamenti che possono generare stockout. Nel quadro metodologico proposto da Chad Smith [1], l'individuazione del corretto posizionamento dei buffer richiede un'analisi sistemica e contestualizzata, coerente con le specificità del sistema aziendale considerato. A tal fine, la letteratura identifica alcuni determinanti principali [10] come la variabilità esterna, le opportunità di mercato e il grado di soddisfazione dei clienti, la cui valutazione integrata consente di rispondere in modo strutturato al quesito relativo a dove collocare i punti di disaccoppiamento lungo la supply chain.

In primo luogo, assume rilievo la variabilità esterna, articolata in due dimensioni: variabilità della domanda e variabilità dell'offerta. La prima si manifesta attraverso la frequenza e l'intensità dei picchi di domanda all'interno del tempo di tolleranza del cliente; all'aumentare di tale instabilità, cresce l'esigenza di collocare buffer a livello di prodotto finito per garantire adeguati livelli di servizio. La variabilità dell'offerta, invece, è riconducibile principalmente all'affidabilità dei fornitori e alla stabilità dei tempi di approvvigionamento: in presenza di criticità, risulta opportuno introdurre buffer sugli item acquistati, così da isolare il sistema produttivo da perturbazioni esterne.

Un altro fattore da tenere in considerazione riguarda la protezione delle operazioni critiche, ossia quei nodi del processo caratterizzati da capacità limitata, elevata complessità tecnologica, criticità qualitative o accumulo di variabilità. Il posizionamento strategico di buffer a monte di tali risorse consente di tutelarne la continuità operativa e di prevenire fenomeni di congestione.

Particolare attenzione deve inoltre essere dedicata alla leva e flessibilità dell'inventario, soprattutto in fase di esplosione della Distinta Base (BOM). La presenza di componenti comuni a più prodotti finiti o a più livelli intermedi della stessa distinta suggerisce l'opportunità di concentrare i buffer su tali elementi, sfruttando effetti di aggregazione della domanda e conseguente riduzione della variabilità complessiva.

Un ulteriore elemento determinante è costituito dalla visibilità e dall'orizzonte temporale di conoscenza degli ordini di vendita. Quanto più ampio è l'intervallo temporale entro cui l'impresa acquisisce informazioni affidabili sugli ordini — e quanto più tale intervallo si avvicina al tempo di tolleranza del cliente — tanto minore risulta la necessità di ricorrere a buffer, poiché la pianificazione può basarsi prevalentemente sulla domanda effettiva anziché su previsioni.

Di natura più marcatamente strategica è il lead time potenziale di mercato, inteso come la possibilità di generare un vantaggio competitivo attraverso la riduzione dei tempi di consegna. In contesti in cui una contrazione del lead time consente di sostenere prezzi più elevati o di intercettare tempestivamente picchi di domanda (ad esempio in fase di lancio di nuovi prodotti), il posizionamento dei buffer assume una valenza commerciale oltre che operativa.

Infine, il tempo di tolleranza del cliente rappresenta una variabile fondamentale nella configurazione della rete di disaccoppiamento. Qualora tale tempo sia prossimo allo zero, l'azienda è chiamata a garantire un'elevata prontezza di risposta, collocando i buffer in posizione sufficientemente a monte da assicurare la disponibilità immediata del prodotto richiesto.

I buffer di disaccoppiamento costituiscono, in questo quadro, un elemento cardine del paradigma DDMRP. La loro introduzione consente di separare il tasso di consumo dal tasso di riordino per gli item protetti da buffer, generando una sostanziale indipendenza tra domanda a valle e pianificazione a monte. Tale meccanismo riduce la propagazione delle oscillazioni lungo la catena logistica, limitando l'amplificazione delle variazioni tipica dell'effetto Bullwhip, sia dal lato della domanda sia da quello dell'offerta. In tal modo, il sistema acquisisce maggiore stabilità, resilienza e capacità di assorbire la variabilità (Figura 4.1).

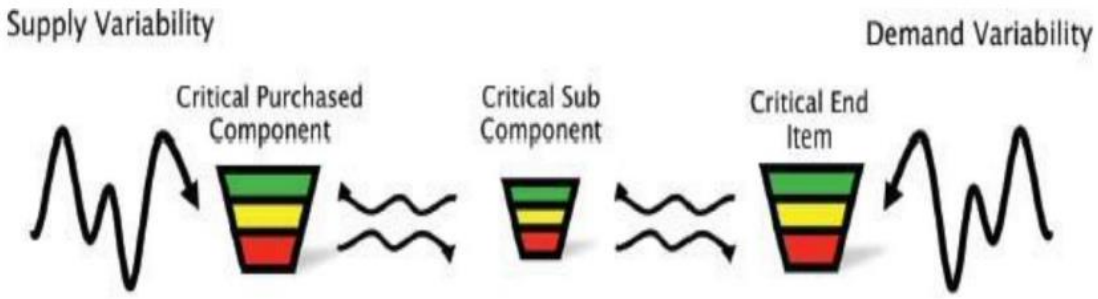

Figura 4.3. [1]

Se non viene specificata, l'algoritmo considera la capacità dei magazzini come infinita; è quindi necessario definirla esplicitamente per evitare ritardi nelle consegne e la formazione di colli di bottiglia. Inoltre, è opportuno dimensionare i carichi di lavoro di ciascun buffer regolando la capacità produttiva, in modo da garantirne un utilizzo pari ad almeno l'80% del valore potenziale [12].

Il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento assume una rilevanza eminentemente strategica, in quanto incide direttamente sulla configurazione dei lead time di sistema.

In particolare, la separazione tra processi interni e tempi di approvvigionamento esterni consente di ridurre il tempo effettivo di risposta al cliente.
Qualora, ad esempio, l'assemblaggio dei prodotti finiti venga disaccoppiato dai lunghi lead time di fornitura dei componenti, il tempo di evasione dell'ordine cliente risulta significativamente inferiore e, soprattutto, non più vincolato alle tempistiche dei fornitori. Al momento della ricezione dell'ordine, infatti, i materiali critici sono già disponibili a magazzino, permettendo l'attivazione immediata delle fasi produttive a valle.
Una tale configurazione rende possibile, in determinate condizioni, superare la logica tradizionale del forecast tipica dei sistemi MRP convenzionali, sostituendola con un meccanismo di generazione degli ordini basato prevalentemente sulla domanda reale. Pur permanendo un certo grado di variabilità nella domanda cliente, l'adozione di buffer strategicamente collocati rappresenta un passo significativo verso il contenimento delle oscillazioni e la riduzione delle distorsioni lungo la supply chain. È proprio dall'obiettivo di fondare il riordino sulla domanda effettiva che deriva la denominazione "Demand Driven" MRP.
L'introduzione dei buffer di disaccoppiamento comporta, inoltre, la definizione di un nuovo parametro temporale: il Decoupled Lead Time (DLT), ossia il tempo necessario per soddisfare la domanda a partire dal punto di disaccoppiamento più vicino al cliente. Prima di analizzarne struttura e modalità di calcolo, è opportuno richiamare le principali tipologie di lead time tradizionalmente considerate nei sistemi MRP secondo la classificazione fornita da APICS, ossia:

- Lead time di acquisto: è il tempo complessivo necessario per ottenere un articolo acquistato. Comprende la preparazione e il rilascio dell'ordine, la trasmissione al fornitore, il tempo di produzione e spedizione del fornitore, il trasporto, nonché le attività di ricevimento, controllo e messa a disposizione a magazzino.
- Lead time di produzione: Rappresenta il tempo totale richiesto per produrre internamente un articolo, escludendo i lead time di acquisto dei componenti di livello inferiore. Nei contesti *make to order (MTO)*, coincide con l'intervallo tra il rilascio

dell'ordine al reparto produttivo e la spedizione al cliente finale. Nei sistemi *make to stock (MTS)* invece intercorre tra il rilascio dell'ordine e l'ingresso del prodotto finito in magazzino.

Include il tempo di preparazione dell'ordine, le attese in coda, i tempi di attrezzaggio, lavorazione, movimentazione, ispezione e stoccaggio.

- Lead time cumulativo: è il tempo pianificato più lungo necessario per completare un determinato articolo lungo l'intero percorso della distinta base (BOM). Si determina analizzando tutti i possibili percorsi che, partendo dall'articolo finale, attraversano i livelli inferiori della distinta; il percorso che presenta la somma maggiore dei lead time definisce il lead time cumulativo.

Nel paradigma DDMRP, tuttavia, l'introduzione dei punti di disaccoppiamento modifica tale logica, poiché il tempo di risposta al mercato non coincide più necessariamente con il lead time cumulativo tradizionale, bensì con il Decoupled Lead Time, limitato al tratto di supply chain compreso tra il buffer e il cliente finale (Figura 4.3).

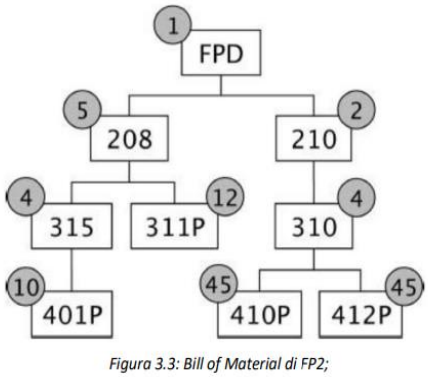

Figura 3.3: Bill of Material di FP2;

Figura 4.4. Distinta Base di un Prodotto Generico [1]

In figura 4.4., il lead time del prodotto finito FPD diè 1 giorno, per i componenti 208 e 210 è di rispettivamente 5 e 2 giorni, per i due componenti di 208, 315 e 311P è di 4 giorni, mentre per l'articolo 311P, in quanto acquistato da un fornitore terzo, il suo lead time di acquisto è di 12 giorni. Il lead time di produzione dell'item 310 è 4 giorni, mentre

quello di acquisto di 410P e 412P è, per entrambi, di 45 giorni. Il lead time cumulativo risulta quindi essere di 52 giorni (45+4+2+1). Se disaccoppiamo alcuni componenti, come mostrato nella Figura 4.4 [3], si nota come il DLT passa da 52 a 7 giorni, sommando i tempi di produzione di 310, 210 e del prodotto finito FPD.

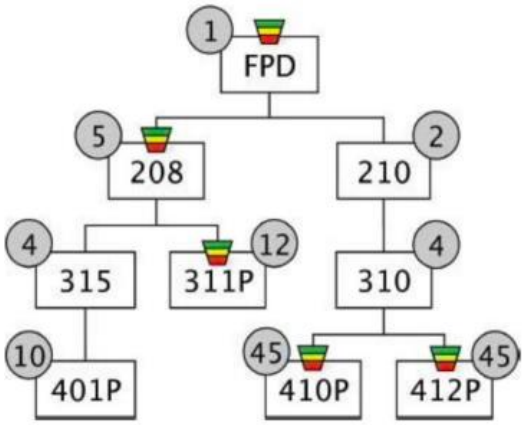

Figura 4.5. Distinta Base con Buffer DDMRP [1]

Second il libro Demand Driven Material Requirements di Ptak e Smith [1], il DLT (decoupled lead time) è definito come:

"La catena di lead time cumulativo accoppiato più lunga nella struttura del prodotto di un articolo fabbricato. È una forma di lead time cumulativo, ma è limitata e definita dal posizionamento dei punti di disaccoppiamento all'interno della struttura del prodotto".

La definizione sopra citata, suggerisce quindi che i DLT sono calcolati non solo per i prodotti finiti, infatti, nella figura 3.4, anche il componente 208 avrà un proprio DLT, pari a 19 giorni.

4.3. Dimensionamento dei buffer di disaccoppiamento

Come detto nel paragrafo precedentemente, i buffer di disaccoppiamento sono il cuore del metodo DDMRP, la cui funzione è quella di:

- Assorbire la variabilità esterna, sia dal lato domanda che dal lato offerta, non consentendo di propagarsi lungo tutto la filiera logistica
- Frazionare l'orizzonte di pianificazione ed esecuzione della filiera logistica
- Ridurre i lead time della filiera
- Emettere gli ordini ai buffer di disaccoppiamento precedenti sulla base delle grandezze che ne dimensionano la capienza e della situazione attuale in termini di quantità a magazzino, quantità in transito e domanda futura

Una volta scelto strategicamente dove posizionare i buffer, occorre dimensionarli correttamente. Il buffer di disaccoppiamento è dimensionato sulla base di tre zone cromatiche che consente una lettura immediata dello stato del sistema, favorendo un approccio visivo e intuitivo alla gestione delle scorte. Il passaggio da una zona all'altra non rappresenta semplicemente una variazione quantitativa, ma segnala un cambiamento qualitativo nel livello di rischio associato alla continuità del flusso (Figura 3.6.) :



Figura 4.6. Zone Cromatiche DDMRP [6]

Nel modello DDMRP, il buffer di disaccoppiamento è articolato in tre zone funzionali, ciascuna delle quali risponde a una specifica finalità gestionale e contribuisce alla stabilità del sistema:

- Green Zone: determina la dimensione dell'ordine di riapprovvigionamento e, conseguentemente, la frequenza media di emissione degli ordini. Essa rappresenta la porzione "operativa" del buffer, orientata alla generazione del flusso di reintegro. La sua estensione incide direttamente sulla stabilità dei cicli di riordino e sul bilanciamento tra costi di emissione e costi di mantenimento a magazzino.
- Yellow Zone: svolge una funzione di copertura durante il tempo di riapprovvigionamento. In altri termini, garantisce la disponibilità di scorte nel periodo intercorrente tra l'emissione dell'ordine e la ricezione effettiva del materiale. Essa è strettamente correlata al lead time di fornitura o produzione e consente di preservare la continuità operativa durante il transito delle quantità ordinate.
- Red Zone: assolve una funzione assimilabile, per finalità, alla scorta di sicurezza tradizionale, pur fondandosi su una logica differente rispetto ai modelli statistici classici. Essa è concepita per assorbire variazioni inattese della domanda o perturbazioni del sistema. La sua ampiezza è proporzionale al grado di variabilità associato all'articolo: maggiore è l'incertezza, maggiore sarà l'estensione della zona rossa, al fine di proteggere il livello di servizio.

La somma delle tre zone definisce il livello complessivo del buffer di disaccoppiamento. Il dimensionamento delle singole componenti non avviene in modo arbitrario, bensì attraverso un processo strutturato che combina l'assegnazione di profili di buffer con la definizione di attributi specifici per ciascun articolo.

Il profilo di buffer costituisce un criterio di classificazione di articoli accomunati da caratteristiche operative omogenee. Tale concetto non coincide con la tradizionale nozione di famiglia di prodotto, generalmente basata su similarità fisiche, tecnologiche o di mercato. Al contrario, il profilo di buffer risponde a logiche di gestione dei flussi e di comportamento operativo.

La sua definizione si fonda su tre determinanti principali:

- Part Type: identifica la natura gestionale dell'articolo (ad esempio, componente acquistato, semilavorato o prodotto finito), incidendo sulle modalità di approvvigionamento e reintegro.
- Lead Time Category: classifica gli articoli in funzione della durata del lead time, distinguendo tra tempi brevi, medi o lunghi, con impatto diretto sull'ampiezza della Yellow Zone.
- Variability Category: esprime il livello di variabilità della domanda o dell'offerta associata all'articolo, influenzando principalmente la dimensione della Red Zone.

L'analisi dei suddetti fattori costituisce la base metodologica per il corretto dimensionamento del buffer. A essi si affiancano ulteriori elementi quantitativi e parametrici che concorrono alla determinazione finale delle soglie operative, oggetto di approfondimento nelle sezioni successive.

4.3.1. Part Type

La variabile in oggetto identifica la tipologia del componente considerato, articolata nelle seguenti categorie:

- Manufactured (M): componente realizzato internamente all'azienda;
- Purchased (P): componente approvvigionato presso fornitori esterni;
- Distributed (D): componente trasferito internamente tra diversi stabilimenti (plant) dell'organizzazione.

Tale classificazione risponde a una duplice esigenza. In primo luogo, essa riflette una distinzione in termini di responsabilità organizzativa, poiché differenti tipologie di articoli possono ricadere sotto la competenza di diverse funzioni aziendali (ad esempio produzione, approvvigionamenti, logistica o trasporti). In secondo luogo, la suddivisione assume rilevanza ai fini della pianificazione operativa, in quanto alla tipologia del componente sono associati specifici parametri gestionali, quali il lead time e la relativa variabilità.

Si sottolinea, infine, che tale schema classificatorio non presenta carattere rigido o universale: in funzione del contesto operativo e delle peculiarità dell'organizzazione, possono essere individuate ulteriori categorie o adottati criteri alternativi di segmentazione.

4.3.2. Classificazione dei Lead Time (Lead Time Category)

Il Lead Time Category è convenzionalmente articolato in tre classi: breve, medio e lungo. Tuttavia, l'attribuzione della categoria di appartenenza al lead time di un determinato item non può essere considerata in modo isolato, bensì deve essere valutata in relazione al part type di riferimento.

In particolare, dall'interazione tra la categoria di lead time e la tipologia del componente deriva l'assegnazione di un coefficiente numerico correttivo, denominato *Lead Time Factor*. Tale parametro non è quindi funzione esclusiva della durata del lead time, ma riflette una relazione congiunta tra la natura dell'articolo (ad esempio prodotto internamente, acquistato o distribuito) e la classe temporale in cui esso si colloca.

La dipendenza tra *Part Type* e *Lead Time Category*, nonché i corrispondenti valori del *Lead Time Factor*, è illustrata nella Tabella 3.1, che esplicita la logica di combinazione adottata e i relativi coefficienti associati a ciascuna configurazione.

Part Type	Lead Time Category	Lead Time range [giorni]	Lead Time Factor range
Purchased & Distributed	Short	0 – 10	61% - 100%
	Medium	11 – 25	41% - 60%
	Long	26 +	20% - 40%
Manufactured	Short	0 – 4	61% - 100%
	Medium	5 – 9	41% - 60%
	Long	10 +	20% - 40%

Figura 4.7. Tabella Lead Time Factor [1]

Dall'analisi dei dati tabellari emerge una relazione inversa tra il lead time e il *Lead Time Factor*: all'aumentare del primo, il secondo tende a ridursi. Tale parametro riveste un ruolo determinante nel dimensionamento sia della Green Zone sia della Red Zone all'interno della logica DDMRP.

In particolare, la Green Zone incide direttamente sulla quantità di riordino e sulla frequenza media degli approvvigionamenti. Ne consegue che un *Lead Time Factor* di entità ridotta comporta l'emissione di ordini più frequenti e di volume inferiore. Questa impostazione risulta coerente con i principi del Demand Driven MRP (DDMRP), il cui obiettivo è garantire continuità e stabilità sia nel flusso informativo sia in quello fisico dei materiali lungo la supply chain.

In tale prospettiva, qualora una materia prima sia caratterizzata da un lead time di approvvigionamento elevato, la strategia di rifornimento adottata prevede lotti di dimensioni contenute ma ordinati con maggiore frequenza. Questo approccio consente di mitigare l'impatto dell'incertezza e di mantenere un flusso più regolare.

Per quanto concerne la Red Zone, essa si riduce proporzionalmente al diminuire del *Lead Time Factor*. I materiali con lead time elevato, essendo oggetto di riordini più ravvicinati, richiedono infatti livelli inferiori di scorta di sicurezza rispetto a quanto si potrebbe intuitivamente supporre. Tale configurazione riflette una logica sistemica volta a privilegiare la dinamicità del riapprovvigionamento rispetto all'accumulo di scorte, in coerenza con l'impianto teorico del DDMRP.

4.3.3. Classificazione della variabilità (Variability)

In questo modello viene assegnato un coefficiente di variabilità per ogni articolo legato o alla sua fornitura o alla domanda finale, ossia il Variability Factor, che suddivide i prodotti in tre categorie: Bassa (Low), Media (Medium), Alta (High).
Questi ultimi sono quelli più critici e stanno a destra della campana statistica di Gauss, e vanno maggiormente osservati e presi in considerazione. Occorre però fare sempre una piccola distinzione tra quei prodotti/componenti che sono acquistati da terzi (Part Type P), e da quei prodotti/componenti che sono venduti al cliente, in quanto per i prodotti che sono acquistati da terzi, la variabilità si riferisce al grado di affidabilità dei fornitori nel consegnare tali prodotti. Ci sono diversi modi per valutare l'affidabilità di un fornitore, ma un'attività comune che viene fatta è quella di attribuire ad un fornitore un "voto", generalmente da 1 a 5. I parametri di valutazione della performance del supplier sono principalmente: prezzo, qualità, tempistiche, servizio. Questa attività prende il nome di Vendor Rating, un fattore che viene calcolato in base alla variabilità del fornitore, classificandola in:

- Bassa variabilità di fornitura: ci sono diversi fornitori che offrono lo stesso prodotto, abbassando al massimo la probabilità di non ricevere la merce diminuisce
- Media variabilità di fornitura: occasionalmente sono presenti interruzioni nella fornitura di quel prodotto
- Alta variabilità di fornitura: quando sono presenti numerose interruzioni nella fornitura e non è possibile stabilire a priori la data di consegna.

Per i prodotti invece venduti al cliente finale, la variabilità si riferisce ai picchi di domanda che si verificano in un certo orizzonte temporale da parte del cliente. La classificazione verterà in:

- Bassa variabilità di domanda: domanda stabile nel tempo
- Media variabilità di domanda: picchi occasionali di domanda
- Alta variabilità di domanda: picchi di domanda frequenti

Come già citato precedentemente, la Variability Category è ciò che determina l'assegnazione ad ogni part number di un Variability Factor. Tale fattore numerico aumenta all'aumentare della variabilità, rendendolo un fattore indispensabile per comporre la Red Zone e la Red Safety, che sarà più grande all'aumentare di questo fattore.

Tabella 3.2: Variability Factor;

Variability Category	Variability Factor Range
High Variability	61% - 100%
Medium Variability	41% - 60%
Low Variability	0 – 40%

Figura 1.8. Tabella VF [1]

4.3.4. Consumo Medio Buffer - Avarage Daily Usage (ADU)

Viene indicato con l'acronimo ADU e rappresenta il consumo medio giornaliero di un articolo (SKU) calcolato su un orizzonte temporale (time_bucket) già definito. Il calcolo viene effettuato in ogni time bucket e, sulla base di questi calcoli, viene dimensionato il buffer di disaccoppiamento. Questo indicatore risulta responsabile del calcolo di tutte le tre zone cromate, ossia: Green Zone, Yellow Zone e Red Zone. Per eseguire questo calcolo occorre tenere in considerazione alcuni parametri come: lunghezza dell'orizzonte temporale, natura dell'orizzonte temporale, frequenza di aggiornamento delle giacenze.

4.4 Zone Cromate DDMRP

Questo indicatore, che misura il consumo medio giornaliero di un materiale, è fondamentale al fine di dimensionare correttamente le tre zone che compongono il buffer DDMRP di disaccoppiamento. In particolare, per le tre zone l'ADU viene calcolata nella maniera seguente:

- Green Zone: è l'elemento incaricato di determinare la quantità complessiva degli ordini generati e la frequenza con cui essi vengono emessi. La determinazione della zona è effettuata per ciascun time bucket e si basa sul calcolo della Green Zone, applicando tre distinti criteri di valutazione. La zona stessa viene definita come il valore massimo risultante dai seguenti tre metodi:

$$GZ_{IOT}(t) = ADU(t) * IOC$$

[1]

$$GZ_{DOC}(t) = ADU(t) * DOC$$

[1]

IOC (Imposed Order Cycle) e DOC (Desired Order Cycle) indicano rispettivamente il numero di giorni imposti o desiderati tra un ordine ed un altro, mentre il lead time della Green Zone (GZ_{LT}) viene calcolato come

$$GZ_{LT}(t) = ADU(t) * DLT * Lead\,Time\,factor$$

[1]

Il Minimum Order Quantity (MOQ) rappresenta la quantità minima ordinabile, e con ciò la Green Zone, per ogni time bucket, sarà calcolata come:

$$Green\,Zone(t) = Max\{GZ_{IOT}(t)/GZ_{DOC}(t);\ GZ_{LT}(t);\ MOQ$$

[1]

- Yellow Zone: rappresenta il cuore del buffer ed è responsabile della copertura dei materiali durante il periodo di DLT (Decoupled Lead Time), ossia l'intervallo temporale che intercorre tra l'emissione dell'ordine verso il buffer di

disaccoppiamento precedente e l'effettivo arrivo del materiale a destinazione. La copertura è determinata attraverso il seguente calcolo:

$$Yellow\ Zone(t) = ADU(t) * DLT \quad [1]$$

- Red Zone: rappresenta la copertura di sicurezza del buffer, necessaria a garantire un livello di servizio ottimale anche in presenza di eventi imprevisti, quali picchi di domanda o variazioni nei lead time di fornitura. Tale copertura viene determinata come la somma di due componenti distinte:

$$Red\ Base\ (t) = ADU(t) * DLT * Lead\ Time\ factor \quad [1]$$
$$Red\ Safety\ (t) = Red\ Base(t) * Variability\ factor \quad [1]$$

In base a queste due formule si avrà infine la Red Zone, data da:

$$Red\ Zone\ (t) = Red\ Base(t) + Red\ Safety\ (t) \quad [1]$$

A questo punto possono essere definite le varie soglie che delimitano ogni zona del buffer, ossia:

- Top Of Green (TOG): Rappresenta il limite superiore del buffer ed è determinato mediante il seguente calcolo:

$$TOG\ (t) = Green\ Zone\ (t) + Yellow\ Zone\ (t) + Red\ Zone\ (t) \quad [1]$$

- Top Of Yellow (TOY): rappresenta il livello del buffer che separa la Yellow Zone dalla Green Zone ed è determinato:

$$TOY\ (t) = Yellow\ Zone\ (t) + Red\ Zone\ (t) \quad [1]$$

- Top Of Red (TOR): Ha la funzione di separare la Yellow Zone dalla Red Zone ed è determinato mediante il seguente calcolo:

$$TOR\ (t) = Red\ Zone\ (t) \qquad [1]$$

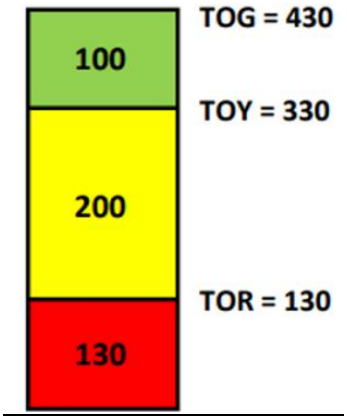

Figura 4.9. Esempio di Utilizzo delle Cromate nel DDMRP [11]

4.5. *Ripristino Dinamico della Giacenza (Dynamic Adjustment)*

Analogamente a quanto osservato per la domanda, anche per le diverse zone del buffer di disaccoppiamento è prevista la possibilità di modificarle o adattarle, al fine di rispondere a variazioni esogene o endogene specifiche. L'aggiustamento dinamico, differenziato in base alla zona di applicazione, prende il nome di:

- Green Zone Adjustment Factor (GZAF): questo fattore consente di espandere o ridurre la Green Zone in ciascun time bucket, con l'obiettivo di incrementare l'entità degli ordini e/o modulare la loro frequenza. Tale aggiustamento può essere applicato, ad esempio, in presenza di vincoli specifici di capacità, consentendo una ripartizione più efficiente delle risorse produttive all'interno dell'azienda.
- Yellow Zone Adjustment Factor (YZAF): mediante ciò è possibile dimensionare la Yellow Zone in ciascun time bucket, al fine di tenere conto di eventuali variazioni nei lead time di fornitura o di produzione, sia in aumento che in diminuzione. Ad esempio, qualora un canale distributivo subisca un evento imprevisto, un incremento della

Yellow Zone consente di compensare il temporaneo aumento del Decoupled Lead Time (DLT) associato al buffer.

- Red Zone Adjustment Factor (RZAF): con questo fattore è possibile dimensionare la Red Zone in ciascun time bucket, al fine di gestire situazioni di stockout durante periodi caratterizzati da elevata variabilità della domanda o dei lead time di fornitura.

Occorre aggiornare frequentemente questi livelli per soddisfare appieno la domanda reale di prodotti da parte del cliente finale. [9]

Per il calcolo dello stock disponibile (available stock) si usa la formula sottostante:

Available Stock (t) = On Hand + On Order – Demand (di oggi, cumulate o di una giornata con il picco di ordini) [7]

4.6. Definizione del piano di Demand Driven Planning

Dopo il Dynamic Adjustment si procede al processo di pianificazione degli ordini. In questo sottocapitolo verrà descritta la logica con cui gli ordini vengono generati dal buffer di disaccoppiamento sulla base della sola domanda cliente e come questa si propaghi per l'intera filiera.

4.6.1. Net Flow Position

In logica MRP e soprattutto DDMRP, un ordine è generato sulla base di diverse informazioni, raccolte in un'equazione nota come Net Flow Position, la quale è calcolata, per ogni time bucket, come:

Net Flow Position (t) = OnHand (t) + OnOrder (t) – Qualified Demand (t) *[1]*

Questa equazione mette in relazione la disponibilità effettiva di scorte in magazzino (On-hamd) con quanto è stato ordinato verso il magazzino (On-Order), al netto della cosiddetta Qualified Demand). Quest'ultima è una componente negativa dell'equazione poiché indica il consumo futuro del buffer di riferimento.

4.6.2. Qualified Demand

La Qualified Demand, fattore fondamentale per calcolare la Net Flow Position, è definita come la somma della domanda prevista per il time bucket corrente e della quantità relativa a eventuali picchi di domanda previsti all'interno di un orizzonte temporale futuro, denominato Spike Horizon. Tale quantità viene calcolata secondo la seguente formula:

$$\text{Spike Horizon} = \text{DLT} + 1 \qquad [1]$$

In questa formula, qualora all'interno dell'orizzonte temporale Spike Horizon venga rilevato un picco di domanda, il buffer dispone del tempo necessario per emettere un ordine che possa raggiungere la destinazione per tempo, evitando così potenziali situazioni di stockout.
Per quanto riguarda la definizione di "picco di domanda", è necessario introdurre il concetto di Order Spike Threshold. Tale rappresenta il valore al di sopra del quale una futura quantità di domanda cliente, all'interno dello Spike Horizon, è considerata un picco e quindi inclusa nel calcolo della Qualified Demand.
È fondamentale sottolineare che questi calcoli devono essere effettuati per ciascun part number. La letteratura identifica tre diverse metodologie per determinare l'Order Spike Threshold:

1. $\text{OST}(t) = \text{Order Spike Threshold}(t) = \text{Red Base}(t)$ [1]
2. $\text{OST}(t) = \text{Order Spike Threshold}(t) = 0{,}5 * \text{Red Zone}(t)$ [1]
3. $\text{OST}(t) = \text{Order Spike Threshold}(t) = 3 * \text{ADU}(t)$ [1]

Una soglia ottimale per ciascun part number non è possibile definirla a priori, poiché la proporzione tra le varie soglie varia in funzione di altri parametri. Ad esempio, la dimensione della Red Zone dipende dal Variability Factor assegnato e dalla Red Base, che a sua volta è influenzata dal Decoupled Lead Time (DLT) e dal Lead Time Factor.
Tra le tre metodologie previste per calcolare l'Order Spike Threshold, quella maggiormente utilizzata è la seconda, considerata più conservativa, poiché produce ordini di maggiore entità, con conseguente incremento dei livelli di inventario.
Un punto che merita chiarimenti riguarda il motivo per cui, nella definizione di Qualified Demand, non viene considerata l'intera domanda cliente. Ciò avviene perché il soddisfacimento della domanda totale è già incorporato nel dimensionamento del buffer tramite l'Average Daily Usage (ADU). Se la domanda futura rientra nei valori previsti dall'ADU, non è necessario sottrarla nuovamente dalla Net Flow Position. Pertanto, è opportuno considerare separatamente solo eventuali picchi di domanda rilevati nell'orizzonte Spike Horizon: se non venissero anticipati con sufficiente anticipo, potrebbero generarsi stockout o variazioni improvvise della Net Flow Position, dovute al tentativo di soddisfare immediatamente la domanda imprevista.
Nella figura sottostante (4.10.) possiamo vedere operativamente come opera il processo DDMRP con un certo valore soglia

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 4.10. DDMRP con Soglia [1]

Se nella stessa data di scadenza (Due Date) la domanda per quella data supera un certo valore soglia, facendo diventare la Net Flow Position Negativa, il sistema emette un alert e avvisa tutti i collaboratori e le macchine interessate, riprogrammando in occorrenza le attività necessarie per la realizzazione del prodotto, le priorità e ridimensionando il buffer. Il sistema può inoltre effettuare anche altre azioni correttive come l'anticipo della produzione per i prodotti con maggiore priorità, cambio lotto, fornitore, split ordine e trasferimento inter-magazzino.

4.6.3. Generazione degli Ordini

Dopo aver determinato la Net Flow Position, l'ordine di acquisto viene emesso ogniqualvolta, all'interno di un determinato time bucket (intervallo temporale discreto), la Net Flow Position scenda al di sotto della Target On-hand. La quantità dell'ordine generato è definita in modo da riportare la Net Flow Position al valore del Target On-hand Goal, ossia la Top Of Green (TOG). A titolo esemplificativo, tale meccanismo è illustrato nella Figura 4.6.

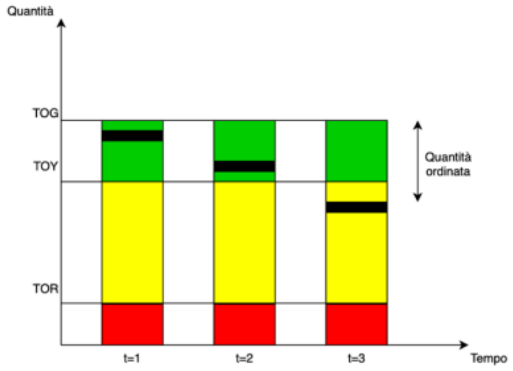

Figura 4.11. Logica di Riordino del DDMRP [1]

Dalla figura possiamo ricavare che in t=3, il valore della Net Flow Position scende sotto la TOY, generando quindi un ordine che riporta il valore della Net Flow Position pari esattamente al TOG.

Altro elemento fondamentale del DDMRP è l'introduzione della Priorità Per Articolo, ossia il Planning Priority, calcolata generalmente come:

$$Planning\ Priority = \frac{Net\ Flow\ Position}{TOG} \qquad [1]$$

Il valore della Planning Priority, espresso in percentuale, consente di identificare rapidamente, per ciascun time bucket, la posizione relativa rispetto alla Target On-hand Goal. A seconda della zona in cui ricade la Net Flow Position, la percentuale viene associata al colore corrispondente (verde, giallo o rosso), facilitando così l'interpretazione visiva del livello del buffer.

Questo metodo non solo permette di comprendere a colpo d'occhio la situazione della Net Flow Position, ma serve anche a determinare il grado di urgenza per tutti quei componenti per cui è necessario emettere un ordine. In generale, più la percentuale è bassa (con il colore che passa da giallo a rosso, ad esempio), maggiore diventa l'urgenza di generare l'ordine.

La logica DDMRP prevede che soltanto i buffer di disaccoppiamento generino ordini sulla base della Net Flow Position rispetto alla TOY, come già discusso in precedenza. Gli ordini, quindi, si propagano lungo la filiera tramite i buffer di disaccoppiamento che, quando necessario, richiedono a quelli situati a monte (ovvero i buffer immediatamente inferiori nella struttura della BOM) di spedire o produrre la quantità necessaria.
Per i buffer situati a valle della filiera logistica (cioè quelli che non hanno altri buffer a monte), il consumo del prodotto — che determina la progressiva riduzione della Net Flow Position — coincide con la domanda cliente. Per tutti gli altri buffer, invece, il consumo è determinato dalle quantità ordinate dai buffer situati a livello superiore della filiera. Questo principio prende il nome di Decoupled Explosion.
A supporto di questo concetto, la Figura 3.7 [1] confronta la tradizionale "esplosione dei requisiti" dell'MRP con la "esplosione disaccoppiata" propria della logica DDMRP, evidenziando le differenze operative tra i due approcci.

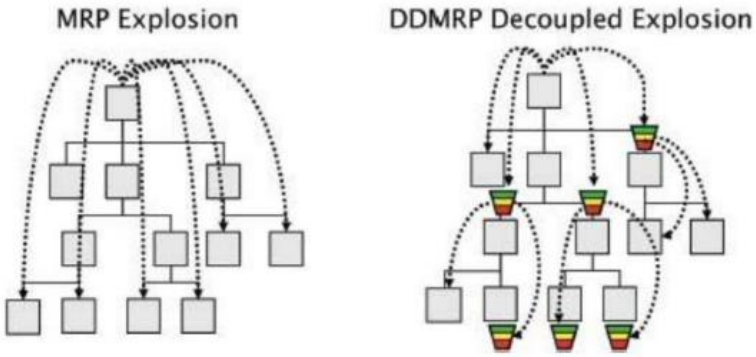

Figura 4.12. Esplosione BOM MRP vs DDMRP [1]

Nella parte sinistra della Figura 4.7. è rappresentato l'MRP convenzionale, in cui qualsiasi domanda proveniente dai livelli superiori viene generalmente propagata fino al livello di approvvigionamento e proiettata nel futuro. Esistono alcune eccezioni a questa regola: ad esempio, l'MRP può arrestare l'esplosione dei requisiti all'interno di una determinata tratta se le scorte disponibili risultano sufficienti a coprire il fabbisogno

previsto in quel periodo. Tuttavia, tali eventi rappresentano più eccezioni fortuite che elementi di un vero e proprio piano, verificandosi tipicamente in presenza di scorte residue dovute a cambiamenti di programma o a discrepanze tra gli ordini.
È importante sottolineare che l'MRP, nella sua logica fondamentale, mira a azzerare tutte le posizioni con saldo disponibile proiettato; per le posizioni che prevedono scorte di sicurezza, il livello di sicurezza diventa il nuovo punto di riferimento zero.
Il DDMRP, invece, come accennato in precedenza, adotta la logica della Decoupled Explosion, che costituisce una caratteristica centrale del metodo. Il termine può apparire come un ossimoro, poiché implica una sorta di "dipendenza indipendente": esiste infatti una dipendenza tra i buffer, in quanto gli ordini generati da un buffer di livello superiore rappresentano le richieste di un buffer di livello inferiore. Tuttavia, i buffer mantengono indipendenza per quanto riguarda l'emissione degli ordini e il dimensionamento delle quantità.
Dalla logica della Decoupled Explosion emerge chiaramente il motivo per cui il metodo prende il nome di Demand Driven MRP. Gli ordini si propagano lungo la filiera logistica unicamente in funzione della domanda cliente, la quale consuma i buffer di disaccoppiamento più prossimi al cliente. Quando la Net Flow Position di tali buffer scende nella Yellow Zone, vengono generati gli ordini per i buffer a monte, consentendo così una risposta tempestiva e controllata lungo l'intera catena di approvvigionamento.

4.7. Implementazione del DDMRP

La gestione degli ordini aperti introduce alla fase operativa del modello DDMRP, definita *Demand Driven Execution*. Tale fase rappresenta il momento in cui le logiche di pianificazione vengono tradotte in attività esecutive, attraverso un sistema strutturato di monitoraggio e sincronizzazione dei flussi.
La Demand Driven Execution si articola in due ambiti principali: gli avvisi relativi allo stato dei buffer e i meccanismi di sincronizzazione.

Per quanto concerne il monitoraggio dei buffer, gli avvisi si distinguono in due categorie fondamentali [8]:

- Current On-Hand Alert: questo indicatore segnala gli item che presentano un elevato rischio di stockout, valutando il livello di giacenza effettiva (on-hand) rispetto alle tre zone del buffer (rossa, gialla e verde). L'analisi si basa esclusivamente sulla disponibilità fisica corrente e, qualora il livello di scorta si collochi in area critica, richiede l'emissione immediata di un ordine di reintegro.
- Projected On-Hand Alert: tale avviso consente di monitorare la posizione prospettica delle scorte, proiettando nel futuro il livello di on-hand sulla base della domanda e degli ordini pianificati. In questo modo è possibile anticipare potenziali criticità ed intervenire preventivamente, riducendo il rischio di rotture di stock.

Parallelamente, un elemento centrale della fase esecutiva è rappresentato dalla sincronizzazione. Come evidenziato nel paragrafo precedente, i buffer di disaccoppiamento risultano interdipendenti; pertanto, il mantenimento della loro coerenza reciproca è essenziale per evitare la propagazione della variabilità lungo l'intera supply chain.
Anche nell'ambito della sincronizzazione si distinguono due tipologie di alert:

- Material Synchronization Alerts: tali segnalazioni evidenziano situazioni di carenza di materiale rispetto ad allocazioni di domanda già note. Esse supportano i pianificatori nell'individuazione sia delle cause che hanno generato l'anomalia, sia delle possibili azioni correttive atte a ristabilire l'equilibrio tra domanda e offerta.
- Lead Time Alert: questo avviso riguarda item strategici privi di buffer dedicato (Figura 4.13). Si tratta generalmente di componenti caratterizzati da bassi volumi di consumo, che non giustificano la creazione di scorte, ma che possono generare criticità in termini di sincronizzazione qualora vengano richiesti. È il caso, ad

esempio, di fornitori con elevata variabilità prestazionale o di approvvigionamenti provenienti da aree geografiche particolarmente complesse. Tali alert consentono di monitorare in anticipo lo stato di rischio associato a questi item, prevenendo possibili disallineamenti lungo la catena di fornitura (figura 4.12.).

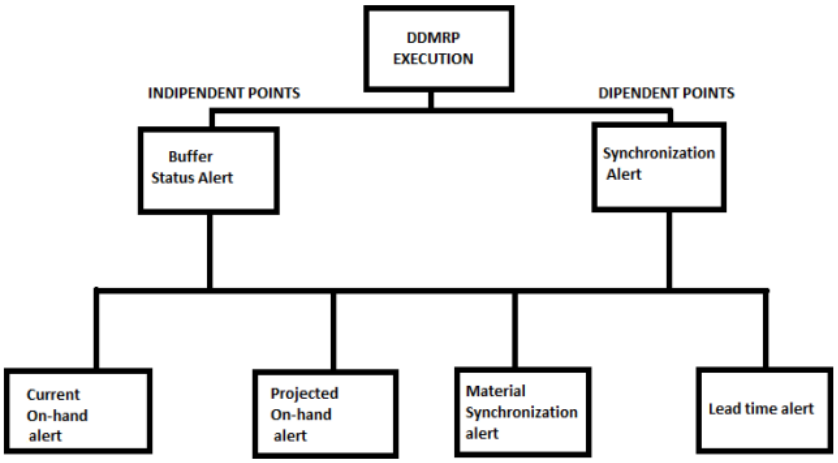

Figura 4.13. Allarmi nella fase di Esecuzione del DDMRP [8]

Lead Time Alerts				Today's Date_ 5 - May	
Order #	Part #	Due Date	Lead Time Alert Status	Current?	Lead Time
PO112032	PPL	12 - May	RED - 7 days left	GREEN - YES	90
PO113562	PPF	17 - May	YELLOW - 12 days left	RED - NO	60
MO5741	FPZ	19 - May	GREEN - 14 days left	RED - NO	45

Fonte: Demand Driven Material Requirements Planni - Carol Ptak

Figura 4.14. Funzionamento Lead Time Alert [1]

L'On-Hand Position viene confrontata con specifici intervalli di riferimento che, nel loro insieme, costituiscono il sistema di buffer alert. Tali intervalli derivano direttamente dalla configurazione del buffer di disaccoppiamento e sono agevolmente determinabili sulla

base dei parametri che ne definiscono le tre zone (Red, Yellow e Green). Il confronto consente di valutare se il livello di scorta disponibile si collochi all'interno dell'intervallo ottimale oppure evidenzi una condizione di understock o overstock.
Gli intervalli di riferimento sono stati introdotti nel Capitolo 2. In particolare, l'Optimal Range è definito come:

$$\text{Optimal Range} = [\text{Top of Red}; \text{Top of Red} + \text{Green Zone}] \qquad [1]$$

Tale intervallo identifica la fascia di giacenza considerata coerente con la logica DDMRP, garantendo un adeguato livello di protezione rispetto alla variabilità della domanda e dell'approvvigionamento, senza generare eccessi di scorta.
Qualora l'On-Hand Position si collochi al di fuori dell'intervallo ottimale, si individuano ulteriori sotto-intervalli che permettono di graduare il livello di criticità.
Nel caso di understock (basso grado di copertura), si distinguono due condizioni:

- Low Yellow: situazione di lieve scostamento dall'intervallo ottimale, che segnala un primo livello di attenzione.
- Low Red: condizione più critica, corrispondente alla parte finale della Red Zone, in cui il rischio di *stockout* risulta elevato e richiede un intervento prioritario.
-

Le zone Low Yellow e Low Red rappresentano pertanto articolazioni interne alla Red Zone e, di conseguenza, variano proporzionalmente al variare dell'ampiezza della Red Zone stessa.
In caso di overstock (scorte eccessive), si individuano due ulteriori intervalli:

- High Yellow, che segnala un moderato eccesso di scorta;
- High Red, che identifica una situazione di sovra-giacenza significativa.
-

Analogamente alle tre zone principali del buffer, anche questi intervalli sono generalmente associati a una codifica cromatica. L'utilizzo del colore costituisce uno

strumento visuale di immediata interpretazione, finalizzato a supportare i pianificatori nell'individuazione, all'interno di uno specifico *time bucket*, dei part number che richiedono un livello prioritario di attenzione.
La Figura 4.15. illustra graficamente la struttura degli intervalli e la relativa classificazione cromatica.

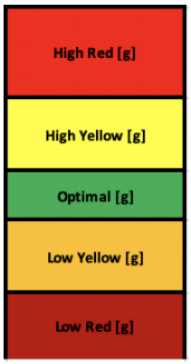

Figura 4.15. Zone di allerta del buffer [1]

Analogamente a quanto avviene per il calcolo del *Planning Priority* nella fase di pianificazione, anche nella fase di *Execution* viene determinato, per ciascun *time bucket*, lo Status del buffer.
Tale indicatore è calcolato come rapporto tra l'On-Hand (t) e il Top of Red – TOR (t), consentendo di esprimere in termini percentuali il livello di copertura rispetto alla soglia critica del buffer.
Nei sistemi di visualizzazione propri della fase di *Execution*, questa percentuale viene generalmente rappresentata mediante una codifica cromatica coerente con la zona del buffer in cui si colloca l'On-Hand Position. Lo *Status* costituisce pertanto uno strumento sintetico di immediata interpretazione: il colore fornisce un'indicazione qualitativa dello stato del buffer, mentre la percentuale associata permette di valutare quantitativamente il grado di criticità e di stabilire un ordine di priorità tra diversi item.
L'attribuzione di una misura numerica alla priorità di rifornimento consente infatti di ordinare oggettivamente le situazioni di emergenza relative a differenti prodotti. In condizioni di understock, tanto più basso risulta il valore dello *Status*, tanto più urgente

sarà l'intervento correttivo. Ciò può tradursi, ad esempio, nell'emissione tempestiva di ordini straordinari, nell'adozione di modalità di trasporto più rapide per i materiali di acquisto (ad esempio trasporto aereo in luogo di quello marittimo) oppure, nel caso di componenti da produrre internamente, nell'assegnazione di priorità al relativo ciclo di lavorazione.

Generalmente, nel momento in cui l'On-Hand Position entra nella zona Low Red, il sistema informativo gestionale genera automaticamente un alert, con l'obiettivo di segnalare al personale della funzione logistica l'insorgere di una potenziale situazione critica. Tale meccanismo di segnalazione preventiva rafforza la capacità reattiva del sistema, contribuendo a ridurre il rischio di rotture di stock e di disallineamenti lungo la supply chain.



5. METODOLOGIA E PROGETTO DI IMPLEMENTAZIONE: IL CASO COLOMBINI

5.1. Introduzione

Il presente capitolo è dedicato alla descrizione e all'analisi del Caso Colombini, azienda operante nel settore dell'arredamento, oggetto del progetto sperimentale di implementazione del modello Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP). L'analisi del caso rappresenta il fulcro applicativo della tesi e costituisce la base empirica su cui vengono valutati gli effetti dell'adozione di un approccio demand-driven alla pianificazione e gestione dei materiali.

In particolare, il capitolo si propone di illustrare il contesto aziendale di riferimento, evidenziandone le principali caratteristiche organizzative, produttive e di mercato, nonché le criticità riscontrate nel sistema di pianificazione tradizionale. L'azienda Colombini presenta infatti una struttura produttiva complessa, tipica del settore dell'arredamento, caratterizzata da un'elevata varietà di prodotti, distinte base multilivello e una domanda fortemente variabile, elementi che hanno reso necessario il ripensamento dei modelli di pianificazione adottati.

Successivamente, vengono descritte le motivazioni che hanno portato alla scelta del DDMRP come soluzione per il miglioramento delle performance della supply chain, nonché le modalità con cui è stato sviluppato il progetto pilota (pilot). L'attenzione è posta in particolare sulle fasi di analisi preliminare, selezione dei componenti critici e

definizione dei punti di disaccoppiamento, aspetti fondamentali per la corretta applicazione del modello.

Il capitolo si conclude delineando la struttura dell'analisi che verrà sviluppata nelle sezioni successive, le quali approfondiranno nel dettaglio l'implementazione operativa del DDMRP nell'azienda Colombini e i risultati ottenuti in termini di livello di servizio, riduzione delle scorte e stabilità del piano produttivo.

Organizzazione

Di seguito sono presenti i principali collaboratori di Colombini:

- Giandomenico Bonazzoli – CTO
- Lorenzo Vita – Direttore IT
- Giovanni Ariola – Responsabile MOVEX (IBM AS400)

Di sotto sono presentate due distinte basi che partono dal codice figlio fino ai codici padre.

Distinte Basi (BoM) dei semilavorati

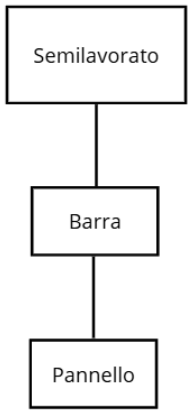

Figura 5.1 BOM Per la maggior parte dei semilavorati

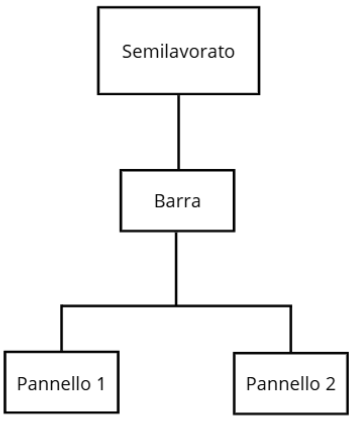

Figura 5.2 Per semilavorati principalmente personalizzati

Distinta Base Generica del Prodotto Finito, ossia la cucina:

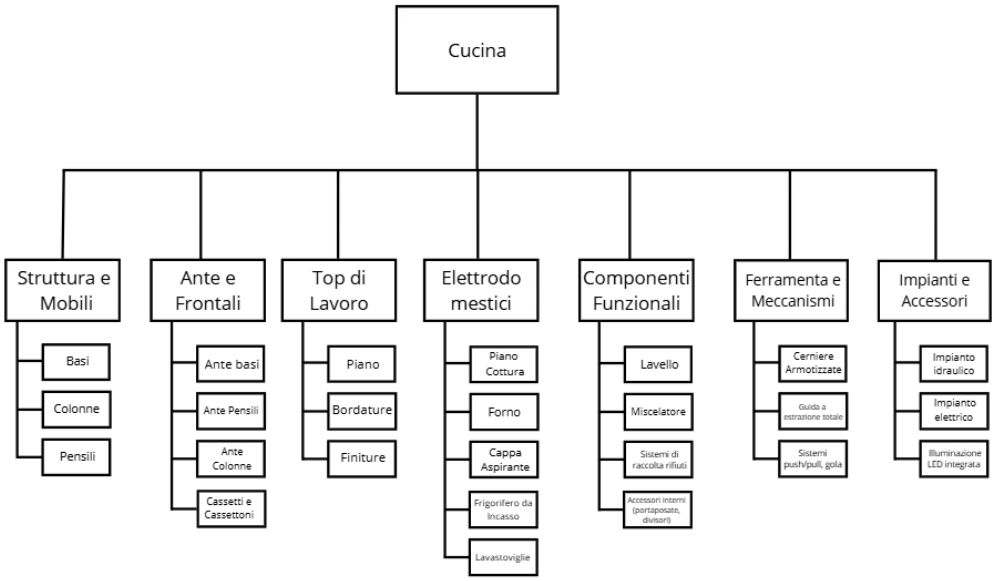

Figura 5.3. BOM Cucina

Per la maggior parte degli articoli la pianificazione e la produzione è fatta in MTS (Make To Stock) e, per gli ordini di tipo contractor, principalmente in MTO (Make To Order).
L'algoritmo di gestione di produzione principale che utilizza l'azienda è il Material Requirement Planning (MRP) con le previsioni sulla domanda effettuate guardando i dati di domanda passati (per la maggior parte delle volte confrontando i dati dell'anno precedente) e i diversi budget predisposti dall'ufficio Vendite per le varie categorie di prodotti.

5.2. Struttura del sistema informativo di pianificazione aziendale

L'azienda utilizza MOVEX come software ERP, che si appoggia al sistema AS400 per la gestione e il mantenimento dei dati. Questo software ha presente all'interno tutte le funzioni aziendali, dalla contabilità, logistica, risorse umane, acquisti fino al riapprovvigionamento dei pannelli e nella gestione della produzione e delle lavorazioni in corso.

L'ufficio IT risponde alle eventuali problematiche presenti sul sistema, e analizza i dati attraverso la piattaforma DBever che sfrutta il linguaggio T-SQL.
I dati provenienti da MOVEX vengono filtrati attraverso delle Stored Procedure in ambiene SQLServer ed ogni giorno diverse procedure automatiche scritte principalmente con il linguaggio Python, sfruttando principalmente la libreria DBT al fine di prendere i dati su MOVEX e rielaborarli successivamente attraverso la piattaforma SEDAPTA, eseguono e ripristinano i dati dell'MRP al fine di tenere aggiornato questo sistema.
In termini operativi, l'azienda gestisce gli ordini, principalmente pannelli di truciolato per le future trasformazioni, attraverso due voci che sono:

- Call-Off: sono i richiami di materie prime che avvengono tre giorni prima della data di consegna
- Ordini di Acquisto (OdA): vengono effettuati dodici settimane prima dalla data di consegna, e devono essere confermati entro 20 giorni prima.

La gestione, la richiesta di informazioni e il riordino dei pannelli avviene tramite programma scritto in Access, dove vengono poi inseriti nel sistema MOVEX tramite collegamento DB.

5.3. Struttura Problematiche in azienda nel sistema tradizionale MRP

Come dati di input per l'algoritmo MRP vengono dati i dati storici della domanda reale degli anni precedenti, la giacenza che viene dal gestionale MOVEX e le scorte di sicurezza calcolate in base alla formula base (non stocastica) che è uguale a:

$$\frac{LTmax}{LTmedio} * Giacenza\ Media\ SKU$$

Per verificare e correggere l'algoritmo l'azienda ha un intero ufficio che gestisce gli approvvigionamenti dei materiali e modifica all'occorrenza i dati di input.

Al momento l'azienda, verificando la sua situazione complessiva riguardante le sue giacenza, ha riscontrato un problema strutturale che è stato anche possibile rilevare con la seguente query in T-SQL:

Figura 5.4. con Query su Richieste di merci (Call-Off), Quantità Evasa e Inevasa

```
SELECT
    ecco.CODICE_ARTICOLO,
    SUM(ecco.QUANTITA) AS QUANTITA_CALL_OFF,
    COALESCE(ofi.QUANTITA_O_F_ITEMS, 0) AS QUANTITA_O_F_ITEMS,
    COALESCE(ofi.QUANTITA_NON_EVASA, 0) AS QUANTITA_NON_EVASA
FROM ddmrp.ERP_COL_CALL_OFF ecco
LEFT JOIN (
    SELECT
        CODICE_PARTE,
        SUM(QUANTITA) AS QUANTITA_O_F_ITEMS,
        SUM(QUANTITA - QUANTITA_EVASA) AS QUANTITA_NON_EVASA
    FROM ddmrp.ERP_O_F_ITEMS
    GROUP BY CODICE_PARTE
) ofi
    ON ofi.CODICE_PARTE = ecco.CODICE_ARTICOLO
WHERE ecco.DATA_RICHIESTA >= '2026-01-01'
    AND ecco.CODICE_ARTICOLO LIKE 'PAN%'
GROUP BY ecco.CODICE_ARTICOLO, ofi.QUANTITA_O_F_ITEMS, ofi.QUANTITA_NON_EVASA;
```

CODICE_ARTICOLO	QUANTITA_CALL_OFF	QUANTITA_O_F_ITEMS	QUANTITA_NON_EVASA
PAN218RP	96	216	209
PAN226BU	60	100	91
PAN314RP	15	45	43
PAN124LP	120	330	272
PAN104RP	240	630	605
PAN124PFS	52	156	122
PAN124PFC	52	104	62

Utilizzando questo strumento, come è stato effettuato nella ricerca [2], e analizzando i dati estratti dal sistema gestionale aziendale emerge che la quantità complessiva degli ordini di acquisto emessi (riferita al campo QUANTITA_O_F_ITEMS) risulta significativamente superiore rispetto ai richiami di materiale effettivamente effettuati tramite call-off (riferiti al campo QUANTITA_CALL_OFF).

Tale scostamento è riconducibile principalmente alla elevata variabilità della domanda, che rende complessa una previsione accurata dei fabbisogni, e a criticità nei parametri di pianificazione del sistema MRP, che tendono a generare ordini di acquisto sovradimensionati rispetto ai consumi reali.

Questa discrepanza comporta un accumulo di materiale non ancora richiamato, con potenziali impatti negativi sulla gestione delle scorte, sull'esposizione finanziaria e sull'efficienza complessiva della supply chain, rendendo necessario un affinamento delle logiche di pianificazione e dei meccanismi di revisione degli ordini.

Stessa cosa si verifica tra gli ordini di lavoro, per i richiami di pannelli e gli ordini di acquisto tra la data di inizio richiamo dei pannelli e l'ultima data d'acquisto:

```
SELECT
    ecco.CODICE_ARTICOLO,
    SUM(ecco.QUANTITA) AS Quantità_Call_Off,
    COALESCE(SUM(ofi.QUANTITA), 0) AS Quantita_OdA,
    MIN(ecco.data_richiesta) AS Data_Inizio_Call_Off,
    MIN(ofi.data_richiesta) AS Data_Inizio_OdA,
    MAX(DATEADD(dd, -1, ecco.data_richiesta)) AS Data_Fine_Call_Off,
    MAX(DATEADD(dd, -1, ofi.data_richiesta)) AS Data_Fine_OdA
FROM ddmrp.ERP_COL_CALL_OFF ecco
LEFT JOIN ddmrp.ERP_O_F_ITEMS ofi
    ON ofi.CODICE_PARTE = ecco.CODICE_ARTICOLO
WHERE ecco.CODICE_ARTICOLO LIKE 'PAN%'
GROUP BY ecco.CODICE_ARTICOLO
HAVING
    MIN(ecco.data_richiesta) < MIN(ofi.data_richiesta)
    AND MAX(DATEADD(dd, -1, ecco.data_richiesta)) < MAX(DATEADD(dd, -1, ofi.data_richiesta))
    AND MAX(DATEADD(dd, -1, ecco.data_richiesta)) > MIN(ofi.data_richiesta)
ORDER BY Data_Inizio_Call_Off ASC;
```

CODICE_ARTICOLO	Quantità_Call_Off	Quantita_OdA	Data_Inizio_Call_Off	Data_Inizio_OdA	Data_Fine_Call_Off	Data_Fine_OdA
PAN226BU	1.200	1.200	2025-07-30	2025-11-05	2026-01-27	2026-02-11
PAN218RP	2.640	3.240	2025-08-01	2026-01-15	2026-01-26	2026-03-05
PAN124LP	4.320	4.950	2025-09-01	2025-12-18	2026-01-20	2026-03-04
PAN180BU	1.800	5.760	2025-09-01	2025-10-06	2025-12-18	2026-03-05

Figura 5.5. Query e Tabella Richiami Materiale - Ordini di Acquisto con le date dei primi e degli ultimi richiami materiale e ordini di vendita

Dalla rielaborazione in Excel è emerso in particolare la seguente situazione:

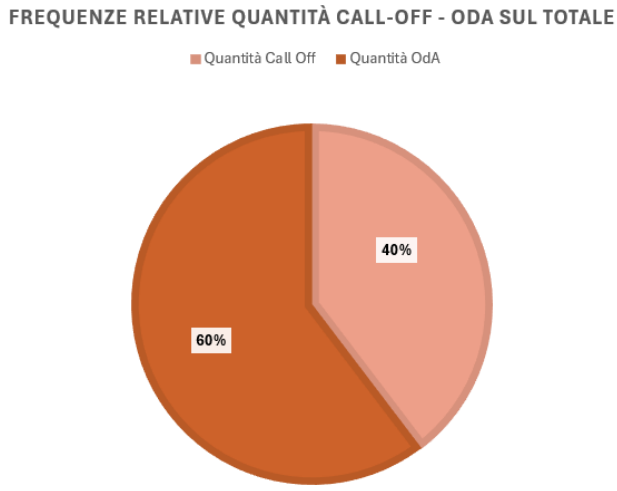

Figura 5.6. Quantità Call-Off e Oda sul totale

Sul totale delle movimentazioni, si osserva che le quantità di articoli ordinati superano significativamente il numero degli ordini di lavoro (Call-Off). Questo squilibrio indica che le scorte vengono acquistate in misura maggiore rispetto a quanto effettivamente

richiesto dalla produzione e dai clienti, generando un utilizzo eccessivo del magazzino. Di conseguenza, le scorte disponibili aumentano più rapidamente del previsto, aumentando il rischio di over-stock e quindi di capitale immobilizzato. Tale situazione può avere impatti negativi sulla continuità operativa, sul prelievo e la movimentazione degli articoli, sui tempi di produzione, sulla capacità di soddisfare gli ordini dei clienti puntualmente e sui costi legati alla gestione delle scorte, richiedendo una revisione dei processi di approvvigionamento e di gestione del magazzino per garantire un equilibrio più sostenibile tra prelievi e ordini effettivi.

Qui sotto è presente l'andamento della giacenza dei pannelli, più critici rispetto ai codici figli, che sono riuscito a ricostruire grazie allo strumento di Business Intelligence Tableau.

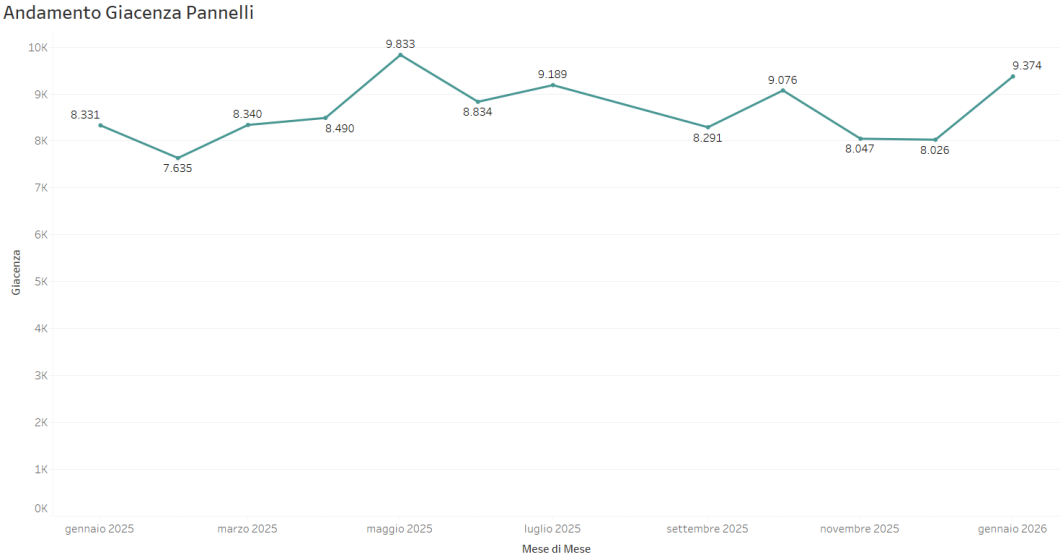

Figura 5.7. Andamento della giacenza dei pannelli pre Go-Live

5.4. Struttura del progetto pilota DDMRP

A seguito di questi problemi in ambito di riapprovvigionamento, l'azienda ha deciso di applicare questo modello innovativo al fine di migliorare tutto il processo, riducendo al minimo la variabilità della domanda e del tempo di consegna.
Il progetto ha una durata iniziale di 6 mesi e ha previsto un insieme di 159 articoli su cui applicare il seguente algoritmo, con l'obbiettivo di espandere questa selezione a un numero sempre maggiore di articoli.A tal punto è stato sviluppato un gestionale, al momento in fase di test, che prende alcuni materiali e informazioni dal sistema ERP MOVEX e li mette in un Database SQLServer di Prova, di nome DDMRP_TEST, separato dal principale, dove poi i dati vengono filtrati e mandati sul Database di DDMRP Effettivo.
Di seguito viene presenta la struttura del DDMRP e di alcune tabelle di riferimento più importanti:

- ERP_COL_CALL_OFF: la seguente tabella è relativa alle Call-Off, che rappresentano i richiami di materiale. Tutti i dati sono relativi all'Access.
- ERP_O_F_ITEMS: è relativa agli ordini di acquisto dei materiali scelti per fare l'analisi. Vengono indicati la Data Richiesta, il Codice dell'articolo (CODICE_PARTE), il Magazzino, lo Stato, la Quantità da ricevere, quella evasi e altri campi utili per una migliore lettura.
- ERP_GIACENZE: indica principalmente le giacenze in magazzino per ogni articolo e lotto.
- ERP_DISTINTA_BASE: relativa alla tabella di distinta base, indica la gerarchia di ogni codice, il fattore di conversione, la descrizione ed altri dati utili ad una migliore lettura.
- ERP_ODL: relativa agli ordini di lavoro per ogni ordine. Sono indicati il Codice_Parte (Codice Articolo), lo Stato dell'Ordine, la Data_Richiesta, la Quantità richiesta ed evasa.

- ERP_PARTI: indica il Lead Time di produzione/approvvigionamento, la famiglia a cui appartiene il materiale, il tipo ordine, il tempo di sicurezza, la politica di pianificazione del materiale ed altre informazioni utili per l'analisi.
- COL_KPI_GIACENZA_FULL: la tabella principale dove il sistema DDMRP prende i dati dell'ADU, delle diverse zone cromatiche e della giacenza
- COL_KPI_SERVICE_LEVEL: registra gli eventuali stock-out sugli articoli del DDMRP.
- COL_DDMRP_PLANNING_KPI: tabella che registra per ogni articolo del DDMRP la giacenza (ON HAND), gli ordini da ricevere (ON ORDER), la domanda qualificata (QUALIFIED DEMAND, nel nostro caso si riferisce agli ordini di produzione, quindi relativa ai semilavorati) e la NET FLOW POSITION.

5.5. Piattaforma Bricks e Calcolo Consumi

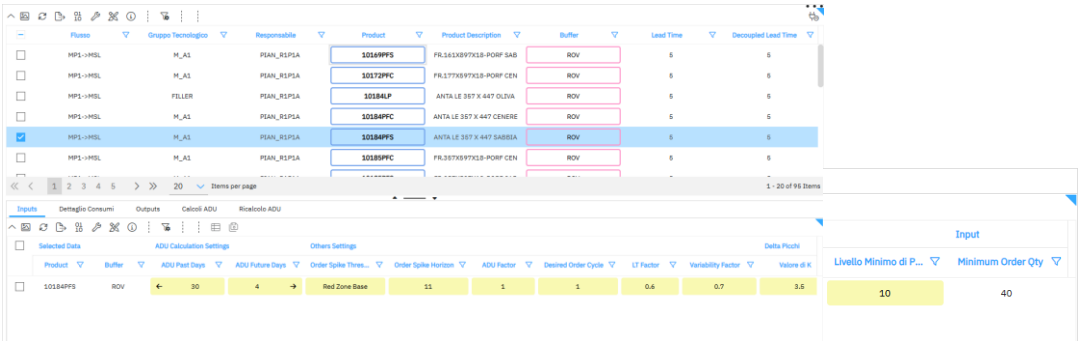

Figura 5.8. Dati Input Piattaforma Brics

La piattaforma Bricks è il Sistema gestionale relative al DDMRP che l'azienda utilizza per dimensionare I buffer e sfruttare tutti I vantaggi di questo metodo. Nell'esempio in questione ho preso come titolo d'esempio un semilavorato, precisamente un'anta, presente al magazzino di Rovereta Uno al fine di indagare I dati di input relativi al calcolo in primis dell'ADU. Questo indicatore viene calcolato prendendo come riferimento I dati di consumo degli ultimi 30 giorni (flussi backward) e quelli previsti per i prossimi 4 (flussi forward). E' una scelta aziendale che rispecchia al meglio le esigenze dell'organizzazione.

L’orizzonte Picchi è di 11 giorni, in quanto risulta essere la somma tra il Decoupled Lead Time (5 giorni lavorativi, necessari dal ricevimento dell’ordine di fornitura del pannello fino all’inizio della lavorazione che trasforma la barra in un semilavorato (precisamente un anta)) + 5 non lavorativi + 1. Oltre a ciò, vengono identificati i Lead Time Factor e I Variability Factor, che sono impostati dall’azienda in base alla variabilità dell’articolo, la quantità minima di picco (ossia la soglia di picco) e il Minimum Order Quantity.



Figura 5.9. Dati Input Piattaforma Brics

Dopo le rielaborazioni il programma, al fine di dimensionare i buffer e trovare I punti di disaccoppiamento, calcola tutti e gli indici proposti dal metodo DDMRP, ossia quella di processo, viene calcolata l’ADU, la Red Zone Base, la Red Zone Safety, il calcolo della Yellow Zone e della Green Zone.

Quando un articolo arriva in zona gialla, il Sistema genera in automatico una proposta d’ordine.

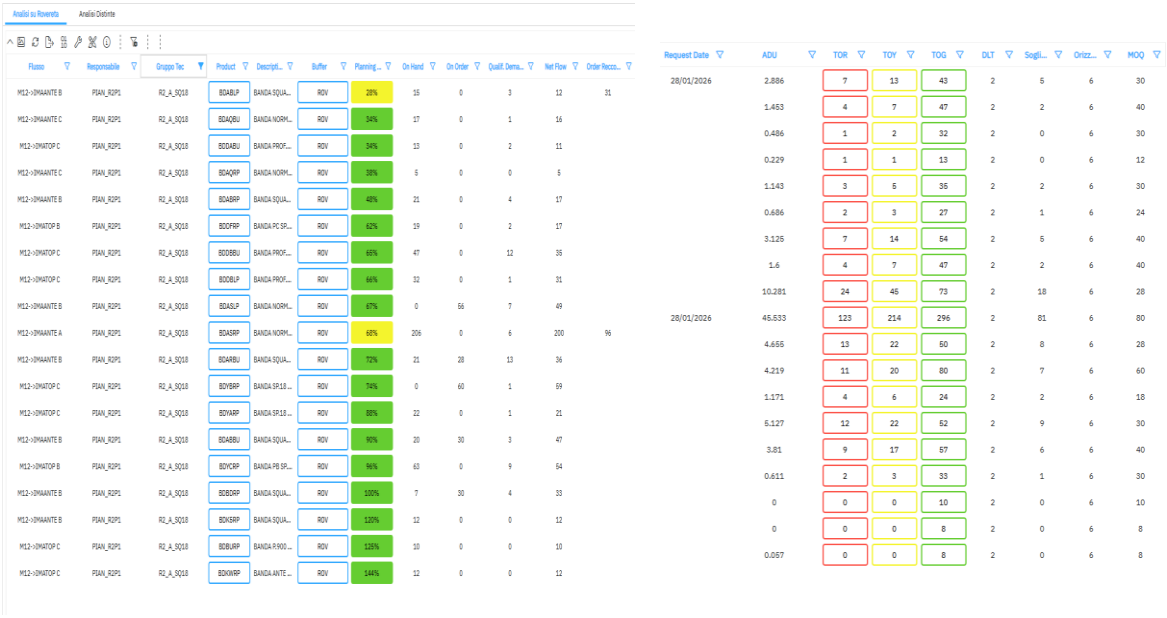

Figura 5.10. Dati Input Piattaforma Brics

Una volta calcolati gli indicatori visti precedentemente, il Sistema calcola il flusso netto (net flow) che prende l'On-Hand effettivo, ossia la giacenza di quel prodotto che ho a magazzino e gli sottrae la Qualified Demand (Domanda Qualificata, relativa ai semilavorati e quindi agli ordini di p), che è derivata dagli ordini reali da parte del cliente togliendo eventuali anomalie o ordini contract in intervallo di 3 giorni. Fatto ciò, Bricks effettua un rapporto tra questo indicatore e il Top Of Green dandomi come parametron il Planning, ossia la priorità dell'articolo. Se questo diventa giallo sta a significare che il flusso netto è minore del top of yellow e il Sistema, di conseguenza, consiglia di ordinare la quantità necessaria a far tornare il livello della giacenza al Top Of Green (riporto sulla tabella a Destra).

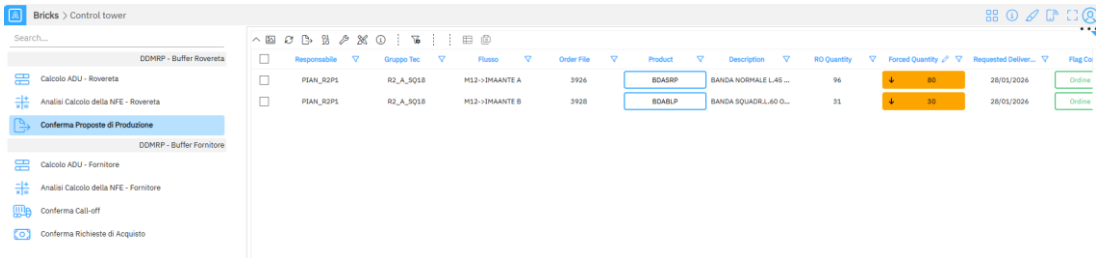

Figura 5.11. Dati Input Piattaforma Brics

Fatto ciò, l'operatore passa alla prossima sezione dove può confermare l'ordine proposto dal Sistema, oppure può cambiare manualmente la quantità d'ordina che verrà registrato sul Forced Quantity, in quanto ciò forza il Sistema di DDMRP a ricalcolare tutti gli indici e I decoupled lead time.

5.6. Inizio Sperimentazione del DDMRP

L'inizio della sperimentazione di questa nuova logica di riapprovvigionamento è avvenuto il 19 Gennaio, e da allora vengono archiviati in un nuovo database tutti i dati e gli indici relativi a questo strumento. Grazie a questi dati sono riuscito a ricavare, grazie allo strumento di Business Intelligence di Tableu, alcuni grafici che rappresentano la situazione attuale delle giacenze e delle tre zone di buffer, dividendo gli articoli per pannelli, bande/travi e semilavorati.
Il DB relativo all'algoritmo DDMRP prende le giacenze fisiche in magazzino (a sistema) e le rettifica con quello degli impegni futuri. Per diversi articoli la rettifica avviene solo se è avvenuto il trasporto, mentre per altri artri articoli avviene appena sono state compiute le lavorazioni necessarie. Per quanto riguarda i semilavorati si sono scelti 21 di 45, in quanto i primi non sono stati coinvolti in fasi di phase in e phase out.
Dall'analisi emerge la seguente situazione:

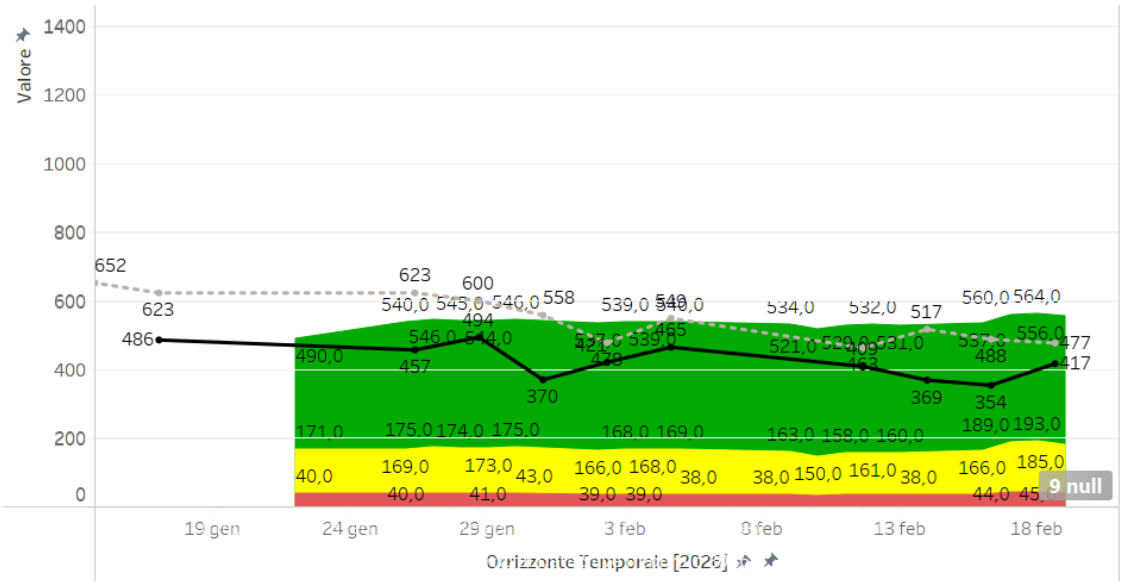

Figura 2.12. Grafico DDMRP Giacenza Pannelli

L'analisi dei dati restituiti dal sistema DDMRP, attraverso i pannelli di monitoraggio dei buffer, mette in evidenza una situazione o trend nel complessivo abbastanza lineare e gradevole, dove nel complesso la net flow position e la retta nera della giacenza risulta essere nella zona verde del buffer anche se la Netflow Position risulta essere maggiore rispetto alla giacenza, a causa di ordini elevati o consegne di pannelli in eccedenza, su alcuni articoli di pannelli la situazione invece è differente, come espresso in figura 5.12.

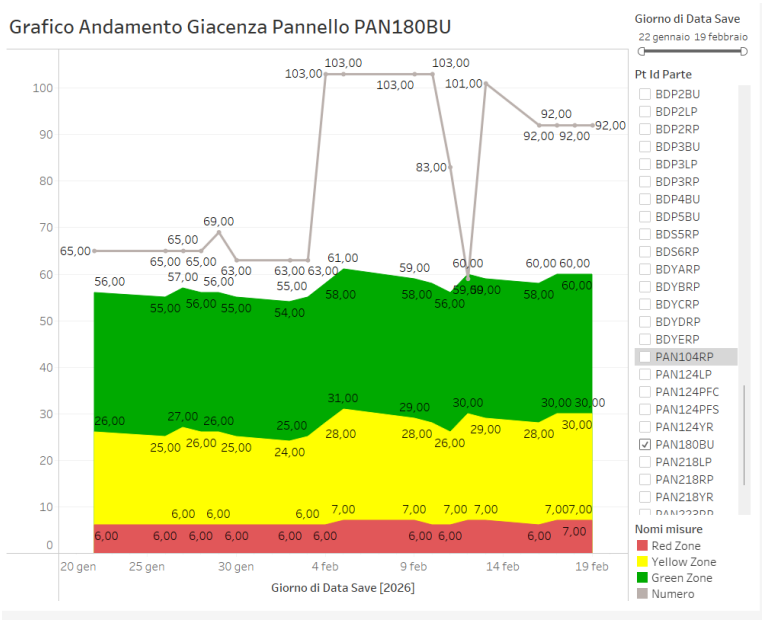

Figura 5.13. Grafico DDMRP andamento giacenza pannello PAN180BU

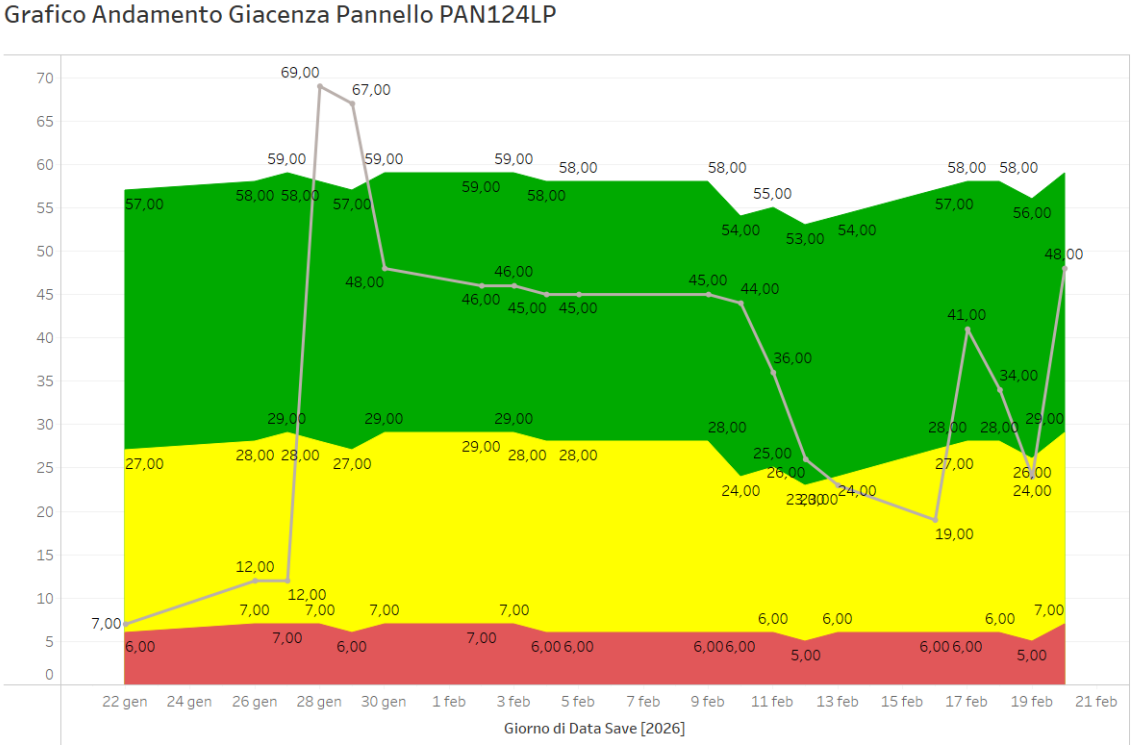

Figura 5.14. Grafico DDMRP andamento giacenza pannello PAN180BU

NO_ID_NODO	DATA_SAVE	NUMERO	ADU	RED_ZONE	YELLOW_ZONE	GREEN_ZONE	NET_FLOW	GRUPPO_TEC	RESPONSABILE
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	19	0,0285714286	0	0	20	19	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	26	0,0571428571	0	1	21	26	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	50	0,1142857143	1	1	41	50	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	35	0,1428571429	1	2	42	35	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	37	0,0857142857	1	1	41	37	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	22	0,2571428571	1	3	43	20	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	42	0,1714285714	1	2	42	42	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	37	0,1714285714	1	2	42	34	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	82	2,0285714286	9	19	139	80	FILLER	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	11	0,3885714286	2	4	14	12	P4_PAN	PIAN_R1P4
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	329	1,7428571429	8	17	97	313	FILLER	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	127	5,6857142857	22	51	171	123	M_C2	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	215	10,3428571429	40	92	332	202	FILLER	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	55	2,2	9	20	100	51	FILLER	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	518	43,2	168	384	672	443	M_A1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	55	4,4857142857	20	43	163	53	M_C1	PIAN_R1P1A
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	25	4,9807477194	12	22	52	21	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	13	2,445337076	6	11	41	40	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	28	1,0857142857	3	5	35	25	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	43	1,5095976108	5	8	48	41	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	3	0,1428571429	0	1	13	3	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	32	3,477690389	9	16	44	24	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	51	10,1882823442	24	44	72	39	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	213	25,7444897959	70	121	201	210	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	27	0,6571428571	2	3	33	20	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	10	0	0	0	8	10	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	28	0,7714285714	2	3	33	27	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	14	3,6285714286	8	16	56	49	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	13	1,2	3	5	45	11	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	11	0,6285714286	2	3	27	6	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	12	0	0	0	10	12	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1
ROV	2026-02-20 00:00:00.000	10	0,2285714286	1	1	9	10	R2_A_SQ18	PIAN_R2P1

Tabella 5.15. Campi con informazioni relativi al DDMRP

Per alcuni codici, la situazione attuale rappresenta uno stato di attenzione, indicando che i livelli di scorta si trovano in una fascia troppo alta e, ovviamente non ottimale, in cui il sistema risulta avere dello stock eccessivamente sovradimensionato e non dimensionato all'effettiva domanda reale. La permanenza prolungata nella zona sopra il TOG (Top Of Green) può infatti segnalare una calibrazione non completamente efficace dei parametri DDMRP, come i tempi di riordino, i profili di buffer o i fattori di variabilità, con il conseguente rischio di scivolamento verso la zona rossa e di potenziali impatti negativi sul livello di servizio.

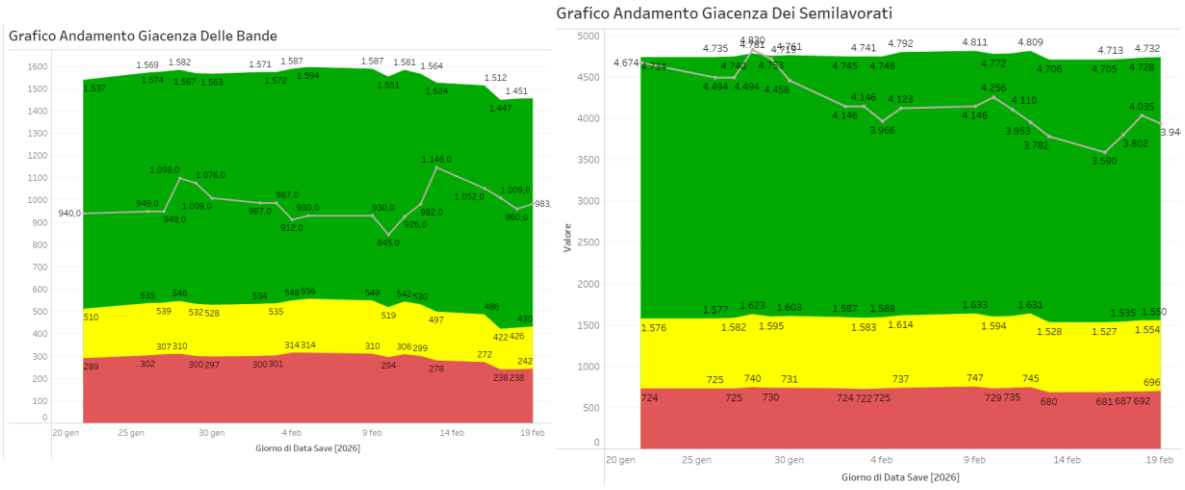

Figura 5.16 e 5.17. Situazione DDMRP Relativa Alla Giacenza Dei Semilavorati

Al contrario, l'analisi delle bande e dei semilavorati restituisce un quadro leggermente più stabile e controllato. Per queste categorie di materiali, i buffer risultano prevalentemente collocati nella zona verde, indicando una condizione di equilibrio tra consumo, pianificazione e capacità di approvvigionamento. La presenza nella zona verde suggerisce che le politiche di gestione delle scorte adottate risultano efficaci, consentendo di assorbire le oscillazioni della domanda senza generare né situazioni di sovra stoccaggio (over-stock) né rischi di carenza (stock-out). Tale differenza di comportamento tra pannelli, bande e semilavorati evidenzia come l'applicazione del modello DDMRP produca risultati differenti in funzione delle caratteristiche specifiche dei materiali e dei relativi flussi produttivi.

Nel complesso, il confronto tra le diverse famiglie di prodotto sottolinea la necessità di un'analisi mirata sui pannelli, al fine di individuare le cause che determinano il loro posizionamento prevalente nella zona gialla. Possibili interventi potrebbero riguardare la revisione dei parametri di buffer, un miglior allineamento tra domanda reale e pianificazione o un miglioramento dei processi di approvvigionamento. Al tempo stesso, i risultati positivi riscontrati per bande e semilavorati rappresentano un riferimento utile per l'ottimizzazione del sistema, dimostrando l'efficacia dell'approccio DDMRP quando correttamente calibrato e applicato.

6. RISULTATI

6.1. Alcune Premesse e Primo mese effettivo di applicazione: Febbraio 2026

In generale il modello DDMRP non è esente da difetti, in quanto nella realtà possono essere presenti diverse variabili esogene che non si possono controllare completamente, come ad esempio la stagionalità del prodotto, nel caso dell'azienda si registra un fatturato superiore alla media nei mesi tra Dicembre e Aprile mentre negli altri mesi c'è un appiattimento della domanda finale da parte del cliente, oppure delle inefficienze logistiche come i ritardi di consegna o di produzione (ad esempio un aumento dei tempi di fermo macchina) o, non meno importante, la presenza di ordini ad altissimo valore come gli ordini contract che possono creare dei picchi di domanda durante l'intero anno d'esercizio dell'azienda. Al netto di queste brevi e doverose considerazioni, i risultati del primo mese inerente all'applicazione di questo modello sono stati i seguenti:

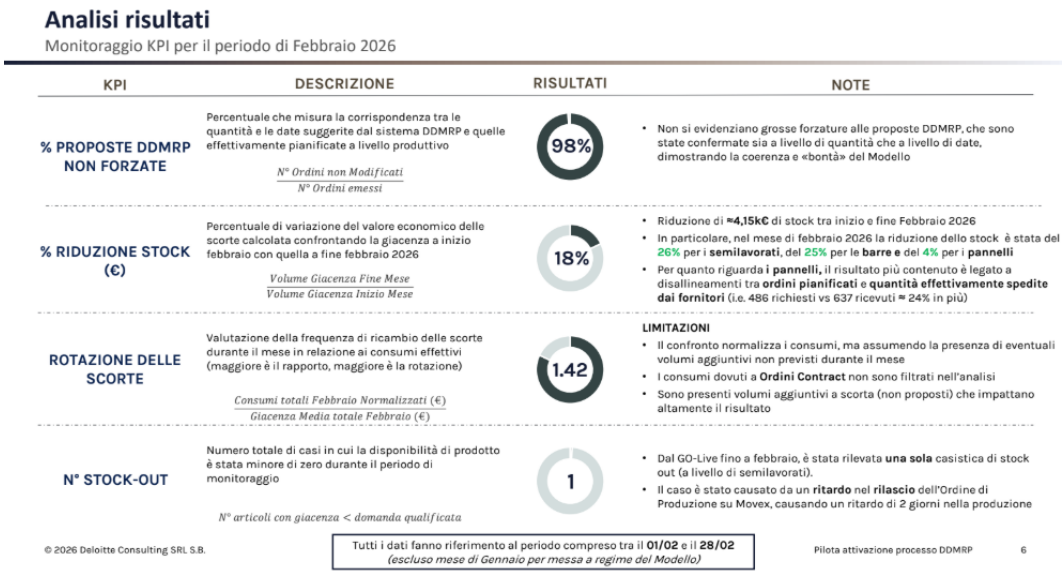

Figura 6.1. Risultati KPI Generali DDMRP del primo mese effettivo di utilizzo

Nell'immagine sovrastante sono mostrati i primi risultati (risalenti a Febbraio 2026) del modello DDMPR sugli articoli interessati. Il primo dato interessante riguardante alle proposte forzate manualmente ci indica che il novant'otto percento delle volte viene accettato direttamente il valore che calcola il sistema senza modifiche da parte dell'utente. La riduzione generale dello stock è del circa 18% con un buon indice di rotazione delle scorte e un solo evento di stock-out.

Nello specifico sono presenti i risultati inerenti alle variazioni di stock dei semilavorati, bande e pannelli.

	TOP 5 Barre	Variazione	% su Totale giacenze BD*
1	BDASRP	-53% ↓	26%
2	BDASLP	-10% ↓	5%
3	BDABBU	68% ↑	2%
4	BDS6RP	-21% ↓	3%
5	BDYCRP	-70% ↓	4%

	TOP 5 Semilavorati	Variazione	% su Totale giacenze SL*
1	4497RP	-42% ↓	13%
2	103285BU	-66% ↓	14%
3	103629BU	34% ↑	3%
4	103287BU	-58% ↓	8%
5	4112LP	-50% ↓	8%

Figura 6.2. e 6.3. Risultati per Barre e Semilavorati

	TOP 5 Pannelli	Variazione	% su Totale giacenze PAN*
1	PAN104RP	16% ↑	19%
2	PAN124LP	50% ↑	10%
3	PAN180BU	-17% ↓	14%
4	PAN218RP	-97% ↓	8%
5	PAN226BU	-37% ↓	6%

Figura 6.4. Risultati per Pannelli

Tipo Codice	02/2025	02/2026	Scostamenti
barra	10.152 €	15.180 €	49,53%
pannello	20.486 €	12.859 €	-37,23%
semilavorati	9.899 €	7.372 €	-25,53%
Totali	**40.537 €**	**35.411 €**	**-12,65%**

Scostamenti **-5.126 €**

Figura 6.5. Risultati giacenze confrontati con l'anno scorso

Tipo Codice	02/2025	02/2026	Scostamenti
barra	25.133,42 €	23.243,10 €	-7,52%
pannello	37.805,02 €	30.789,23 €	-18,56%
semilavorati	5.831,99 €	4.739,37 €	-18,73%
Totali	**68.770,43 €**	**58.771,71 €**	**-14,54%**

Scostamenti **-9.998,72 €**

Figura 6.6. Risultati consumato confrontati con l'anno scorso

Nella figura 6.5. vengono mostrate le giacenze suddivise per categoria merceologica. Già dal primo mese di sperimentazione c'è stato un decremento di 5.126 € sul valore delle giacenze, mentre per quanto riguarda il materiale consumato, ha visto un decremento pari al 14,54% causato principalmente da inefficienze logistiche e ritardi nella consegna dei pannelli da parte del fornitore.

6.2. Secondo Mese: Marzo 2026

Si è riscontrato una diminuzione del 22% dello stock generalizzato rispetto al Go-Live, con una particolare riduzione dei pannelli a scorta del 48%. Il trend risulta decrescente, generato anche da una diminuzione degli acquisti da gennaio fino a ora, lo stock verrà ribilanciato con ordini più grandi verso i mesi primaverili quando inizia ad aumentare la richiesta. Lo stock è stato ottimizzato anche per individuare più facilmente dei possibili errori o varianze riscontrate tra il sistema informativo aziendale e lo stock reale.

Scostamenti **560,26 €**

Tipo Codice	03/2025	03/2026	Scostamenti
barra	24.054,83 €	24.203,85 €	0,62%
pannello	30.992,32 €	32.894,31 €	6,14%
semilavorati	5.846,06 €	4.355,31 €	-25,50%
Totali	**60.893,21 €**	**61.453,47 €**	**0,92%**

Tipo Codice	03/2025	03/2026	Scostamenti
barra	14.129 €	11.745 €	-16,87%
pannello	7.115 €	13.598 €	91,12%
semilavorati	10.944 €	5.472 €	-50,00%
Totali	**32.188 €**	**30.815 €**	**-4,26%**

Figura 6.7. Risultati complessivi di marzo sulle giacenze e confrontati rispetto all'anno scorso

Scostamenti **-1.373 €**

Figura 6.8. Risultati complessivi di marzo sul consumato confrontati rispetto all'anno scorso

Facendo l'analisi delle giacenze e del consumato rispetto all'anno scorso, si può notare un lieve decremento della giacenza e, soprattutto, un aumento del materiale consumato che generano un aumento degli ordini di produzione.

6.3. Terzo Mese: Aprile 2026



Figura 6.9. Risultati KPI Generali di Aprile

	Tipologia di articolo	Quantità in Giacenza Fine Apr-26	Quantità Giacenza Metà Mag-26	Delta (%)	Quantità Ordinata Fine Apr-26	Quantità Ordinata Metà Mag-26	Delta (%)	Totale Giacenze + Ordini Fine Apr-26	Totale Giacenze + Ordini Metà Mag-26	Delta (pz)	Delta (%)
1	Semilavorati	4047	3873	-4% ↓	1260	607	-52% ↓	5307	4480	-827	-16%
2	Barre	938	652	-30% ↓	317	457	+44% ↑	1255	1109	-146	-12%
3	Pannelli	580	593	+2% ↑	188	21	-89% ↓	768	614	-154	-20%

Figura 6.10. Confronto rispetto a Go-Live

Il valore medio della giacenza dal go live è aumentato del 14%, con un impatto economico negativo pari a 5.272 € causato dall'aumento della giacenza dei pannelli a fronte dell'aumento del consumo e degli ordini di lavorazione oltre che a dei ritardi sulla consegna di pannelli che in seguito sono sopraggiunti simultaneamente con gli ordini successivi. Il numero di proposte di modifica delle quantità ordinate è molto basso, circa del 2% sul totale.

Tipo Codice	04/2025	04/2026	Scostamenti
barra	15.014 €	11.492 €	-23,46%
pannello	18.172 €	6.678 €	-63,25%
semilavorati	10.744 €	6.558 €	-38,96%
Totali	**43.930 €**	**24.729 €**	**-43,71%**
	Scostamenti	**- 19.201 €**	

Figura 6.11. Risultati complessivi di Aprile sulle giacenze confrontati rispetto all'anno scorso

Tipo Codice	04/2025	04/2026	Scostamenti
barra	21.246,01 €	27.956,55 €	31,58%
pannello	33.440,46 €	35.077,75 €	4,90%
semilavorati	5.931,90 €	4.781,47 €	-19,39%
Totali	**60.618,37 €**	**67.815,77 €**	**11,87%**
	Scostamenti	**7.197,39 €**	

Figura 6.12. Risultati complessivi di Aprile sul consumato confrontati rispetto all'anno scorso

Rispetto all'anno precedente, si nota una diminuzione notevole (- 43,71%) del livello delle giacenze totale e di un aumento del consumato (quindi degli ordini di produzione e di conseguenza dell'evasione dell'ordine) dell'11,87%, confermando l'efficacia del modello DDMRP.

6.4. Quarto mese di test: Maggio 2026



Figura 6.13. Risultati KPI Generali

Nel mese di Maggio c'è stata una diminuzione delle giacenze generalizzate del 20% rispetto ad Aprile e del 9% dal Go Live. L'indice di rotazione delle scorte è rimasto su un valore equo di circa 1,88 ed è stato presente solo uno stock out dovuto da cause esterne, più precisamente per ritardi di consegna.

Qui sotto analizzo l'andamento dello stock delle varie tipologie di articoli:

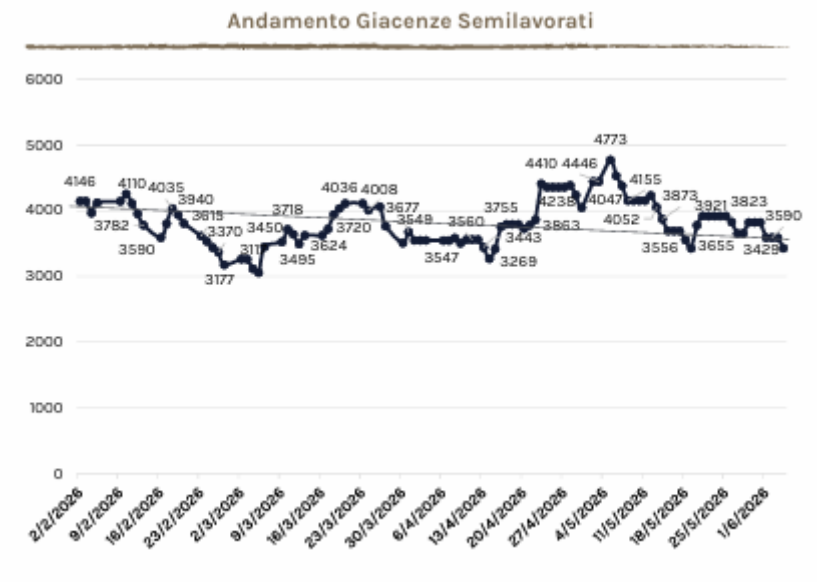

Figura 6.14. Andamento Giacenza Semilavorati

Il Trend è leggermente decrescente, ed essendo il tipo di merce meno versatile è un ottimo risultato, soprattutto considerando che nel primo mese primaverile si assiste ad un picco delle vendite.

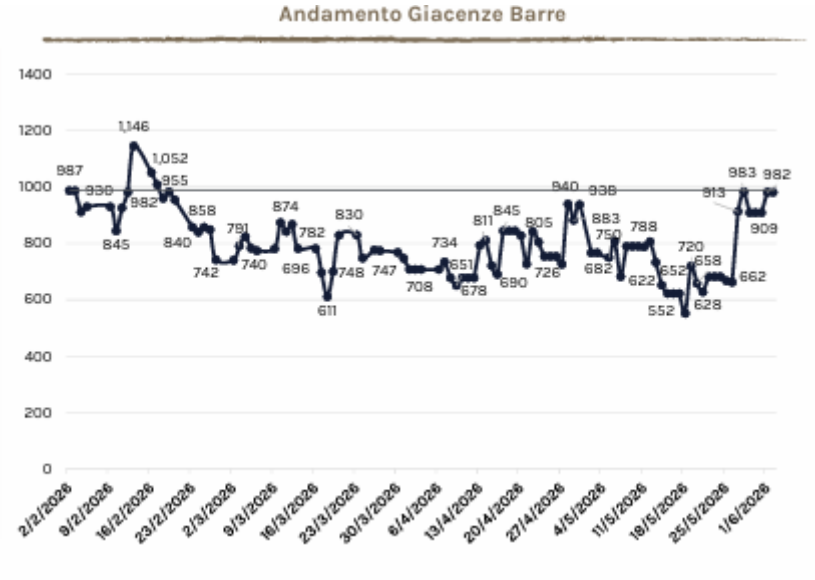

Figura 6.15. Andamento Giacenza Barre

Situazione piatta invece per le barre che nell'ultimo periodo è aumentato lo stock, probabilmente perché sono stati precedentemente effettuati degli ordini di tipo contract che hanno "sfalsato" l'andamento delle giacenze.

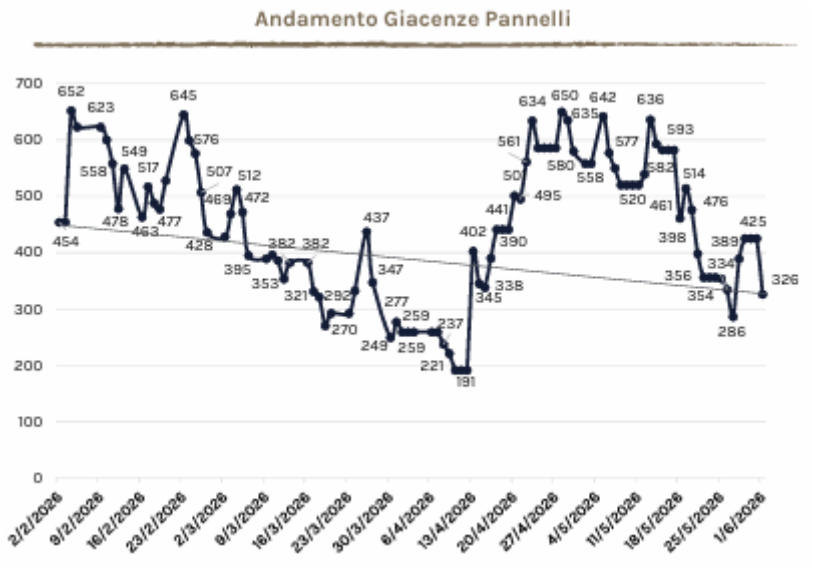

Figura 6.16. Andamento Giacenza Pannelli

Tendenza Decrescente notevole invece per i pannelli, molto più evidente rispetto ai semilavorati. Questi sono gli articoli più critici da reperire ed avere uno stock contenuto ma non troppo basso aiuta molto per efficientare e ottimizzare gli ordini di lavoro, le call off e la gestione dello stock e del relativo spazio occupato.



Figura 6.17. Ordini in ritardo in giacenza presso il fornitore

La giacenza presso il fornitore è aumentata notevolmente rispetto al Go-Live, e ciò ha causato alcuni ordini in ritardo. La quantità negli ordini di acquisto è aumentata solo del 0,3%. Questo stock verrà successivamente riversato su Rovereta, diminuendo la curva in modo simile a quello che è avvenuto tra il 13 e il 21 Aprile.

Tipo Codice	05/2025	05/2026	Scostamenti
barra	16.247 €	12.405 €	-23,65%
pannello	10.268 €	20.396 €	98,64%
semilavorati	9.823 €	7.887 €	-19,70%
Totali	**36.337 €**	**40.689 €**	**11,97%**

Scostamenti **4.351,14 €**

Figura 6.18. Confronto Giacenze con l'anno scorso

Tipo Codice	05/2025	05/2026	Scostamenti
barra	22.421,19 €	28.666,44 €	27,85%
pannello	29.434,30 €	42.103,60 €	43,04%
semilavorati	4.696,37 €	5.376,24 €	14,48%
Totali	**56.551,86 €**	**76.146,28 €**	**34,65%**

Scostamenti	**19.594,42 €**

Figura 6.19. Confronto consumato con l'anno scorso

Rispetto al mese di maggio dell'anno scorso c'è stato un aumento delle giacenze pari all'11,97%, causato principalmente da un forte aumento dei pannelli del 98%, tuttavia si è riscontrato una maggiore efficienza operativa che ha aumentato il numero di ordini di produzione e quindi il flusso di materiale che transita ed esce dallo stabilimento.

6.5. Giugno 2026

Sul fronte dei semilavorati e in generale per il mese di Giugno c'è stata una diminuzione del 32% delle giacenze e, a partire dal giorno di phase-in (19/01/2026), del 46%, migliorando notevolmente l'indice di rotazione.

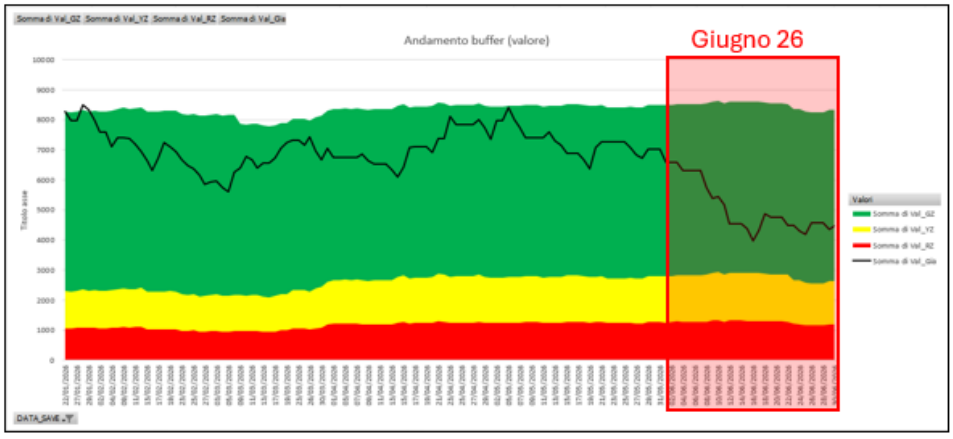

Figura 6.20. Andamento Buffer Semilavorati

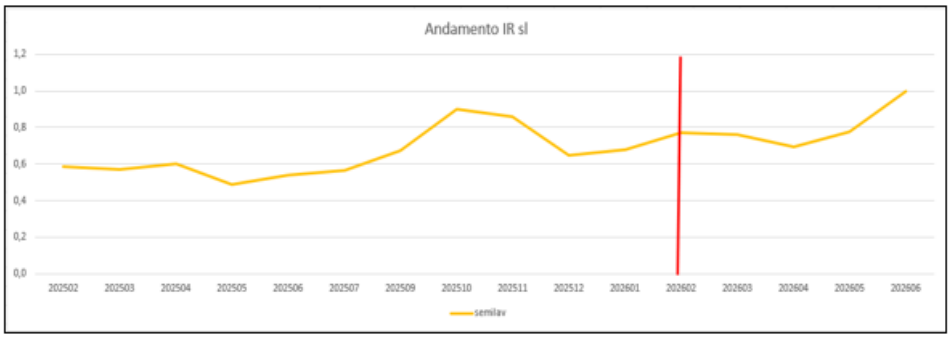

Figura 6.21. Andamento IR Semilavorati

La situazione delle barre è simile a quella dei semilavorati, anche se con cali minori, con un generale aumento dell'indice di rotazione pari al 21%.

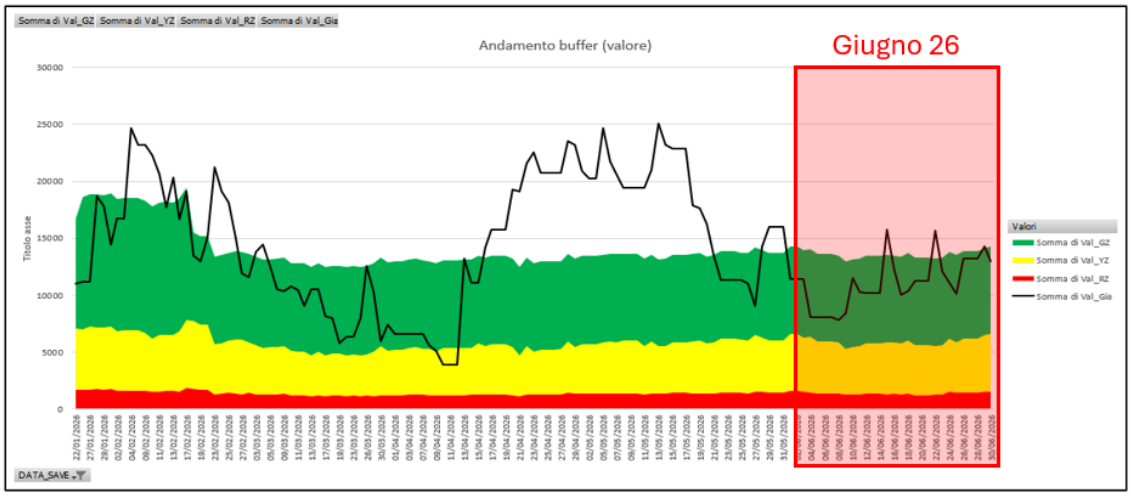

Figura 6.22. Andamento Buffer pannelli stabilimento di Rovereta

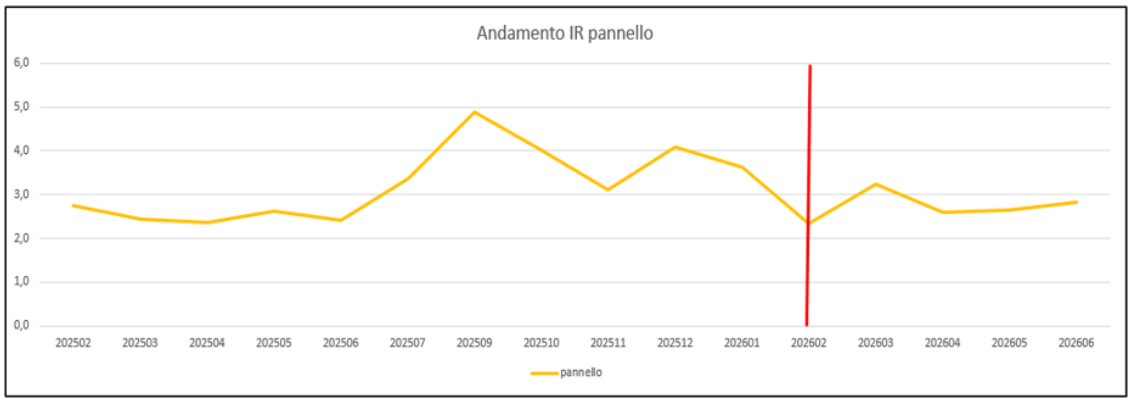

Figura 6.23. Andamento IR Pannelli

Sul fronte dei pannelli, ossia il tipo di SKU più critica, c'è stato un aumento rispetto a gennaio del +20%, mentre per il solo mese di giugno c'è stata una diminuzione del 43%.

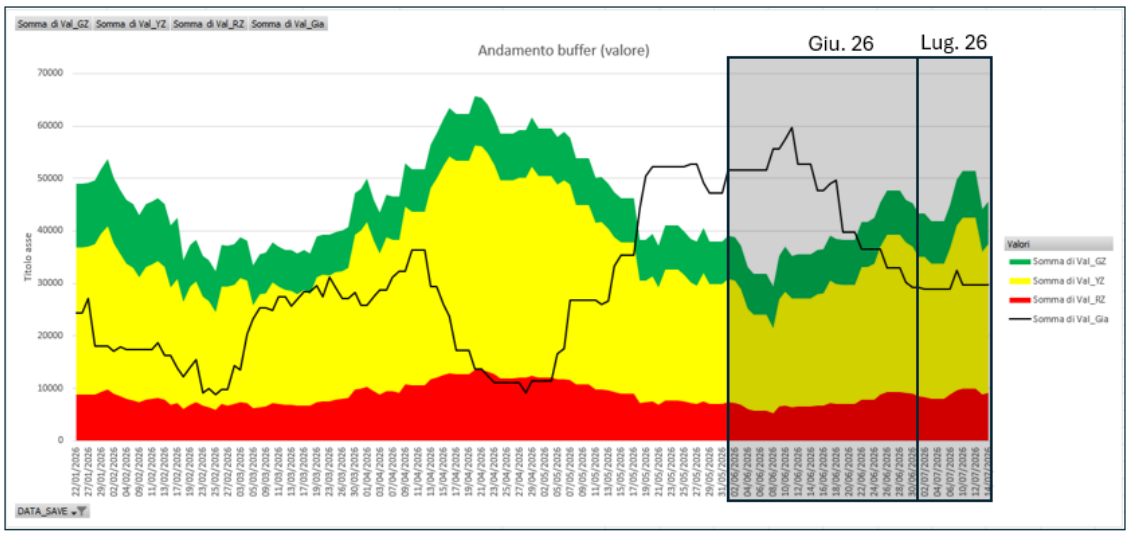

Figura 6.24. Andamento Pannelli Nodo Fornitore

In generale, in termini economici c'è stata una diminuzione delle giacenze pari a 230€ (- 0,4%). I rispettivi valori per i nodi principali sono:

- Nodo ROV: -5.094€, -15%
- Nodo FOR: +4.864€, +20%

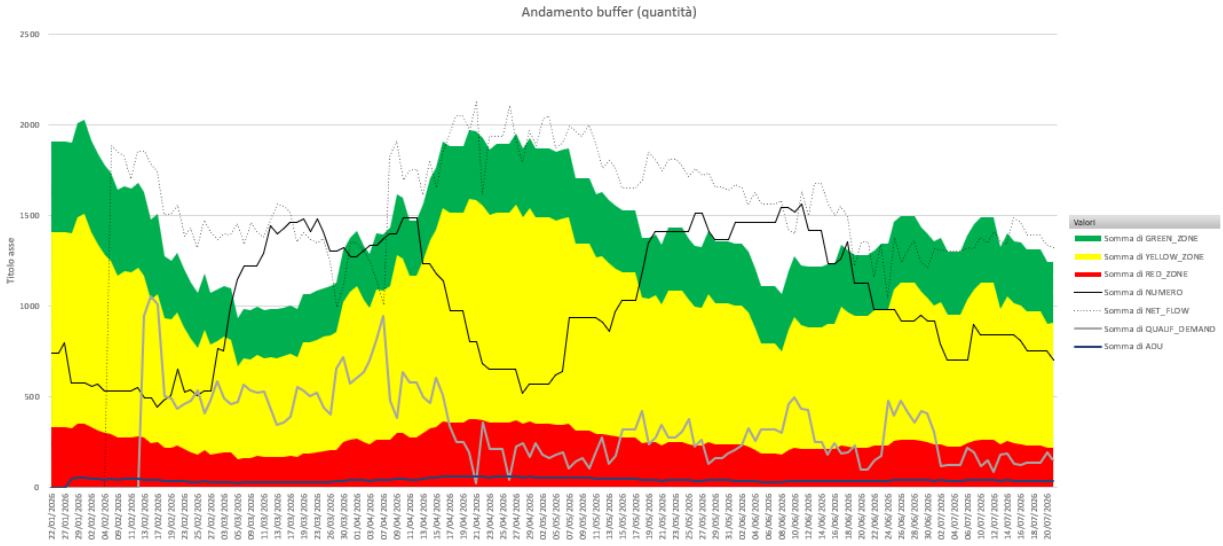

Figura 6.25. Andamento Buffer Complessivo per Quantità

A livello di quantità c'è stato un lieve aumento delle giacenze principalmente causate da un aumento dei consumi, causa ritardi nella fornitura non generati dal modello DDMRP e da un aumento della domanda. Procedendo con l'analisi e confrontando i consumi di quest'anno con quelli dell'anno scorso sono emersi i seguenti dati:

Tipo Codice	06/2025	06/2026	Scostamenti
barra	11.173 €	14.404 €	28,92%
pannello	12.239 €	11.437 €	-6,55%
semilavorati	10.054 €	6.444 €	-35,91%
Totali	**33.466 €**	**32.285 €**	**-3,53%**

Scostamenti	**-1.180 €**

Figura 6.26. Confronto Giacenze rispetto a Giugno dell'anno scorso

Tipo Codice	06/2025	06/2026	Scostamenti
barra	18.343,47 €	26.359,39 €	43,70%
pannello	26.638,81 €	34.603,60 €	29,90%

semilavorati	4.919,59 €	5.308,05 €	7,90%
Totali	**49.901,87 €**	**66.271,04 €**	**32,80%**

Scostamenti	**16.369,17 €**

Figura 6.27. Confronto Consumato rispetto a Giugno dell'anno scorso

Per le barre c'è stato un aumento considerevole sia delle giacenze sia dell'indice di rotazione, che comunque migliorando gli ingombri e l'efficienza del buffer delle barre. In termini di giacenza, il numero delle barre in giacenza è aumentato molto probabilmente a causa di un aumento delle vendite che c'è stato nell'anno 2026 e quindi maggiori ordini di produzione. Il valore del magazzino dei semilavorati è crollato del -35,91% e, considerando che sono dei codici figli dei pannelli, sono meno critici ma comunque più variabili rispetto ai codici padre, considerando che un pannello, al netto di difettosità, è sempre trasformabile in un semilavorato, mentre il contrario non accade.

6.6. Ultimo mese di analisi: Luglio 2026

Partendo come al solito dai semilavorati, si vede una diminuzione del 37% delle loro giacenze dal momento del go-live (19 Gennaio) e, sempre da questo momento, un aumento del 30% dell'indice di rotazione.

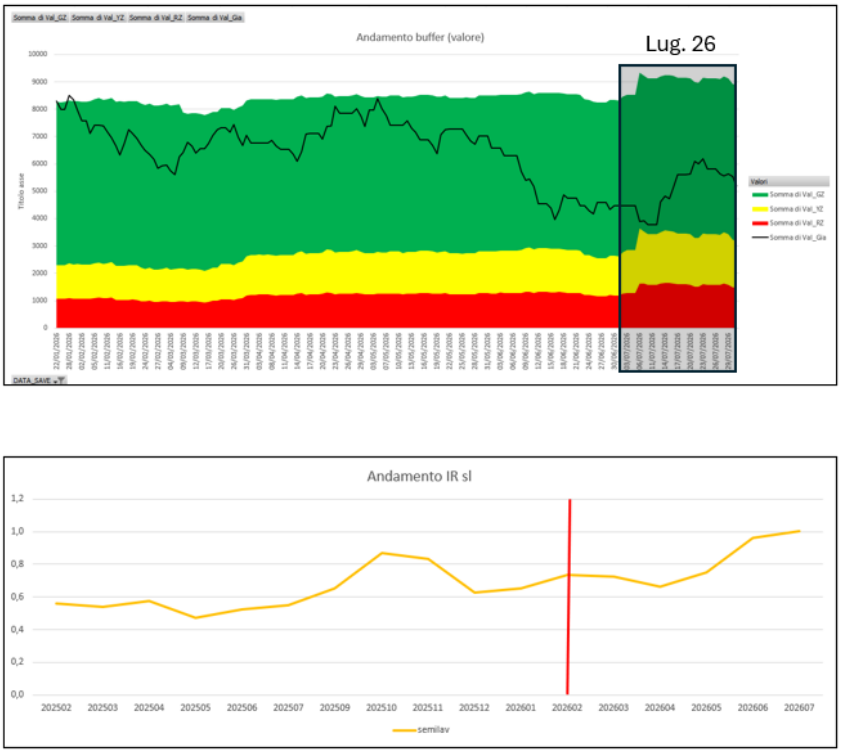

Figura 6.28. Andamento Buffer Semilavorati e dell'Indice di Rotazione

Simile andamento delle barre, ma con una diminuzione minore rispetto al go live (-19%) e con un picco di giacenze all'inizio del mese, mentre l'indice di rotazione ha avuto un incremento notevole, pari al +69%, passando da 1,7 a 2,9.

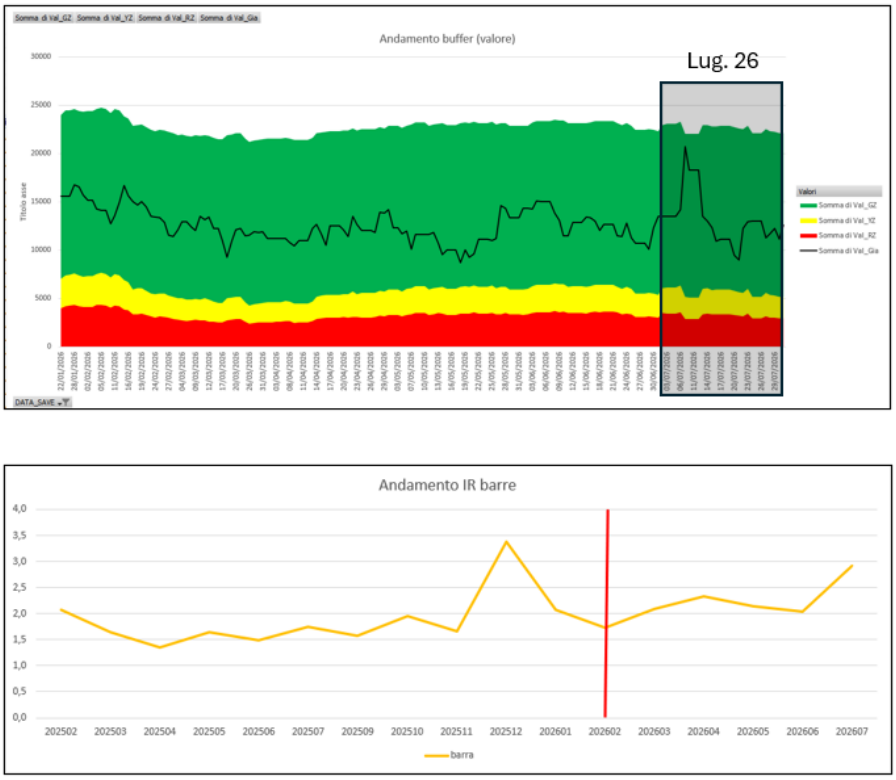

Figura 6.29. Andamento Buffer Barre e dell'Indice di Rotazione

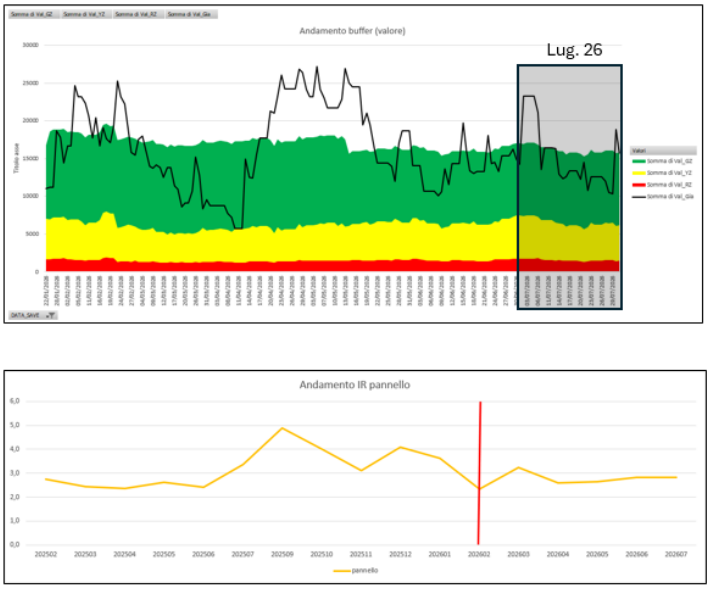

Figura 6.30. Andamento Buffer Pannelli e dell'Indice di Rotazione lato Rovereta

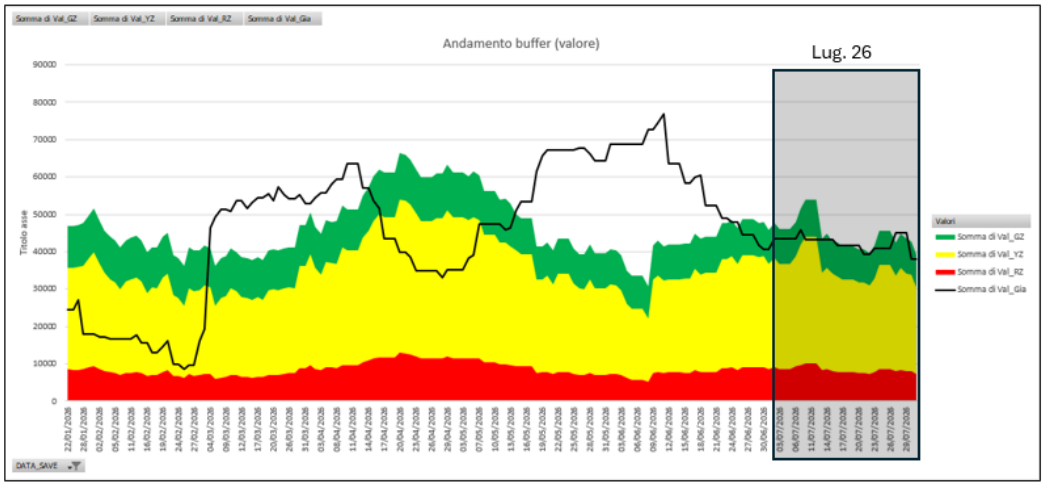

Figura 6.31. Andamento Buffer Pannelli e dell'Indice di Rotazione lato Fornitore

La situazione per i pannelli è leggermente peggiore, sia sul nodo di Rovereta sia su quello del fornitore principale, con un aumento del 5% sul nodo di Rovereta ed è diminuito del 6% sul nodo Fornitore, ma nel complesso rispetto al Go Live l'indice di rotazione delle scorte è aumentato del 21%.

Dal momento del Go-Live c'è stato un aumento delle scorte pari al 43% per Rovereta e 56% lato fornitore.

I pannelli mancanti che il magazzino ha riscontrato non sono stati causati dall'algoritmo DDMRP ma soltanto da inefficienze produttive dovute principalmente dalla chiusura di un impianto del fornitore.

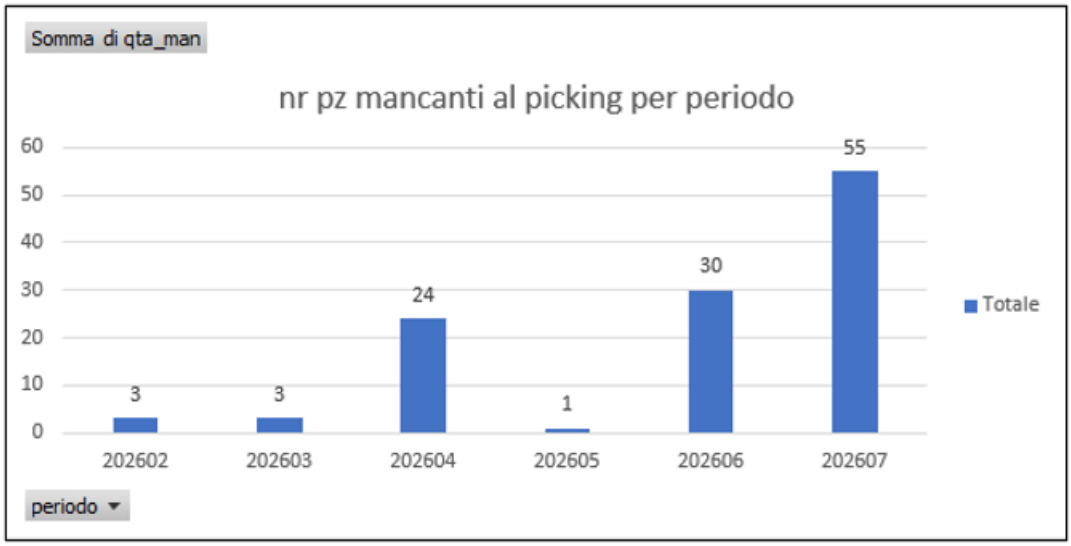

Figura 6.32. numero pezzi mancanti al picking per periodo

Tipo Codice	07/2025	07/2026	Scostamenti
barra	13.389 €	11.354 €	-15,20%
pannello	9.817 €	12.961 €	32,02%
semilavorati	8.793 €	4.598 €	-47,71%
Totali	**31.999 €**	**28.913 €**	**-9,64%**
Scostamenti		**-3.086 €**	

Figura 6.33. Andamento Giacenze rispetto all'anno scorso

Tipo Codice	07/2025	07/2026	Scostamenti
barra	22.379,17 €	34.474,99 €	54,05%
pannello	29.256,59 €	37.513,73 €	28,22%
semilavorati	4.441,57 €	5.039,29 €	13,46%
Totali	**56.077,32 €**	**77.028,01 €**	**37,36%**

Scostamenti **20.950,69 €**

Figura 6.34. Andamento Consumato rispetto all'anno scorso

Come nella maggior parte dei mesi, anche luglio è caratterizzato da miglioramenti molto positivi. In particolare, si è riscontrato un forte aumento degli ordini di produzione, in questo caso del 37,36%, e una diminuzione delle giacenze totali pari al 9,64%.
Solo i pannelli hanno avuto un aumento delle scorte, molto probabilmente a causa di un grosso scarico di essi da parte del fornitore.

6.7. Considerazione sul costo opportunità del software DDMRP: Make Or Buy?

VOCI DI COSTO	
Costo Iniziale Sedapta (licenze)	89.000,00 €
Costo Iniziale Deloitte (consulenza step2)	42.000,00 €
Costo Manutenzione Sedapta (annuale)	17.800 €/anno
Costo Consulenza Deloitte (annuale)	8.000 €/anno

Figura 6.35. Voci di costo

In caso di espansione del progetto, da alcune rielaborazioni (report) aziendali effettuate dai responsabili è emerso che per far fare e gestire esternamente il software sono necessari 131.000 € di costi fissi iniziali di licenze, precisamente per il programma Sedapta, ossia il programma che fa le opportune rielaborazioni e rimanda i dati su AS400, e consulenze mentre annualmente ci saranno 25.800 € di costi fissi annuali.
Dal terzo anno il manager della produzione ha previsto un risparmio potenziale di 50.000 € grazie alla riduzione del costo sulle licenze software, da una riduzione generalizzata delle giacenze e dalle maggiori movimentazioni in magazzino date dall'aumento dell'evasioni degli ordini che prima, a causa di una maggior frequenza di inefficienze logistiche dovute a ritardi o disallineamenti con la produzione, non si poteva effettuare.

	Anno 1 (Inizio)	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10	Anno 11	Anno 12
-	131.000,00 €											
		-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno
			50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €
-	131.000,00 €	- 25.800,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €	24.200,00 €
-	**131.000,00 €**	**- 156.800,00 €**	**- 132.600,00 €**	**- 108.400,00 €**	**- 84.200,00 €**	**- 60.000,00 €**	**- 35.800,00 €**	**- 11.600,00 €**	**12.600,00 €**	**36.800,00 €**	**61.000,00 €**	**85.200,00 €**

Figura 6.36. Analisi Flussi di Cassa senza VAN

Da una mia semplice rielaborazione è emerso che il punto di pareggio, senza considerare un tasso di sconto, avverrà tra l'anno 7 (l'ottavo) e l'anno 8 (il nono), mentre se si considera un tasso di sconto medio dell'8% si arriva a un payback period compreso tra il dodicesimo e il tredicesimo anno.

Anno 1 (Inizio)	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10	Anno 11	Anno 12	Anno 13
- 131.000,00 €												
	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno	-25.800 €/anno
		50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.001,00 €
- 131.000,00 €	- 23.888,89 €	20.747,60 €	19.210,74 €	17.787,72 €	16.470,11 €	15.250,10 €	14.120,47 €	13.074,51 €	12.106,03 €	11.209,28 €	10.378,97 €	9.610,55 €
- 131.000,00 €	- 154.888,89 €	- 134.141,29 €	- 114.930,55 €	- 97.142,83 €	- 80.672,71 €	- 65.422,61 €	- 51.302,14 €	- 38.227,63 €	- 26.121,61 €	- 14.912,33 €	- 4.533,36 €	5.077,19 €

Figura 6.37. Analisi Flussi di Cassa con VAN medio dell'8%

Vedendo questa opzione poco conveniente, l'azienda sta puntando a produrre internamente il software gestionale adibito al DDMRP usando come strumenti anche Agenti AI basati sull'intelligenza artificiale "Claude" di Anthropic, cercando di usare solo consulenze mirate per risolvere eventuali problematiche di sistema o per eventuali chiarimenti.

7. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha analizzato l'implementazione del modello DDMRP in una grande realtà industriale operante nel settore dell'arredamento, caratterizzata da un'elevata varietà di prodotti, cicli produttivi articolati e una domanda fortemente variabile e influenzata dalla stagionalità e le tendenze di mercato. In tale contesto, i sistemi tradizionali di pianificazione basati su previsioni si sono dimostrati spesso inadeguati nel gestire l'incertezza e la complessità operativa.

I risultati ottenuti elencati precedentemente evidenziano come l'adozione del DDMRP abbia contribuito in maniera positiva al miglioramento delle performance globali della supply chain. In particolare, si è registrata una riduzione dei livelli medi di inventario che ha permesso di avere nel complesso un indice di rotazione maggiore, con delle previsioni che sono molto più fedeli alla realtà rispetto all'analisi dei dati storici che si faceva precedentemente. Questo risultato è particolarmente rilevante nel settore

dell'arredamento, dove la disponibilità del prodotto e la rapidità di consegna rappresentano fattori competitivi chiave. Inoltre, il basso numero di proposte non forzate manualmente da un operatore ha confermato la bontà del modello. Tuttavia, l'implementazione del DDMRP ha richiesto un significativo sforzo organizzativo, in termini di revisione dei processi, formazione del personale e adeguamento dei sistemi informativi e, in fase finale, ci sono stati un aumento delle giacenze di pannelli caratterizzati soprattutto da alcuni ritardi della fornitura e su un aumento del consumo. In conclusione, il modello DDMRP si è dimostrato adatto a contesti industriali complessi come quello dell'arredamento, dove flessibilità, rapidità di risposta e controllo delle scorte sono elementi fondamentali per il successo competitivo. I risultati ottenuti confermano il valore aggiunto di un approccio demand-driven, suggerendo ulteriori sviluppi futuri legati all'integrazione con strumenti digitali avanzati, come per esempio progetti legati ai digital twin, e di sistemi di analisi predittiva come, ad esempio, dei modelli di machine learning avanzati propedeutici al manufactoring e all'affinamento dei forecast sulla domanda, sviluppando internamente il software come l'azienda sta attualmente facendo al fine di efficientare e costruire un sistema estremamente efficacie e reattivo.

8. BIBLIOGRAFIA:

[1] Carol Ptak, Chad Smith, "Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)", Globe (Arizona, USA), McGraw-Hill, 2016

[2] Mustapha El Mazougui, Wafa Dachry, "Demand Driven MRP: Literature review and research issue", HAL Science, HAL Id: hal-03193163, 7, Agadir (Morocco), 2020.

[3] A. Kortabarria, U. Apaolaza, A. Lizarralde, and I. Amorrortu, "Material management without forecasting: From MRP to demand driven MRP," Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 11, no. 4, pp. 632–650, 2018. doi: 10.3926/jiem.2654

[4] A. Kortabarria, U. Apaolaza, A. Lizarralde, and I. Amorrortu, "Quantitative empirical evaluation of Demand-Driven MRP," Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 11, no. 3, pp. 544–555, 2018. doi: 10.3926/jiem.2638

[5] R. Miclo, F. Fontanili, M. Lauras, J. Lamothe, and B. Milan, "An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP," in Proc. 4th Int. Conf. Inf. Syst., Logist. Supply Chain (ILS), pp. 1–8, Bordeaux, France, 04/06/2016.

[6] Giulia Zuliani, "EFFICIENZA, EFFICACIA E APPLICABILITA' DEL DDMRP: Risoluzione di Problematiche Attuali di Approvvigionamento", Università Ca'Foscari, Venezia , Italia, 2020.

[7] M. J. Shofa, A. O. Moeis, and N. Restiana, "Effective production planning for purchased part under long lead time and uncertain demand: MRP Vs demand-driven MRP," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 337, no. 1, p. 012055, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/337/1/012055

[8] Dott. Pasquale Guccione, Prof. Carlo Rafele, "Metodo Innovativo per la Pianifica zione: il DDMRP applicato al settore manifatturiero", Università Politecnico di Torino, Torino, Italia, 2023.

[9] G. Dessevre, J. Lamothe, V. Pomponne, P. Baptiste, M. Lauras, e R. Pellerin, "A DDMRP implementation user feedbacks and stakes analysis," in Proceedings of the 8th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS 2020), Austin, TX, USA, 2020.

[10] Abdelhallim Achergui, HamidAllaoui, Tiente Hsu, "Demand Driven MRP with supplier selection", Univ. Artois, UR 3926, Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois (LGI2A), 62400 Béthune, France, 2025.

[11] D. Zanin, Rel. D. Favaretto, "L'utilizzo del DDMRP per la risoluzione di problematiche aziendali: il caso Futura Serramenti s.r.l.," Tesi di Laurea Magistrale, Università Ca' Foscari Venezia, Venezia, Italia, 2021.

[12] Modelisation Et Simulation D'Un Module D'Ajustment De La Capacite D'un System DDMRP, G Dessevre (1) , M. Ali (1), Laboratoire Poly-DDMRP,

Département de Mathématiques et de Génie Industriel, Polytechnique Montréal Motréal, Canada, 2021.

[13] Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), "CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary," CSCMP Official Educational Resources, Lombard, IL, USA, 2004.

[14] Nochain Technologies, "Limits of traditional planning methods," No Chain Tech nologies, Levallois-Perret, Francia, 2024.

[15] J. H. Blackstone Jr., Ed., APICS Dictionary, APICS, 14th ed., Chicago, IL, USA: APICS, 2013.

[16] F. Bertoledo, M. Massaro, "DDMRP: una nuova via per la pianificazione degli ordini e della produzione," Tesi di Laurea, Università Ca' Foscari Venezia, Venezia, Italia, 2017.

[17] M. Pekarčíková, P. Trebuňa, M. Kliment, and J. Trojan, "Demand Driven Material Requirements Planning: Some methodical and practical comments," Acta Simulatio, vol. 5, no. 1, pp. 19–24, 2019.