

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale-Classe LM/31
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Metodo innovativo per la pianificazione: il
DDMRP applicato al settore manifatturiero



Relatore:

Prof. Carlo Rafele

Candidato:

Igor Pasquale Guccione

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

| | | |
|------------|--|------------|
| 1 | <i>Definizione Supply Chain Management</i> | 3 |
| 2 | <i>Logica di pianificazione tradizionale: MRP</i> | 8 |
| 2.1 | MRP vs LEAN..... | 16 |
| 3 | <i>DDMRP</i> | 19 |
| 3.1 | Posizionamento strategico del Buffer di disaccoppiamento | 19 |
| 3.2 | Dimensionamento dei buffer di disaccoppiamento | 24 |
| 3.2.1 | Part Type..... | 26 |
| 3.2.2 | Lead Time Category | 26 |
| 3.2.3 | Variability..... | 28 |
| 3.2.4 | Average Daily Usage | 29 |
| 3.2.5 | Green Zone, Yellow Zone e Red Zone | 31 |
| 3.3 | Dinamic Adjustment..... | 33 |
| 3.4 | Demand Driven Planning | 34 |
| 3.4.1 | Net Flow Position | 34 |
| 3.4.2 | Qualified Demand | 34 |
| 3.4.3 | Generazione degli ordini..... | 36 |
| 3.5 | Demand Driven Execution..... | 38 |
| 4. | <i>Un'applicazione reale: MISTA S.P.A</i> | 44 |
| 4.1 | Caso Studio..... | 45 |
| 4.1.2 | Gestione degli ordini attuale..... | 49 |
| 4.1.3 | Scelta dell'orizzonte temporale e del <i>time bucket</i> | 51 |
| 4.1.3 | Posizionamento dei Buffer | 51 |
| 4.1.4 | Input..... | 53 |
| 4.1.5 | Tool Excel | 69 |
| 4.1.6 | Foglio "Simulazione" | 72 |
| 4.2 | Analisi Output e confronto con MRP | 79 |
| 4.3 | Considerazioni finali e analisi critica del DDMRP | 93 |
| 5. | <i>Linee Guida per lo sviluppo del software</i> | 98 |
| 6. | <i>Conclusioni finali</i> | 101 |
| | <i>Bibliografia</i> | 104 |
| | <i>Indice Figure</i> | 105 |
| | <i>Indice Tabelle</i> | 106 |

PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Al giorno d'oggi, il mercato è caratterizzato da una sempre più crescente complessità della filiera logistica. Ciò ha causato negli anni un aumento della variabilità della domanda cliente, sempre più eterogenea, e della fornitura, con fornitori localizzati in diverse aree del mondo. È diventato molto importante quindi, in contesti così articolati, condividere quante più informazioni possibili tra gli attori di una catena logistica, poiché una maggiore trasparenza di flussi informativi e fisici permette di ottenere un vantaggio competitivo, ma anche di avere più chiaro ciò che succede lungo tutta la *Supply Chain*, permettendo di prendere decisioni quanto più corrette possibili. In questo contesto, una delle sfide a cui tutte le aziende devono far fronte, è la pianificazione degli ordini di fornitura e produzione. Infatti, le fluttuazioni della domanda, sempre più imprevedibili, e la scarsa accuratezza delle previsioni hanno costretto le aziende a ricercare nuovi metodi che possano contenere in qualche modo la propagazione della variabilità, ed è proprio questo lo scopo del presente lavoro.

Con il presente lavoro di tesi si vorrà inizialmente fornire una panoramica sul metodo di pianificazione attualmente usato dalla maggioranza delle aziende in tutto il mondo, il *Material Requirements Planning (MRP)*. Verrà successivamente proposta e discussa nel dettaglio una sua recente evoluzione, il *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. Infine sarà presentato un caso studio che tramite una simulazione sfruttando il *tool Excel* ne dimostrerà l'applicabilità in un contesto aziendale svolto. Il lavoro è stato svolto da Settembre 2023 a Novembre 2023, durante il mio tirocinio curriculare presso l'azienda Sorma S.p.A. Importante specificare che i dati che verranno presentati, fanno riferimento ad un'azienda cliente di Sorma, Mista S.p.A., la quale condivide parte dei propri dati con Sorma, in quanto il software MRP che utilizzano ad oggi per la pianificazione fa parte dell'ERP che Sorma ha sviluppato e implementato, l'Si5. Per entrambe le aziende verrà fatta una breve

panoramica per poi concentrarsi sull'attuale metodo di pianificazione usato da Mista. Si proverà, quindi, a simulare l'applicabilità delle logiche di DDMRP, mediante un foglio di calcolo Excel che permetterà di attuare un confronto tra i livelli di *stock* attualmente presenti ed i simulati su una serie di prodotti selezionati. Verrà svolta anche un'analisi comparativa, in termini economici, tra i risultati ottenuti con l'MRP attualmente in uso e la soluzione proposta con la simulazione, al fine di testare se siano o meno presenti dei benefici che lo rendano di particolare interesse come sostituto del MRP comunemente utilizzato nelle realtà aziendali, ma anche evidenziare eventuali criticità del metodo. Infine, verranno illustrate eventuali criticità riscontrate durante lo svolgimento del caso studio e, più in generale, una panoramica di complessità che l'azienda potrebbe riscontrare nell'implementazione di questo metodo.

1 Definizione Supply Chain Management

Il termine *Supply Chain Management* (SCM) venne introdotto per la prima volta in letteratura nel 1980 e per lo *Standford Supply Chain Forum*, consiste nella gestione di flussi di materiali, di informazioni e finanziari all'interno di un network formato da fornitori, clienti, produttrici e intermediari. Con questo termine, quindi, si include la pianificazione e gestione di tutte le attività coinvolte nella fornitura e approvvigionamento, delle diverse attività di logistica e la collaborazione ed il consolidamento con partner chiave quali *supplier*, intermediari e fornitori di servizi di terze parti e clienti. In sintesi, quindi, la *supply chain* integra la gestione della fornitura e della domanda attraverso le aziende [1]. Ciò che tuttora risulta non univocamente definito sembra essere il rapporto tra *supply chain* e logistica. Quest'ultima, infatti, secondo la definizione del *Council of Logistics Management* è [2]:

“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”.

Apparentemente non sembrano esserci differenze tra le due definizioni, ed è proprio per questo che nel corso degli anni numerosi studiosi del settore hanno cercato di dare una risposta riguardo il rapporto tra questi due termini. Nel 2004 due studiosi, Larson e Halldòrson intraprendono uno studio proprio in tal senso, focalizzandosi sul rapporto tra i due termini e riuscendo ad individuare ben quattro diverse prospettive in grado di rappresentare il loro rapporto [1]:

- **Traditionalist:** secondo questa visione il supply chain management è una parte della logistica, e può essere vista come la logistica al di fuori della azienda, che si occupa dei rapporti tra l'azienda e l'ambiente esterno;

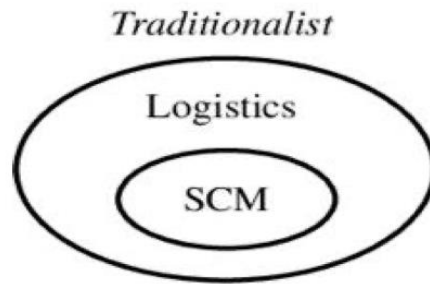


Figura 1.1: Visione Traditionalist;

- **Re-Labeling:** secondo questa visione i due termini sono sinonimi e di conseguenza la gestione della supply chain non è nient'altro che la gestione della logistica, quindi in quest'ottica la supply chain altro non è che il network logistico;

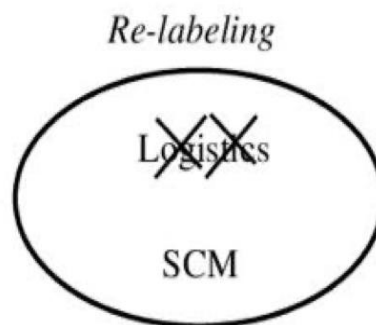


Figura 1.2: Visione Re-labeling;

- **Intersectionist:** secondo questa visione la logistica e il SCM hanno solo delle caratteristiche in comune; il supply chain management non viene visto come l'unione di logistica, marketing, approvvigionamenti, produzione e altre aree funzionali ma piuttosto questa comprende elementi strategici provenienti da tutte queste aree. Secondo questa ottica il Supply Chain Management risulta essere qualcosa di strategico e non tattico che coordina le varie funzioni;

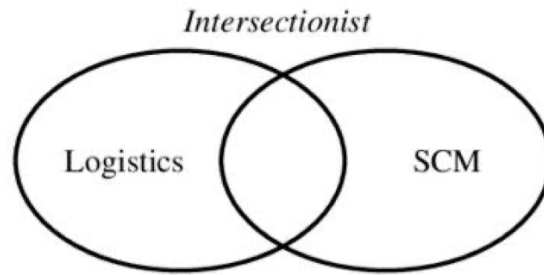


Figura 1.3: Visione Intersectionist;

- **Unionist:** per questa prospettiva la logistica è una delle componenti del Supply Chain Management, che comprende attività quali: Acquisti, Vendita, Logistica, Marketing, R&S, Produzione e tutte le altre funzioni di business tradizionali;

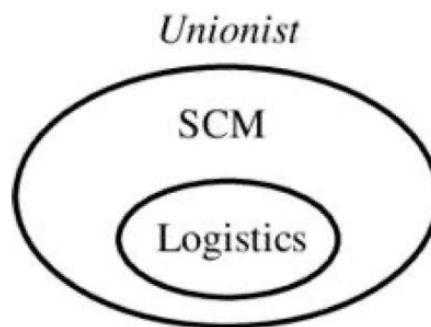


Figura 1.4: Visione Unionist;

Quest'ultima visione è quella che attualmente risulta più convincente e che si è decisa di utilizzare in questo studio. Rispetto quindi alla definizione di logistica data dal *Council of Logistic Management* [2] vista all'inizio del paragrafo, il *Supply Chain Management*, invece, integra la fornitura e la domanda attraverso il coordinamento di tutti gli attori che fanno parte della catena logistica, come una rete di entità organizzative connesse ed interdipendenti. Esse operano in modo coordinato per gestire, controllare e migliorare il flusso di materiali e di informazioni che hanno origine dai fornitori e raggiungono i

clienti finali dopo aver attraversato i sottosistemi di approvvigionamento, produzione e distribuzione di un'azienda.

Si è, quindi, visto come il SCM sia un insieme di aree funzionali, tra cui la logistica, che comprende numerose *tasks* come:

- La ricezione del materiale da parte dei fornitori;
- Il controllo dell'inventario;
- La preparazione per la spedizione al cliente;
- Il trasporto al cliente;
- La consegna al cliente;
- Il *reverse pick-up*;
- Il ricevimento di beni da parte dei clienti;
- L'occuparsi di pezzi difettosi in outbound;
- Le dogane;

Per riassumere quindi, il *Supply Chain Management* è vista 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 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. Proprio per questo motivo nel corso degli anni sono stati studiati e implementati differenti metodi per la pianificazione e il controllo dei fabbisogni.

2 Logica di pianificazione tradizionale: MRP

I sistemi di pianificazione e controllo 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 [5]:

“MRP is a set of techniques that uses bill of material data, inventory data, and the master production schedule to calculate requirements for materials; it makes recommendations to release replenishment orders for material. Further, because it is time-phased, it makes recommendations to reschedule open orders when due dates and need dates are not in phase”.

Per capire meglio come opera l'MRP, bisogna prima introdurre i vari input che l'MRP necessita per pianificare. Il primo e forse più importante è il *Master Production Schedule (MPS)*. L'MPS è il documento di pianificazione della produzione, che sulla base della domanda cliente, contiene le informazioni riguardanti le quantità di prodotto finito da produrre. L'MPS copre un arco di pianificazione generalmente mensile, diviso in *time bucket* settimanali. Le quantità da produrre settimanalmente sono i dati da fornire come input all'MRP, che incrociando questi dati con gli altri input, quali la Distinta Base (*Bill of Materials*), le scorte di ogni componente presente a magazzino ed i vari *lead time* di produzione e/o di approvvigionamento, genera dei rispettivi ordini, che comprendono la data di scadenza entro cui l'ordine è consegnato e le quantità di materie prime, nel caso di ordine di approvvigionamento, e semilavorati, nel caso di ordine di produzione, necessarie per soddisfare la domanda cliente, questo ovviamente per ogni componente.

Tale calcolo è effettuato giornalmente o settimanalmente, in base a come decide di lavorare l'azienda nello specifico, seguendo una politica *rolling-horizon* che consiste nel determinare un nuovo piano di produzione (PDP) in

base alla variazione di: variazioni delle previsioni della domanda, differenti esigenze e sulla nuova visibilità che si ha della domanda cliente.

Riguardo alla domanda cliente, è importante fare una precisazione. L'MRP necessita come dato di input solo la domanda, che può provenire da diverse fonti: un ordine o previsione, un'esigenza inter-impianto, un ordine o una previsione del cliente, la richiesta di un pezzo di servizio da parte del magazzino di una filiale o la produzione di un altro prodotto, ma la cosa importante è quella di suddividere la domanda in due tipi diversi: quella prevista e quella effettiva. Entrambe le definizioni seguenti sono tratte dal *Dizionario APICS [5]*:

- **Previsione:** Una stima della domanda futura. 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. (p. 68);
- **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. (p. 4);

Generalmente, la domanda considerata, quindi quella prevista o effettiva, è solo quella del prodotto finito, o *end item*, mentre tutte le altre domande dei componenti sono calcolate a partire da questa. Naturalmente, l'ottimo sarebbe avere questo tipo di input il più accurato possibile, in modo da limitare

l'errore nel calcolo del fabbisogno, in un'ottica anche di ridurre le scorte presenti a magazzino e i conseguenti costi.

Il problema nasce proprio quando si vanno a considerare le logiche con cui l'MRP lavora [7]:

- L'MRP non tiene conto della variabilità della domanda: gli ordini del cliente e il *forecast* della domanda, sono di fatto considerati allo stesso modo, come se la previsione della domanda non fosse affetta da alcun tipo di errore. Sulla base di entrambi i tipi di domanda avviene incondizionatamente l'esplosione dei fabbisogni su tutta la BOM (*Bill of Materials*).
- I *lead time* di produzione e di approvvigionamento sono considerati non affetti da alcun tipo di variabilità, questo perché l'MRP, per come è stato progettato, non è in grado di supportare eventuali variazioni di *lead time* che potrebbero essere date da un evento improvviso ed imprevisto.
- La capacità delle risorse è considerata infinita. Sulla base delle quantità di prodotti finiti da produrre, l'MRP calcola gli ordini di produzione dei componenti necessari per soddisfarle senza tenere conto dei vincoli di capacità produttiva. Questa assunzione è inoltre direttamente collegata alla precedente: dal momento che i *lead time* non sono affetti da variabilità, è sempre calcolato il fabbisogno netto di un materiale a partire da questi senza considerare che di fatto il *lead time* che si verifica potrebbe essere superiore a quello preventivato. Se questo inconveniente si realizza, dopo il ricalcolo giornaliero dell'MRP la nuova quantità da produrre potrebbe essere superiore alla capacità produttiva necessaria per rispettare l'ordine nei tempi richiesti. Questo aspetto non è tuttavia preso in considerazione dall'MRP.

Risulta quindi evidente come, in un contesto come quello odierno, dominato dalla variabilità e da previsioni poco accurate, l'MRP non risulti particolarmente efficiente, a maggior ragione se si considera il fatto che l'MRP ragiona a capacità infinita. Sulla base di questa premessa, anche grazie all'incremento graduale

della capacità computazionale dei computer, nei primi anni '80 nacque il *Manufacturing Resource Planning (MRP II)*, principalmente al fine di risolvere il problema della capacità infinita. L'*MRP II*, anch'esso operante sulla base dell'*MPS* che ne costituisce un modulo, tiene conto dei vincoli di capacità, in termini di disponibilità delle macchine e manodopera, e dei cicli di lavorazione. Le logiche di funzionamento dell'*MRP* sono le stesse, ma sull'output del calcolo è effettuata l'analisi *CRP (Capacity Requirements Planning)*; in caso di violazione dei vincoli di capacità, il *CRP* fa in modo che l'*MPS* sia ricalcolata od eventualmente ottimizza il carico assegnato alle risorse tramite un algoritmo che considera la capacità delle risorse stesse, l'*RCCP (Rough Cut Capacity Planning)*. Con l'ulteriore integrazione di informazioni derivanti da differenti funzioni aziendali (quali vendite, gestione del magazzino, contabilità, finanza, ecc.) all'interno dell'*MRP II*, si è nei primi anni '90 passati ad una metodologia per la gestione di tutta l'organizzazione aziendale, chiamata *Enterprise Resource Planning (ERP)*. Si noti che, nonostante negli anni siano stati aggiunti all'*MRP* tradizionale dei moduli che ne hanno consentito una più efficiente applicabilità, vista l'integrazione e il supporto di una maggiore quantità di informazioni coinvolte nel processo (quali quelle riguardanti i vincoli di capacità), la logica di funzionamento iniziale e precedentemente descritta è rimasta invariata.

Diretta conseguenza dell'incertezza e delle fluttuazioni della domanda è il verificarsi di un fenomeno chiamato "*Bullwhip effect*", o effetto frusta. L'effetto *bullwhip* è stato così definito dal dizionario APICS [5]:

“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 cause scatenanti dell'effetto bullwhip possono essere riassunte come segue:

- Comunicazione scarsa tra i vari attori della *Supply Chain*: ad esempio un Retailer che osserva un incremento nella domanda cliente, non avvisa per tempo il suo Distributore, che quindi venendo a conoscenza troppo tardi dell'incremento della domanda, ordinerà al Produttore una quantità ancora maggiore, e così via...;
- Fluttuazioni dei prezzi: promozioni e sconti incidono direttamente sulla *Supply Chain* perché generano dei picchi di domanda (per un periodo di tempo più o meno lungo) causando un aumento della variabilità e della fluttuazione della stessa;
- *Lead time* di consegna lunghi o instabili: se i ritardi di consegna sono spesso frequenti, i clienti chiedono più quantità del necessario come protezione o avanzano i loro ordini alla data effettiva necessaria per garantire la fornitura;

Questi fattori, uniti ad altri come le politiche di riordino (*Minimum Order Quantity, MOQ*), hanno come effetto quello di far percepire la domanda cliente agli attori sempre più a monte di una catena logistica, amplificata rispetto a quella che in realtà è la domanda che il rivenditore, ovvero l'attore a valle della catena, effettivamente osserva.

L'effetto *Bullwhip* è fisiologicamente presente nelle catene logistiche, l'unica misura che può essere presa è quella di generare degli ordini sempre più precisi al fine di limitarne l'impatto. L'*MRP* non risulta adatto a tal fine, dal momento che nella generazione degli ordini è intrinseca una dipendenza fra tutti gli ordini generati lungo tutta la filiera. Visto che l'*MRP* è ricalcolato ogni giorno sulla base di una domanda cliente fluttuante e poco affidabile, l'esplosione sulla BOM che il metodo prevede e la presenza del *bullwhip effect* fanno sì che

siano generati ordini tanto più oscillanti quanto è più basso il livello della *supply chain*. La figura 2.1, aiuta graficamente a visualizzare quanto appena detto:

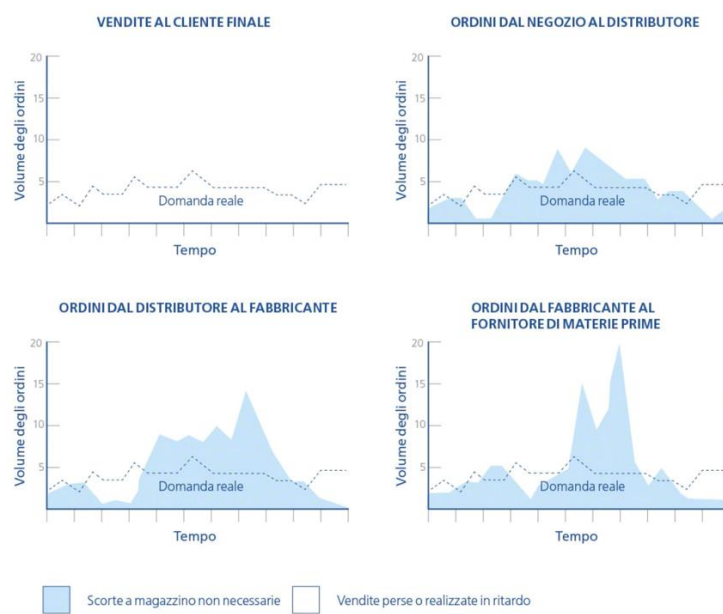


Figura 2.1: Variazione data da effetto Bullwhip;

A dimostrazione di quanto detto finora, si consideri la Figura 2.2 sottostante [4], che rappresenta la quantità di inventario.

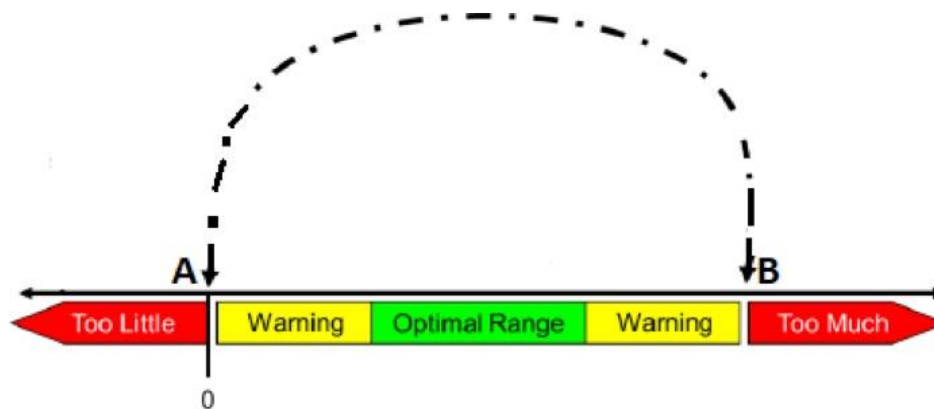


Figura 2.2: Funzione di perdita d'inventario;

In questo schema, si nota come spostandosi da sinistra verso destra, la quantità aumenta, mentre da destra verso sinistra la quantità diminuisce. In particolare sono raffigurati due punti:

- **Punto A:** punto di rischio *stockout*, , ovvero il momento in cui l'azienda ha troppe poche scorte in magazzino, rischiando di non avere più prodotti a magazzino e quindi di avere vendite perse poiché non ha pezzi per soddisfare la domanda. Quando si raggiungono questi livelli, di solito si richiede una fornitura extra;
- **Punto B:** punto di *overstock*, ovvero l'azienda ha troppe scorte tanto da considerarle uno spreco, sia in termini di costo che di spazio occupato.

Sempre con riferimento alla Figura 2.2, colorato di verde, è contrassegnato il *range* ottimo, che rappresenta l'intervallo ottimale di *stock* da avere per ogni *item*. Oltre a ciò, in un'indagine sostenuta tra il 2011 e 2014 dal *Demand Driven Institute*, ha mostrato come, su un campione di 500 aziende di tutto il mondo, l'88% di esse mostrasse come l'inventario segui una distribuzione bimodale nel corso del tempo [4], come mostra la figura seguente:

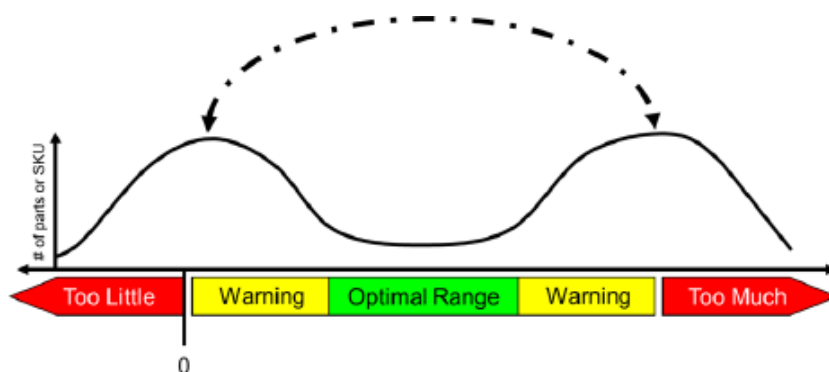


Figura 2.3: Distribuzione bimodale dell'inventario;

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.

Bisogna inoltre considerare che, generalmente, un andamento bimodale del livello di *stock* si verifica per un aggregato di pezzi.

Naturalmente questa situazione per un'azienda non è economicamente conveniente, e alcune delle possibili conseguenze sono esplicitate nella tabella

2.1:

Tabella 2.1: Conseguenza di un livello alto o basso di scorte;

| Livello alto di scorta | Livello basso di scorta |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Maggiore quantità di capitale immobilizzato, tanto maggiore quanto è il valore unitario del prodotto in questione; • Maggiori costi assicurativi delle scorte, tanto maggiore quanto è il valore unitario del prodotto in questione; • Maggiore spazio richiesto per lo stoccaggio dei prodotti; • Margini di guadagno inferiori visti gli sconti sulla quantità che solitamente si concedono per lo smaltimento delle quantità a magazzino. | <ul style="list-style-type: none"> • Il rischio <i>stockout</i>, specialmente nei settori che prevedono numerose operazioni di assemblaggio in cui è richiesta una sincronizzata disponibilità di componenti; • La probabilità di incorrere in penali; • La frequenza con cui si ricorre a trasporti speciali per rispettare i tempi di consegna, che sono sì caratterizzati da <i>lead time</i> inferiori ma ad un prezzo decisamente superiore. |

2.1 MRP vs LEAN

Questa prima parte introduttiva prosegue con un breve richiamo alla famosa *Lean Production*, per poi analizzare come questa può superare alcune criticità del tradizionale MRP.

La *Lean Production* [7], o produzione snella, è una metodologia di gestione aziendale, basata sui criteri adottati in Giappone dal *Toyota Production System* negli anni '50 e affermata globalmente nei primi anni '80. Consiste in un insieme di tecniche da adattare e modulare in riferimento al contesto applicativo, al fine di ottimizzare e incrementare il valore della produttività, mediante un processo di miglioramento continuo (*kaizen*). Il concetto fondamentale su cui si basa la *Lean production* è quello di identificare ed eliminare tutti quegli sprechi (*muda*) che non portano effettivo valore aggiunto al prodotto o più in generale al processo. In letteratura ne vengono nominati sette:

- **Sovrapproduzione:** l'obiettivo finale invece è non produrre più di quanto è richiesto. A questo proposito una delle tecniche operative usate è il *kanban*: ogni risorsa produce solo in relazione al *kanban* di produzione proveniente da quella successiva;
- **Tempo di attesa:** si vuole un processo a flusso continuo e lineare, senza interruzioni;
- **Scorte:** minimizzazione delle scorte a magazzino;
- **Trasporto:** un trasporto efficiente dei materiali;
- **Processi:** non si processa lo stesso prodotto più volte inutilmente;
- **Movimenti:** movimentazione dei materiali agile fra i differenti centri di lavoro;
- **Difetti:** minimizzazione dei difetti di produzione.

L'approccio seguito dalla *Lean* è di tipo pull, ovvero è la domanda che "tira" la produzione. La *Lean Production* è pensata per preservare il flusso continuo, sia

quello dei materiali che quello delle informazioni, all'interno di un sistema; la catena del valore generata dal processo produttivo non deve presentare interruzioni. Le implementazioni delle logiche *Lean* all'interno delle realtà aziendali nascono con lo scopo di superare il metodo di pianificazione formale adottato dall'*MRP*, ritenuto inappropriato al contesto odierno. Tuttavia, dal personale di pianificazione l'approccio *Lean* è considerato troppo semplicistico ai fini della sincronizzazione di un contesto dinamico e complesso come quello odierno, in quanto fornisce visibilità limitata ad ogni buffer [4].

Nonostante siano profondamente differenti, *MRP* e *Lean* perseguono il medesimo obiettivo: preservare il flusso del sistema. Tuttavia, le strade intraprese per farlo differiscono profondamente per tre motivi:

- **Dipendenza/Indipendenza:** se l'*MRP* rende totalmente dipendente e sincronizzata tutta la filiera logistica, la logica *Lean*, mediante l'utilizzo dei *kanban*, fa sì che ogni risorsa sia legata solo al consumo di quella successiva. Le criticità sono generate da un lato dal continuo ricalcolo dell'entità degli ordini a causa della sola variazione della domanda cliente, dall'altro dalla totale assenza di sincronizzazione fra le risorse.
- **Generazione degli ordini:** nell'*MRP* gli ordini sono generati prima dei consumi, nella *Lean* al contrario solo seguentemente visto che si vuole imporre al processo di pianificazione la velocità della domanda cliente.
- **Reattività alle variazioni della domanda:** si è detto come l'efficacia di entrambe le modalità di pianificazione risenta della presenza di rilevanti shock esogeni della domanda cliente. Tuttavia, tramite il ricalcolo giornaliero degli ordini dell'intera filiera, l'*MRP* risulta essere più indicato nel reagire per tempo a queste variazioni, visto l'orizzonte temporale di pianificazione di medio periodo che lo caratterizza. Nella logica *Lean* invece, ogni risorsa ha visibilità solo su quella seguente: una variazione della domanda cliente, cioè a valle della filiera, è percepita da ogni nodo solamente nel momento in cui vi giunge tramite la catena degli ordini di produzione.

3 DDMRP

Il metodo *DDMRP*, è stato introdotto nel 2011 nella terza edizione di *Orlicky's Material Requirements Planning* (Ptak e Smith), come un metodo di pianificazione dei requisiti dei materiali guidati dalla domanda come logica formale alternativa di pianificazione e controllo. Tale metodo punta a rendere la *Supply Chain* più sofisticata ed in grado di reagire tempestivamente alla domanda cliente senza più dover fare uso a nessun metodo di *forecasting*. Il *DDMRP* si sviluppa in cinque punti (Figura 3.1) che verranno dettagliatamente descritti nei prossimi paragrafi:

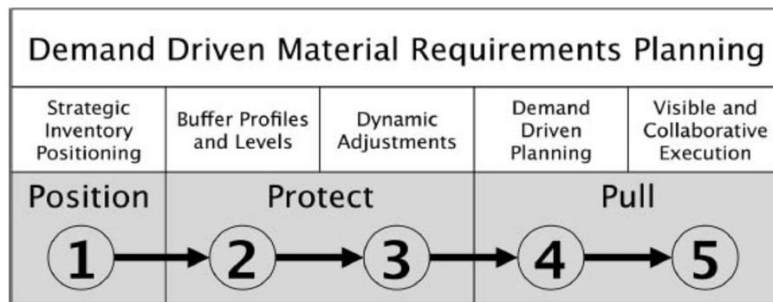


Figura 3.1: I cinque step del DDMRP;

3.1 Posizionamento strategico del Buffer di disaccoppiamento

È stato discusso del fatto che il problema principale dei sistemi di pianificazione attuali è la domanda cliente, in particolare la variabilità associata ad essa, la quale non può essere eliminata in quanto contributo esogeno delle aziende. Ed è proprio qua che interviene il *DDMRP*, il quale lavora seguendo la filosofia del “disaccoppiare”, con l’obiettivo di proteggere e promuovere il flusso di informazioni rilevanti. Il disaccoppiamento consente di ottenere un beneficio bidirezionale: attenua la distorsione del segnale della domanda e la variabilità della continuità della fornitura insita nell’effetto *bullwhip*. Ma questo solleva una domanda: dove dovrebbero essere collocati questi punti di disaccoppiamento all’interno di una catena di fornitura o di un’organizzazione per massimizzare l’efficacia?

Non a caso la scelta di dove posizionare questi buffer risulta essere una scelta strategica poiché; da un lato un numero eccessivo di buffer comporterebbe lo stesso problema che si ha con l'MRP, ovvero un eccessivo livello di scorte e quindi un costo di mantenimento a magazzino elevato anch'esso, dall'altro lato avere pochi buffer aumenterebbe il rischio di *stockout*. A questo proposito sono stati individuati sei fattori chiave che vanno seguiti, ma applicati con le dovute considerazioni in base al contesto aziendale in cui ci si trova, al fine di rispondere correttamente alla domanda di dove posizionare i buffer [3]:

- **Tempo di tolleranza del cliente:** è il tempo che il cliente è disposto ad attendere da quando emette l'ordine a quando gli viene consegnato il prodotto; se è tendente a zero, occorrerà posizionare un buffer quanto più a monte possibile al fine di poterlo consegnare al cliente ogni qual volta lo richieda;
- **Lead Time potenziale di mercato:** è la possibilità di aumentare il prezzo del prodotto in concomitanza con la riduzione del *lead time*. Un esempio esplicativo può essere la riduzione sostanziale del *lead time* di produzione di un nuovo bene immesso sul mercato, così da incrementare le vendite e cavalcare il picco di domanda del mercato;
- **Visibilità dell'orizzonte degli ordini di vendita:** è l'orizzonte in cui si viene tipicamente a conoscenza degli ordini di vendita; maggiore è questo orizzonte, e vicino al tempo di tolleranza del cliente, e meno sarà necessario l'utilizzo dei buffer, in quanto ci si basa solo sulla domanda effettiva e non sulle previsioni;
- **Variabilità esterna:** si divide in variabilità della domanda e dell'offerta. La prima rappresenta il numero di picchi di domanda presenti nel tempo di tolleranza del cliente, quindi, maggiore è questa variabilità e maggiore sarà la necessità di posizionare i buffer nei prodotti finiti. La seconda invece dipende dall'affidabilità dei fornitori: è buona norma inserire buffer negli *item* forniti da terzi così da isolare il sistema da variabilità esterne;

- **Leva e flessibilità dell'inventario:** quando si espone la Distinta Base (*BOM*) di uno o più prodotti finiti, può essere utile posizionare i buffer per quei componenti che sono comuni a più prodotti finiti, o a componenti intermedi anche solo di una stessa *BOM*, al fine di aggregare la domanda e assorbire così parte della variabilità;
- **Protezione delle Operazioni Critiche:** rappresentano punti in cui si hanno problemi di capacità limitata, di qualità o di accumulo di variabilità;

I buffer di disaccoppiamento rappresentano l'aspetto fondamentale del *DDMRP*, considerato che disaccoppiando, ciò che si ottiene, è l'indipendenza tra il tasso di consumo ed il tasso di riordino per tutti quegli *item* ove è previsto un buffer. Questo significa che le oscillazioni degli ordini alle quali il buffer deve far fronte non coinvolge più tutta la catena logistica. Ciò dimostra come i buffer hanno la capacità di assorbire la variabilità, diminuendo la propagazione dell'effetto *Bullwhip* sia lato domanda che lato offerta (figura 3.1.1) [3].

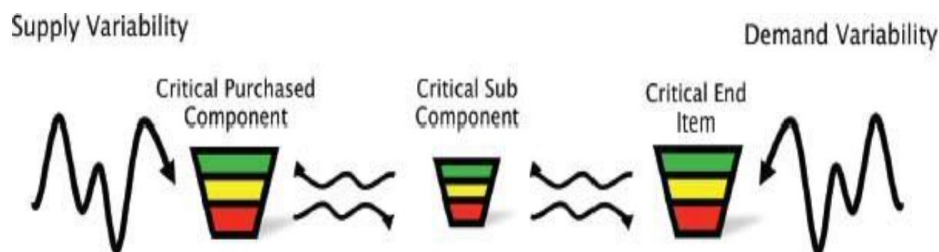


Figura 3.2: Effetto dei buffer di disaccoppiamento sulla propagazione della variabilità;

Il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento è molto importante dal punto di vista strategico, anche perché è responsabile di una variazione dei *lead time*: se, ad esempio, la fabbricazione dei prodotti finiti a partire dai componenti è disaccoppiata dai lunghi *lead time* di fornitura di questi, il tempo di soddisfacimento della domanda cliente è di fatto inferiore e indipendente dai fornitori, poiché nel momento in cui arriva un ordine cliente si hanno già in magazzino i componenti necessari a realizzare il prodotto finito. Questo vuol dire che con un posizionamento strategico dei buffer, potrebbe non essere più

obbligatorio prendere in considerazione il *forecast* della domanda cliente come nel tradizionale *MRP*, ma è possibile servirsi esclusivamente degli ordini di vendita veri e propri per generare gli ordini. Nonostante la domanda cliente sia comunque soggetta a fluttuazioni, questo è sicuramente un buon passo in avanti nel cercare di controllare la variabilità del mercato. È proprio dalla volontà di servirsi solo della domanda cliente che proviene il nome “*Demand Driven*” *MRP*.

Ed è proprio a questo proposito che con l'introduzione dei buffer di disaccoppiamento, “nasce” un nuovo *lead time*, il *Decoupled Lead Time (DLT)*. Prima, però, di spiegare in cosa consiste e come si calcola il *DLT*, è bene soffermarsi sui *lead time* che fino ad ora venivano presi in considerazione dall'*MRP* per generare degli ordini, definiti secondo *APICS [4]*:

- ***Lead time di acquisto***: il tempo totale necessario per ottenere un articolo acquistato. Sono inclusi i tempi di preparazione e rilascio dell'ordine, i tempi di consegna al fornitore, i tempi di trasporto e i tempi di ricezione, ispezione e messa a disposizione;
- ***Lead time di produzione***: il tempo totale necessario per la produzione di un articolo, escluso il *lead time* di acquisto di livello inferiore. Per i prodotti *make to order (MTO)*, è il tempo che intercorre tra il rilascio di un ordine al processo produttivo e la spedizione al cliente finale. Per i prodotti *make to stock (MTS)*, è il tempo che intercorre tra il rilascio di un ordine al processo produttivo e il ricevimento in magazzino. Sono inclusi il tempo di preparazione dell'ordine, il tempo di coda, il tempo di allestimento, il tempo di esecuzione, il tempo di movimentazione, il tempo di ispezione e il tempo di messa a riposo;
- ***Lead time cumulativo***: il tempo più lungo pianificato per realizzare l'attività in questione. Si ottiene esaminando il *lead time* per ogni percorso della distinta base sotto l'articolo; il percorso che somma il numero maggiore definisce il *lead time* cumulativo;

Riguardo al *lead time* cumulativo, segue una figura (Figura 3.3), al fine di comprendere meglio di cosa sia [3].

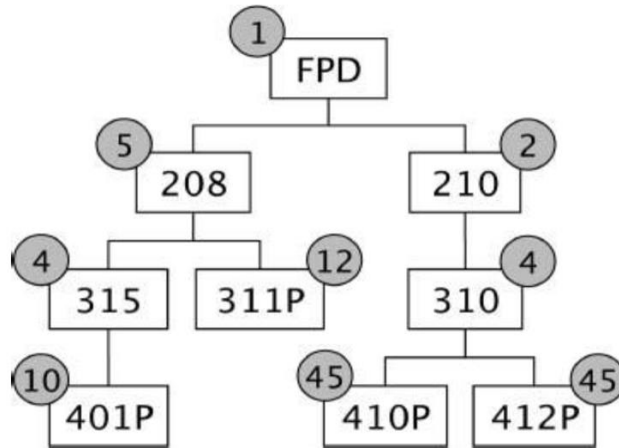


Figura 3.3: Bill of Material di FPD;

Considerando le definizioni dei vari tempi appena descritte, per il prodotto finito FPD il suo *lead time* di produzione è 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 3.4 [3], si nota come il DLT passi da 52 a 7 giorni, ovvero sommando i tempi di produzione di 310, 210 e del prodotto finito FPD.

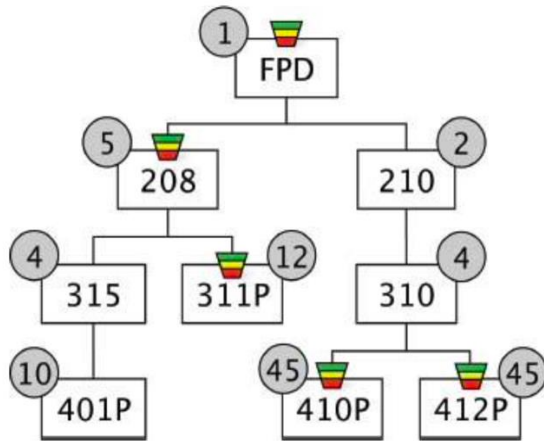


Figura 3.4: Posizionamento buffer di disaccoppiamento per FPD;

In riferimento al libro *Demand Driven Material Requirements* di Ptak e Smith, il DLT è definito come [3]:

“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.

3.2 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 consentendole 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;

Considerando la Figura 3.1, una volta scelto strategicamente dove posizionare i buffer, il secondo *step* consiste nel dimensionarli. Il buffer di disaccoppiamento è dimensionato sulla base delle tre zone che lo compone (Figura 3.5):

Ogni zona svolge una funzione diversa:

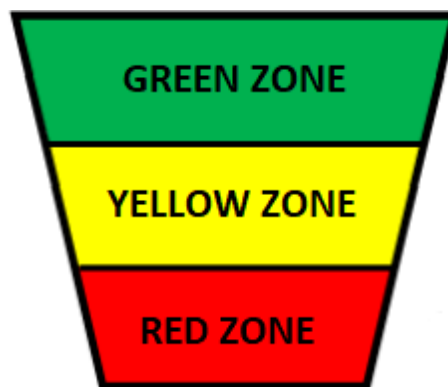


Figura 3.5: Zone del buffer di disaccoppiamento;

Ogni zona svolge una funzione diversa:

- **Green Zone:** è responsabile della dimensione dell'ordine generato e della frequenza media di emissione;
- **Yellow Zone:** ha il compito di garantire la copertura di *stock* nel periodo in cui le quantità ordinate sono in transito;
- **Red Zone:** è la zona che, nonostante la sostanziale differenza nel principio di funzionamento, consegue il fine della scorta di sicurezza tradizionalmente conosciuta. Essa infatti ha il compito di assorbire picchi di domanda inattesi: maggiore è la variabilità associata al prodotto in questione, più estesa sarà la *Red Zone*;

Naturalmente, la somma delle tre zone rappresenta il livello del buffer di disaccoppiamento. L'esecuzione dei calcoli, per ogni zona, avviene tramite una combinazione di assegnazione dei, cosiddetti, profili di buffer e di attributi di parti individuali. Un profilo di buffer è un raggruppamento di pezzi con caratteristiche simili, da non confondere però con il concetto tradizionale di famiglia di prodotti, la quale raggruppa tutti quegli *item* che presentano caratteristiche simili dal punto di vista fisico o di mercato di riferimento. Sono tre i fattori che definiscono uno stesso profilo di buffer, *Part Type*, *Lead Time Category*, *Variability Category*. Dopo aver spiegato i componenti del profilo buffer, si continuerà con la trattazione delle altre componenti che servono al dimensionamento del buffer di disaccoppiamento.

3.2.1 Part Type

Indica la tipologia di componente considerato, che a sua volta si suddivide in:

- ***Manufactured (M)***: prodotto dall'azienda;
- ***Purchased (P)***: acquistato da terzi;
- ***Distributed (D)***: spedito all'interno dell'azienda da un plant all'altro;

I motivi per cui viene effettuata questa classificazione sono legati, sia ad un fattore di responsabilità poiché magari diversi tipi di articoli sono gestiti da diverse divisioni dell'azienda (produzione, acquisti, trasporti), sia perché in base al *part type* sono attribuiti dei fattori al *Lead time* ed alla variabilità. Va precisato che questa classificazione non è ferrea ma, in base al contesto in cui si opera, potrebbero essere definite altre categorie.

3.2.2 Lead Time Category

È generalmente suddivisa in tre categorie; Corto, Medio, Lungo. La categoria a cui il *lead time* di un *item* appartiene deve, però, essere confrontata con il *part type* di riferimento. Questo perché verrà assegnato un fattore numerico

correttivo, il *Lead Time Factor*, il quale risentirà dell'influenza della categoria a cui appartiene l'*item*. Questa dipendenza tra *Part type* e *Lead time*, con i corrispettivi *Lead time factor*, è mostrata nella tabella 3.1[3].

Tabella 3.1: *Lead Time Factor* in relazione a *Lead Time Category* e *part Type*;

| 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% |

Dalla tabella si nota come al crescere del *lead time*, il *Lead Time Factor* decresce. Questo fattore è responsabile del dimensionamento sia della *Green Zone*, che della *Red Zone*. La *Green Zone* è ormai nota per essere responsabile della dimensione dell'ordine e della frequenza media di riordino, quindi, un *Lead Time Factor* piccolo determina ordini più frequenti ma di minor entità. Questa logica è perfettamente affine all'obiettivo del DDMRP di mantenere costante il flusso informativo e fisico. Se ad esempio, quindi, una materia prima ha un *lead time* di acquisto lungo, la logica con cui questa verrà rifornita sarà a lotti piccoli ordinati frequentemente. La *Red Zone*, al contrario, diminuisce proporzionalmente alla diminuzione del *Lead Time Factor*, perché quei prodotti che hanno *lead time* lungo essendo ordinati più frequentemente, presentano delle scorte di sicurezza minori.

3.2.3 Variability

Anche questa, suddivisa in tre categorie; Bassa (*Low*), Media (*Medium*), Alta (*High*). Ugualmente in questo caso viene assegnato un fattore ad ogni prodotto un fattore numerico, il *Variability Factor*, in base alla variabilità che si associa a quel prodotto. Bisogna, però, fare 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, questo perché:

- 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*. Senza scendere nei dettagli di come viene calcolato il *Vendor Rating*, la variabilità del fornitore può essere classificata in:
 - **Bassa variabilità di fornitura:** vi sono multipli fornitori, quindi il rischio di non ricevere la merce diminuisce;
 - **Media variabilità di fornitura:** quando occasionalmente sono presenti interruzioni;
 - **Alta variabilità di fornitura:** quando sono presenti numerose interruzioni nella fornitura;
- Per i prodotti venduti al cliente finale, la variabilità si riferisce ai picchi di domanda che si verificano in un certo orizzonte temporale e la frequenza con cui questi picchi si verificano. In questo caso avremo:
 - **Bassa variabilità di domanda:** domanda stabile nel tempo;
 - **Media variabilità di domanda:** picchi di domanda occasionali;
 - **Alta variabilità di domanda:** picchi di domanda frequenti;

Come detto poco sopra, 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, poiché è responsabile del dimensionamento di una delle componenti che dimensiona la *Red Zone*, la *Red Safety* [3], che quindi sarà dimensionata tanto più grande, tanto sarà maggiore la variabilità.

Tabella 3.2: Variability Factor;

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

3.2.4 Average Daily Usage

Generalmente indicato con l'acronimo *ADU*, rappresenta il consumo medio giornaliero calcolato su un orizzonte temporale definito. Il calcolo è effettuato in ogni istante di tempo e, per ogni *time bucket*, sulla base di questi calcoli, è dimensionato il buffer di disaccoppiamento. Infatti, l'*ADU* è responsabile del calcolo di tutte e tre le zone che compongono l'intero buffer: *Green Zone*, *Yellow Zone*, *Red Zone*. Per eseguire il calcolo dell'*ADU*, bisogna, dapprima, effettuare diverse considerazioni che influiscono sul calcolo dell'*ADU* stesso:

1. **Frequenza di aggiornamento:** è importante che non intercorra troppo tempo tra gli aggiornamenti dell'*ADU*, poiché, più è lungo questo lasso di tempo, più l'*ADU* diventa discontinuo. Una discontinuità dell'*ADU* comporterebbe un'altrettanta discontinuità nel flusso, causando variabilità nel sistema. Generalmente, la frequenza di aggiornamento risulta essere giornaliera, in linea con le logiche aziendali. A differenza dell'MRP tradizionale, dove una frequenza di ricalcolo frequente aumenta il nervosismo del sistema, nel DDMRP, al contrario, un aggiornamento frequente rende il sistema più stabile.

2. **Lunghezza dell'orizzonte temporale:** l'*ADU* corrisponde ad un tasso di utilizzo, ed è calcolato come la media dei volumi di prodotto che, per ogni *time bucket*, si sono consumati o si prospetta di consumare, nel caso di orizzonte temporale futuro. Si deve quindi stabilire su che orizzonte andare a calcolare l'*ADU*. In caso di orizzonte breve, l'*ADU* sarà reattivo alla variazione della domanda, mentre su un orizzonte lungo l'*ADU* risulterà più stabile. La scelta della lunghezza dell'orizzonte temporale dipende dal contesto applicativo, e dal come si vuole che l'*ADU* si comporti rispetto alla domanda.
3. **Natura dell'orizzonte temporale:** bisogna stabilire su che orizzonte effettuare il calcolo dell'*ADU*:
- **Orizzonte passato:** in questo caso l'*ADU* è calcolato sulla base dei volumi storici consumati. Generalmente, si usa questo metodo quando la domanda è stabile nel tempo;
 - **Orizzonte futuro:** questo metodo è adatto in quei contesti dove la domanda presenta fluttuazioni, quindi non è certo che segua il trend del passato, o nei casi in cui non sono presenti dati storici relativi a quell'*item* (in fase di lancio o in fase di modifica strutturale dell'*item* stesso). È consigliato questo approccio, anche in presenza di stagionalità della domanda, dove un orizzonte futuro abbastanza lungo permetterebbe un calcolo dell'*ADU* reattivo, e quindi di dimensionare correttamente il buffer di disaccoppiamento. Va specificato il fatto che quando si usano gli orizzonti futuri, è possibile dover utilizzare le previsioni di domanda. Ciò però non risulta essere un problema, poiché le previsioni non vengono direttamente usate per l'emissione degli ordini, ma solo per dimensionare le varie zone del buffer di disaccoppiamento.
 - **Orizzonte misto:** indica un ibrido tra i due approcci precedenti, dove eventualmente si può dare un peso differente al periodo passato e futuro.

Il *DDMRP* consente inoltre di applicare dei fattori moltiplicativi all'*ADU*, utili soprattutto in contesti caratterizzati da stagionalità o trend discontinui. Tali fattori, chiamati *Demand Adjustment Factor (DAF)*, possono essere calcolati analizzando i dati storici al fine di dimensionare l'*ADU* in tempo al fine di evitare *overstock* o *stockout*. Di solito, i *DAF* vengono usati nel caso in cui l'*ADU* è calcolato usando dati passati, in quanto calcolando l'*ADU* su un orizzonte futuro una eventuale stagionalità è, naturalmente, ingobblata.

3.2.5 Green Zone, Yellow Zone e Red Zone

Come introdotto precedentemente, l'*ADU* è fondamentale al fine di dimensionare correttamente le tre zone che compongono il buffer di disaccoppiamento. In particolare, le tre zone verranno calcolate come:

- **Green Zone:** è responsabile dell'entità degli ordini generati e della frequenza con cui sono emessi. Il calcolo della zona è dipendente, per ogni *time bucket*, dal calcolo della *Green Zone* seguendo tre differenti opzioni. È calcolata come il massimo tra:

$$1. \quad GZ_{IOC}(t) = ADU(t) * IOC \quad (3.1)$$

$$2. \quad GZ_{DOC}(t) = ADU(t) * DOC \quad (3.2)$$

Dove *IOC (Imposed Order Cycle)* e *DOC (Desired Order Cycle)* indicano rispettivamente il numero di giorni imposti o desiderati tra un ordine ed un altro.

$$3. \quad GZ_{LT}(t) = ADU(t) * DLT * Lead\ Time\ factor \quad (3.3)$$

4. *Minimum Order Quantity (MOQ)* = rappresenta la quantità minima ordinabile.

La *Green Zone*, per ogni *time bucket*, sarà quindi calcolata come:

$$Green\ Zone(t) = Max\{GZ_{IOC}(t)/GZ_{DOC}(t); GZ_{LT}(t); MOQ\} \quad (3.4)$$

- **Yellow Zone:** è responsabile della copertura durante il periodo di DLT, cioè per il periodo che intercorre da quando è emesso l'ordine al buffer di disaccoppiamento precedente a quando questo giunge a destinazione. È calcolata come:

$$Yellow\ Zone(t) = ADU(t) * DLT \quad (3.5)$$

- **Red Zone:** è la copertura di sicurezza del buffer necessaria a garantire il livello di servizio anche a fronte di eventi inaspettati quali picchi di domanda e variabilità nei *lead time* di fornitura. È calcolata, come somma di due parti:

1. $Red\ Base(t) = ADU(t) * DLT * Lead\ Time\ factor \quad (3.6)$

2. $Red\ Safety(t) = Red\ Base(t) * Variability\ Factor \quad (3.7)$

Si avrà quindi che:

$$Red\ Zone(t) = Red\ Base(t) + Red\ Safety(t) \quad (3.8)$$

Possono, a questo punto, essere definite le varie soglie che delimitano ogni zona del buffer:

- **Top of Green (TOG):** è l'estremo superiore del buffer, ed è calcolato come:

$$TOG(t) = Green\ Zone(t) + Yellow\ Zone(t) + Red\ Zone(t) \quad (3.9)$$

- **Top of Yellow (TOY):** è il livello del buffer che separa la *Yellow Zone* dalla *Green Zone* ed è calcolato come:

$$TOY(t) = Yellow\ zone(t) + Red\ Zone(t) \quad (3.10)$$

- *Top of Red (TOR)*: è il livello del buffer che separa la *Yellow Zone* dalla *Red Zone* ed è calcolato come:

$$TOR(t) = Red\ Zone(t) \quad (3.11)$$

3.3 Dinamic Adjustment

Anche qua, per le varie zone del buffer di disaccoppiamento, così come visto per la domanda, è prevista la possibilità di “aggiustarle”, ovvero modificarle al fine di rispondere a dei cambiamenti esogeni e/o endogeni particolari. L’aggiustamento dinamico, in base alla zona a cui si applica, prende il nome di:

- ***Green Zone Adjustment Factor (GZAF)***: mediante questo fattore si può espandere o limitare la *Green Zone* in ogni *time bucket*, al fine di aumentare l’entità degli ordini e ridurre la frequenza o viceversa. Questa operazione può essere effettuata per esempio in presenza di particolari vincoli di capacità, così da permettere una più efficiente ripartizione delle risorse produttive aziendali.
- ***Yellow Zone Adjustment Factor (YZAF)***: mediante questo fattore è possibile dimensionare la *Yellow Zone* in ogni *time bucket*, al fine di considerare eventuali variazioni, riduzione o aumento, dei lead time di fornitura o di produzione. Se per esempio un canale distributivo ha subito imprevisto, aumentare la *Yellow Zone* può tenere conto del momentaneo aumento del DLT associato al buffer.
- ***Red Zone Adjustment Factor (RZAF)***: mediante questo fattore è possibile dimensionare la *Red Zone* in ogni *time bucket*, così da incorrere in situazioni di *stockout* in periodi particolarmente caratterizzati da variabilità della domanda o di fornitura.

3.4 Demand Driven Planning

Passo ulteriore previsto dal DDMRP, è il processo di pianificazione degli ordini. In questo capitolo sarà 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.

3.4.1 Net Flow Position

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 []:

$$Net\ Flow\ Position(t) = On - Hand(t) + On - Order(t) - Qualified\ Demand(t) \quad (3.12)$$

Essa dunque mette in relazione quante scorte effettivamente è disponibile a magazzino (*On-hand*), con quanto è in transito verso di esso (*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. Questa componente verrà dettagliatamente spiegata nella sezione successiva 3.4.2.

3.4.2 Qualified Demand

La *Qualified Demand* è definita come la somma della domanda del *time bucket* attuale e la quantità di eventuali picchi di domanda, presenti in un orizzonte temporale futuro nominato *Spike Horizon*. Questo è sempre calcolato come:

$$Spike\ Horizon = DLT + 1 \quad (3.13)$$

La spiegazione è semplice: se all'interno di questo orizzonte temporale è rilevato un picco di domanda, il buffer ha il tempo di emettere un ordine che

riesca per tempo a giungere a destinazione ed evitare così possibili situazioni di *stockout*. Per quanto riguarda la definizione di “picco di domanda”, è necessario definire quella che in letteratura è chiamata *Order Spike Threshold*. Questa è la soglia al di sopra della quale, nell’orizzonte temporale *Spike Horizon*, la quantità di una domanda cliente futura è considerata un picco di domanda e dunque conteggiata all’interno della *Qualified Demand*. È importante ricordarsi che tutti questi calcoli vanno eseguiti per ogni *part number*. Vi sono tre diversi modi per valutare la *Order Spike Threshold*:

$$1. \text{ OST } (t) = \text{ Order Spike Threshold } (t) = \text{ Red Base } (t) \quad (3.14)$$

$$2. \text{ OST } (t) = \text{ Order Spike Threshold } (t) = 0,5 * \text{ Red Zone } (t) \quad (3.15)$$

$$3. \text{ OST } (t) = \text{ Order Spike Threshold } (t) = 3 * \text{ ADU } (t) \quad (3.16)$$

Non è possibile fissare a priori una soglia ottimale per ogni *part number*, anche perchè le proporzioni fra le differenti soglie variano al variare di altri parametri (per esempio la *Red Zone* dipende dal *Variability Factor* assegnato e dalla *Red Base*, che dipende a sua volta dal *DLT* e dal *Lead Time Factor*). Di solito però, il più usato tra i tre è il secondo, poiché più conservativo, generando così degli ordini più alti e, di conseguenza, un inventario più alto.

Una domanda che potrebbe sorgere è: perchè all’interno della *Qualified Demand* non è presa in considerazione tutta la domanda cliente disponibile? Il soddisfacimento di tale domanda è incluso nel dimensionamento del buffer grazie al calcolo dell’*ADU*. Se la domanda futura è dunque in linea con l’*ADU* non c’è alcun bisogno di sottrarla una seconda volta alla *Net Flow Position*; gli unici ordini da tenere in considerazione sono gli eventuali picchi di domanda nell’orizzonte *Spike Horizon*. Infatti, se questi non fossero anticipati per tempo potrebbero verificarsi situazioni di *stockout*, nel tentativo di soddisfarli appena richiesto, o brusche variazioni della *Net Flow Position*.

3.4.3 Generazione degli ordini

Una volta definito la *Net Flow Position*, l'ordine viene generato nel momento in cui, in un dato *time bucket*, la *Net Flow Position* scende sotto la *TOY*. La dimensione dell'ordine generato sarà tale da riportare il valore della *Net Flow Position* pari al *TOG*. A titolo di esempio, è riportata la Figura 3.6.

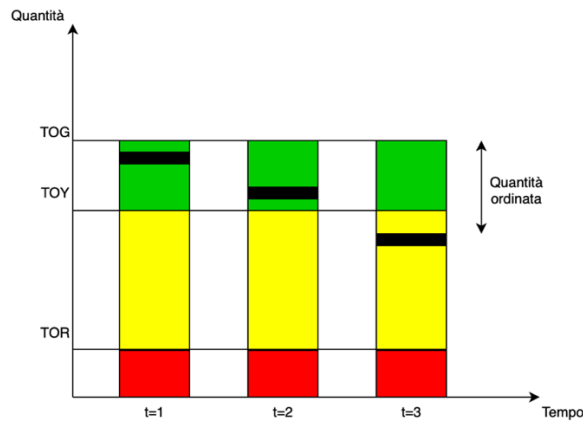


Figura 3.6: Logica di riordino del DDMRP;

Come si evince dalla figura, 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 al *TOG*.

Altro elemento aggiunto dal DDMRP, è l'introduzione della *Planning Priority*, generalmente calcolata come:

$$Planning\ Priority = \frac{Net\ Flow\ Position}{TOG} \quad (3.17)$$

Questo valore, espresso come percentuale, permette facilmente di individuare, per ogni *time bucket*, la posizione della *Net Flow Position* rispetto la *TOG*, e a seconda del valore assunto dalla *Net Flow Position*, la percentuale è colorata dello stesso colore di una delle tre zone in cui si trova. Questo metodo visivo, oltre che essere utile per capire a che livello si trova la *Net Flow Position*, permette di determinare il grado di urgenza per tutti quei componenti che necessitano dell'emissione di un ordine. Ovviamente più la percentuale è

bassa (e il colore passa da giallo a rosso ad esempio), tanto più emettere un ordine diventa urgente.

La logica *DDMRP* prevede che solamente i buffer di disaccoppiamento generino un ordine, sulla base della *Net Flow Position* rispetto alla *TOY*, come già ampiamente discusso in precedenza. Gli ordini, quindi, si propagano lungo la filiera tramite i buffer di disaccoppiamento che, quando necessario, richiedono a quelli precedenti (inteso come quel buffer che nella *BOM* è nel livello immediatamente sotto) di spedire o produrre la quantità necessaria. Per i buffer a valle della filiera logistica (inteso come i buffer che nei livelli sopra non hanno alcun altro buffer), il consumo del prodotto, responsabile della progressiva diminuzione della *Net Flow Position*, coincide con la domanda cliente, mentre per tutti gli altri buffer, il consumo è invece determinato dalle quantità che il buffer di disaccoppiamento al livello superiore della filiera e collegato ordina. Questo aspetto del *DDMRP* prende il nome di *Decoupled Explosion*. Per capire meglio questo concetto, è riportata la Figura 3.7 [3], che mette a paragone la tradizionale “esplosione dei requisiti” dell’*MRP* con l’“esplosione disaccoppiata” del *DDMRP*.

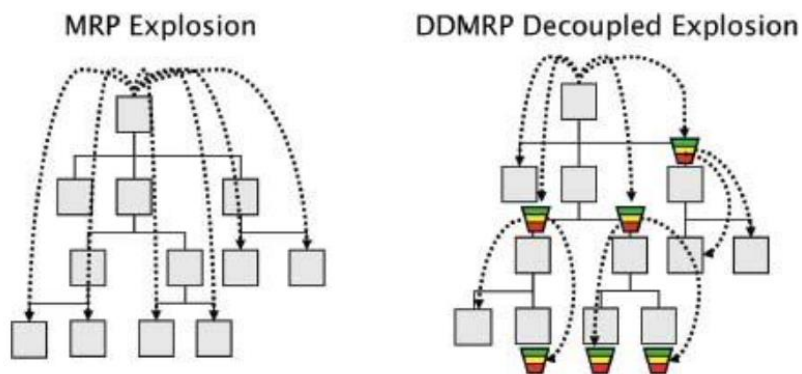


Figura 3.7: Differenza di esplosione tra MRP e DDMRP;

A sinistra è rappresentato l'*MRP* convenzionale, in cui qualsiasi domanda al livello superiore è in genere guidata fino al livello di acquisto e proiettata nel futuro. Esistono alcune eccezioni a questa regola, ad esempio, l'*MRP* arresta l'esplosione all'interno di una particolare tratta se le scorte disponibili sono sufficienti a coprire il fabbisogno in quel periodo di tempo. Questo evento,

tuttavia, è più un caso fortuito che un vero e proprio piano. Tende a verificarsi solo se rimangono scorte residue a causa di cambiamenti di programma o di differenze tra gli ordini. È importante ricordare che l'MRP, fondamentalmente, vuole azzerare tutte le posizioni con un saldo disponibile proiettato (per le posizioni con scorte di sicurezza, il livello delle scorte di sicurezza è il nuovo livello zero). Il DDMRP invece, come accennato sopra, utilizza l'esplosione disaccoppiata, la quale è una caratteristica fondamentale del DDMRP. Il termine di per se può risultare un ossimoro, poiché implica una "dipendenza indipendente". Vi è una dipendenza tra i buffer in quanto gli ordini di uno (al livello superiore) rappresentano gli ordini di un altro (al livello inferiore). C'è però indipendenza tra i vari buffer per quanto riguarda l'emissione degli ordini e il dimensionamento.

Dalla spiegazione della *Decoupled Explosion* si può comprendere il perché del nome "*Demand Driven*" MRP. Gli ordini si propagano lungo tutta la filiera logistica dipendentemente dalla sola domanda cliente che consuma i buffer di disaccoppiamento più a contatto con il cliente. Le richieste del cliente fanno sì che le *Net Flow Position* di questi buffer di disaccoppiamento si riducano e, una volta entrata nella *Yellow Zone*, che siano generati gli ordini ai buffer precedenti.

3.5 Demand Driven Execution

La *Demand Driven Planning* termina nel momento in cui l'ordine generato dal buffer di disaccoppiamento è approvato, successivamente l'ordine diventa aperto (ordine di acquisto, produzione o trasferimento). La gestione degli ordini aperti apre alla fase di esecuzione del DDMRP, ovvero la *Demand Driven Execution*. La fase di esecuzione comprende due punti principali: avvisi sullo stato del buffer e sincronizzazione. Gli avvisi sullo stato del buffer sono a loro volta suddivisi in due categorie:

- **Current On-Hand Alert:** questo allarme mostra quali pezzi sono ad alto rischio *stockout*, in base al livello delle scorte rispetto alle tre zone del buffer, esclusivamente guardando l'*On-Hand*, è necessario un ordine immediato;
- **Projected On-Hand Alert:** questo allarme mostra la posizione dell'*On-hand* nel futuro così da anticipare un eventuale problema.

Per quanto riguarda la sincronizzazione, come già detto nel paragrafo precedente, i buffer di disaccoppiamento sono dipendenti l'uno dall'altro, mantenere quindi sincronizzati i vari buffer, permette alla variabilità di non propagarsi lungo tutta la filiera. In particolare, la sincronizzazione anch'essa può essere divisa in due categorie:

- **Material Synchronization Alerts:** questi allarmi mostrano carenze di fornitura rispetto ad allocazioni della domanda conosciuta; questi allarmi servono per mostrare ai pianificatori i fattori che hanno fatto scattare l'allarme ma anche quelli che potrebbero porvi rimedio.
- **Lead Time Alert:** questo è un allarme per *item* strategici privi di buffer; si tratta di pezzi che non hanno volumi sufficienti da richiedere delle scorte ma che possono creare problemi di sincronizzazione quando sono richiesti. Si parla, ad esempio, di fornitori problematici o di forniture provenienti da particolari aree geografiche. Questi allarmi vengono utilizzati per controllare lo stato di criticità di un pezzo, primache sorgano problemi di sincronizzazione.

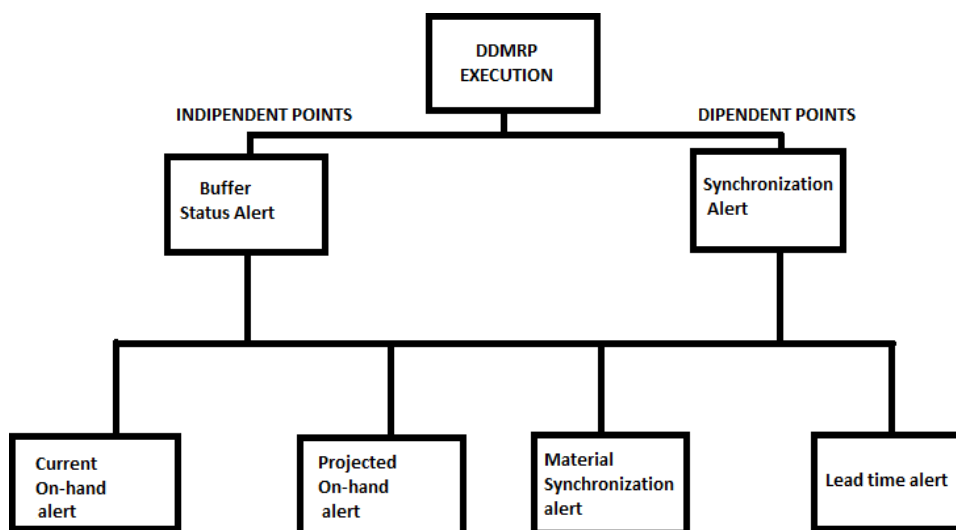


Figura 3.8: Allarmi della fase di Esecuzione del DDMRP;

L'On-Hand Position, è comparato a degli intervalli, che insieme compongono il *buffer alert*, assunti sempre dal buffer di disaccoppiamento che possono essere facilmente calcolati, al fine di capire se lo *stock* presente a magazzino risulta essere nell'intervallo ottimo, oppure si è in una condizione o di *understock* o di *overstock*. In realtà, questi *range* sono stati introdotti nel capitolo 2. L'*Optimal Range* è calcolato come:

$$\text{Optimal Range} = [\text{Top of Red}; \text{Top of Red} + \text{Green Zone}] \quad (3.18)$$

Se ci si trova in una situazione di *understock* o di *overstock*, ci sono altri due intervalli che, per entrambi i casi, possono essere calcolati. Se si è leggermente fuori l'intervallo ottimo in caso di *understock* si avrà la cosiddetta *Low Yellow*. Se invece ci si trova in una condizione peggiore, ovvero siamo nella parte finale della *Red Zone* dove il rischio *stockout* è alto, la zona prenderà il nome di *Low Red*. *Low Yellow* e *Low Red* sono zone ricavate all'interno della *Red Zone*, e quindi variano al variare della *Red Zone* stessa.

Ragionamento analogo è fatto nel caso di *overstock*, ma gli intervalli prendono il nome di *High Yellow* e *High Red*. Così come le tre zone del buffer sono generalmente associate ad un colore, così anche gli intervalli sopra citati

generalmente vengono colorati per facilitare i pianificatori nella distinzione di quei *part number* che necessitano di particolare attenzione, in un preciso *time bucket*. La Figura 3.9 mostra quanto appena detto.

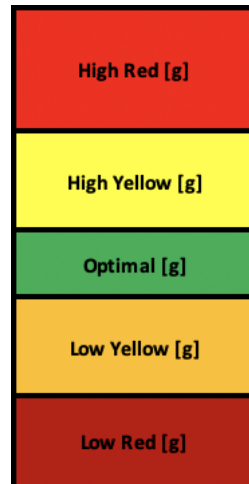


Figura 3.9: Zone del buffer alert;

Alla stregua del calcolo del *Planning Priority* della fase di *Planning*, nella fase di *Execution* è calcolato per ogni *time bucket* lo Status del buffer, ottenuto come il rapporto fra l'*On-Hand* (t) e il *TOR* (t). Nei display della fase di *Execution*, questa percentuale è generalmente colorata dello stesso colore della zona in cui si trova l'*On-Hand*. Lo Status è un espediente che serve, grazie al colore, a capire immediatamente qual è la situazione dei buffer, e tramite la percentuale per capire quali sono i buffer su cui è più urgente concentrarsi ed eventualmente agire. Assegnare una dimensione quantitativa alla priorità di rifornimento di un prodotto significa avere la facoltà di ordinare numericamente i casi di emergenza di differenti prodotti. Nei casi di *understock*, tanto più basso è il valore dello Status tanto più velocemente è necessario intervenire, per esempio emettendo prontamente degli ordini straordinari atti a far fronte a situazioni di emergenza. Se è il caso di prodotti di fornitura si può pensare di effettuare trasporti più veloci (tramite aereo e non nave per esempio); se è il caso di prodotti da fabbricare, dare priorità al ciclo di lavorazione.

Generalmente appena l'*On-Hand Position* entra a fare parte della zona *Low Red*,

è prevista dal sistema informativo gestionale la generazione di un alert con il compito di segnalare al personale del reparto logistica una possibile situazione critica.

4. Un'applicazione reale: MISTA S.P.A

Spiegata la teoria e la logica che stanno dietro al DDMRP, grazie alla collaborazione di Sorma S.p.A, si è deciso di verificarne l'efficacia effettuando una simulazione usando come azienda "campione" uno dei clienti di Sorma, e cioè Mista S.p.A. Prima di proseguire con la spiegazione dei prodotti scelti per la simulazione, si vuole introdurre brevemente sia la realtà Sorma che Mista. Sorma nasce nel 1980 come società di consulenza con lo scopo di coniugare due anime, quella organizzativa e quella informatica, nell'ambito di un unico progetto aziendale. Con questo obiettivo sviluppa ed implementa Sigip, oggi Si5, un sistema ERP ad alto contenuto organizzativo in grado di garantire un effettivo vantaggio competitivo ai propri clienti aiutando l'impresa a migliorare i processi gestionali e l'organizzazione supportando, contemporaneamente, sia la gestione operativa che le decisioni strategiche. Il progetto è segnato da significativi risultati rappresentati dalla soddisfazione di importanti clienti in complesse realtà internazionali. Grazie ai propri clienti SORMA è diventata una solida realtà italiana che si è imposta anche sul mercato internazionale. Dal 2019 Sorma entra a far parte del Gruppo Centro Paghe.

La missione di Sorma è la realizzazione di progetti di sistemi informativi per aziende in ambito nazionale e internazionale mediante l'impiego del proprio software ERP Si5. Sorma si caratterizza, inoltre, per l'impiego di una metodologia operativa in grado di assicurare interventi mirati sulle reali problematiche aziendali, permettendo di vestire con un abito su misura l'impresa del cliente, pur salvaguardando l'integrità e la coerenza del prodotto standard. La grande specializzazione dei sottosistemi preposti alla gestione della produzione e della logistica dei materiali permette di rispondere con grande efficacia alle problematiche particolarmente sofisticate presenti nelle aziende multi societarie e multi stabilimento nelle quali, spesso, è necessaria una gestione integrata di tutti i flussi (dei materiali e procedurali) tra i differenti plants. Sono disponibili moduli integrati per la gestione di tutti i flussi

telematici con i clienti e con i fornitori basati sui protocolli EDI più diffusi ma anche con tecnologia WEB (portale Clienti e Fornitori). Il software ERP Si5 per le imprese manifatturiere è installato in 26 paesi e disponibile in 14 lingue. Sorma è presente con il software ERP Si5 nei settori come: auto, aeronautico, macchine utensili, componentistica elettronica, farmaceutico e biomedicale, elettrodomestici con produzioni a flusso a lotti e a commessa.

Ed è proprio su uno dei clienti di Sorma, Mista, che si è deciso di valutare l'efficacia del metodo DDMRP. MISTA nasce nel 1971 anno in cui inizia la sua attività con la produzione per Cavis, società dell'indotto Fiat. Negli anni '80 e '90 Mista sviluppa la produzione di contatti elettrici tranciati con pastiglie di argento saldate o rivettate. Questi prodotti sono utilizzati in molti componenti per elettrodomestici: dai termostati per frigoriferi e boiler, ai pressostati, agli interruttori, alle valvole e pompe. Con l'acquisizione di Fire nel 1982 Mista sviluppa la produzione di componenti elettromeccanici, inizialmente relè e successivamente interruttori e commutatori. Successivamente con l'acquisizione di Stars nel 2002 (il reparto presse iniezione termoplastici di una multinazionale) rafforza il settore dello stampaggio termoplastico e del co-stampaggio [5]. Oggi MISTA produce contatti elettrici, particolari tranciati e saldati, manufatti in termoplastico per i più importanti produttori di componentistica per l'auto, l'elettrodomestico, l'energia elettrica a bassa potenza.

Tutti i prodotti ed i processi sono sviluppati in Italia e realizzati nei siti produttivi di Cortiglione in Italia (due per la precisione) e di Menzel Bouzelfa in Tunisia.

4.1 Caso Studio

Per quanto riguarda, su quali prodotti effettuare la simulazione è importante fare una premessa. Mista ha, come anticipato all'inizio del capitolo 4, implementato il software MRP di Sorma, con cui ad oggi effettua la pianificazione e l'emissione degli ordini. I dati quindi necessari allo svolgimento della simulazione sono contenuti anche all'interno del database gestionale di

Sorma. Proprio per questo motivo, Mista non ha mai preso parte alla simulazione, ma ha solo dato la sua disponibilità a poter trattare i propri dati, necessari allo svolgimento dei calcoli. Purtroppo, alcuni dati presenti sul database di Sorma, sono risultati essere non presenti o non aggiornati, ciò ha influenzato sia la scelta dei prodotti su cui effettuare la simulazione, sia la necessità di fare delle assunzioni al fine di rendere la simulazione quanto più accurata possibile.

Fatta questa premessa, i prodotti scelti da analizzare sono due prodotti appartenenti alla stessa famiglia di commutatori. Questi sono ottenuti tramite un processo di assemblaggio di componenti prodotti da Mista stessi ed altri componenti, invece, acquistati da fornitori. Tutti e tre i *plant* presentano due reparti produzione, uno dedicato alla tranciatura, in cui vengono lavorate le materie prime consistenti in lamiere metalliche (per lo più rame) di diverse dimensioni. Tra tutti i processi di tranciatura il più interessante è quello del *progressive stamping die*, in cui una lamiera metallica subisce le lavorazioni necessarie, come punzonatura e piegatura, sul nastro passando per una serie di stazioni successive per poi essere separate nella stazione finale. L'altro reparto invece è quello di stampaggio e assemblaggio. In questo reparto sono stampati tutti i pezzi in plastica o quei pezzi costampati, in plastica e metallo, ovvero pezzi ottenuti attraverso lo stampaggio su un tranciato metallico, per mezzo di presse ad iniezione.

Come precedentemente detto, i prodotti selezionati su cui verificare l'efficienza del DDMRP sono due commutatori, a cui sono associati due codici:

1. **A41000500**: commutatore per il riscaldamento delle auto o elettrodomestici;
2. **A41002300**: commutatore per il raffreddamento delle auto o elettrodomestici;

Il motivo per cui sono stati scelti solo due sulla totalità dei commutatori prodotti dall'azienda risiede nel fatto che solo per questi due prodotti è stato

possibile reperire tutti i dati minimi che servono allo svolgimento della simulazione. È stato necessario inoltre, effettuare delle assunzioni al fine di poter svolgere quanto più correttamente possibile la simulazione:

1. **Lead Time costanti:** essendo gli ordini gestiti da Mista, ordini aperti. Un ordine aperto significa che c'è un contratto tra fornitore e cliente in cui vengono definiti un limite minimo di quantità ordinabile, un limite massimo e una data in cui ricevere l'ordine. L'ordine può essere fatto in qualsiasi momento e in qualsiasi quantità, aggregando magari la nuova quantità ad ordini già fatti in precedenza. Dal lato fornitore però, ci vuole essere la garanzia di non vedersi modificare all'ultimo la quantità e quindi di non essere più in grado di rispettare la *request date*. Per evitare ciò, viene stabilito da contratto il cosiddetto *frozen period*, cioè delle settimane "congelate", in cui la quantità non può più essere modificata. Si evince quindi come per questo tipo di ordine non esiste un *lead time* fisso o calcolabile, è stato quindi ritenuto opportuno considerare come *lead time* le settimane congelate.
2. **Settimana lavorativa di sette giorni:** poiché lo stabilimento Tunisino lavora sette giorni alla settimana, al fine della simulazione è stata considerata questa unità di misura anche per lo stabilimento italiano, in quanto diversi componenti vengono prodotti in Tunisia ma le materie prime sono prima acquistate dallo stabilimento italiano e poi spedite in Tunisia. Questo tempo, come spiegato nei paragrafi successivi, verrà preso in considerazione e aggiunto al *lead time* di produzione dei componenti.

Di seguito è riportata la distinta base dei prodotti:

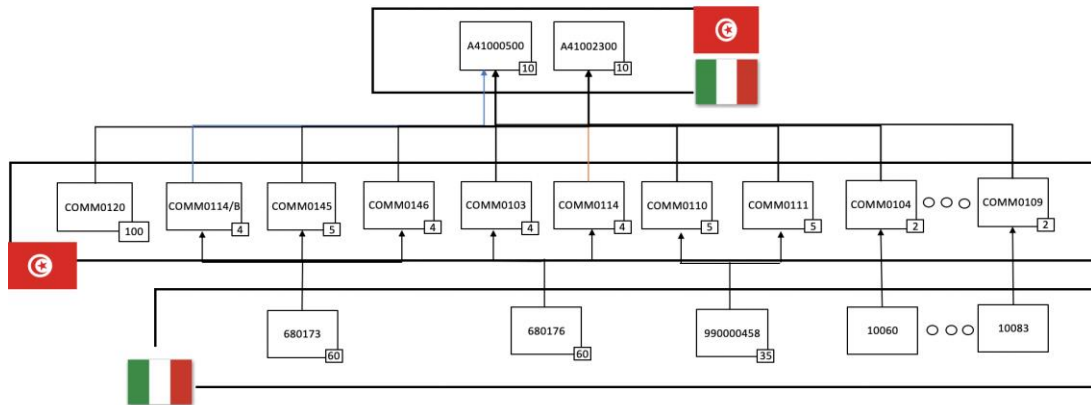


Figura 4.1: Distinta base dei part number;

Andando ad analizzare i singoli codici avremo:

- 680173, 680176, 990000548: queste materie prime sono dei polimeri termoplastici ideali per la produzione di particolari in plastica che, oltre alle prestazioni fisiche e meccaniche, richiedono caratteristiche di resistenza alla fiamma e autoestinguenza per garantire la sicurezza di persone e cose;
- 10060, 10061, 10062, 10071, 10075, 10083: queste materie prime sono dei nastri di rame ognuno di diversa dimensione. In particolare, sono delle leghe di rame ottenute per raffinazione elettrolitica e trattato al tronco di pino; sono caratterizzate dalla presenza di ossigeno (O) e dall'assenza di fosforo (P). Quest'ultimo, al contrario dell'ossigeno, riduce notevolmente la conduttività elettrica della lega nella quale è presente: pertanto, il Cu-ETP è il tipo di rame più adatto ad applicazioni elettriche ed elettrotecniche. L'azienda una volta ricevuti i nastri, li processa su una stampa;
- COMM0114/B, COMM0114, COMM0145, COMM0146, COMM0103, COMM0114: sono i componenti prodotti a partire dai polimeri mediante un processo di stampaggio a iniezione.
- COMM0104, COMM0105, COMM0106, COMM0107, COMM0108, COMM0109: sono le sei tipologie di spine lamellari ricavate dai nastri di rame.

- COMM0120, COMM0121, COMM0125: sono dei componenti direttamente acquistati dallo stabilimento Tunisino. Sono rispettivamente il LED, una resistenza e uno *splice* in ottone;
- A41000500, A41002300: che come già detto sono i due prodotti finiti presi in esame per lo studio, ottenuti tramite assemblaggio dei componenti. Si vuole far notare, così come anche mostrato nella distinta base, che il componente COMM0114 e COMM0114/B sono entrambi dei coperchi in plastica la cui unica differenza è il colore, rispettivamente nero e bianco;

In riferimento sempre alla figura 4.1, si può vedere come tutte le materie prime sono acquistate in Italia e successivamente dallo stabilimento italiano spedite a quello tunisino. Il motivo per cui sono acquistate dallo stabilimento italiano risiede nel fatto che andando ad analizzare il costo di acquisto delle materie prime da parte dello stabilimento tunisino, questo risulta maggiore rispetto al considerare sia il costo di acquisto più il costo di trasporto da parte dello stabilimento italiano.

4.1.2 Gestione degli ordini attuale

All'interno dell'azienda viene utilizzato il sistema di *Material Requirements Planning* che, come già detto nel paragrafo 4, è l'MRP sviluppato da Sorma e implementato nel loro ERP Si5. L'MRP va a raccogliere la domanda presa dalla tabella previsione degli ordini di vendita (PV), la quale comprende anche quegli ordini già effettivi, e calcola il fabbisogno netto andando a sottrarre a questa la giacenza di magazzino. L'azienda per poter emettere gli ordini di materie prime necessarie, utilizza gli ordini effettivi e le previsioni di ordini di vendita inserite in base al *rolling forecast*. Il tutto viene inserito nel sistema ed utilizzato come input per la pianificazione del fabbisogno di materiale e delle risorse di produzione. Il successivo valore ottenuto viene poi traslato indietro nel tempo per tener conto del lead time di produzione così da avere tutto il materiale necessario nel giorno in cui i prodotti devono essere consegnati. Partendo, quindi, dalla domanda si avrà il calcolo del fabbisogno per i prodotti finiti e poi,

attraverso un'esplosione della BOM dei prodotti, si andrà ad ottenere il fabbisogno per i singoli componenti. Note le giacenze in magazzino verranno quindi calcolati i diversi fabbisogni di materie prime e semilavorati così da schedulare gli ordini. Il sistema offre un suggerimento sulle quantità e tempistiche da utilizzare per il lancio degli ordini e spetta poi ai programmatori decidere se affidarsi totalmente al sistema o cambiare qualcosa in termini di quantità richieste e tempi da utilizzare. Il metodo del MRP è molto utilizzato nelle aziende di ambito industriale ma quello che caratterizza ciascuna azienda è l'utilizzo di particolari *input* che vengono dati al sistema per elaborare il calcolo del fabbisogno. Nel caso in esame i dati di *input* che vengono considerati sono:

- **Purchasing Lead Time:** è il tempo che intercorre dal momento in cui viene emesso l'ordine sino al momento in cui le materie prime arrivano in magazzino, sdoganate e pronte ad essere utilizzate;
- **Production Lead Time:** è il tempo che occorre alla produzione per completare l'ordine e rendere il prodotto disponibile;
- **Previsione della domanda:** per quanto riguarda la generazione degli ordini, questi vengono emanati utilizzando i *sales order* e delle previsioni di ordini fatte su base mensile dall'ufficio marketing, che utilizza un piano a quattro anni; è proprio l'uso di queste previsioni che si cerca di eliminare con l'uso del DDMRP;
- **Minimum Order Quantity:** rappresenta la quantità minima con cui effettuare gli ordini. All'interno dell'azienda sia i prodotti finiti che le diverse componenti vengono gestite con il MOQ;

Il sistema, utilizzando questi dati, permette di ottenere dei suggerimenti d'ordine che poi potranno o meno essere modificati dai programmatori; tale piano sarà aggiornato ogni notte, così da tener conto dei nuovi ordini da parte dei clienti. A seguito del completamento degli ordini emessi dai clienti, verranno raggiunti i lotti di spedizione e, in virtù dei contratti stipulati, la consegna al cliente potrà o meno essere di competenza dell'azienda.

4.1.3 Scelta dell'orizzonte temporale e del *time bucket*

L'orizzonte temporale scelto per effettuare la simulazione è quello che va dalla settimana 1 alla settimana 22 del 2023, ovvero il periodo Gennaio-Maggio. La scelta è riconducibile al fatto che la domanda cliente nel periodo Gennaio-Febbraio risulti essere molto minore, quasi assente. È, quindi, interessante studiare il comportamento del DDMRP in situazioni del genere.

La scelta del *time bucket* è stata condizionata direttamente dalla logica del DDMRP, che lavora su base giornaliera, infatti il concetto principe del DDMRP è l'*ADU* che, come da acronimo, è il consumo medio giornaliero. Inoltre molti dei *DLT* dei componenti risultano essere minori di una settimana, facendo sì che utilizzare un *time bucket* settimanale porterebbe a dei problemi in fase di pianificazione. Come precedentemente detto, nel paragrafo 4.1, i giorni lavorativi corrispondono alla settimana.

Ogni *time bucket* è indicato dalle prime tre lettere del giorno a cui fa riferimento seguito dal numero che rappresenta la settimana in cui siamo. Poiché il giorno di partenza è martedì, questo sarà rappresentato come Tue1.

4.1.3 Posizionamento dei Buffer

Prima di procedere con la descrizione dei criteri e delle motivazioni che hanno guidato il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento all'interno della filiera logistica è bene fare una premessa. Il posizionamento dei buffer di disaccoppiamento all'interno di una filiera logistica rientra sicuramente nella sfera delle decisioni strategiche che, in quanto tali, possono alterare sensibilmente la struttura della *supply chain*. Buffer di disaccoppiamento possono essere inseriti anche laddove non sono attualmente presenti dei buffer, al fine per esempio di limitare ulteriormente i danni causati dall'effetto *bullwhip* in presenza di *lead time* considerevoli.

A fronte di quanto detto, i *part number* per cui sono stati previsti dei buffer di disaccoppiamento sono:

- Le materie prime (680173, 680176, 990000548): le ragioni per cui si è deciso di posizionare un buffer di disaccoppiamento per queste materie prime sono da ricercarsi sia nella durata dei *purchasing lead time*, che come dalla figura 4.1 risultano essere rispettivamente di 60 giorni per 680173 e 680176 e 35 giorni per 990000548. Si ricorda che sia per le materie prime sia per i componenti acquistati da terzi, il *lead time* di acquisto corrisponde al *frozen period*. Le tre materie prime concorrono inoltre alla produzione di più componenti, risultando così critiche ai fini della produzione;
- I componenti COMM0103, COMM0110, COMM0111, COMM0114, COMM0114/B, COMM0145, COMM0146: per questi *part number* è stato previsto un buffer di disaccoppiamento in quanto essendo prodotti nello stabilimento tunisino, il trasporto delle materie prime tra lo stabilimento italiano e quello tunisino è stato considerato incluso nel *lead time* di produzione. Risultava quindi di interesse capire come l'applicazione del DDMRP avrebbe influito sullo *stock* medio per questi componenti;
- Il componente COMM0120: in realtà sarebbe potuto non essere sbagliato prevedere un buffer di disaccoppiamento anche per i *part number* COMM0121 e COMM0125, in quanto tutti e tre acquistati con un *lead time* pari a 100 giorni. Ma poiché la loro relazione con i prodotti finiti è di 1:1, ai fini del calcolo sarebbe stato meramente una ripetizione.
- Per tutte le altre materie prime, ovvero 10060, 10061, 10062, 10073, 10075, 10083, non è stato previsto un buffer di disaccoppiamento in quanto non è stato possibile reperire alcuna informazione sui *lead time* di acquisto;
- Per i componenti COMM0104 → COMM0109, non è stato previsto un buffer di disaccoppiamento in quanto non ritenuti critici;

Segue la figura 4.2, che mostra la nuova distinta base coi buffer per quei componenti scelti.

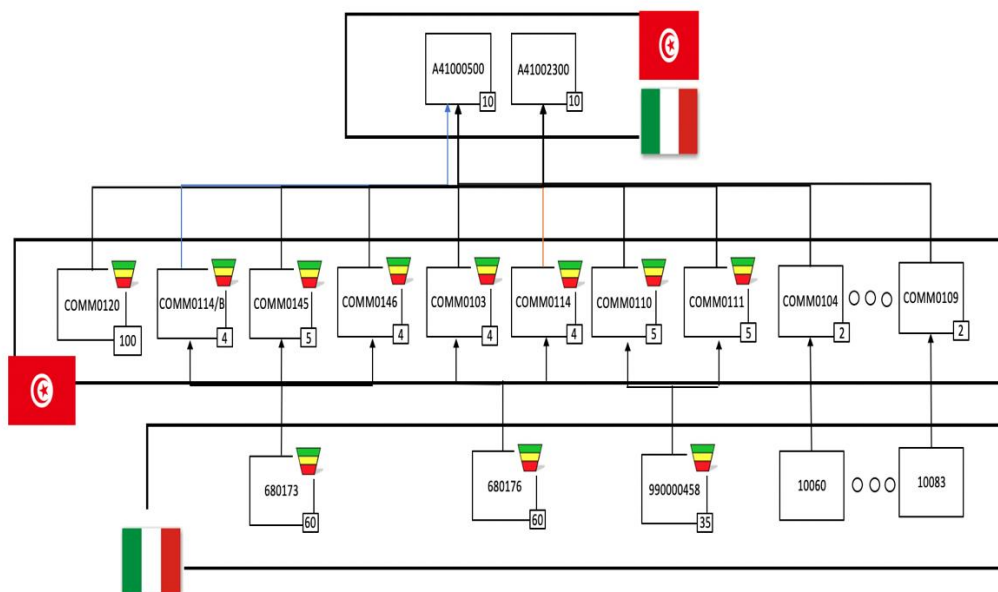


Figura 4.2: Distinta base dei part number disaccoppiata;

4.1.4 Input

Nel presente paragrafo sono descritte tutte le informazioni necessarie per effettuare la simulazione. I dati sono stati recuperati interrogando il database che Mista condivide con Sorma, purtroppo essendo alcuni dati mancanti o non aggiornati, si sono dovuti fare degli adattamenti.

- *Matrice domanda cliente*: l'intera logica DDMRP è trainata dalla domanda cliente dei prodotti finiti, che traina sia il consumo che gli ordini generati dai buffer. La domanda cliente inoltre, è responsabile sia per determinare l'ADU che la *Qualified Demand*. I dati riguardanti lo storico della domanda erano su base settimanale. Al fine di distribuire la domanda su un *time bucket* giornaliero, si è deciso di dividere la domanda per i giorni che precedono dalla domanda registrata precedentemente. A titolo puramente esemplificativo è fatto un esempio nella seguente tabella 4.1. Dato un ordine richiesto per Thu1, la domanda verrà divisa per tutti i giorni lavorativi fino al giorno in cui questa deve essere spedita. Questo metodo

permette di calcolare l'ADU su base giornaliera. Naturalmente andranno create questo tipo di matrici per ogni *part number*, partendo dalla domanda dei prodotti finiti e moltiplicando, nel caso di semilavorati e materie prime, la domanda per la quantità richiesta.

Tabella 4.1: Calcolo domanda giornaliera;

| Item | Mon1 | Tue1 | Wed1 | Thu1 | Fri1 | Mon2 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Dthu1/4 | Dthu1/4 | Dthu1/4 | Dthu1/4 | | |
| | | | | | Dmon2/2 | Dmon2/2 |

- *Part type*: il *part type* è il dato su scala nominale che assegna ad ogni *part number* una delle tre categorie definite nel paragrafo 3.2.1: *Manufactured (M)*, *Purchased (P)*, *Distributed (D)*. Nella tabella 4.2 sono riportati i vari *Part Type* per ogni *part number*.

Tabella 4.2: Part type dei part number;

| Part Number | Part type |
|-------------------------|------------------|
| 680173 | Purchased |
| 680176 | Purchased |
| 99000548 | Purchased |
| COMM0120 | Purchased |
| COMM0121 | Purchased |
| COMM0125 | Purchased |
| COMM0104→ COMM0109 | Manufactured |
| COMM0114; COMM0114/B | Manufactured |
| COMM0110 | Manufactured |
| COMM0111 | Manufactured |
| COMM0103 | Manufactured |
| COMM0145 | Manufactured |
| COMM0146 | Manufactured |
| A41000500 | Manufactured |
| A41002300 | Manufactured |

- *Location*: per quanto riguarda le materie prime si intende il luogo da cui queste sono spedite. Per tutte le materie prime i fornitori sono in Italia. Per quanto riguarda i semilavorati e prodotti finiti si considera il luogo in cui sono prodotti. La tabella 4.3, mostra quanto appena detto.

Tabella 4.3: Location dei vari part number;

| Part Number | Location |
|-----------------------|-----------------|
| 680173 | ITA |
| 680176 | ITA |
| 99000548 | ITA |
| COMM0120 | TUN |
| COMM0121 | TUN |
| COMM0125 | TUN |
| COMM0104→ COMM0109 | TUN |
| COMM0114; | TUN |
| COMM0114/B; | TUN |
| COMM0110; | TUN |
| COMM0111; | TUN |
| COMM0103; | TUN |
| COMM0145; | TUN |
| COMM0146; | TUN |
| A41000500; | TUN |
| A41002300; | TUN |

- *Lead Time e Decoupled Lead Time (DLT)*: Nel caso di studio considerato sono presenti due tipi di lead time:
 - *Lead time* di trasporto definito come il tempo che intercorre fra l'inoltro dell'ordine di acquisto e l'arrivo del carico a destinazione. Questo tipo di lead time è direttamente fornito dall'azienda.
 - *Lead time* di produzione, definito come il tempo utilizzato per fabbricare un prodotto o un batch, dal momento in cui è emesso l'ordine al momento in cui è terminato. Questo lead time, nel momento

in cui l'ordine comprende più unità di prodotto, è ovviamente dipendente dal tempo di processamento della singola unità, ovvero il *cycle time* e dall'eventuale tempo di setup e preparazione della linea.

- Il *DLT* di un buffer di disaccoppiamento di un *part number* è definito come la somma dei lead time che si interpongono fra il buffer in questione e il buffer di disaccoppiamento che lo precede (situato ad un livello inferiore della *supply chain*). Per i *part number* con *part type P*, il *Decoupled Lead Time* risulta ovviamente essere pari al *lead time* di approvvigionamento. Discorso leggermente più articolato invece, va fatto per quei componenti che sono prodotti dall'azienda, ovvero quello di tipo *M*. Se l'*item* presenta un buffer di disaccoppiamento, allora il *DLT* coinciderà con il *lead time* di produzione, al contrario, se non è presente alcun buffer di disaccoppiamento occorrerà sommare al *lead time* di produzione tutti i *lead time* delle lavorazioni precedenti, fino al buffer più vicino. Quanto detto varrà sia nel caso di prodotti intermedi che di prodotti finiti. Di seguito vengono, quindi, riportati i diversi LT per i singoli componenti. Per poter calcolare i lead time si è scelto di utilizzare l'equazione data da:

$$\text{Lead Time di produzione} = T_{\text{setup}} + \text{Ordine medio} * \text{Cycle time} \quad (4.1)$$

Tenendo quindi conto di quanto appena detto, si avrà che i *lead time* dei *part number* saranno:

Tabella 4.4: Lead Time per ogni part number;

| Part Number | Lead Time [giorni] |
|--------------------|---------------------------|
| 680173 (P) | 60 |
| 680176 (P) | 60 |
| 99000548 (P) | 35 |
| COMM0120 (P) | 100 |

| | |
|---------------|-----|
| COMM0121 (P) | 100 |
| COMM0125 (P) | 100 |
| COMM0114 (M); | 1 |
| COMM0114/B(M) | 1 |
| COMM0110 (M) | 2 |
| COMM0111 (M) | 2 |
| COMM0103 (M) | 2 |
| COMM0145 (M) | 3 |
| COMM0146 (M) | 2 |
| A41000500 (M) | 3 |
| A41002300 (M) | 3 |

È da sottolineare il fatto che ai fini di non compromettere la veridicità della simulazione, i *Lead Time* sono stati approssimati per eccesso, in quanto la totalità dei *lead time* di produzione risultava essere molto inferiore del giorno. Una volta calcolati i vari tempi di produzione e considerati i tempi di approvvigionamento delle materie prime e dei componenti, nella tabella 4.5 sono riportati i vari *DLT*, solo per quei *part number* in cui è previsto un buffer di disaccoppiamento.

Tabella 4.5: *DLT* dei *part number* per cui è previsto un buffer di disaccoppiamento;

| Part Number | DLT [giorni] |
|----------------------------|-------------------------|
| 680173 (P) | 60 |
| 680176 (P) | 60 |
| 99000548 (P) | 35 |
| COMM0120 (P) | 100 |
| COMM0114; COMM0114/B(M) | 1+3 |
| COMM0110 (M) | 2+3 |
| COMM0111 (M) | 2+3 |
| COMM0103 (M) | 2+3 |
| COMM0145 (M) | 3+3 |
| COMM0146 (M) | 2+3 |

Si vuole ricordare che il più 3 aggiunto ai componenti prodotti dall'azienda riguardano il tempo di trasporto delle materie prime dal *plant* italiano a quello tunisino.

- *Imposed/Desired Order Cycle (IOC/DOC)*: L' IOC e il DOC sono rispettivamente il lasso di tempo che, per ragioni esterne di differente natura (quali per esempio vincoli generati dal production planning o condizioni di fornitura contrattuali), intercorre fra due ordini e più semplicemente un numero medio di giorni desiderato che si vuole far trascorrere tra un ordine ed un altro. Tale valore può intervenire, in alcune circostanze e dipendentemente da altri parametri, nel dimensionamento della Green Zone e dunque della frequenza ed entità degli ordini generati. Infatti, si ricorda che nelle logiche del DDMRP il dimensionamento della Green Zone è calcolato come il massimo fra tre differenti valori:

$$Green\ Zone(t) = \max \{LT\ Factor * DLT * ADU(t); MOQ; DOC * ADU(t)\} \quad (4.2)$$

Nel caso di studio considerato si è deciso di non imporre alcun DOC, dal momento che non sono presenti vincoli relativi a questa tematica. Infatti, trattandosi di commutatori, formati da componenti la cui qualità non deteriora nel breve periodo (come per esempio nel caso di prodotti chimici o alimentari), non è stato necessario porre vincoli sulla frequenza degli ordini.

- *Minimum Order Quantity (MOQ)*: La MOQ è la quantità minima ordinabile di ogni *part number* dal buffer da cui si rifornisce, ovvero la quantità minima che il buffer al livello immediatamente inferiore delle supply chain è disposto, su richiesta, a spedire o produrre (dipendentemente dalla natura del *part number* in questione). Nel particolare, per ogni tipo di *part number*, la MOQ è individuata come segue.

- Per i prodotti di tipo *Manufactured* si terrà conto tra il lotto minimo di produzione e il lotto di spedizione tra un *plant* e l'altro, più specificatamente si prenderà il valore massimo, poiché quando si ha una richiesta di produzione di un componente. Dallo stabilimento italiano verrà spedita in grammi, la quantità pari a un *batch* che può essere diverso dal lotto minimo di produzione;
 - Per i prodotti di tipo *Purchased* la *MOQ* corrisponde al lotto minimo di acquisto.
- *Lead Time Category e Lead Time Factor*: la *Lead Time Category* è la categoria fra tre possibili (*Short, Medium, Long*), su scala nominale, a cui è assegnato ogni *part number* sulla base della lunghezza del *Lead Time*. Tale categoria di appartenenza è ciò che determina l'assegnazione ad ogni *part number* di un *Lead Time Factor*, ovvero di un fattore numerico responsabile del dimensionamento della *Green Zone* (maggiore è il *Lead Time Factor*, più estesa è la *Green Zone*, maggiore è la frequenza di riordino e dunque minore è l'entità degli ordini) e della *Red Zone* del buffer di disaccoppiamento (maggiore è il *Lead Time Factor*, maggiore è la *Red Base* e dunque maggiore è la capacità del buffer di assorbire ordini di grandi entità senza andare incontro a situazioni di *stockout*). Il fattore assegnato è inoltre dipendente dal *Part Type* del *part number* considerato. Per l'assegnazione del *Lead Time factor* ai vari *part number* si è preso come riferimento la tabella contenuta nel libro di *Ptak e Smith [3]*.

Tabella 4.6: *Lead Time Factor* in relazione a *Lead Time Category* e *Part Type*;

| Part Type | Lead Time Category | Lead Time range [giorni] | Lead Time Factor range |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Purchased & Distributed | Short | 0 – 10 | 0,7 |
| | Medium | 11 – 25 | 0,5 |
| | Long | 26 + | 0,3 |
| Manufactured | Short | 0 – 4 | 0,7 |
| | Medium | 5 – 9 | 0,5 |
| | Long | 10 + | 0,3 |

Confrontando così i *DLT* dei componenti con la tabella sopra si ottiene:

Tabella 4.7: Assegnazione Lead Time Factor ai part number del caso studio;

| Part Number | LT Category | LT Factor |
|--------------------|--------------------|------------------|
| 680176 | Long | 0,3 |
| 680173 | Long | 0,3 |
| 990000548 | Long | 0,3 |
| COMM0120 | Long | 0,3 |
| COMM0114 | Short | 0,7 |
| COMM0114/B | Short | 0,7 |
| COMM0110 | Short | 0,7 |
| COMM0111 | Short | 0,7 |
| COMM0103 | Short | 0,7 |
| COMM0145 | Short | 0,7 |
| COMM0146 | Short | 0,7 |

- *Variability Category e Variability Factor*: la *Variability Category* è la categoria fra tre possibili (*Low, Medium, High*), su scala nominale, a cui è assegnato ogni *part number* sulla base della variabilità che lo caratterizza. Nel particolare, in relazione al tipo di *part number* il concetto di variabilità assume diversi significati:
 - Nel caso di prodotti acquistati da terzi, la variabilità deve essere rapportata al grado di affidabilità del fornitore di tali prodotti;
 - Negli altri casi (beni venduti direttamente al cliente, prodotti internamente o trasportati fra diversi stabilimenti aziendali), la variabilità deve essere rapportata alla quantità di picchi di domanda che il buffer di un *part number* deve essere in grado di soddisfare e la frequenza con cui essi sono individuati. Si ricorda che, nella logica DDMRP, un picco di domanda è definito come una quantità della domanda cliente superiore ad una soglia fissata, denominata *Order Spike Threshold*, in un orizzonte temporale futuro pari allo *Spike Horizon*. Tale quantità è presa in considerazione e dunque conteggiata all'interno della *Qualified Demand*.

La *Variability Category* è ciò che determina l'assegnazione ad ogni *part number* di un *Variability Factor*, ovvero di un fattore numerico responsabile del dimensionamento della *Red Zone* del buffer di disaccoppiamento (maggiore è il *Variability Factor*, maggiore è la *Red Safety*, maggiore è la capacità del buffer di assorbire improvvisi ordini di grande entità e/o fare fronte alla variabilità sulla fornitura senza andare incontro a situazioni di *stockout*). Dal momento che, come sopra citato, la variabilità caratteristica di un prodotto dipende dalla sua natura, anche in questo caso il fattore varia a seconda del *Part Type* del *part number*. Analogamente alla sezione precedente, per l'assegnazione dei *Variability Factor* ad ogni *part number* sono presenti nella letteratura di riferimento delle tabelle consigliate, che assegnano un fattore ad ogni *Lead Time Category*, in relazione al *Part Type*. Nel particolare, si è tratto spunto dalla Tabella 3.2, vista nel paragrafo 3. Combinando quella tabella agli *item* del caso studio, per ciascuno di essi si avrà:

1. Per le materie prime e per il componente COMM0120 si è deciso di assegnare un livello di variabilità medio in quanto, l'azienda ha un proprio *vendor rating* con il quale assegna un voto numerico da 1 a 5, in base alla qualità di fornitura, che in un certo periodo di tempo, garantiscono i vari fornitori. Per qualità della fornitura si intende non solo il rispettare sempre i tempi stabiliti per la consegna, specialmente quando si tratta di ordini aperti, ma si intende anche la qualità del materiale consegnato, che deve essere subito pronto per essere processato, senza avere alcun difetto o necessità di essere rilavorato;
2. Per i restanti semilavorati, si sarebbe potuto attribuire un livello basso di variabilità poiché non risultano essere né critici né con una domanda instabile tale da causare picchi frequenti, però, come già ribadito più volte, i semilavorati vengono prodotti in Tunisia ma le materie prime devono prima essere spedite dallo stabilimento

italiano, e poiché questo tempo di trasporto è stato incluso nel *lead time* di produzione, essendo uno spostamento internazionale, al fine di prevenire eventuali problemi che potrebbero ritardare la consegna del materiale tra i due *plant*, si è deciso di assegnare ai vari componenti un livello di variabilità medio;

A fronte di quanto detto, si avrà:

Tabella 4.8: Variability Factor per ogni part number;

| Part Number | Variability Category | Variability Factor |
|-------------|----------------------|--------------------|
| 680176 | Medium | 0,5 |
| 680173 | Medium | 0,5 |
| 990000548 | Medium | 0,5 |
| COMM0120 | Medium | 0,5 |
| COMM0114 | Medium | 0,5 |
| COMM0114/B | Medium | 0,5 |
| COMM0110 | Medium | 0,5 |
| COMM0111 | Medium | 0,5 |
| COMM0103 | Medium | 0,5 |
| COMM0145 | Medium | 0,5 |
| COMM0146 | Medium | 0,5 |

- *ADU*: come spiegato nel capitolo precedente, ci sono tre modi per calcolare il consumo medio giornaliero:
 - **Utilizzo dei dati storici** (analisi *backward*): se si usa questo metodo bisogna definire l'*ADU Past Horizon*, l'orizzonte temporale dello storico dei volumi (prodotti, spediti o consegnati al cliente, dipendentemente dalla natura del *part number* considerato), espresso in giorni, preso in considerazione per ogni *part number* per il calcolo dell'*ADU*. Nel caso di studio si è deciso di porre l'*ADU Past Horizon* uguale a 0 per ogni *part number* e per ogni *time bucket*. Tale scelta è da ricercarsi nella volontà di voler rendere sensibile il calcolo dell'*ADU* alle oscillazioni stagionali

o, più in generale, a trend della domanda cliente prossima. A tale scopo è possibile seguire due differenti opzioni:

- a. Moltiplicare l'ADU di ogni *time bucket* per fattori numerici, denominati comunemente in letteratura *DAF (Demand Adjustment Factor)*, al fine di dimensionare il consumo medio di ogni periodo dell'anno in relazione ai trend della domanda cliente. Naturalmente, in questo caso studio il *DAF* assume valore zero per ogni *part number*;
- b. Adattare il calcolo dell'ADU in relazione alla sola domanda cliente futura.

- **Utilizzo della domanda cliente futura (analisi *forward*):** se si usa questo metodo bisogna definire l'*ADU Future Horizon*, l'orizzonte temporale futuro della domanda di ogni part number, espresso in giorni, preso in considerazione per il calcolo dell'ADU. Nel caso di studio si è deciso di porre l'*ADU Future Horizon* uguale a 25 giorni, nonostante la settimana considerata sia di 7 giorni, perché si è assunto che la domanda può essere vista solo nei 5 giorni lavorativi. Tale scelta è da ricercarsi nella volontà di offrire una visibilità, in ogni *time bucket*, a cavallo fra due mesi differenti pur rispettando la natura dei dati di *input* della domanda cliente (forniti su *time bucket* settimanali). Aggiungere un'altra settimana (cioè *ADU Future Horizon* = 30) sarebbe inefficiente sia perché al crescere del periodo di osservazione aumenta l'inaffidabilità della domanda cliente, sia perché ciò farebbe accrescere ulteriormente la quantità di dati sulla quale è calcolata la media; quest'ultimo aspetto renderebbe infatti l'ADU meno sensibile ad oscillazioni della domanda e dunque meno reattivo.

- *Spike Horizon*: lo *Spike Horizon* è l'orizzonte temporale futuro, espresso in giorni, preso in considerazione per il calcolo della *Qualified Demand*. Quest'ultima è definita come la somma della domanda del *time bucket*

immediatamente successivo e la quantità di eventuali picchi di domanda, individuati nell'orizzonte *Spike Horizon*. La *Qualified Demand* è una componente negativa della Net Flow Position ed ha il compito di fare un prospetto del consumo futuro, al fine di emettere in anticipo ordini atti al suo soddisfacimento. Con questa premessa, la *Spike Horizon* di ogni *part number*, anche in relazione a ciò che la letteratura suggerisce, è stata calcolata come $Spike Horizon = DLT + 1$. In questa maniera infatti, se all'interno di questo orizzonte temporale è rilevato un picco di domanda, il buffer ha il tempo di emettere un ordine che riesca per tempo a giungere a destinazione ed evitare così possibili situazioni di *stockout*. Con riferimento alla Tabella 4.4, sono riportate nella Tabella 4.9 le *Spike Horizon* per ogni *part number*.

Tabella 4.9: *Spike Horizon* dei *part number*;

| Part Number | DLT [giorni] |
|--------------------|-------------------------|
| 680173 (P) | 60+1 |
| 680176 (P) | 60+1 |
| 99000548 (P) | 35+1 |
| COMM0120 (P) | 100+1 |
| COMM0114 (M) | 1+3+1 |
| COMM0114/B(M) | 1+3+1 |
| COMM0110 (M) | 2+3+1 |
| COMM0111 (M) | 2+3+1 |
| COMM0103 (M) | 2+3+1 |
| COMM0145 (M) | 3+3+1 |
| COMM0146 (M) | 2+3+1 |

- *Order Spike Threshold*: La *Order Spike Threshold* è la soglia al di sopra della quale, nell'orizzonte temporale *Spike Horizon*, la quantità di una domanda cliente futura è considerata un picco di domanda e dunque conteggiata all'interno della *Qualified Demand*. Si ricorda che sono presenti in letteratura tre diversi modi per valutare la *Order Spike Threshold*, di seguito

richiamati:

$$a. \quad OST_1(t) = \text{Order Spike Threshold } (t) = 0,5 * \text{Red Zone } (t) \quad (4.3)$$

$$b. \quad OST_2(t) = \text{Order Spike Threshold } (t) = \text{Red Base } (t) \quad (4.4)$$

$$c. \quad OST_3(t) = \text{Order Spike Threshold } (t) = 3 * \text{ADU } (t) \quad (4.5)$$

Non è possibile fissare a priori una soglia ottimale per ogni part number, anche perché le proporzioni fra le differenti soglie variano al variare di altri parametri (per esempio la Red Zone dipende dal Variability Factor assegnato e dalla Red Base, che dipende a sua volta dal DLT e dal Lead Time Factor). Nel caso di studio le soglie sono state scelte, per ogni time bucket, a seguito delle seguenti considerazioni:

1. Per le materie prime, essendo le più critiche si è scelto la soglia minore. In questo modo si dovrebbe essere capaci di assorbire la variabilità data dalla domanda e riuscire così per tempo a reagire per soddisfare comunque la domanda. In questo caso la soglia minima per tutti e tre le materie prime risulta essere OST_3 .
2. Per tutti i semilavorati invece, si è scelta la soglia maggiore. La motivazione di questa scelta risiede nel fatto che la domanda dei semilavorati, essendo nella *BOM* in rapporto 1:1 con i prodotti finiti, seguono esattamente i loro ordini di vendita. Essendo questi costanti nel corso degli anni (per costanti si intende che anche in quei periodi in cui si registra un trend decrescente o crescente, questo è sempre collocato nello stesso arco temporale ogni anno. Purtroppo questi dati di domanda, non sono potuti essere mostrati a causa della loro sensibilità), considerare un picco un evento isolato ridurrebbe l'efficacia del *DDMRP* poiché se registro come picco, un evento isolato aumenta la *Qualified Demand* e di conseguenza diminuisce la *Net Flow Position*. Ciò potrebbe portare ad emettere un ordine più grande del necessario. La Tabella 4.10 mostra quanto appena spiegato. La Tabella 4.10 mostra quanto appena spiegato

Tabella 4.10: Associazione dell'OST ad ogni part number;

| Part Number | OST |
|-------------|------|
| 680173 | OST3 |
| 680176 | OST3 |
| 99000548 | OST3 |
| COMM0120 | OST2 |
| COMM0114 | OST3 |
| COMM0114/B | OST3 |
| COMM0110 | OST2 |
| COMM0111 | OST2 |
| COMM0103 | OST2 |
| COMM0145 | OST2 |
| COMM0146 | OST2 |

- Starting On-Hand*: La Starting On-Hand è la quantità di prodotto presente in magazzino all'inizio dell'orizzonte temporale della simulazione. La decisione di tale valore risulta molto critica ai fini del risultato generato dalla simulazione, in quanto rappresenta la posizione iniziale del livello del magazzino ed è quindi responsabile dell'entità del primo ordine generato e del momento in cui questo sarà emesso. Infatti, una *Starting On-Hand* eccessivamente ridotta (secondo le logiche DDMRP responsabile di una Net Flow Position almeno al di sotto del TOY) causa la generazione di un ordine elevato nel primo *time bucket* della simulazione che, se non controbilanciato da un consumo proporzionato successivamente, dà origine ad un periodo di *overstock* considerevole, indesiderato ed ingannevole ai fini dell'analisi comparativa dei livelli di magazzino. Questo è particolarmente vero nel caso di studio in questione: essendo il primo *time bucket* la settimana 1 dell'anno, effettuare un ordine sconsiderato e non veritiero nel primo periodo, causa *overstock* durante tutto il periodo di Febbraio in cui si registra una domanda quasi nulla, in cui i consumi sono ovviamente ridotti se non nulli. Lo stesso ragionamento vale nel caso opposto, ovvero nel caso in cui la *Starting On-Hand* sia eccessivamente elevata: uno sproporzionato livello di stock iniziale (secondo le logiche

DDMRP responsabili di una *Net Flow Position* almeno al di sopra del *TOG*) e un successivo consumo non proporzionato genererebbe un considerevole periodo di *overstock* (almeno fino a dopo Febbraio nel caso di studio). Per la scelta della *Starting On-Hand* di ogni part number si sono analizzate due differenti strade.

- a. Porre la *Starting On-Hand* (quindi il valore di stock iniziale nel primo time bucket della simulazione) al valore di stock storico della settimana 1. Questa alternativa tuttavia è discutibile: i dati di stock aziendale verificatisi sono stati generati sulla base delle logiche MRP di generazione ordini e gestione delle scorte, pertanto possono discostarsi considerevolmente dai valori a regime di stock secondo le logiche DDMRP. Inoltre, agire seguendo questa alternativa vorrebbe dire ipotizzare nella simulazione la presenza di un brusco passaggio dalle logiche aziendali vigenti e quelle caratteristiche del DDMRP.
- b. Porre convenzionalmente la *Starting On-Hand* pari all'estremo superiore dell'intervallo in cui oscilla la giacenza di stock ideale secondo le logiche DDMRP (Sezione 2.6), utilizzando come dati di input quelli del primo time bucket:

$$\textit{Starting On-Hand} = \textit{Red Zone} (1) + \textit{Green Zone} (1) \quad (4.6)$$

Così facendo si cerca il più possibile di ricreare delle condizioni iniziali che più approssimino una situazione a regime, immaginando che precedentemente al primo time bucket della simulazione si stessero già applicando le logiche DDMRP. Si è reputato opportuno quindi, seguire questa seconda strada per tutti i *part number*.

- *Starting On-Order*: La *Starting On-Order* è la quantità totale di prodotto in transito all'inizio della simulazione del *part number* considerato, ovvero il livello *On-Order* osservato all'inizio del primo *time bucket* fino all'arrivo dell'ordine a destinazione. È un dato assolutamente necessario da tenere

in considerazione, in quanto il livello di *On-Order* è utilizzato per il calcolo della *Net Flow Position*, nella fase non a regime della simulazione. Le problematiche alla base di uno scorretto dimensionamento della *Starting On-Order*, o più in generale della scorretta individuazione delle quantità in transito di ogni *part number* e del *time bucket* in cui queste giungono a destinazione e incrementano il livello di *stock*, sono simili a quelle precedentemente discusse nel punto 12 precedente. Se tali quantità sono eccessivamente elevate, incrementano il valore della *Net Flow Position* tale da fare tardare l'emissione di un ordine, aumentando sensibilmente il rischio di *stockout*, specialmente nel caso di *part number* con elevato *Lead Time*. Se invece la *Starting On-Order* è sottodimensionata, il valore della *Net Flow Position* è ridotto e vi è la possibilità di generare un ordine di una quantità troppo elevata e non necessaria; questo produrrebbe un periodo di *overstock*, specialmente considerando il fatto che la simulazione ha inizio subito dopo il periodo natalizio, in cui le quantità non sono proporzionalmente smaltite. Dal momento che non è stato possibile reperire lo storico dei trasporti, ai fini di una corretta inizializzazione dei dati di input della simulazione, è stato necessario per ogni *part number* ricreare le condizioni che si verificherebbero una volta che il *DDMRP* è a regime. A questo proposito facendo fede alla teoria del *DDMRP*, si definisce:

$$Starting\ On-Order\ Inbound\ (t) = Green\ Zone\ (t) \quad (4.7)$$

Questa quantità rappresenta l'ordine che si genererebbe se il consumo fosse perfettamente lineare (cosa che abbiamo visto non essere possibile nella realtà).

$$Periodo\ di\ Riordino = \frac{Green\ Zone\ (t)}{ADU\ (t)} \quad (4.8)$$

Questo, secondo la logica *DDMRP* è il periodo che intercorre tra due ordini successivi. Pertanto ogniqualvolta il *time bucket* considerato è un multiplo intero del periodo di riordino, è generato un ordine di quantità pari alla Green Zone. Tali ordini sono generati fino al *time bucket* che coincide al DLT del *part number* in questione: infatti, dopo tale orizzonte temporale, iniziano a giungere a destinazione le quantità eventualmente ordinate nel primo *time bucket* della simulazione. Lo *Starting On-Order* è definito dunque, per ogni *part number*, come:

$$\text{Starting On - Order} = \sum_{i=1}^{DLT} \text{Starting On - Order Inbound}(t) \quad (4.9)$$

4.1.5 Tool Excel

Nel presente sottocapitolo Nel presente sottocapitolo è descritto il principio di funzionamento alla base del tool Excel progettato per effettuare la simulazione delle logiche di riordino del *DDMRP*, così da esplorarne nel dettaglio la struttura e le formule che ne fanno parte. Il tool è organizzato su più fogli di calcolo tra i quali sono presenti riferimenti intrecciati; si procederà con la descrizione ordinata di ognuno di questi.

1. *Foglio Domanda Cliente*: è presente un foglio per ogni domanda mensile per i due prodotti di cui si è deciso di testare la simulazione, i fogli saranno quindi nominati "A41000500" e "A41002300". Il foglio conterrà una tabella con l'intervallo temporale testato, per tutti gli *item* studiati, a partire dai prodotti finiti fino alle materie prime. In particolare, partendo dagli ordini dei prodotti finiti è stato calcolato il fabbisogno mensile di ogni item facente parte della distinta base dei diversi prodotti selezionati per il caso studio. All'interno di entrambi i fogli dei prodotti finiti è stata calcolata anche la relativa domanda giornaliera, usando il metodo descritto nel paragrafo 4.1.5 al punto 1. Contenuto all'interno del foglio "A41002300" è stata inoltre calcolata la domanda per ogni *part number* come somma delle

domande giornaliere riferite ai due prodotti finiti. Questa matrice sarà necessaria per il calcolo dell'ADU ;

2. *Foglio "Input"*: nel foglio Input è presente per ogni *part number* la maggior parte dei dati forniti dall'azienda (eccetto la matrice delle domande clienti e storico degli stock) e tutti i parametri, di cui si è trattato nella Sezione 4.1.5 . Questo foglio è come se fosse il centro di comando della simulazione, a cui fa riferimento l'intera struttura del *tool*. Sulla base delle informazioni contenenti in "Input" è calcolata l'intera simulazione, il cui esito cambia dinamicamente al variare dei parametri inseriti.
3. *Foglio "Calcolo ADU"*: nel foglio sono calcolati, per ogni *part number* e per ogni *time bucket*, gli ADU a partire dal solo *ADU Future Horizon*, ovvero la media della domanda futura per un periodo di *ADU Future Horizon* giorni a partire dall'istante in cui è calcolata. Nella Figura 4.3 un esempio.

Tabella 4.11: Foglio "Calcolo ADU";

| Adu Future Horizon [day] | | | 25 | 25 |
|---------------------------------|------------|------------|-----------------|-----------------|
| Time bucket | DAY | DAY | COMM0103 | COMM0110 |
| 1 | 03/01/23 | Tue1 | 183,000 | 183,000 |
| 2 | 04/01/23 | Wed1 | 175,000 | 175,000 |
| 3 | 05/01/23 | Thu1 | 167,000 | 167,000 |
| 4 | 06/01/23 | Fri1 | 159,000 | 159,000 |
| 5 | 07/01/23 | Sat1 | 151,000 | 151,000 |
| 6 | 08/01/23 | Sun1 | 143,000 | 143,000 |

4. *Foglio "Qualified Demand"*: nel foglio è calcolata, per ogni *part number* e per ogni *time bucket*, la *Qualified Demand* a partire dallo *Spike Horizon* e dall'*Order Spike Threshold*. Nella Figura 4.10 un esempio. In questo esempio, in corrispondenza della riga Tue1, ovvero il primo giorno della simulazione, è calcolata la *Qualified Demand* andando a considerare la domanda dei prossimi 7 giorni e andando a confrontare ogni domanda con l'*OST* scelto riferito a Tue1, sommando eventualmente quelle domande che superano la soglia scelta. Questo procedimento viene eseguito a cascata per tutti i *time bucket*.

Tabella 4.12: Foglio "Qualified Demand";

| DAY | COMM0145 | COMM0146 |
|------|----------|----------|
| | OSH = 7 | OSH = 6 |
| | OST(2) | OST(2) |
| Tue1 | 271,00 | 271,00 |
| Wed1 | 271,00 | 271,00 |
| Thu1 | 271,00 | 271,00 |
| Fri1 | 271,00 | 271,00 |

5. Foglio "Giacenze medie": il foglio contiene lo storico delle scorte a magazzino osservate durante l'orizzonte temporale della simulazione, frutto dell'applicazione delle logiche MRP, per ogni part number della filiera logistica considerata.
6. Foglio "Lead Time": il foglio contiene i calcoli che sono stati svolti per determinare i vari *lead time* di produzione dei *part number* considerati nel caso studio. Si ricorda che la formula usata per determinare i tempi di produzione è la formula 4.1 vista all'inizio del paragrafo 4.1.5.
7. Foglio "simulazione": Il foglio "Simulation" è il foglio più importante di tutto il tool, ovvero quello in cui avviene l'intera simulazione. In esso è contenuto l'andamento nel tempo dei 10 buffer totali considerati nel caso di studio, ovvero quello che in base alla domanda cliente dei prodotti finiti e ai parametri scelti, sulla base dei principi di funzionamento del DDMRP, calcola gli ordini generati da ogni buffer e dunque il livello di stock nell'orizzonte temporale considerato.
8. Foglio "Buffer Graphs": il foglio contiene i grafici ottenuti dall'*output* della simulazione, così da avere anche un riscontro immediato sui livelli di *stock* ottenuti con i due metodi. In questo foglio sono contenuti due tipi di grafici:
 - Il grafico ricavato dalla sezione *Planning*, il quale riporta l'andamento della Net Flow Position rispetto alle tre zone del buffer. Sulle ascisse sono riportati i *time bucket* della simulazione, mentre sulle ordinate la

quantità.

- Il grafico ottenuto dalla sezione *Execution*, che mostra l'andamento dell'*On-hand Position* rispetto alle zone che delimitano situazioni in cui ci si trova da *understock* oppure *overstock*.

4.1.6 Foglio "Simulazione"

Come accennato nel paragrafo precedente, il foglio "Simulazione" è il foglio in cui effettivamente è svolta l'intera simulazione. In questo capitolo saranno descritte approfonditamente le 4 sezioni in cui è diviso.

1. Sezione *Input*: è la sezione in cui sono contenuti i dati e parametri relativi ad ogni *part number* e si presenta come nella Tabella 4.13, in cui è preso in considerazione a titolo d'esempio il *part number* COMM0145.

Tabella 4.13: Sezione Input, Foglio "Simulazione";

| Part Number | COMM0145 |
|---|-----------------|
| Part Type | Manufactured |
| Location | Tunisia |
| Decoupled Lead Time (DLT) [day] | 6 |
| Imposed or Desired Order Cycle (DOC) [day] | 0 |
| Minimum Order Quantity (MOQ) [g] | 600 |
| Multiple Batches | - |
| Lead Time Category | Basso |
| Lead Time Factor | 0,7 |
| Variability Category | Medio |
| Variability Factor | 0,5 |
| Batch | 0 |
| ADU Past Horizon [day] | 0 |
| ADU Future Horizon [day] | 25 |
| Spike Horizon [day] | 7 |
| Order Spike Threshold | OST2 |
| Starting On-Hand [g] | 4.338,00 |
| Starting On-Order [g] | 635,00 |
| Production Cycle Time [min/part] | 3 |
| Unitary Cost [€/g] | 0,0677 € |

Tutti i dati e parametri di input fanno riferimento a quelli contenuti nel foglio "Input" sulla base del nome del *part number* scritto sulla prima riga della tabella. Sulla base di queste informazioni è calcolata tutta la simulazione per il buffer in questione (ogni altra sezione del foglio fa riferimento a questa sezione), il cui esito varia dunque e al variare dei dati contenuti nel foglio "Input".

2. Sezione *Planning*: è la sezione più importante di tutto il foglio "simulazione". Può a sua volta essere divisa in due parti; la prima dove viene dimensionato, per ogni *part number*, il buffer, ed una seconda dove effettivamente si simula la fase di pianificazione nell'orizzonte preso in considerazione del caso studio. Di seguito verranno elencati tutti i componenti calcolati. Molti sono già stati introdotti nelle sezioni precedenti per cui non ci si soffermerà più di tanto. Per le grandezze non ancora state spiegate verrà fornita una breve descrizione.

- *ADU*: preso direttamente dal foglio "Calcolo *ADU*", che si ricorda essere calcolato usando un *ADU Future Horizon*, per ogni *part number* in ogni *time bucket*;
- *Lead Time Factor Green Zone (t)*: uno dei componenti della *Green Zone*;
- *Minimum Order Quantity (MOQ)*: presa dal foglio "Input";
- *Imposed/Desired Order Cycle (t)*: posta uguale a zero per tutti i *part number*;
- *Green Zone (t)*: ottenuta come il massimo tra le tre grandezze precedenti;
- *Yellow Zone (t)*: calcolata come il prodotto tra *ADU* e *DLT*;
- *Red Base (t)*: uguale al *Lead Time Factor Green Zone*;
- *Red Safety (t)*: pari a *Red Base* moltiplicato per il *Variability Factor*;
- *Red Zone (t)*: pari alla somma delle due grandezze precedenti;

Queste grandezze concorrono al dimensionamento del buffer di disaccoppiamento. È importante sottolineare il fatto che già le tre zone del

buffer possono, solo in casi di vera necessità, essere modificati tramite l'applicazione dei fattori di aggiustamento. Nel presente caso studio, avendo scelto di calcolare l'ADU guardando solo alla domanda futura, per tutti i *part number* è stato applicato un DAF (*Demand Adjustment Factor*) pari a uno. Per quanto riguarda le tre zone del buffer invece, è stato applicato un fattore di aggiustamento solo alla Green Zone, per quei *time bucket* dove l'ADU assumeva valori troppo piccoli rispetto alla MOQ. Definite le tre zone del buffer, possono essere facilmente individuate i tre livelli *Top of Green*, *Top of Yellow* e *Top of Red* che come già affermato, sono i responsabili della generazione di un ordine e della quantità di un ordine. Le tre grandezze sono già state definite come:

- $Top\ of\ Red\ (t)\ (TOR) = Red\ Zone\ (t).$ (4.10)

- $Top\ of\ Yellow\ (t)\ (TOY) = TOR\ (t) + Yellow\ Zone\ (t).$ (4.11)

- $top\ of\ Green\ (t)\ (TOG) = TOY\ (t) + Green\ Zone\ (t).$ (4.12)

Una volta dimensionati i buffer di disaccoppiamento, si passa alla fase di pianificazione in cui il DDMRP propone un piano di ordini generati la cui approvazione o meno sarà affidata al pianificatore. Di seguito sono descritte tutte quelle grandezze che permettono al DDMRP di generare un ordine.

- *On-Hand (t)*: è la quantità disponibile a magazzino al tempo t. bisogna dividere in due le formule con cui è calcolata in base a quale *time bucket* ci troviamo:

- a. Se $t = 1$, quindi nel primo *time bucket* della simulazione,

$$On-Hand\ (1) = Starting\ On-Hand - Sales\ Order\ (1) + Inbound\ (1) \quad (4.13)$$

- b. Se $t \neq 1$,

$$\text{On-Hand } (t) = \text{On-Hand } (t-1) - \text{Sales Order } (t) + \text{Inbound } (t) \quad (4.14)$$

- *On-Order (t)*: è la quantità in transito verso il buffer di riferimento. Anche qua vale lo stesso discorso fatto per il calcolo dell'*On-Hand*:

a. Se $t = 1$,

$$\text{On-Order } (1) = \text{Starting On-Order} - \text{Inbound } (1) \quad (4.15)$$

b. Se $t \neq 1$,

$$\text{On-Order } (t) = \text{On-Order } (t-1) + \text{Order } (t-1) - \text{Inbound } (t) \quad (4.16)$$

- *Qualified Demand (t)*: la somma della domanda del time bucket t e di eventuali domande clienti, nell'orizzonte temporale di Spike Horizon giorni, superiori all' $\text{OST}_1(t)$, $\text{OST}_2(t)$ o $\text{OST}_3(t)$, dipendentemente da quale è stato scelto per il part number considerato. Tali valori sono presi dal foglio "Qualified Demand", dipendentemente dal time bucket t e dal part number.

- *Net Flow Position (t) (NFP)*: è la grandezza responsabile dell'emissione degli ordini, calcolata per ogni *time bucket* come:

$$\text{Net Flow Position } (t) = \text{On-Hand}(t) + \text{On-Order}(t) - \text{Qualified Demand}(t) \quad (4.17)$$

- *Planning Priority (t)*: sarà dato dal rapporto tra NFP e TOG e viene rappresentata con lo stesso colore della zona in cui si trova la *Net Flow Position*, così da rendere di immediata comprensione la necessità e l'urgenza dell'emissione di un possibile ordine.
- *NFP to TOG*: è l'eventuale quantità ideale da ordinare per riportare la *Net Flow Position* al valore del *Top of Green*. Per tutti i *part number* assume dunque due possibili valori:

- Se *Net flow position (t) > TOY (t)*, *NFP to TOG (t) = 0*.

- Se *Net flow position (t) < TOY (t)*, *NFP to TOG (t) = TOG (t) – Net flow position(t)*.

- *Order (t)*: è la quantità effettivamente ordinata che tiene conto della quantità minima ordinabile sia che si faccia riferimento ad un ordine di acquisto che di vendita.
 - *Request Date (t)*: indica la data entro cui dovrebbe arrivare l'ordine effettuato nel *time bucket t*.
3. Sezione *Execution*: è la sezione dove, nella realtà operativa di un'azienda, è monitorato l'andamento delle scorte di ogni buffer. Ciò che nella pratica va fatto è, una volta che il pianificatore ha confermato la pianificazione proposta dal DDMRP, monitorare quanto più spesso possibile (è auspicabile giornalmente) l'andamento dei vari buffer. Un esempio che potrebbe aiutare a capire perché questa fase di monitoraggio è così importante.

Esempio. Si consideri un *item* con un *DLT* molto lungo, 100 giorni. Si consideri un orizzonte temporale in cui opera il DDMRP pari a 150 giorni. Premettendo di essere già a pieno regime, il DDMRP propone un ordine di approvvigionamento per quell'*item* il giorno 50, questo arriverebbe dopo 100 giorni, quindi l'ultimo giorno disponibile che si è considerato affinché il DDMRP svolga la sua pianificazione. Ciò significa che per tutti e 150 giorni non ci sarà un *inbound* di quel materiale, e si presuppone quindi che il buffer sia capace di garantire il flusso continuo del componente. Ma se durante i 150 giorni si registra un nuovo ordine di vendita (da intendere anche come una richiesta di materiale dal buffer immediatamente sopra) per quel componente, questo potrebbe portare l'*On-Hand* ad un certo punto nel futuro ad un valore negativo, che tradotto significa che ad un certo punto il buffer non avrà uno *stockout* per quel componente. In questo caso, o in tanti altri che si possono realmente verificare, il DDMRP emetterà

un allarme che porterà inevitabilmente all'emissione di un ordine per l'*item* in un *time bucket* dove magari non è necessario, ma lo diventerà nel caso non venisse fatto.

Di seguito sono elencate tutte le grandezze che sono usate per il monitoraggio dei buffer di disaccoppiamento.

- *On-Hand* (t): è la quantità a magazzino nel *time bucket* t, corrispondente a quella calcolata nella Sezione *Planning*.
- *Low Red* (t) = *Red Zone* (t) * 0,5;
- *Low Yellow* (t) = *Red Zone* (t);
- *Optimal Zone* (t) = *Low Yellow* (t) + *Green Zone* (t);
- *High Yellow* (t) = *TOY* (t);
- *High Red* (t) = *TOG* (t);

Sulla base di queste grandezze verranno plottati i relativi grafici che mostrano l'andamento del livello di *stock*.

4. Sezione *Stock Analysis*: è la sezione dedicata al confronto tra lo *stock* medio generato dal *DDMRP* rispetto a quello generato dall'*MRP*. Anche per questa sezione sono definite le grandezze che si sono calcolate al fine di svolgere un'analisi comparativa sia sulla quantità che sul costo.

- *DDMRP stock*: è lo *stock* presente in ogni buffer che si genera una volta applicata la logica *DDMRP*. Due tipi di *stock* sono presi in considerazione:
 - *DDMRP stock* giornaliero (t) : corrisponde all'*On-Hand* (t);
 - *DDMRP stock* mensile: è la media sul mese dello *stock* giornaliero;
- *MRP stock* mensile: dati mensili della quantità attualmente in *stock* con le tecniche fino ad ora utilizzate;
- *DDMRP stock* – *MRP stock*: è la differenza di *stock* osservata, mensilmente,

tra le quantità presenti a magazzino simulate con l'applicazione delle logiche DDMRP e quelle invece osservate, nello stesso periodo di tempo, a seguito dell'applicazione aziendale delle logiche MRP. Si noti che:

- DDMRP Stock (t) – MRP Stock (t) > 0, se le logiche DDMRP hanno generato maggiore stock nel mese considerato;
- DDMRP Stock (t) – MRP Stock (t) < 0, se le logiche DDMRP hanno generato minore stock nel mese considerato.

- *Percentage Deviation*: rappresenta l'aumento/riduzione percentuale che si ha generato l'applicazione del DDMRP. È calcolata come:

$$Percentage\ Deviation = \frac{\sum_{i=1}^5 (DDMRP\ monthly\ stock(i) - MRP\ monthly\ stock(i))}{\sum_{i=1}^5 (MRP\ stock(i))} \quad (4.18)$$

- *Inventory value (DDMRP)*: rappresenta il costo dello stock che mediamente è immobilizzato. È calcolato come:

$$Inventory\ Value\ (DDMRP) = DDMRP\ stock\ (t) * Unitary\ Cost \quad (4.19)$$

Il costo unitario che si è riusciti ad ottenere dal database, è un costo che riguarda il costo di produzione per i *part number* di tipo M, ed il costo di acquisto per quanto riguarda i *part number* di tipo P.

Inventory value MRP: rappresenta il costo della giacenza mensile ed è stato dato direttamente estratto dal database di Sorma;

- *Cost Difference*: rappresenta la differenza di valore della giacenza mensile utilizzando le due tecniche;

Segue la Tabella 4.14, che riassume tutti i concetti spiegati sopra. Questa tabella è stata direttamente presa dal foglio "simulazione", e ne è stata costruita una per ogni *part number*.

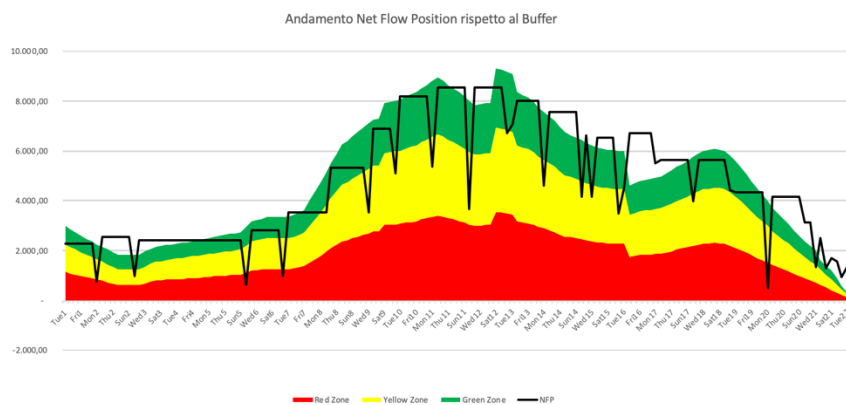
Tabella 4.14: Stock Analysis, Foglio "Simulazione";

| DDMRP Stock [g] | Stock mensile DDMRP [g] | MRP Stock [g] | DDMRP - MRP [g] | Percentage Quantity Deviation | Inventory value DDMRP (€) | Inventory value MRP (€) | Cost Difference [€] |
|-----------------|-------------------------|---------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1.923,00 | 1.327,00 | 3074 | 1.747,00 | -132% | 89,84 | 208,11 € | 118,27 € |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 1.923,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 387,00 | | | | | | | |
| 2.187,00 | | | | | | | |
| 651,00 | | | | | | | |
| 651,00 | | | | | | | |
| 651,00 | | | | | | | |
| 651,00 | | | | | | | |
| 651,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |
| 1.851,00 | | | | | | | |

4.2 Analisi Output e confronto con MRP

Quello che verrà valutato in questa sezione, è se l'effettiva applicazione del metodo *DDMRP* porti dei benefici rispetto all'*MRP*. In particolare, saranno analizzati, per ogni *part number*, i relativi *Buffer Graphs*, valutando anche se da un punto di vista economico il metodo *DDMRP* apporti una riduzione dei costi.

- COMM0145:



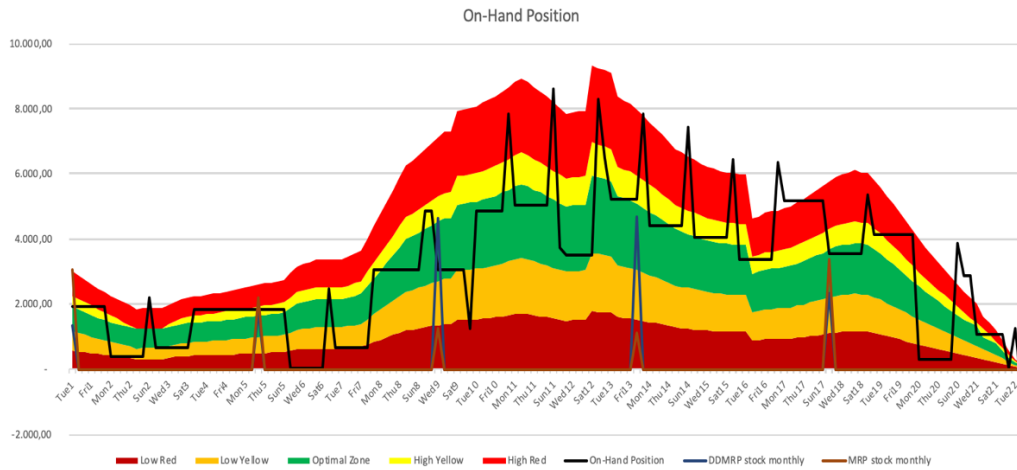


Figura 4.3: Grafici di COMM0145;

Analizzando il primo grafico, si può notare come certi ordini vengono emessi in situazioni in cui la *NFP* è sotto la *TOR*, che idealmente è una situazione da evitare poiché in caso di ordine improvviso potrebbe non esserci la possibilità di soddisfare la domanda. Guardando invece al secondo grafico, si può notare come invece l'andamento puntuale dello *stock* oscilla tra una situazione tra livello ottimo e una situazione di *overstock* caratterizzata da sporadici picchi di *high overstock*. Questo porta a capire come il livello delle scorte risulti sovradimensionato. Andando ad effettuare un confronto con i livelli di stock registrati dall'MRP si nota come mediamente mensilmente, la logica DDMRP abbia generato il 34% di stock in più nel periodo di simulazione considerato, come mostrato in Figura 4.12 (il calcolo è stato effettuato secondo la formula 4.19).

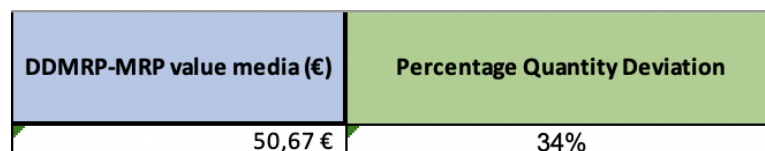


Figura 4.4: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0145;

Andando però a calcolare *DDMRP monthly stock* e *MRP monthly stock*, si nota come solo nei mesi di Marzo e Aprile si ha un aumento di *stock* molto

grande. Ciò però è giustificato dall'andamento che assume la domanda cliente durante il periodo preso in esecuzione. Si può notare, infatti come nei mesi di Gennaio-Febbraio, la domanda risulta molto dilazionata nel tempo, mentre è proprio nei mesi Marzo-Aprile che si possono notare anche due ordini consecutivi. In conclusione quindi, seppur il metodo DDMRP abbia percentualmente aumentato le scorte in magazzino, il modo in cui le scorte sono state distribuite risulta molto più coerente con la domanda. A questo proposito sicuramente ha aiutato un DLT abbastanza corto (6 giorni) tale da permettere al DDMRP di adeguarsi al trend delle domanda.

- **COMM0146:**

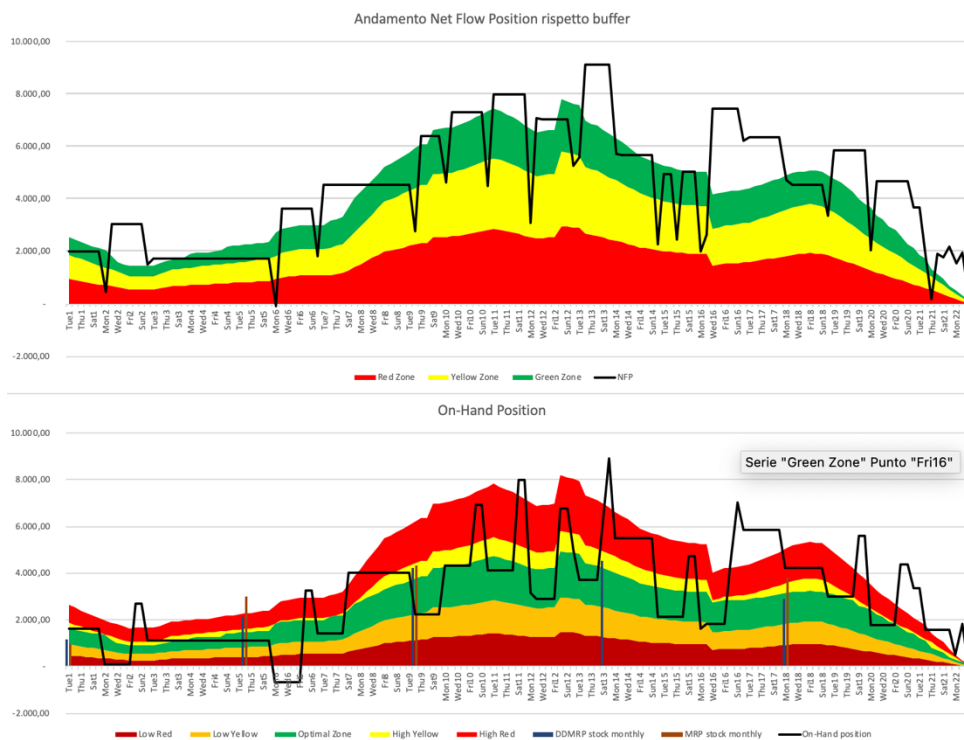


Figura 4.5: Grafici COMM0146;

Così come per il *part number* COMM0145, anche per questo item il discorso è molto simile. L'unica differenza tra i due componenti infatti è la *MOQ*, che per questo item risulta essere pari a 1300, più del doppio rispetto a COMM0145. E questa differenza però, la si può notare non tanto per

quanto riguarda il livello di stock generato mensilmente dal DDMRP (secondo grafico colonne bordeaux e blu), ma per quanto riguarda l'andamento dell'On-hand. Infatti si può notare come nella settimana 6 della simulazione, l'On-hand raggiunge valori negativi, che si traduce in una situazione di *stockout*. Questo scenario si verifica poiché ordinando un lotto di quantità maggiore, a parità di consumi il prossimo ordine sicuramente avverrà dopo rispetto all'item COMM0145, ed in effetti è proprio ciò che succede. La situazione che ha portato ad un periodo pari a 5 giorni di *stockout* è dato dal fatto che l'ordine è emesso il giorno stesso in cui si ha un *sales order*, e l'ordine ha portato il livello di magazzino sotto lo zero, ovvero non avevamo abbastanza componenti per soddisfare la domanda, ed essendo il DLT pari a 5 giorni, per tutto il DLT si verificherà uno *stockout*. Anche qua come per il componente COMM0145, l'applicazione porta ad uno aumento dello *stock* pari al 24%. Questo dato però non è da considerarsi attendibile in quanto per il mese di Marzo non è stato caricato nell'ERP di Sorma il valore della giacenza media attuale.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| 45,94 € | 24% |

Figura 4.6: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0146;

- 680173:

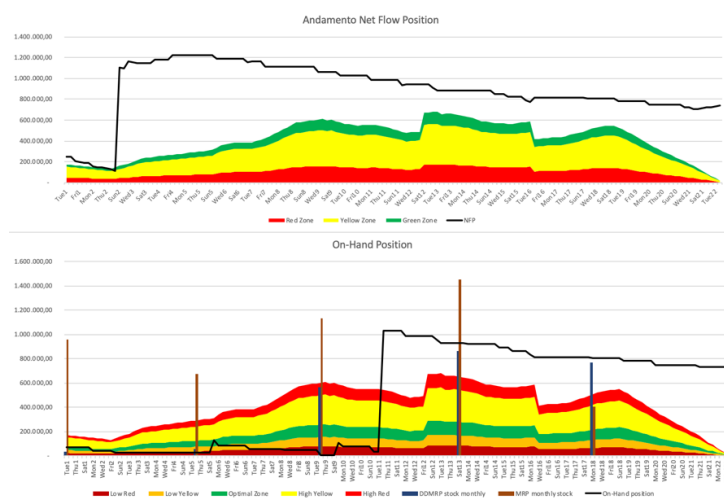


Figura 4.7: Grafici 680173

Questa materia prima, che si ricorda essere comune ai part number COMM0145 e COMM0146, prevede un MOQ esponenzialmente più grande rispetto alla domanda prevista, dato anche dal DLT molto grande, pari a 60 giorni. Ciò comporta, seppur una situazione iniziale antecedente al primo e unico ordine proposto per la materia prima in cui il livello dell'On-hand si mantiene nei limiti del buffer, tutto il resto della simulazione si registra una situazione di *overstock*. Nonostante questo, la logica DDMRP sembra ridurre notevolmente la quantità media stoccata in magazzino, portando anche ad un risparmio in termini di costo di mantenimento, come si vede in Figura 4.17.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation media |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 2.933.142,25 € | -100% |

Figura 4.8: Variazione quantità e costo di magazzino per 680173;

Si noti però come, prima dell'arrivo dell'ordine effettuato il Sat2 è stato necessario ordinare altre due volte prima, al fine di non incorre in un periodo troppo lungo di *stockout*. Ciò mette in evidenza l'importanza della fase di *Execution* del DDMRP.

- COMM0114/B:



Figura 4.9: Grafici COMM0114/B;

Anche per questo componente vale lo stesso discorso fatto per la materia prima precedente, con la differenza che in questo caso il DDMRP ha ridotto del 100% la quantità stoccata (vedi Figura 4.19) nonostante le condizioni in termini di DLT fossero opposte. Questo *part number* infatti ha un DLT molto corto, solo 4 giorni, come si può vedere dalla figura, poiché sono proposti tre ordini e non uno come per la materia prima 680173. Ciò significa che la logica DDMRP sembra essere più precisa rispetto alla logica tradizionale MRP.

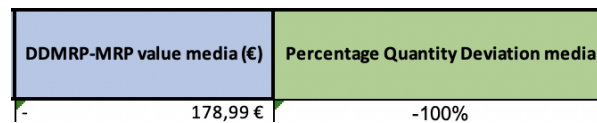


Figura 4.10: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM114/B;

- COMM0103:

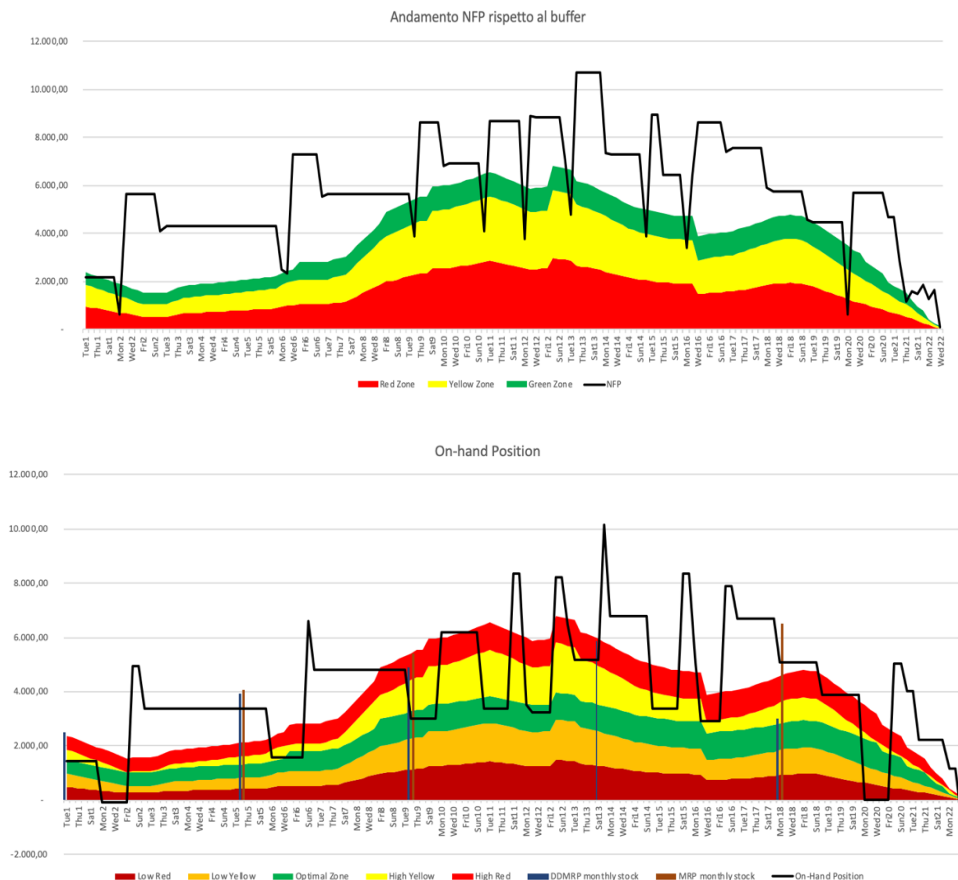


Figura 4.11: Grafici COMM0103;

Per questo componente, si può notare come il livello di *stock* sia per la maggior parte del tempo in una situazione di più o meno *overstock*, con periodi di *optimal zone*, e pochi giorni in cui si registrano situazioni di grave *understock*. Tutto ciò dimostra quanto detto nella sezione teorica, ovvero che il livello di magazzino oscillerà sempre in un intorno del livello ottimale. Guardando al grafico che riporta l'andamento dell'*On-hand position*, nonostante non sia stato possibile avere le giacenze medie di due mesi, analizzando soltanto gli altri mesi, si nota come il DDMRP risulti più efficiente.

Considerando quindi solo i mesi di Febbraio, Marzo, Maggio, la riduzione percentuale dello *stock* risulta del 26%, con una conseguente diminuzione dei costi pari a 929,47€.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| - 929,47 € | -26% |

Figura 4.12: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0103;

- COMM0120:

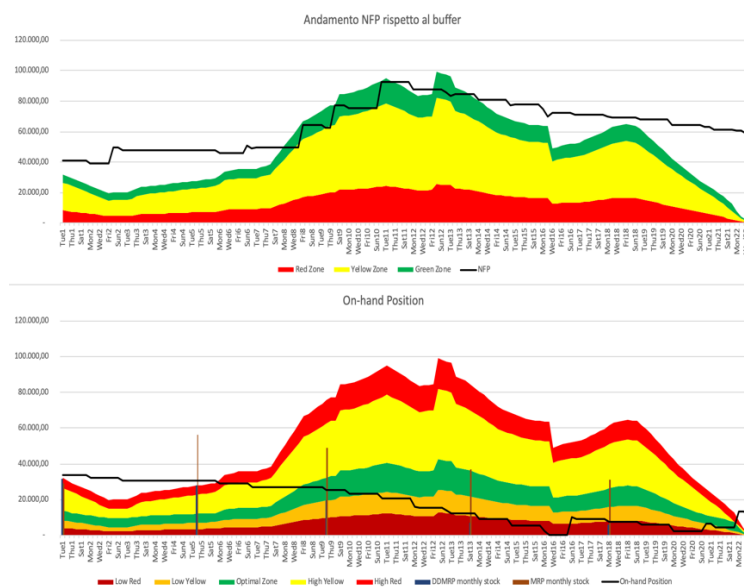


Figura 4.13: Grafici COMM0120;

Per quanto riguarda questo componente, da come si vede dalla Figura 4.20, l'On-hand position presenta un andamento atipico rispetto ai componenti o materie prime analizzate fino ad ora. La motivazione risiede nel fatto che questo *part number* presenta il *DLT* più lungo tra tutti gli *item* analizzati, ovvero 100 giorni. Ciò ha comportato che nel momento in cui il DDMRP ha proposto il primo ordine questo arriverebbe dopo 100 giorni. Proprio questo lead time molto lungo, come si evince dal grafico, comporta un consumo decrescente fino ad arrivare ad una condizione di *understock* da cui comunque non si riesce ad uscire anche nella parte finale della simulazione.

Come prevedibile infatti, la Figura 4.21 mostra come l'applicazione del DDMRP per questo componente abbia comportato una riduzione percentuale della giacenza complessiva nell'orizzonte considerato pari al 54% ed un costo medio mensile diminuito di 3.871,95€.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| - 3.871,95 € | -54% |

Figura 4.14: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMMO120;

- COMM0110:

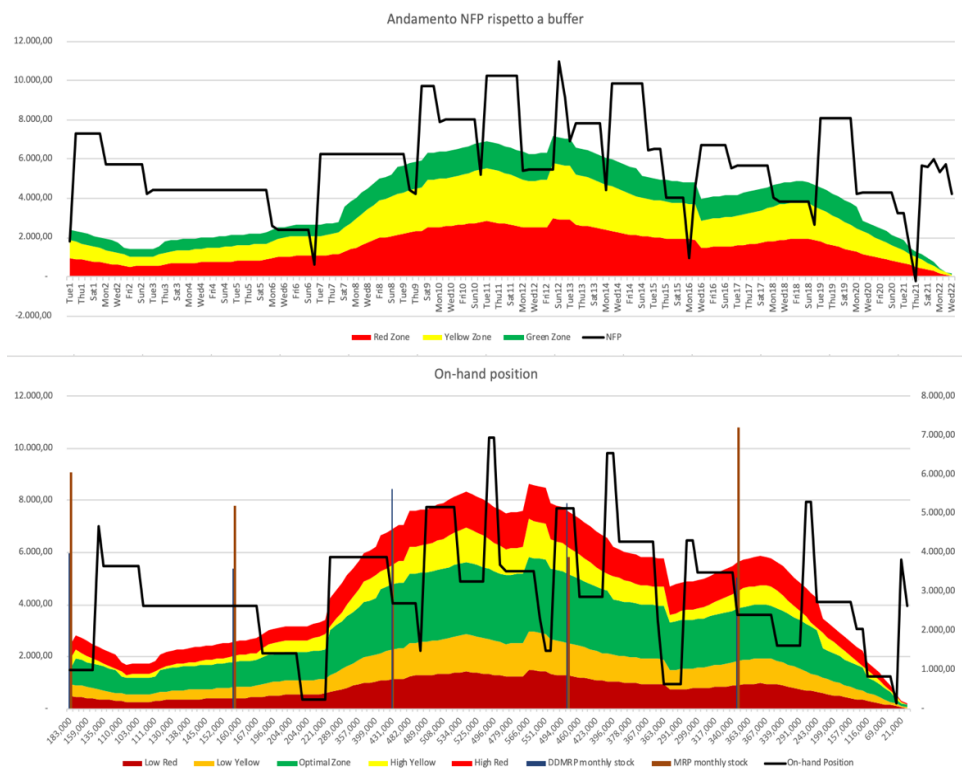


Figura 4.15: Grafici COMM0110;

Per questo semilavorato, è evidente come l'andamento dell'On-hand oscilli molto rispetto agli altri componenti. L'unico altro componente che presenta un comportamento molto simile a questo *item* è il COMM0111, che non a caso presenta lo stesso DLT del COMM0110 e una MOQ molto simile.

Per quanto riguarda l'andamento che presenta l'On-hand è giustificabile dal fatto che il COMM0110 presenta un DLT molto breve, 5 giorni, ma un numero di ordini proposti dal DDMRP elevato, soprattutto durante i mesi Marzo-Aprile che come già detto risultano essere i mesi dove si registra una domanda cliente in due giorni successivi. Naturalmente in queste condizioni mantenere un livello di *stock* ottimale è quasi impossibile, ma ciò che si ottiene è, per l'appunto, un andamento molto altalenante tra una situazione di *understock* e *overstock*.

Anche per quanto concerne l'efficacia del DDMRP in termini di giacenze mensili derivanti dall'applicazione della sua logica, già graficamente si può

notare come per i mesi di Marzo e Aprile il DDMRP comporti uno stock maggiore rispetto a quanto generato con l'MRP, ma permette di avere meno stock in tutti gli altri mesi. Ciò si traduce in una riduzione totale dello stock pari al 19% ed una conseguente riduzione del costo di magazzino pari a 50,78€.

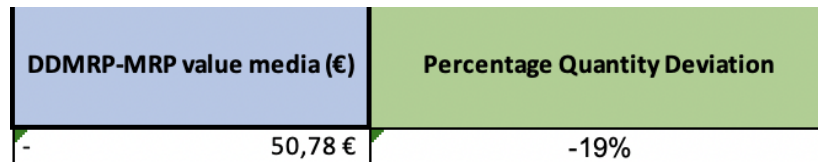


Figura 4.16: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0110;

- COMM0111:

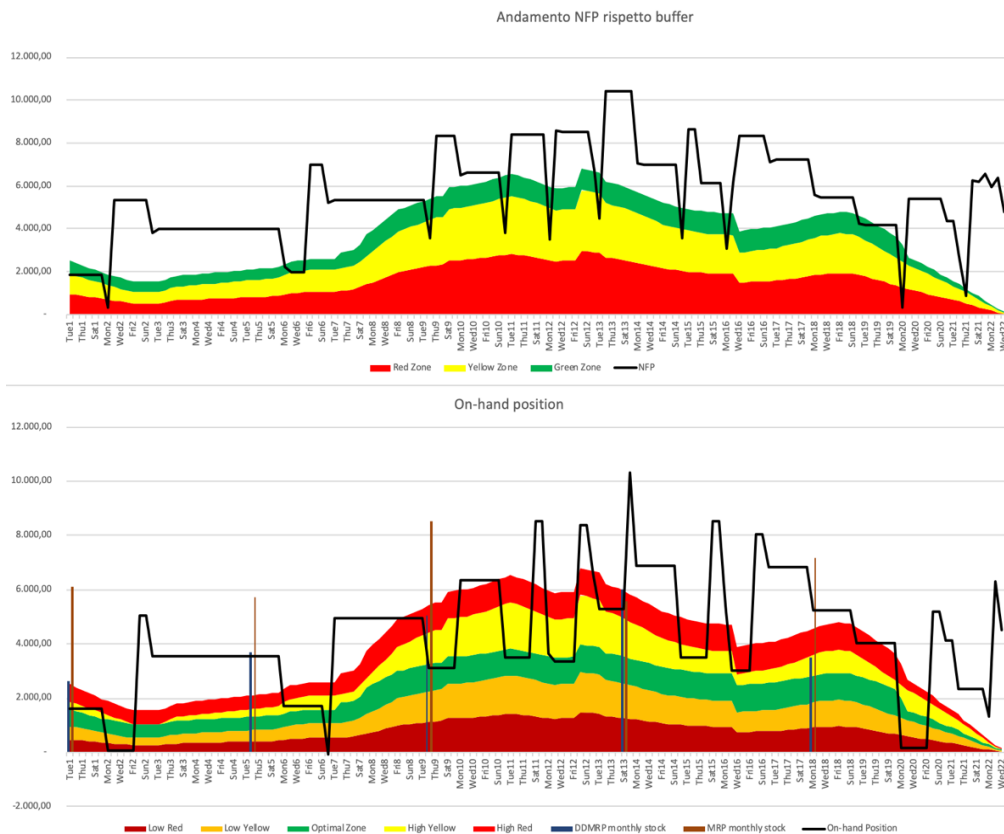


Figura 4.17: Grafici COMM0111;

Come accennato nell'analisi del componente COMM0110, l'andamento che l'On-hand ha avuto anche per questo item è molto simile, mantenendosi più tempo in una situazione di lieve overstock.

È facile capire come, anche per questo componente il DDMRP ha portato una notevole riduzione nella quantità media stoccata mensilmente, come mostrato dai due istogramma nella Figura 4.17. Complessivamente infatti il DDMRP ha portato ad una riduzione del 37% della quantità presente in magazzino, con un conseguente risparmio sul costo medio di magazzino pari a 99,53€.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| 99,53 € | -37% |

Figura 4.18: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0111;

● 990000548:

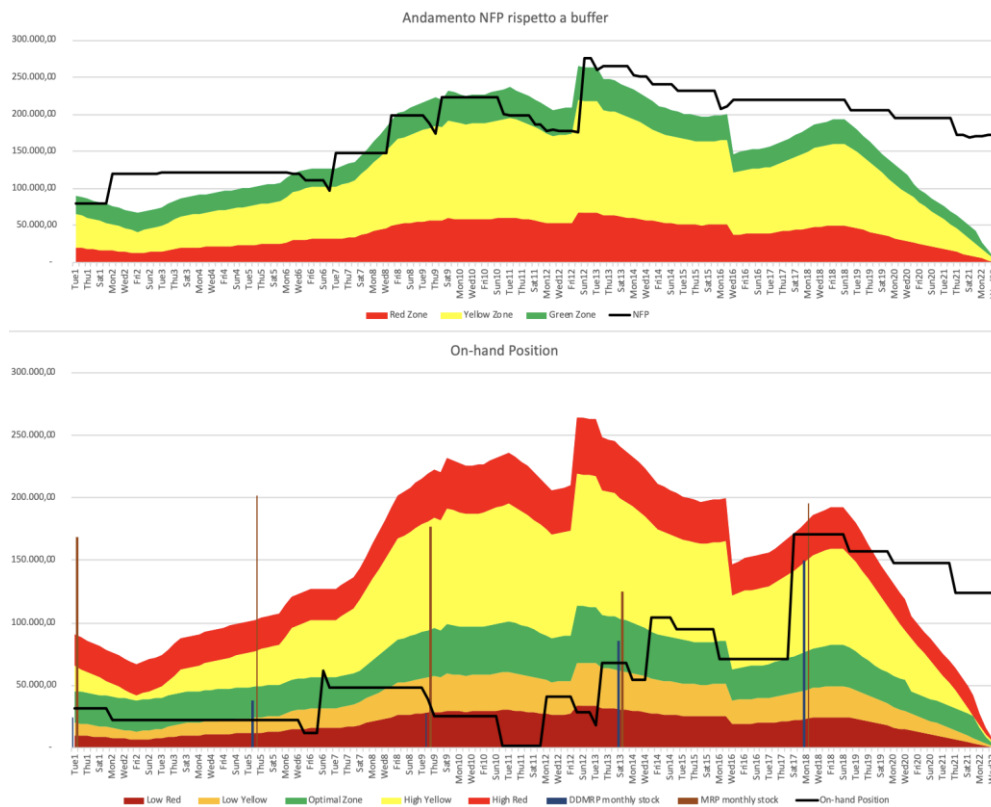


Figura 4.19: Grafici 990000548;

Per questa materia prima, l'On-hand, dopo un periodo iniziale in cui il livello dello stock risulta essere ottimale, si assesta in un periodo di *understock* anche questo causato come per COMM0120, da un DLT lungo (35 giorni). Essendo però molto più corto dei 100 giorni di COMM0120, il buffer avrà un periodo in

cui avrà gli Inbound di materia prima, portando il livello del buffer ad una condizione di *overstock*.

Da come può evincere dal grafico, per questa materia prima si registra un esponenziale miglioramento grazie all'applicazione del DDMRP, come si può vedere in Figura 4.20.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| - 365.571,84 € | -63% |

Figura 4.20: Variazione quantità e costo medio di magazzino per 990000548;

- COMM0114:

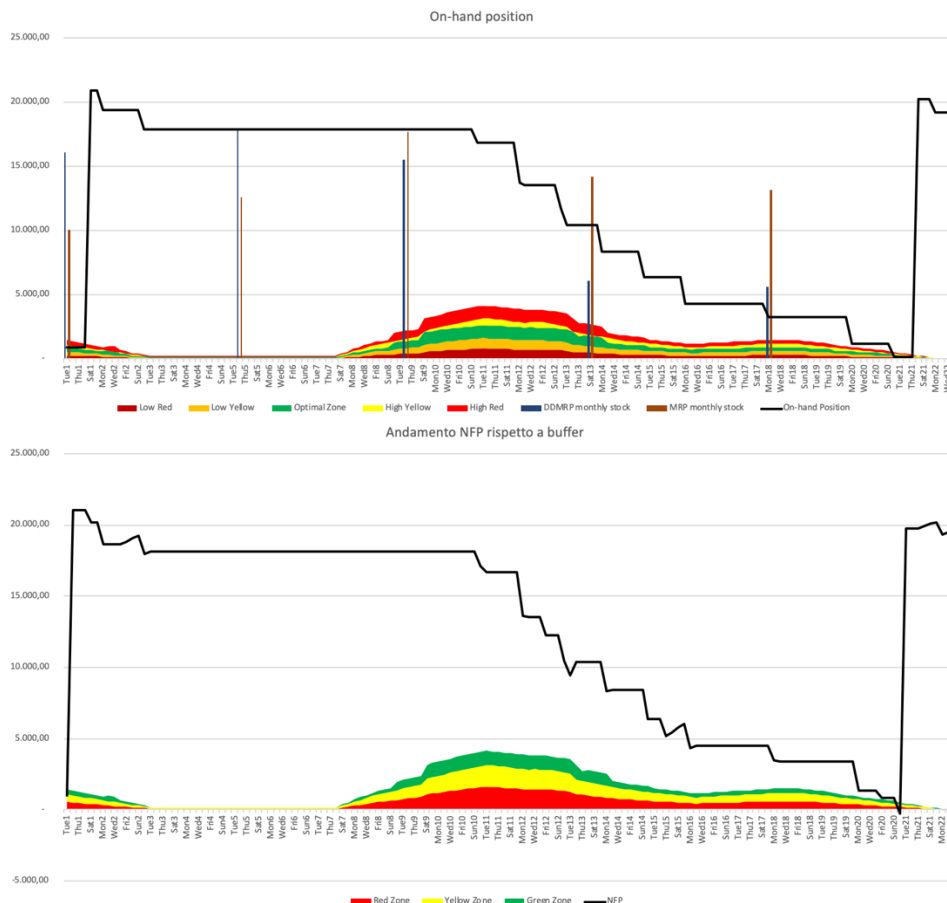


Figura 4.21: Grafici COMM0114;

Il componente COMM0114 presenta un buffer che risulta, per quasi tutta la durata della simulazione, in *overstock*. La causa di ciò è data dalla MOQ

che per questo componente risulta particolarmente superiore rispetto al consumo effettivo del componente.

Se però si analizza la giacenza media che la logica DDMRP genera, guardando la Figura 4.27, si può notare come per i primi due mesi si ha una maggior giacenza del componente, salvo poi avere nei restanti mesi una riduzione significativa di *stock* medio mensile, che conduce ad una riduzione totale pari al 10%, con un conseguente *average cost saving* mensile pari a 38,95€.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| - 38,95 € | -10% |

Figura 4.22: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMMO114;

- 680176:

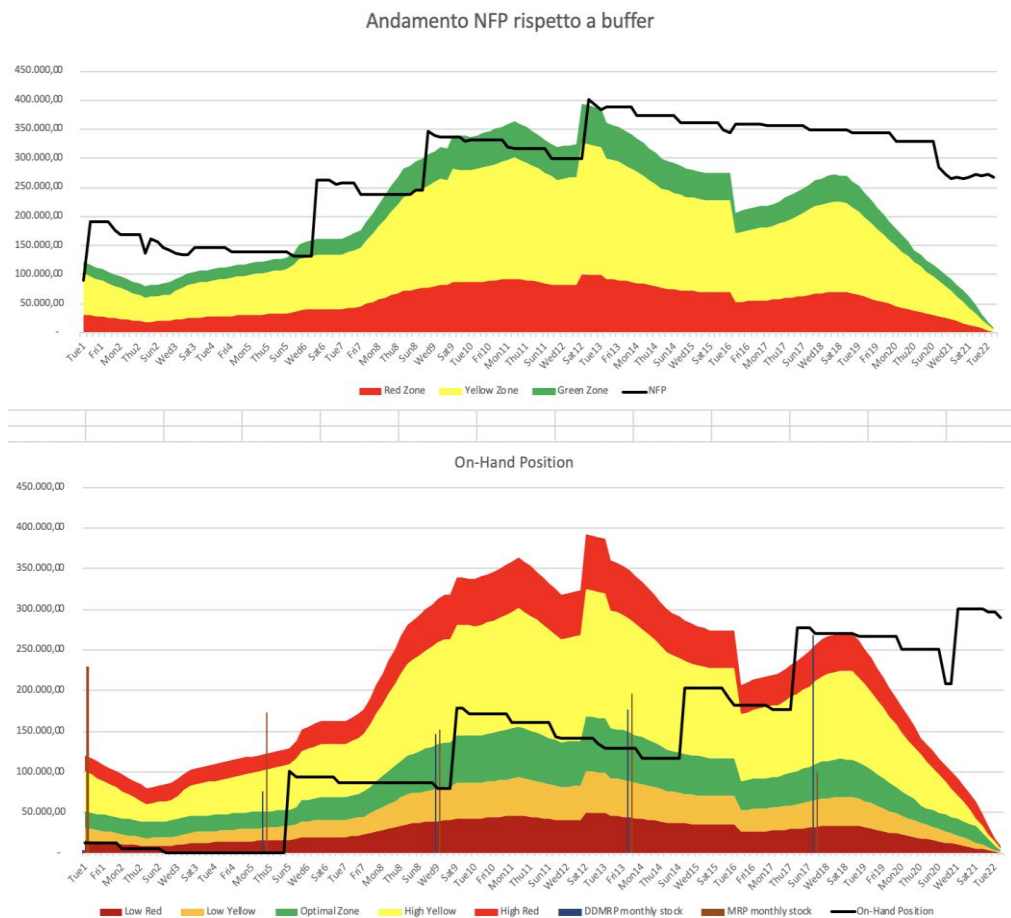


Figura 4.23: Grafici 680176;

Questo è l'ultimo *part number* che rimane da analizzare. L'*On-hand position* assume un trend crescente partendo da un livello fisso sulla *Low Red* per tutta la prima parte della simulazione, fino a quando non arrivano mano a mano tutti gli ordini emessi DLT giorni prima (60 giorni per questa materia prima), portando così il buffer di disaccoppiamento ad un livello di *overstock*, come si può vedere nella Figura 4.29 in particolare se si osservano gli istogrammi che rappresentano la giacenza media mensile generata dall'applicazione del DDMRP e dell'MRP, si nota come gli istogrammi che si riferiscono al DDMRP (grafici blu) aumentano di mese in mese.

Se però si calcola la variazione percentuale dello *stock* generato dal DDMRP rispetto a quello che si ha con l'MRP, ci si rende conto di come anche per questo componente l'applicazione del DDMRP porti dei benefici, riducendo lo *stock* del 21%, comportando una riduzione del costo di magazzino pari a 221.196,07€.

| DDMRP-MRP value media (€) | Percentage Quantity Deviation |
|---------------------------|-------------------------------|
| - 221.196,07 € | -21% |

Figura 4.24: Variazione quantità e costo medio di magazzino per 680176;

4.3 Considerazioni finali e analisi critica del DDMRP

In questa sezione verrà semplicemente riportata una tabella riassuntiva sugli *stock* medi mensili generati dal DDMRP confrontandoli con quelli prodotti dall'MRP.

Tabella 4.15: Confronto stock medio generato da DDMRP e MRP;

| Part Number | DDMRP stock mensile | MRP stock mensile | Variazione % Stock |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| COMM0145 | 2.961 | 2.213 | 33,8% |
| COMM0146 | 3.001 | 2.423 | 23,9% |
| 680173 | 348.961,91 | 925.634,52 | -62,3% |
| COMM0114/B | 7.418 | 13.029 | -43,1% |
| COMM0103 | 4.042 | 3.204 | 26,2% |
| COMM0120 | 18.423 | 40.447 | -54,5% |
| COMM0110 | 4.376 | 5.378 | -18,6% |
| COMM0111 | 4.176 | 6.625 | -37,0% |
| 990000548 | 64.798,85 | 173.660,91 | -62,7% |
| COMM0114 | 12.224 | 13.510 | -9,5% |
| 680176 | 134.934,94 | 170.116,35 | -20,7% |

Dalla Tabella è evidente come complessivamente l'applicazione del DDMRP alla realtà aziendale quale è quella di Mista S.p.A, risulti particolarmente efficiente soprattutto con le materie prime, in quanto le quantità risultano essere molto maggiori rispetto gli altri componenti.

È stata calcolata inoltre, la variazione complessiva dello stock generato dalla logica DDMRP, in particolare la formula utilizzata somma per ogni mese di stock per ogni buffer considerato nella simulazione, ovvero:

$$\Delta Stock Globale = \frac{\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^5 (DDMRP \text{ monthly stock} - MRP \text{ monthly stock})}{\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^5 MRP \text{ monthly stock}} \quad (4.20)$$

| |
|---|
| VARIAZIONE STOCK COMPLESSIVO |
| -55,37% |

Figura 4.25: Variazione percentuale complessivo dello stock;

Dove j è l'indice dei buffer, mentre i è l'indice dei mesi presi in considerazione per la simulazione. Questo risparmio in termini di quantità, può essere direttamente tradotto in un risparmio di costo. Infatti come già riportato nella Sezione 4.2, è stata calcolata la variazione media mensile del costo di mantenimento a magazzino per ogni *part number*, secondo la formula seguente:

$$\Delta \text{ Costo medio mensile} = \frac{\sum_{i=1}^5 \text{Unitary cost} * (\text{DDMRP monthly stock} - \text{MRP monthly stock})}{5} \quad (4.21)$$

Questa formula è stata applicata per ogni part number. Segue la Tabella 4.16, che riassume quanto appena detto.

Tabella 4.16: Variazione costo medio di magazzino mensile per part number;

| Part Number | Variazione costo medio mensile | Variazione % costo magazzino |
|-------------|--------------------------------|------------------------------|
| COMM0145 | 50,67 € | 33,8% |
| COMM0146 | 45,935 € | 23,9% |
| 680173 | - 3.614.226,42 € | -62,3% |
| COMM0114/B | - 178,99 € | -43,1% |
| COMM0103 | 75,12 € | 26,2% |
| COMM0120 | - 3.871,95 € | -54,5% |
| COMM0110 | - 50,78 € | -18,6% |
| COMM0111 | - 99,53 € | -37,0% |
| 990000548 | - 365.571,84 € | -62,7% |
| COMM0114 | - 38,95 € | -9,5% |
| 680176 | - 221.196,07 € | -20,7% |

È stata calcolata anche la variazione globale in termini economici, che risulta essere:



Figura 4.26: Variazione Costo globale;

Globalmente, guardando le Tabelle 4.15 e 4.16, si può notare un miglioramento maggiore in quei *part number* che presentano i *lead time* maggiori. Non a caso i *part number* sono tutti dei codici acquistati.

È normale anche che le variazioni percentuali siano le stesse, non a caso l'unico dato sul costo che è stato possibile reperire, come accennato nel paragrafo 4.1.6, è stato il costo di acquisto o produzione dei vari *part number*. I valori economici riportati nelle tabelle quindi, si riferiscono al valore totale dei vari buffer.

A valle di questa analisi finale, seguono delle considerazioni fatte sulla simulazione svolta.

La *Green Zone* è stata notevolmente ridotta per tutti quei componenti o materie prime al fine di essere proporzionata all'*ADU*, e di conseguenza al *LT factor*, non solo per rendere la simulazione quanto più accurata possibile, ma anche per rispettare quanto detto nella sezione teorica, ovvero che è sempre consigliabile, quando si hanno dei *lead time* particolarmente lunghi, ridurre la *Green Zone* in modo da non ordinare troppo e non troppo poco frequentemente.

Quanto appena detto crolla quando la *MOQ* è di ordini di grandezza molto superiori rispetto alla dimensione del buffer. Conseguenza di ciò, è la variazione in termini di numero di ordini effettuati per ogni *item* o materia prima e la frequenza con cui gli ordini sono stati emessi. In particolare risultano due o addirittura un ordine ed una frequenza di riordino molto elevata per quei

part number con una MOQ molto elevata. Questo naturalmente rende il DDMRP meno performante e meno efficiente.

Altra considerazione su cui si vuole porre l'attenzione è che i componenti esaminati in questo caso studio sono una piccola parte dei migliaia di *item* che l'azienda produce. Infatti sia le materie prime che i componenti su cui si è deciso di valutare l'efficacia del DDMRP fanno parte di altre centinaia di BOM. È stato quindi deciso di fare un'approssimazione dei livelli di stock generati dall'MRP, al fine di renderli comparabili con i livelli di stock generati dal DDMRP tramite la simulazione. Ciò risulta inevitabilmente un'approssimazione molto forte, ma si vuole anche far presente che questa simulazione è la base di un successivo progetto di implementazione e sviluppo di un software DDMRP che Sorma vuole integrare nel proprio ERP. Ai fini di questo progetto quindi, effettuare una simulazione estremamente precisa puntualmente risultava poco utile. Ciò però non toglie assolutamente validità alla simulazione svolta, poiché ha permesso di capire eventuali criticità che il metodo DDMRP porta con sé, oltre a quelle già espresse precedentemente nel paragrafo.

Occorre anche considerare, che implementare un nuovo software come il DDMRP, significa innanzitutto investire economicamente, poiché applicare questo genere di sistema informativo, cercando di renderlo adattabile e reattivo anche alle variabili esogene che potrebbero verificarsi, risulta molto complesso, senza dimenticare il fatto che anche il personale andrebbe formato di conseguenza, il che risulta un altro costo per l'azienda. Altro fattore fondamentale che rende l'implementazione di un software come il DDMRP difficile soprattutto per le medie imprese, è lo sforzo non solo economico ma anche temporale, poiché questo tipo di progetti richiede spesso un tempo lungo per portarlo a conclusione. È evidente come risulti un trade-off tra beneficio economico e di quantità di scorte ed un investimento elevato in termini economici e di sforzo del personale.

Non a caso infatti, ad oggi esistono pochi software con implementate le logiche DDMRP.

5. Linee Guida per lo sviluppo del software

In questo capitolo, si vogliono brevemente spiegare i passi che seguiranno a partire da questa simulazione al fine di sviluppare e implementare il software DDMRP nell'ERP di Sorma, che si ricorda essere l'Si5.

Le linee guida sono state fornite dal team IT che si occuperà dello sviluppo del software e che di base segue sempre la stessa metodologia per tutti i software sviluppati fino ad ora. Le fasi di sviluppo del software quindi sono:

- **Progettazione dei DataBase:** è la fase preliminare in cui viene creato un database (un insieme di Tabelle), che contiene informazioni rispetto ai prodotti, agli stabilimenti e a tutto ciò che serve al DDMRP come input. Le tabelle create in questa prima fase possono essere di due tipi:
 - *Generiche:* sono quelle tabelle che contengono informazioni (campi) comuni per tutti i prodotti, come l'*ADU Future Horizon*.
 - *Specifiche:* sono quelle tabelle che contengono i campi specifici per ogni prodotto, come ad esempio i vari *Lead Time Factor*.

Ovviamente le tabelle create che popolano il database in base alle esigenze possono essere solo di lettura o di scrittura e lettura.

- **Elaborazione dei dati:** in questa fase viene implementata la logica del DDMRP. È la fase in cui tramite linguaggio di programmazione viene sviluppata la logica (brutalmente vengono scritte le formule) del DDMRP. Questa fase può essere immaginata come l'effettiva parte di calcolo, in cui il DDMRP interroga i dati definiti nel Database sopra e li incrocia con altri dati presenti in altre allocazioni di memoria nell'ERP, come la *forecast*, la *BOM*, e così via, e svolge i calcoli necessari.
- **Implementazione Grafica:** questa è la fase finale dove viene sviluppata la parte grafica che sarà l'interfaccia visibile dal gestionale dei clienti, e con cui i clienti stessi si interfaceranno per interrogare il DDMRP.

Questi semplici step appena descritti, si riferiscono allo sviluppo di un software web-based, ovvero un software il cui accesso avviene tramite browser (Safari, Chrome, ecc...).

Ciò che segue ora, è una semplificazione di come un software sviluppato come una web-app funzioni.

L'interfaccia con cui interagisce il pianificatore è chiamata *Front-end*, proprio perché ogni utente ha la propria copia dell'applicazione nel proprio browser. Le prime due fasi descritte sopra invece sono chiamate *Back-end*, ed è ciò che fa funzionare l'applicazione. Naturalmente la parte di *Back-end* è svolta nel web server. La parte computazionale quindi è eseguita nel server, gli output saranno visualizzati su ogni applicazione.



Figura 5.1: Esempio di web app;

6. Conclusioni finali

A valle della simulazione effettuata si evince come l'applicazione del DDMRP abbia portato sicuramente dei benefici rispetto al metodo di pianificazione attualmente usato da Mista. Bisogna infatti considerare che il DDMRP nasce anche per contrastare la crescente variabilità della domanda a cui le aziende, soprattutto quelle che operano nel settore Automotive, devono far fronte. Avere quindi un metodo come quello del DDMRP che permette di ridurre le scorte presenti in magazzino ed i relativi costi di mantenimento, aiuterebbe e non poco le aziende nella gestione delle scorte e nella pianificazione più in generale. Così come per ogni nuovo metodo, naturalmente l'applicazione del DDMRP porta con sé un'inevitabile cambiamento nella logica con cui un'azienda pianifica. Questo naturalmente richiede tempo affinché l'azienda comprenda a pieno questa logica del DDMRP, che comprende anche il *training* del personale addetto alla pianificazione.

Con riferimento a questo specifico lavoro di tesi, naturalmente sono state fatte delle assunzioni al fine di rendere quanto più reale possibile l'applicazione del DDMRP e la comparazione dell'output da esso generato con i dati reali estrapolati dalla base dati di Sorma. In generale si è visto come il DDMRP sia stato efficiente con quasi tutti i componenti. È importante però ricordare le sue possibili criticità, che in questo caso studio si sono presentate per alcuni componenti, ovvero la sensibilità all'MOQ per quei componenti o materie prime che prevedevano una quantità minima di riordino molto elevata, che ha comportato un eccessivo *overstock* nel buffer di disaccoppiamento, ciò a prescindere dall'analisi comparativa con lo stock generato dall'MRP. Infatti, la logica DDMRP prevede sempre che gli ordini emessi siano di ridotta entità e la frequenza di emissione sia alta, in linea col principio cardine su cui si basa il DDMRP, il garantire la continuità del flusso fisico e informativo.

Anche i lunghi *lead time*, minano l'efficacia del DDMRP, poiché comportano un dimensionamento maggiore del buffer di disaccoppiamento e quindi una maggiore quantità da stoccare.

È da considerare anche la difficoltà che l'applicazione del DDMRP comporta per individuare il valore corretto dei parametri, poiché richiedono una conoscenza strategica del prodotto e più in generale del modo di operare dell'azienda molto profonda e critica ed un'attenta valutazione anche delle possibili variabili esogene. Anche determinare il posizionamento dei buffer risulta essere una scelta puramente strategica e quindi cruciale al fine di applicare nel miglior modo possibile il metodo DDMRP.

Non sono da trascurare gli *efforts* in termini di costo e tempo che l'implementazione del *software* comporterebbe, considerando il fatto che, il numero di codici prodotto che la maggior parte delle aziende gestiscono sono centinaia se non migliaia, e che ci sono prodotti finiti molto complessi i quali presentano BOM anche di 10-15 livelli, rendendo quindi del tutto inutile un'eventuale simulazione tramite un *tool* come Excel. In generale però, risultano evidenti i benefici che un metodo del genere apporta alla pianificazione, stravolgendo la logica su cui si basa l'MRP, ovvero la dipendenza padre-figlio, e portando un nuovo approccio alla pianificazione, sicuramente ancora da capire a fondo in tutte le sue potenzialità.

Bibliografia

- [1] Logistics versus supply chain management: an international survey, Larson e Halldórsson
- [2] Council of Supply Chain Management Professionals, <http://cscmp.org/>
- [3] Demand Driven Material Requirements Planning Version 3, C. Ptak e C. Smith
- [4] APICS, *APICS Dictionary*, Chicago: APICS, 2013.
- [5] <http://www.mista.it>
- [6] J. Orlicky, *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*, New York: McGraw-Hill , 1975.
- [7] J. Womack e D. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, New York: Simon & Shuster, 1996.

Indice Figure

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Visione Traditionalist; | 4 |
| Figura 1.2: Visione Re-labeling; | 4 |
| Figura 1.3: Visione Intersectionist; | 5 |
| Figura 1.4: Visione Unionist; | 5 |
| Figura 2.1: Variazione data da effetto Bullwhip; | 13 |
| Figura 2.2: Funzione di perdita d'inventario; | 13 |
| Figura 2.3: Distribuzione bimodale dell'inventario; | 14 |
| Figura 3.1: I cinque step del DDMRP; | 19 |
| Figura 3.2: Effetto dei buffer di disaccoppiamento sulla propagazione della variabilità; | 21 |
| Figura 3.3: Bill of Material di FP2; | 23 |
| Figura 3.4: Posizionamento buffer di disaccoppiamento per FP2; | 24 |
| Figura 3.5: Zone del buffer di disaccoppiamento; | 25 |
| Figura 3.6: Logica di riordino del DDMRP; | 36 |
| Figura 3.7: Differenza di esplosione tra MRP e DDMRP; | 37 |
| Figura 3.8: Allarmi della fase di Esecuzione del DDMRP; | 40 |
| Figura 3.9: Zone del buffer alert; | 41 |
| Figura 4.1: Distinta base dei part number; | 48 |
| Figura 4.2: Distinta base dei part number disaccoppiata; | 53 |
| Figura 4.3: Grafici di COMM0145; | 80 |
| Figura 4.4: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0145; | 80 |
| Figura 4.5: Grafici di COMM0146; | 81 |
| Figura 4.6: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0146; | 82 |
| Figura 4.7: Grafici di 680173; | 82 |
| Figura 4.8: Variazione quantità e costo medio di magazzino per 680173; | 83 |
| Figura 4.9: Grafici COMM0114/B; | 83 |
| Figura 4.10: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM114/B; | 84 |
| Figura 4.11: Grafici COMM0103; | 84 |
| Figura 4.12: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0103; | 85 |
| Figura 4.13: Grafici COMM0120; | 85 |
| Figura 4.14: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0120; | 86 |
| Figura 4.15: Grafici COMM0110; | 87 |
| Figura 4.16: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0110; | 88 |
| Figura 4.17: Grafici COMM0111; | 88 |
| Figura 4.18: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0111; | 89 |
| Figura 4.19: Grafici 990000548; | 89 |
| Figura 4.20: Variazione quantità e costo medio di magazzino per 990000548; | 90 |
| Figura 4.21: Grafici COMM0114; | 90 |
| Figura 4.22: Variazione quantità e costo medio di magazzino per COMM0114; | 91 |
| Figura 4.23: Grafici 680176; | 91 |
| Figura 4.24: Variazione quantità e costo medio di magazzino per 680176; | 92 |
| Figura 4.25: Variazione percentuale complessivo dello stock; | 94 |
| Figura 4.26: Variazione Costo globale; | 95 |
| Figura 5.1: Esempio di web app; | 99 |

Indice Tabelle

| | |
|---|----|
| Tabella 2.1: Conseguenza di un livello alto o basso di scorte; | 15 |
| Tabella 3.1: Lead Time Factor in relazione a Lead Time Category e part Type;..... | 27 |
| Tabella 3.2: Variability Factor; | 29 |
| Tabella 4.1: Calcolo domanda giornaliera;..... | 54 |
| Tabella 4.2: Part type dei part number;..... | 54 |
| Tabella 4.3: Location dei vari part number; | 55 |
| Tabella 4.4: Lead Time per ogni part number; | 56 |
| Tabella 4.5: DLT dei part number per cui è previsto un buffer di disaccoppiamento;..... | 57 |
| Tabella 4.6: Lead Time Factor in relazione a Lead Time Category e Part Type;..... | 59 |
| Tabella 4.7: Assegnazione Lead Time Factor ai part number del caso studio; | 60 |
| Tabella 4.8: Variability Factor per ogni part number; | 62 |
| Tabella 4.9: Spike Horizon dei part number;..... | 64 |
| Tabella 4.10: Associazione dell'OST ad ogni part number; | 66 |
| Tabella 4.11: Foglio "Calcolo ADU";..... | 70 |
| Tabella 4.12: Foglio "Qualified Demand";..... | 71 |
| Tabella 4.13: Sezione Input, Foglio "Simulazione"; | 72 |
| Tabella 4.14: Stock Analysis, Foglio "Simulazione";..... | 79 |
| Tabella 4.15: Confronto stock medio generato da DDMRP e MRP;..... | 93 |
| Tabella 4.16: Variazione costo medio di magazzino mensile per part number;..... | 96 |