

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

**Applicazione di System Dynamics  
per l'analisi  
della logistica interna  
Il caso Loccioni**



**POLITECNICO  
DI TORINO**

**Relatore**  
prof.ssa Anna Corinna Cagliano

**Candidato**  
Andrea PERUGINI

ANNO ACCADEMICO 2017-2018



«Ogni particella dell'universo» continuò Dirk infervorandosi e cominciando a mostrare un certo sguardo spiritato «influisce su ogni altra particella, per quanto debolmente o indirettamente. Ogni cosa è interconnessa con ogni altra cosa. [...] Anche lei, che ho incontrato in modo del tutto casuale, probabilmente è a conoscenza di cose che hanno un'importanza fondamentale per la mia investigazione, se solo sapessi che cosa chiederle, cosa che non so, e se solo me ne prendessi la briga, cosa che non voglio.»

— D. Adams,  
*"La lunga oscura pausa caffè dell'anima"*



# Ringraziamenti

Vorrei ringraziare tutte le persone del Gruppo Loccioni, per avermi offerto la possibilità di fare questa bellissima esperienza, per la loro cordialità e per la loro disponibilità, qualità più rara di quel che sembra.

Grazie.



# Introduzione

Il presente lavoro è il frutto di un periodo di studio ed analisi della logistica presso il Gruppo Loccioni e nasce in seguito alla volontà dell'impresa di studiare i processi presenti all'interno della propria struttura logistica, per individuare le eventuali criticità e per discutere possibili azioni migliorative.

Il metodo produttivo di questa impresa familiare, con sede ad Angeli di Rosora e a Moie, entrambe in provincia di Ancona, è assimilabile a quello di una "sartoria tecnologica": Loccioni infatti sviluppa, per ogni cliente, sistemi automatici di misura e controllo *su misura*, per migliorare la qualità, l'efficienza e la sostenibilità di prodotti e processi.

Il primo passo per rispondere a questa volontà di miglioramento è stato lo studio approfondito di tutte le attività che hanno luogo all'interno dei magazzini Loccioni, per comprendere il modo di lavorare, i processi, i software utilizzati e per conoscere il personale coinvolto, come gli addetti ai magazzini ed i responsabili delle commesse.

Fatto questo, si sono individuate - anche grazie all'opinione di chi è giornalmente coinvolto in queste attività - le problematiche presenti, concentrandosi successivamente su quelle ritenute più significative: a queste ultime si è cercato di dare un peso, sia in termini di carico di lavoro che in termini economici.

A questo proposito lo strumento scelto è stato System Dynamics, una metodologia dedicata alla comprensione e alla simulazione del comportamento di sistemi complessi, già ampiamente utilizzato in letteratura per studiare e modellare attività legate alla logistica e alla *supply chain*.

La fase successiva è stata quindi quella di studio di System Dynamics e di creazione di un modello per la simulazione degli stock e dei flussi di natura logistica che si originano durante il ciclo di vita di una generica commessa. Fondamentale per questa attività sono stati i feedback, i suggerimenti e le opinioni del personale Loccioni.

Il modello creato viene poi validato impiegando dati storici. Accertata la bontà del lavoro svolto, questo viene poi utilizzato come supporto per studiare i

flussi di materiali e il carico di lavoro richiesto ai magazzini per una commessa rappresentativa.

L'ultimo passo è stato simulare - sempre tramite System Dynamics e sempre per una commessa rappresentativa - l'effetto di alcune modifiche alle logiche di gestione e ai processi logistici, come l'eliminazione del flusso di picking ed una migliore coordinazione delle attività, verificandone e quantificandone gli effetti. Questa simulazione è la base per alcune considerazioni sulle azioni da intraprendere per migliorare l'efficienza della logistica Loccioni.

La tesi è strutturata come segue: il Capitolo 1 presenta la teoria relativa alla funzione e alla gestione dei magazzini, unitamente ad una presentazione dello strumento System Dynamics. Oltre a questo è presente una revisione di alcuni casi studio - scelti per la loro attinenza a questo lavoro - in cui System Dynamics viene applicato in logistica o comunque in ambiti attigui.

Nel Capitolo 2 vengono descritte le business unit e le soluzioni che Loccioni offre per i diversi mercati, insieme alla storia dell'impresa, alla sua organizzazione e al suo peculiare rapporto con il territorio.

Il Capitolo 3 comincia con una presentazione delle fasi principali del ciclo commessa e dei vari flussi logistici che si originano a seguito dell'ordine da parte del cliente. Successivamente vengono illustrate le modalità di gestione delle scorte e le logiche di magazzino attualmente utilizzate all'interno del Gruppo Loccioni. Al termine di questo capitolo vengono presentate le criticità, a livello di organizzazione logistica, rilevate durante lo studio.

Il lavoro svolto per la creazione di un modello System Dynamics per la simulazione dei flussi logistici di una commessa - così come la fase di validazione dello stesso - è oggetto del Capitolo 4. Questo modello viene poi utilizzato utilizzando dati provenienti da una commessa reale per quantificare i costi logistici relativi a quest'ultima e per verificare gli effetti di eventuali modifiche in alcune delle logiche di gestione descritte nel Capitolo 3.

Il Capitolo 5 è dedicato alle conclusioni, elaborate in seguito ai risultati del Capitolo 4. Vengono illustrati i benefici che questo lavoro ha generato per il Gruppo Loccioni, le limitazioni incontrate durante il percorso e i passi che il Gruppo può intraprendere in futuro, sia a livello di cambiamenti alle politiche di gestione della logistica sia a livello di analisi economiche.

Questa tesi rappresenta quindi un primo passo, per Loccioni, verso una migliore comprensione dei costi legati alla logistica e fornisce alcune idee da sviluppare per migliorare i processi interni.

# Indice

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ringraziamenti</b>                                       | v   |
| <b>Introduzione</b>   | vii |
| <b>1 Logistica e System Dynamics</b>                        | 1   |
| 1.1 La logistica . . . . .                                  | 1   |
| 1.1.1 Le scorte . . . . .                                   | 3   |
| 1.1.2 I costi di magazzino . . . . .                        | 4   |
| 1.1.3 Controllo delle scorte . . . . .                      | 4   |
| 1.1.4 Politiche di approvvigionamento . . . . .             | 5   |
| 1.2 System Dynamics . . . . .                               | 10  |
| 1.2.1 Storia . . . . .                                      | 10  |
| 1.2.2 La metodologia . . . . .                              | 11  |
| 1.2.3 Casi studio. System Dynamics e la logistica . . . . . | 14  |
| <b>2 Il gruppo Loccioni</b>                                 | 16  |
| 2.1 La storia . . . . .                                     | 16  |
| 2.2 Oggi . . . . .  | 19  |
| 2.2.1 La mission . . . . .                                  | 19  |
| 2.2.2 Leaf Community . . . . .                              | 19  |
| 2.2.3 Le sedi . . . . .                                     | 22  |
| 2.3 Le business unit e le soluzioni . . . . .               | 23  |
| 2.3.1 Mobility . . . . .                                    | 24  |
| 2.3.2 Industry . . . . .                                    | 24  |
| 2.3.3 Energy e Environment . . . . .                        | 25  |
| 2.3.4 Humancare . . . . .                                   | 26  |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.5    | Train & Transport . . . . .                      | 27        |
| 2.3.6    | Aerospace . . . . .                              | 27        |
| 2.4      | L'organizzazione aziendale . . . . .             | 28        |
| 2.4.1    | Il tipo di produzione . . . . .                  | 28        |
| 2.4.2    | Fornitori e Clienti . . . . .                    | 29        |
| <b>3</b> | <b>La logistica Loccioni</b> . . . . .           | <b>31</b> |
| 3.1      | La commessa Loccioni . . . . .                   | 31        |
| 3.1.1    | La progettazione . . . . .                       | 32        |
| 3.1.2    | Gli ordini . . . . .                             | 33        |
| 3.1.3    | L'assemblaggio . . . . .                         | 33        |
| 3.2      | Il magazzino Loccioni . . . . .                  | 34        |
| 3.2.1    | Le scorte stock . . . . .                        | 35        |
| 3.2.2    | Le scorte commessa . . . . .                     | 36        |
| 3.3      | I flussi logistici . . . . .                     | 37        |
| 3.3.1    | Gli acquisti e l'arrivo dei materiali . . . . .  | 37        |
| 3.3.2    | Il prelievo per commessa . . . . .               | 39        |
| 3.3.3    | Il consumo . . . . .                             | 39        |
| 3.3.4    | Il post-assemblaggio . . . . .                   | 41        |
| 3.4      | Le criticità . . . . .                           | 42        |
| 3.4.1    | La funzione del magazzino . . . . .              | 43        |
| 3.4.2    | La scelta delle scorte . . . . .                 | 44        |
| 3.4.3    | MRP e scorte stock . . . . .                     | 45        |
| 3.4.4    | Ulteriori considerazioni . . . . .               | 46        |
| <b>4</b> | <b>Il modello System Dynamics</b> . . . . .      | <b>48</b> |
| 4.1      | Fase preliminare . . . . .                       | 48        |
| 4.2      | L'impostazione . . . . .                         | 49        |
| 4.3      | Il primo casual loop diagram . . . . .           | 50        |
| 4.3.1    | I feedback . . . . .                             | 52        |
| 4.4      | Il modello di simulazione . . . . .              | 53        |
| 4.4.1    | Input, Progettazione e Ordini Commessa . . . . . | 53        |
| 4.4.2    | Assemblaggio e Prelievi da Laboratorio . . . . . | 56        |
| 4.4.3    | Ordini Stock . . . . .                           | 58        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.4.4    | Gli Stock . . . . .                              | 59         |
| 4.4.5    | Le variabili operative . . . . .                 | 60         |
| 4.4.6    | Elementi di controllo . . . . .                  | 61         |
| 4.4.7    | Le unità di misura . . . . .                     | 62         |
| 4.5      | La prova di simulazione . . . . .                | 63         |
| 4.5.1    | Il primo controllo qualitativo . . . . .         | 63         |
| 4.5.2    | Il secondo controllo qualitativo . . . . .       | 69         |
| 4.6      | La simulazione commessa . . . . .                | 72         |
| 4.6.1    | I dati . . . . .                                 | 72         |
| 4.6.2    | La validazione . . . . .                         | 76         |
| 4.6.3    | I risultati . . . . .                            | 80         |
| 4.6.4    | Primo scenario alternativo . . . . .             | 82         |
| 4.6.5    | Secondo scenario alternativo . . . . .           | 86         |
| <b>5</b> | <b>Conclusioni</b>                               | <b>89</b>  |
| 5.1      | Benefici . . . . .                               | 89         |
| 5.2      | Limitazioni ed Aspetti da approfondire . . . . . | 90         |
| 5.3      | Passi Futuri . . . . .                           | 91         |
| <b>A</b> | <b>Flow Chart</b>                                | <b>93</b>  |
| <b>B</b> | <b>Casual Loop Diagram</b>                       | <b>94</b>  |
| <b>C</b> | <b>Modello</b>                                   | <b>96</b>  |
| <b>D</b> | <b>Equazioni</b>                                 | <b>97</b>  |
|          | <b>Bibliografia</b>                              | <b>101</b> |



# Capitolo 1

# Logistica e System Dynamics

In questo capitolo vengono inizialmente presentati alcuni concetti riguardanti la logistica di magazzino. Dopo una breve introduzione, vengono descritte le varie tipologie di scorte, i costi associati ad esse e le differenti logiche di gestione del magazzino utilizzate in ambito aziendale.

Successivamente viene offerta una panoramica generale di System Dynamics, di cui vengono illustrati la storia, le logiche di funzionamento e gli elementi che vengono utilizzati per la modellazione. Chiude il capitolo una revisione di alcuni casi studio in cui si è applicato System Dynamics in ambito logistico.

## 1.1 La logistica

A partire dagli anni ottanta, grazie alla diffusione di concetti come il *Just in Time* (JIT) e a metodologie di gestione come il *Material Requirements Planning* (MRP), ci fu un forte aumento dell'attenzione, da parte delle imprese, riguardo la gestione dei materiali e dei magazzino. È in questo periodo che nascono espressioni come *logistica dei materiali* e *material management*.

Le origini della logistica si trovano in verità già nell'antichità, quando questa funzione aveva una connotazione tipicamente militare. Era infatti un'attività volta ad assicurare agli eserciti tutto il necessario per sopravvivere, spostarsi e combattere. È solo nel secondo dopoguerra che questo concetto viene ampliato ed esteso al settore economico. Fino agli anni sessanta però il termine "logistica" è limitato alla sola distribuzione delle merci, la cosiddetta *logistica di distribuzione*.

Nel decennio successivo prendono vita le prime forme di evoluzione verso la gestione di un insieme integrato, in cui la logistica comincia ad essere vista non più come funzione a sé stante e separata ma come parte di un sistema più complesso, comprendente più stadi del processo produttivo. Questa *logistica integrata* è quindi una funzione trasversale alle altre, e si occupa di gestire, coordinare, ed integrare tutte le varie attività logistiche allo scopo di ottimizzare i livelli di efficacia ed efficienza, riducendo i costi e garantendo comunque un certo livello di servizio.

Nel 1985, Michael Porter teorizza, nel libro *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, il concetto di *value chain*, elaborando un modello per descrivere la struttura di un'organizzazione in termini di attività primarie e di supporto. La classica rappresentazione di questa catena del valore è mostrata in Figura 1.1 [18].

La logistica, divisa in interna ed esterna, viene classificata come attività primaria. Viene quindi attribuito a questa funzione un ruolo attivo nella creazione di valore da parte di un'impresa. Questo valore può essere pensato come la differenza tra il valore utile prodotto per il cliente, in termini di servizio, ed i costi sostenuti. Porter inoltre riconosce la logistica come un elemento determinante nel vantaggio competitivo, sia che si persegua una leadership di costo, sia che si voglia raggiungere un certo grado di differenziazione strategica.



**Figura 1.1:** La catena del valore; Porter, 1985

Di seguito verranno descritti i principi di gestione dei magazzini e delle scorte, un'attività che rientra senza dubbio nell'ambito dei processi logistici più importanti e con un impatto significativo sia sui costi che sull'efficienza.

### 1.1.1 Le scorte

Se la quantità disponibile di un certo articolo è maggiore di zero significa che è presente una giacenza. Con il termine magazzino, in un'attività economica, si intende sia l'insieme delle giacenze dei vari articoli sia il luogo fisico dove queste vengono conservate.

All'interno di un magazzino possono essere presenti prodotti finiti, semilavorati, componenti, materie prime. A seconda del tipo di business la composizione delle scorte in magazzino varia, anche sensibilmente. Il magazzino di un grande distributore sarà comprensibilmente composto da prodotti finiti, pronti alla vendita. Di contro, lo stock di una fonderia sarà quasi esclusivamente formato da materie prime, come ad esempio vari tipi di metallo.

Non si veda però il magazzino come un qualcosa di statico: la continua evoluzione del mercato e dei consumatori, specialmente in certi mercati, lo rende, proprio come intuito da Porter, un vero e proprio elemento di vantaggio competitivo. Un buon livello di flessibilità e di efficienza sono infatti richiesti per poter soddisfare il cliente a costi contenuti.

Tutte le aziende, incluse quelle che perseguono una filosofia JIT, mantengono un certo livello di inventario, per ragioni differenti. Le scorte, infatti, possono essere classificate anche per la funzione che asservono, tra le quali [21]:

1. Anticipare la domanda del consumatore. Chiamate *anticipation stock*, queste scorte vengono create per soddisfare la domanda attesa.
2. Rendere la produzione *smooth*. La domanda di un bene può presentare un certo livello di stagionalità. In questo caso si vanno a creare, nei periodi meno impegnativi, delle scorte stagionali per soddisfare la domanda nei momenti di picco.
3. Disaccoppiare le operazioni. Tra i vari step produttivi sono spesso presenti dei *buffer* per evitare l'interruzione della produzione in caso di problemi.
4. Proteggere dagli *stock-out*. Tenere scorte in eccesso di un certo articolo - le cosiddette *safety stock* - riduce i rischi dovuti a ritardi e ad aumenti imprevisti di domanda.
5. Usufruire degli *order cycle*. Spesso un'impresa ordina più di quanto è strettamente necessario per l'immediato, per necessità economiche, e questo crea giacenze. Lo stesso avviene quando si produce più di quanto richiesto, sempre per gli stessi motivi.

### 1.1.2 I costi di magazzino

Al magazzino e alle scorte in esso contenute sono associati, di base, quattro costi.

Il primo sono i *costi di acquisto*, che è semplicemente l'ammontare pagato ai fornitori per acquistare il materiale, e comprensibilmente sono spesso i costi più elevati.

Il *costi di mantenimento* a magazzino sono legati alla presenza fisica dei materiali in stock. Questa categoria di costi include gli interessi, le assicurazioni, le tasse, l'obsolescenza, il deterioramento, il tracking, il picking e tutti i costi legati al magazzino inteso come edificio, tra i quali i costi di illuminazione, climatizzazione e sicurezza. A questi si aggiungono i costi dovuti al fatto di avere capitale immobilizzato in magazzino anziché utilizzato per altri scopi.

Nuovamente, il peso di molti di questi elementi dipende dal tipo di business e dal tipo di materiali trattati. (Stevenson, 2012) stima questi costi in una percentuale tra il 20 ed il 40% del valore di magazzino [21].

I *costi per ordinare* sono tutti i costi che si affrontano per ordinare e ricevere il materiale. Oltre ai semplici costi di trasporto, si intendono anche i costi "amministrativi" e quelli per il controllo qualità.

L'ultima categoria di costi sono quelli *di shortage*, che si verificano quando la domanda è superiore al magazzino disponibile. Se si parla di domanda finale si avranno mancate vendite e mancata soddisfazione del cliente. Se invece questo problema avviene lungo la catena produttiva, per *shortage cost* si possono considerare quelli dovuti ai ritardi e alle perdite di efficienza.

### 1.1.3 Controllo delle scorte

Una gestione non efficace di un magazzino può tradursi sia in una mancanza di articoli che, al contrario, in un'abbondanza.

La prima porta a mancate consegne, domanda insoddisfatta e blocchi della produzione mentre la seconda consiste sicuramente in capitali bloccati e in una maggiore difficoltà di gestire le scorte.

Sebbene possa sembrare il minore dei due mali, la sovrabbondanza di scorte è causa di costi anche molto alti e di situazioni di criticità.

Il *trade-off* che ogni magazzino affronta è quindi quello tra il garantire un alto livello di *customer service* ed il conseguente aumento per ordinare e gestire materiale a magazzino. Se il primo deve raggiungere un valore minimo, i secondi devono rimanere al di sotto di un certo limite.

La qualità di queste decisioni viene misurata attraverso alcuni *Key Process Indicator* (KPI) legati al mondo della logistica.

Oltre alla già citata soddisfazione dei consumatori, misurabile ad esempio come la domanda soddisfatta su quella totale, uno dei KPI più utilizzati è il *turnover di magazzino*, anche detto *indice di rotazione* (IR).

$$\text{Indice di Rotazione} = \frac{\text{Costo del Venduto annuale}}{\text{Giacenza Media di Magazzino}}$$

Questo indice altro non è che il rapporto tra i costi del venduto annuali ed il livello medio delle scorte, espresso in valuta. Il risultato è il numero di volte in cui il materiale si "rinnova" o "ruota" in magazzino. Questo permette quindi di calcolare anche il tempo medio di giacenza in magazzino.

Il valore ottimale di questo indice dipende molto dal tipo di business e dal tipo di materiali che un'azienda gestisce. Generalmente più il margine di profitto è alto, minore è il livello minimo accettabile di turnover, e viceversa. Inoltre, prodotti con tempi di produzione molto lunghi avranno un basso *turnover rate*, come ad esempio può essere per prodotti di lusso o ad altissima tecnologia. Al contrario un supermercato, che vende prodotti a basso margine, desidererà un IR il più alto possibile, sintomo di alte vendite e bassa permanenza dei prodotti sugli scaffali [14], [21].

#### 1.1.4 Politiche di approvvigionamento

Semplificando, le decisioni fondamentali per la gestione delle scorte si possono quindi ricondurre al *quando* e al *quanto* ordinare. La logica di approvvigionamento da utilizzare dipende da diversi fattori.

Si distingue ad esempio tra item a domanda *indipendente* e item a domanda *dipendente*. Nel primo caso, le domande dei diversi articoli non presentano correlazione tra di loro. Nel secondo invece il bisogno di un certo articolo è legato alla domanda di un altro, come può essere per i semilavorati, la cui necessità si origina quando viene richiesto il prodotto finito di cui fanno parte.

Un altro fattore molto importante è il tipo di produzione: un'impresa che lavora a commessa, ad esempio, non ha - non dovrebbe avere - particolari problemi di magazzini di prodotti finiti. D'altra parte però le materie prime utilizzate non sono standard e la previsione del loro fabbisogno non è facile.

Chi invece lavora con una produzione di massa tende a ridurre i tempi di lavorazione e quindi i magazzini intermedi di semilavorati. Inoltre, una buona politica di

acquisti può contribuire a mantenere bassi livelli di magazzino materie prime. C'è però il rischio di accumulare scorte di prodotti finiti il cui controllo non è facile e i cui costi sono molto alti.

Le politiche di gestione differiscono quindi anche a seconda che si tratti di materie prime, semilavorati, e prodotti finiti.

Per rispondere a questo problema del quando e del quanto ordinare, le tecniche utilizzate sono tantissime. Volendo fare una classificazione, si possono distinguere tra tecniche per gestire una domanda indipendente e tecniche per una domanda dipendente [1], [4], [14], [21].

### **Domanda indipendente**

Una prima distinzione per classificare queste tecniche è quella tra tecniche a quantità fissa e quelle *fixed order interval*, cioè con un intervallo fisso tra ordini successivi.

Per le prime, la decisione su quanto ordinare viene spesso presa in base alla *economic order quantity* (EOQ). Questa quantità ha come obiettivo quello di minimizzare la somma totale dei costi di inventario e di acquisto.

La formula per il calcolo, che si basa su alcune assunzioni come domanda nota e lead time (LT) noti e costanti, è

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

dove D è la domanda nel periodo considerato, S è il costo del singolo ordine e H è il costo per tenere un articolo in magazzino, sempre nel periodo considerato, ed è dipendente dal prezzo unitario. Dividendo la quantità EOQ per la domanda D si ottiene il tempo che intercorre tra due ordini consecutivi.

Quest'ultimo dato è però fortemente dipendente dall'assunzione di domanda costante, che trova però pochi riscontri nel mondo reale. Per questo motivo infatti, per decidere quando ordinare viene spesso preferito il metodo *reorder point* (ROP), che richiede però un monitoraggio delle scorte costante.

Questo metodo infatti si basa sull'ordinare una certa quantità - solitamente definita tramite EOQ - ogni qualvolta il livello delle scorte scende al di sotto di un certo valore predefinito.

Con domanda e lead time costanti, questo livello viene calcolato semplicemente come

$$ROP = d \times LT$$

dove  $d$  è tasso di domanda e  $LT$  il Lead Time.

Se è presente variabilità è necessario invece aggiungere delle *safety stock* per ridurre rischi di stock-out durante il Lead Time. In questo caso il calcolo diventa

$$ROP = \text{domanda attesa nel lead time} + z\sigma_{dLT}$$

dove  $\sigma_{dLT}$  è la deviazione standard della domanda nel lead time e  $z$  è il quantile del livello di servizio che si vuole mantenere.

La seconda categoria di tecniche è invece quella a cui appartiene il *fixed order interval* (FOI) model. Questo strumento si usa quando gli ordini devono essere effettuati ad intervalli di tempo definiti e costanti - giornaliero, settimanale, ecc. . . -.

In questo caso quindi l'ordinato deve ogni volta essere definito in maniera da ricostituire le scorte al livello prefissato: si ordina perciò la differenza tra la scorta desiderata e quella disponibile al momento dell'ordine. Prima e dopo l'arrivo di ogni ordine la scorta raggiunge rispettivamente il suo picco minimo e massimo.

Se non è definito, l'intervallo tra due ordini  $T$  ottimale può essere calcolato come

$$T = \sqrt{\frac{2S}{DH}}$$

con le variabili che hanno lo stesso significato visto sopra per l'EOQ.

Il periodo composto da  $T$  e dal  $LT$  è detto periodo *out of control* (OOC). Le scorte devono coprire la domanda per questo periodo, e non solo del  $LT$ .

La quantità da ordinare  $OQ$  ogni  $T$  è quindi uguale alla domanda attesa nel periodo OOC più le *safety stock* desiderate meno  $A$ , la quantità disponibile al momento dell'ordine:

$$OQ = \text{domanda attesa nel periodo OOC} + z\sigma_{dOOC} - A$$

In generale tutte queste tecniche sono utilizzate per la gestione di magazzini di prodotti finiti - che hanno domanda indipendente-, e fanno affidamento su previsioni della domanda futura per definire le differenti variabili [1], [4], [14], [21].

## Domanda dipendente

Se la domanda indipendente può essere considerata continua, quella dipendente è invece spesso sporadica. Può essere il caso di componenti particolari utilizzati solamente per alcuni prodotti o anche di ordini particolari da parte dei clienti.

Questi articoli con domanda dipendente devono quindi essere acquistati all'occorrenza e non su base continuativa tramite le tecniche descritte prima. Non necessitano inoltre di particolari livelli di safety stock, data la predicibilità del loro bisogno.

Il *material requirements planning* (MRP) è un sistema informativo che traduce la richiesta di prodotti finiti in un fabbisogno di materie prime e semilavorati. La domanda di un *end item* viene infatti scomposta e vengono schedate le attività necessarie per ottenere il materiale necessario al momento opportuno, mantenendo livelli di magazzino i più bassi possibile.

Gli input necessari per questo sistema sono:

1. Il *master production schedule* (MPS), piano di produzione dei prodotti finiti.
2. La distinta base, o *bill of material* (BOM), che contiene la lista di tutti i componenti, semilavorati e materie prime necessarie per il prodotto finito. Scomposta in livelli, può essere rappresentata come un *albero di prodotto*.
3. L'*inventory record*, cioè il livello delle scorte per ogni articolo.

Una volta ottenute le informazioni, l'MRP stabilisce quanto e quando ordinare ogni componente - fabbisogno lordo -, anche tenendo conto delle disponibilità in magazzino e degli ordini *on hand* - fabbisogno netto -.

Un altro aspetto del MRP è la scelta della dimensione del lotto. Se l'EOQ è una delle scelte più frequenti per una domanda indipendente, questo non si può dire per una domanda dipendente.

I fattori in gioco in questo caso sono molto maggiori e non c'è una tecnica che presenti chiari vantaggi rispetto alle altre, anche se lo scopo primario è sempre quello di minimizzare la somma dei costi per ordinare e per mantenere materiale in magazzino.

Una delle tecniche più utilizzate è quella denominata *lot for lot*: viene ordinato esattamente quanto necessario, volta per volta. In questo modo si riducono le rimanenze di scorte tra un periodo e l'altro ma si può andare incontro ad un aumento dei costi di ordinazioni e di ricezione materiale.

Utilizzare l'EOQ è possibile ma è necessaria particolare attenzione nel definire il valore di  $D$ , la domanda: minore è l'uniformità di questa, peggiori saranno i risultati.

In generale comunque un sistema MRP permette di avere bassi livelli di inventario, di tenere traccia dei fabbisogni di materiali e di capacità produttiva.

Di contro però richiede un supporto informatico efficiente, input accurati e frequentemente aggiornati e dati integri e non corrotti: questo può significare ad esempio inventari e pianificazione del lavoro molto precisi, meccanismi di aggiornamento in tempo reale, tracking puntuale dei materiali, fornitori affidabili con lead time costanti [1], [4], [14], [21].

## 1.2 System Dynamics

System Dynamics è un metodo per studiare il mondo intorno a noi, per comprendere come i *sistemi complessi* cambino nel tempo e come i cicli di feedback interni alla struttura influenzino il comportamento dell'intero sistema [9], [22].

### 1.2.1 Storia

System Dynamics è stato creato durante la metà degli anni '50 da Jay Forrester, ingegnere elettrotecnico ed informatico e professore del Massachusetts Institute of Technology, (MIT).

Dopo aver accettato una cattedra alla MIT School of Management, Forrester comincia a chiedersi come il suo background ingegneristico potesse essere utilizzato per aiutare a comprendere i fattori che determinano il successo o il fallimento delle aziende.

Le prime intuizioni sono arrivate a seguito di un incontro con i dirigenti della General Electric, (GE), preoccupati per i cicli di occupazione in alcuni dei loro impianti.

Tramite alcune simulazioni - eseguite a mano - della struttura di retroazione livelli-flussi di questi impianti, Forrester è stato in grado di mostrare come questa instabilità nell'occupazione fosse causata dalla struttura interna della società e non dai cicli macroeconomici esterni. Queste simulazioni segnano di fatto l'inizio del System Dynamics come disciplina.

Negli anni successivi Forrester riunisce un team di studenti e si passa dalla simulazione manuale ad una modellazione formale realizzata al computer. Di conseguenza vengono creati i primi linguaggi di programmazione dedicati come "Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations" (SIMPLE) e "Dynamic Models" (DYNAMO) ??.

Nel 1961 esce il primo libro sull'argomento, pubblicato da Forrester col nome "Industrial Dynamics" [13].

Nel 1968 c'è la prima applicazione di System Dynamic non legata all'ambito gestionale o aziendale: una collaborazione tra l'ex sindaco di Boston John Collins e Forrester porta alla pubblicazione del libro "Urban Dynamics", evento che ha aperto le porte a nuovi utilizzi per System Dynamics [10].

Negli anni System Dynamics ha proseguito la sua evoluzione e i campi di applicazione sono aumentati sempre di più. Un esempio su tutti è il progetto *World*

*Dynamics*, nato a seguito dell'incontro tra Forrester ed i membri del *Club of Rome*, avvenuto nel 1970 [12].

Il progetto prevedeva di simulare il sistema socio-economico mondiale. A questo scopo Forrester creò prima il modello WORLD1, da cui poi derivò WORLD2, che venne pubblicato nel 1971 in un libro chiamato appunto "World Dynamics" [11].

Da questo modello venne poi elaborato WORLD3, sui risultati del quale venne basato il famoso "*Rapporto sui limiti dello sviluppo*", pubblicato nel 1972 da Donella H. Meadows in collaborazione sempre con il *Club of Rome* [17].

### 1.2.2 La metodologia

System Dynamics offre alcuni strumenti per permettere di ricreare le fonti di complessità all'interno di un sistema.

Il primo passo è quello di realizzare un *casual loop diagram*, ovvero una rappresentazione visiva dei vari cicli di feedback all'interno di un sistema. Contrariamente a quanto si possa pensare, non esiste un vasto range di differenti tipi di feedback: infatti, questi *casual loop diagram* (CLD) si compongono esclusivamente di due tipi di feedback, positivi (*self-reinforcing*) e negativi (*self-correcting*).

I loop positivi si rinforzano e amplificano il loro effetto, indipendentemente da quello che avviene nel resto del sistema. Un esempio può essere fatto pensando al software Windows e all'architettura Intel: maggiore è la base di utenti che li utilizzano, maggiore è l'attrattiva per gli sviluppatori, che produrranno sempre più programmi per Wintel, che diventa quindi ancora più attrattiva e così via.

Questi loop vengono indicati in chimica come *autocatalitici*, processi che si auto-stimolano generando la propria crescita autonomamente.

I loop negativi invece sono degli antagonisti, e si oppongono a questa crescita. Servono infatti a descrivere quei processi che sono auto-limitanti e che creano equilibrio e bilanciamento.

Un classico esempio di CLD, raffigurato in Figura 1.2, è quello dell'introduzione di un nuovo prodotto in un mercato. Se il prodotto è attrattivo, gli *early adopter* genereranno un passaparola, o *word of mouth* (WOM) positivo, attraendo nuovi consumatori ed aumentando quindi la base di possessori del prodotto. Questo porterà a nuovo passaparola e così via, in un loop di feedback positivo e *self-reinforcing*, indicato con la lettera R e denominato *contagion loop*.

Ovviamente nessun sistema può crescere per sempre: il loop di feedback negativo pone dei limiti a questa crescita. Nell'esempio in questione l'aumentare degli *adopter* riduce la popolazione dei *potential adopter*, che si rifletterà in una riduzione

del tasso di adozione a causa della saturazione del mercato. Questo loop è detto di bilanciamento, e viene quindi indicato con la lettera B.

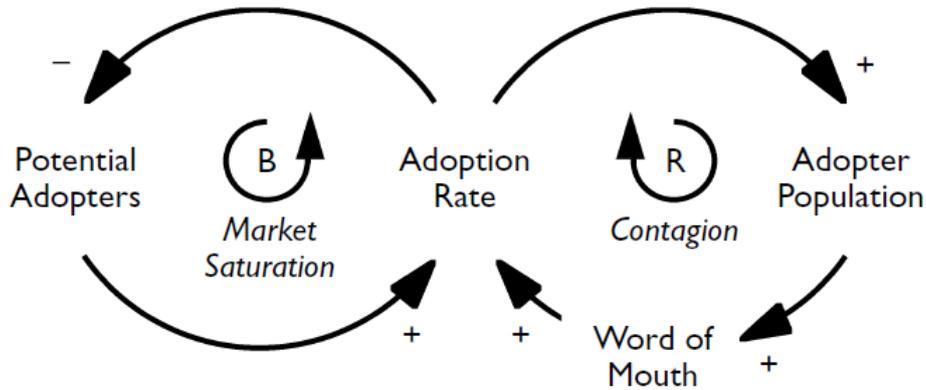


Figura 1.2: Esempio di Casual Loop Diagram; Sterman, 2000

In un sistema possono essere presenti centinaia di loop, di entrambi i tipi, legati tra loro da ritardi, non linearità e accumuli. Il comportamento di un sistema emerge dall'interazione di questi network di feedback. È chiaro che oltre un certo livello di complessità è necessario ricorrere ad un computer per poter simulare queste interazioni.

Una volta realizzato il CLD, si procede ad aumentarne la precisione mostrando esplicitamente gli stock ed i flussi presenti, giungendo quindi al Diagramma *Stock and Flow*, come in Figura 1.3.

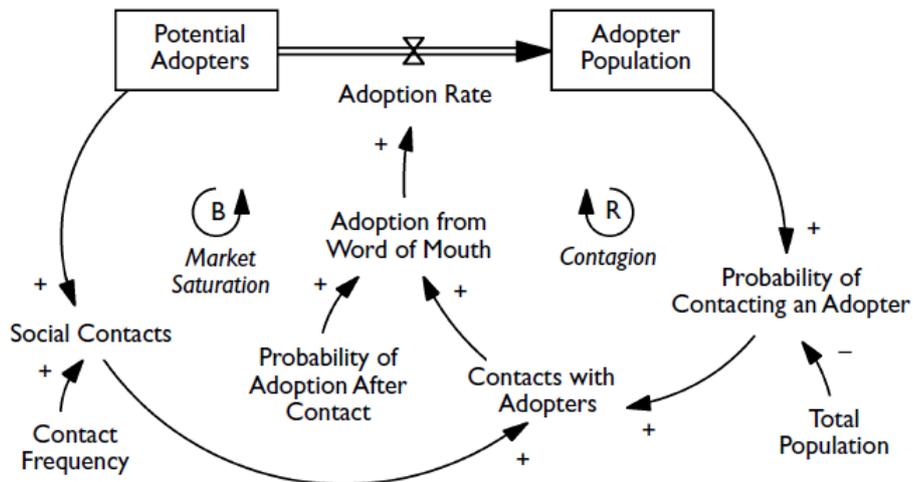


Figura 1.3: Esempio di Diagramma Stock and Flow; Sterman, 2000

Gli stock sono rappresentati da dei rettangoli, in questo caso indicanti gli utilizzatori ed i potenziali nuovi clienti. La "conduttura" che li unisce rappresenta il flusso, in questo caso il tasso di adozione. Oltre a questo, vengono aggiunti ulteriori elementi per modellare in maniera migliore il funzionamento del meccanismo di passaparola, come la probabilità di entrare in contatto con un utilizzatore, dipendente dal totale della popolazione, o la probabilità di comprare il prodotto dopo aver incontrato qualcuno che già lo utilizza.

Una volta elaborato il modello, si devono stimare tutti i parametri e le condizioni iniziali necessari. La stima può essere fatta tramite analisi statistica, ricerche di mercato, dati storici, opinione degli esperti, e qualsiasi fonte di informazione possa essere rilevante, sia a livello qualitativo che quantitativo.

Fatto questo, si definiscono le equazioni che determinano come i vari elementi del modello interagiscono tra di loro. Per l'esempio in questione le equazioni sono mostrate in Figura 1.4.

L'ultimo passo è la simulazione, che può anche suggerire nuovi dati da raccogliere e nuove modifiche da effettuare per migliorare il modello.

Modello che può anche essere utilizzato per testare l'effetto di nuove *policy* prima di implementarle nel mondo reale, processo che a sua volta può portare ad una nuova revisione del modello e così via.

Deve comunque essere ben chiaro che le simulazioni System Dynamics non sono strumenti per predire il futuro ma piuttosto mondi - o micromondi - virtuali in cui l'utente può sviluppare abilità di *decision-making*, fare esperimenti e persino *giocare*. Questi strumenti sono pensati anche per facilitare il processo di apprendimento del comportamento di sistemi complessi e di *policy design* [20].

$$\begin{aligned}
 \text{Adoption Rate} &= \text{Adoption from Word of Mouth} [+ \text{Adoption from Other Sources}] \\
 \text{Adoption from Word of Mouth} &= \text{Contacts with Adopters} \times \text{Probability of Adoption After Contact} \\
 \text{Contacts with Adopters} &= \text{Social Contacts} \times \text{Probability of Contacting an Adopter} \\
 \text{Probability of Contacting an Adopter} &= \text{Adopters} \div \text{Total Population} \\
 \text{Social Contacts} &= \text{Potential Adopters} \times \text{Contact Frequency}
 \end{aligned}$$

**Figura 1.4:** *Esempio di Equazioni; Sterman, 2000*

### 1.2.3 Casi studio. System Dynamics e la logistica

Tra i tanti mondi analizzabili tramite System Dynamics c'è sicuramente il mondo della logistica, sia interna che esterna. Sterman, nel suo importante libro "Business Dynamics", dedica alcuni capitoli allo studio di System Dynamics applicato alla *supply chain*, allo *stock management*, alla produzione e all'evasione degli ordini proponendo, per ognuna di queste tematiche, alcuni modelli base [19, cap. 17-18-19].

Inoltre la letteratura presenta numerosi casi in cui SD è stato utilizzato allo scopo di modellare ambienti logistici, cercando di stimare costi, performance, efficienza delle varie logiche di gestione e sperimentando gli effetti di modifiche a queste ultime. Di seguito ne verranno proposti alcuni, scelti per la loro affinità con il lavoro di questa tesi.

Cagliano, DeMarco, Rafele et al., 2011, presentano un'analisi di come differenti politiche di approvvigionamento e di gestione delle risorse influenzino le prestazioni dei processi di un magazzino.

In particolare, System Dynamics viene usato per modellare le attività di magazzino di un centro di distribuzione di un retailer leader nel settore del *fast-fashion*. Gli aspetti considerati nell'analisi sono le relazioni tra i vari flussi di item, i ruoli dello staff, le politiche di gestione dell'inventario e gli obiettivi nell'evasione degli ordini.

Il lavoro prosegue poi con la simulazione di differenti scenari, lo studio dei cambiamenti nell'efficienza, nel risparmio, nel livello di magazzino e nei lead-time, e la proposta di alcune modifiche alle politiche di gestione attualmente in uso. Inoltre il lavoro certifica come SD possa essere un valido strumento nel campo dell'*operation management*, non solo come supporto alle scelte strategiche ma anche come metodo di analisi dei processi logistici e di aiuto alle decisioni a livello operativo.

Botha, Grobler e Yadavalli, 2017, utilizzano System Dynamics per valutare le performance delle logiche di gestione di magazzino in una supply chain di parti di ricambio per automobili, per stimare la bontà della loro implementazione confrontandone i risultati reali con quelli teorici.

In un secondo momento sviluppano nuove logiche di gestione degli stock (*stock target setting*, STS) e ne confrontano le prestazioni con la metodologia attualmente in uso, verificando come un nuovo approccio all'*inventory management*, all'interno della supply chain, possa portare a minori livelli di stock, suggerendo inoltre ulteriori ricerche su STS come metodo alternativo di gestione. Chritamara, Ogunlana e Bach, 2002, propongono l'applicazione di System Dynamics per lo studio di progetti di costruzione di infrastrutture *design and build*, (D/B).

Il lavoro prende spunto dai numerosi problemi, a livello di tempi e di costi, emersi durante la costruzione di varie infrastrutture in Thailandia. Un modello SD viene creato per rappresentare e simulare la struttura di questi progetti D/B.

In seguito viene effettuata la validazione basandosi sui dati di un tipico progetto edilizio in Thailandia. Sono successivamente presentati una serie di esperimenti in cui vengono valutati gli impatti sulle performance di diverse policy di gestione, relative in particolare al *cost management*, alla gestione dei materiali ed al *procurement*.

Viene poi illustrato come la combinazione ponderata di alcune di queste policy possa sensibilmente migliorare i risultati del progetto.

Riassumendo, nella letteratura si trovano numerose conferme di come System Dynamics trovi applicazione, con successo, in diversi aspetti della supply chain, compreso anche il processo di produzione. Tra i tanti punti di forza di questo metodo, sono sicuramente da notare la flessibilità e la versatilità.

Inoltre, l'analisi può essere indifferentemente effettuata in termini di costi, di tempi o di performance. Tutto questo rende System Dynamics uno strumento molto efficace per valutare i sistemi, le strutture, le procedure ed i processi presenti in ambito logistico.

## Capitolo 2

# Il gruppo Loccioni

*"È un' **impresa** in cui non ci sono dipendenti ma **collaboratori**. L'impresa della conoscenza sviluppa **progetti** piuttosto che prodotti. . ."*

— **Gruppo Loccioni**, *Manuale di sopravvivenza!*

Loccioni è un'impresa familiare attiva nel campo della misura, del controllo e dell'automazione. Il concetto è quello di una vera e propria *sartoria tecnologica*, in cui ogni soluzione è su misura per il cliente, con il quale si cerca di costruire un rapporto duraturo e di sviluppo reciproco.

Di seguito vengono raccontate la storia di questa impresa e di Enrico, suo fondatore. Vengono inoltre descritte la mission, i valori, le sedi ed il rapporto con il territorio di Loccioni.

Si presentano infine le varie Business Unit e le soluzioni ed i sistemi da queste offerti al cliente finale. Clienti di cui si offre una panoramica al termine del capitolo.

### 2.1 La storia

Enrico Loccioni nasce il 30 ottobre 1949 a Serra San Quirico (AN), nel cuore dell'entroterra marchigiano, luogo di tradizioni contadine e monastiche. Sono queste le radici culturali daranno poi la forma all'impresa Loccioni e ne definiranno anche i valori, come il *senso di comunità* e la *solidarietà*.

L'elettricità comincia ad arrivare in questi territori qualche anno dopo, ed Enrico, ormai quindicenne, approfitta di questa nuova tecnologia per creare la sua prima opera: qualche tubo, una pompa e l'acqua ora arriva a casa Loccioni *da sola*, senza il bisogno di andare al pozzo. Da quel momento, per qualche anno, passa le giornate

a bordo del suo Apecar costruendo impianti per portare luce ed elettricità nelle case degli agricoltori locali. La sera invece studia le biografie e gli ideali di Adriano Olivetti e di Werner Von Siemens, imprenditori illuminati che influenzeranno molto la sua visione imprenditoriale ed umana.

È nel 1968 che Enrico Loccioni muove il primo passo della sua carriera: avvia infatti, ad Angeli di Rosora, una piccola attività artigianale di impianti elettrici, la Impresa Costruzione Impianti Elettrici (I.C.I.E.), e comincia la storia di quello che poi diventerà il Gruppo Loccioni. Più o meno contemporaneamente, a metà degli anni Sessanta e qualche chilometro più ad ovest, la famiglia Merloni comincia la produzione di elettrodomestici, nel fabrianese. Ed è proprio la Merloni SpA a commissionare alla I.C.I.E. il primo lavoro: l'originale di quell'ordine è ancora gelosamente custodito da Enrico.

Si intuisce sin dall'inizio la volontà di questo giovane imprenditore di mettersi a completo servizio del cliente, ascoltandone le necessità e lavorandoci insieme. Ed è anche molto precisa la scelta strategica di lavorare solamente per clienti tra i migliori del territorio - prima - e del mondo - poi -.

Ed è grazie questa volontà che la I.C.I.E., nel 1971, lascerà spazio alla General Impianti (G.I.), con sede a Moie (AN), che si occupa della realizzazione di impianti elettrici *su commessa*: è il momento che certifica la vocazione imprenditoriale del Gruppo e del suo fondatore. Nove anni dopo, nel 1980, nasce la Applicazioni Elettroniche Avanzate (A.E.A.), per la produzione di sistemi di controllo e testing, con sede ad Angeli di Rosora (AN). Un evento che segna l'ingresso del Gruppo Loccioni nel campo *della misura e del controllo*. Il primo incarico proviene nuovamente dalla Merloni: la A.E.A. costruisce per loro un impianto automatico di collaudo della lavatrice 'Margherita'.

Comincia quindi il passaggio dalla costruzione di impianti elettrici alla realizzazione di sistemi di controllo e misura della qualità per il mercato degli elettrodomestici, a cui seguirà poi l'ingresso nel mercato dell'automobile.

Nel frattempo, la scoperta da parte delle aziende italiane del concetto di *qualità totale*, basata sul modello giapponese, pone l'attenzione su un nuovo modo di fare impresa: la qualità comincia a rivestire un ruolo chiave sia verso il cliente sia internamente.

Per un Gruppo che ha nella *misura* e nel *controllo* le sue competenze principali, questo tipo di terreno è certamente fertile. Oltre allo storico sodalizio con Merloni, importante campo di sperimentazione, Loccioni avvia una collaborazione con il gruppo Fiat, a cui faranno seguito una serie di altri importanti clienti - sempre seguendo la precisa scelta di lavorare solo con i *leader* dei vari mercati -. Non

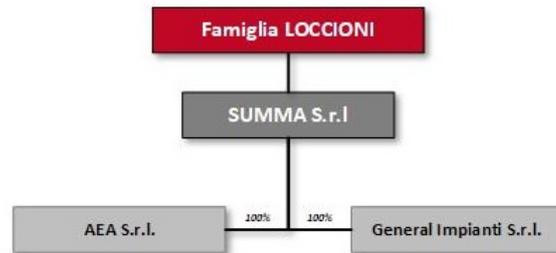
poteva essere altrimenti, per una *sartoria tecnologica* con competenze valide ed in continuo aumento, e con un grado di apertura al cliente non comune.

All'alba degli anni novanta, Enrico capisce di dovere progettare il futuro. E' da questa intuizione che nel 1992 nasce SUMMA, terza società del gruppo, per *pensare il futuro*. SUMMA si occuperà delle persone, dell'innovazione, e ospiterà, qualche anno più tardi, l'Identity Lab, incaricato di gestire la comunicazione e di curare l'immagine delle tre società.

Società a cui negli anni si aggiungeranno, con diverse modalità, nuove unità: TM, acronimo di Titan Meccanica, per le lavorazioni meccaniche di precisione; BluSolution, per le opportunità legate al controllo ambientale; Rhea, operante nel settore medicale.

Nel 2006 si arriva finalmente ad un assetto societario consolidato, con SUMMA che assume il ruolo di *holding* del Gruppo Loccioni, che viene quindi formalmente riconosciuto.

Nei dieci anni successivi l'assetto societario, mostrato in Figura 2.1 è andato semplificandosi, ed è attualmente composto da SUMMA, che ha mantenuto il ruolo di *holding*, A.E.A. e General Impianti, che ha abbandonato la produzione originaria per passare anch'essa alla misura e controllo. Diverse nel nome, queste due ultime società coesistono e sono fondamentalmente omologhe. L'unica piccola differenza è formale e legata alle differenti BU a cui le due fanno capo [2], [8], [16], [23].



**Figura 2.1:** *Struttura societaria semplificata del gruppo Loccioni*

## 2.2 Oggi

Oggi il gruppo Loccioni conta circa 400 collaboratori, più del doppio rispetto ai 167 del 1996, con un'età media di 34 anni. Il fatturato del 2016 è stato superiore agli ottanta milioni di Euro, con un aumento di più del 5% rispetto all'anno precedente. Per il 2017 le previsioni sono di un fatturato intorno ai cento milioni di Euro, con un eccezionale aumento annuo del 20%.

### 2.2.1 La mission

La *mission* Loccioni è quella di *integrare idee, persone, tecnologie per trasformare i dati in valori*. L'impegno quindi è quello di *misurare per migliorare*, aiutare i clienti ed i partner a risparmiare tempo e denaro, a rispettare l'ambiente e ad aumentare la qualità di prodotti e servizi.

Il *modus operandi* è quello di dialogare il cliente, ascoltare le sue esigenze, prendere nota delle richieste e dei problemi e realizzare una soluzione "chiavi in mano", grazie al forte *know-how* e all'altro grado di innovazione interni, costantemente alimentati dalla fitta rete di collaborazioni con Università, Centri di Ricerca e con i clienti stessi. Questo tipo di approccio al cliente, ognuno con le proprie misure ed i propri obiettivi, dà l'idea di *sartoria tecnologica*, in cui ogni utente finale si vede realizzare un qualcosa di unico e su misura.

### 2.2.2 Leaf Community

Ma la forza del Gruppo, oltre al forte rapporto con il cliente, sta anche nella valorizzazione sia delle persone - come testimoniato dai tanti riconoscimenti quali il Best Workplace Italia ottenuto in diversi anni -, sia del territorio della Vallesina, vero punto di forza strategico per Enrico e la sua impresa. Il logo Loccioni, mostrato in Figura 2.2 è ormai riconoscibile, riconosciuto e riscontrabile in molti progetti nel territorio.

Uno dei progetti più importanti intrapresi dal Gruppo Loccioni è sicuramente è la 'Leaf Community', definita nel sito web dedicato [15] come una

*"comunità integrata completamente eco-sostenibile in Italia. Nella Leaf Community si vive in una casa a zero emissioni di CO2, ci si muove con mezzi elettrici o ad idrogeno, si portano i bambini in una scuola ad energia solare e si lavora in edifici compatibili con fonti energetiche rinnovabili, in linea con comfort e modernità."*

# LOCCIONI

Figura 2.2: *Il logo Loccioni*



Figura 2.3: *Mapa della Leaf Community*

Forte testimonianza di come l'impresa possa provvedere al territorio e di come il territorio possa trasformarsi in risorsa, la Leaf Community viene inaugurata nel 2008. Inizialmente pensata come laboratorio aperto per la sostenibilità, con il tempo si è andata ingrandendo diventando una vera e propria comunità. Tra i progetti che la compongono, tutti realizzati da Loccioni, si segnalano, ad esempio:

- Il Leaf Lab, primo edificio industriale connettivo in Classe A+, visibile in Figura 2.4:
- Leaf Education, revamping energetico di una scuola dell'infanzia che si alimenta tramite un tetto solare;
- La Micro-grid, composta dai sistemi di accumulo e di gestione dei flussi energetici, elettrici e termici;
- Flumen, ovvero l'adozione di 2 km per il monitoraggio e la messa in sicurezza del vicino fiume Esino.

È proprio quest'ultimo progetto a dare lo spunto per il nome *2km di futuro*<sup>®</sup>, che simboleggia l'impegno dell'impresa di aprirsi al territorio e di occuparsi dell'ambiente e delle persone. La Figura 2.3 offre una rappresentazione di questa community, che si snoda appunto lungo il fiume Esino: le "foglie" in figura indicano tutti gli edifici ed i progetti realizzati da Loccioni nel territorio, grazie a collaborazioni con Enel, Samsung ed altri importanti partner.



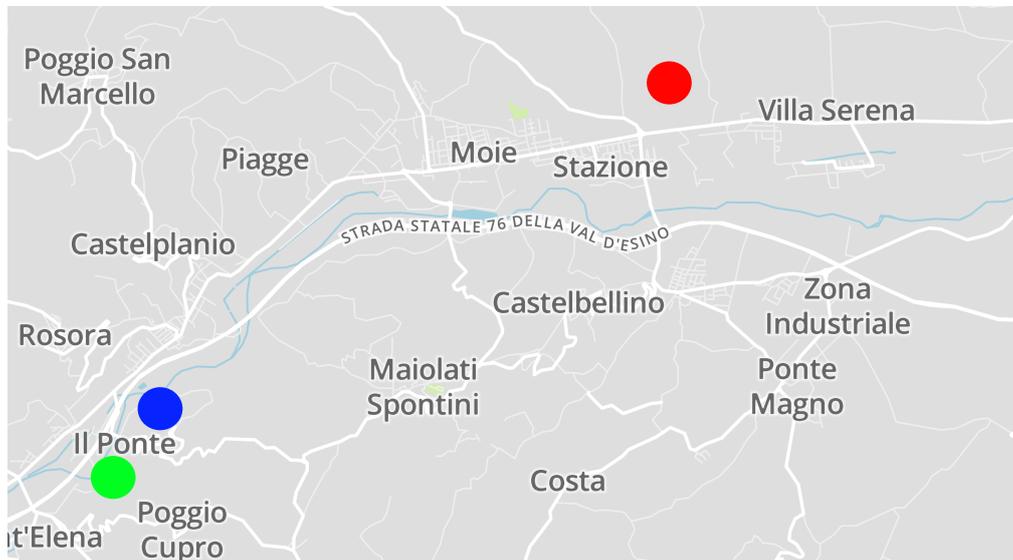
**Figura 2.4:** *Il Leaf Lab*

### 2.2.3 Le sedi

Fanno parte della Leaf Community anche i cinque poli Loccioni presenti nella Vallesina, indicati con la lettera L, di Loccioni, cui segue un numero progressivo:

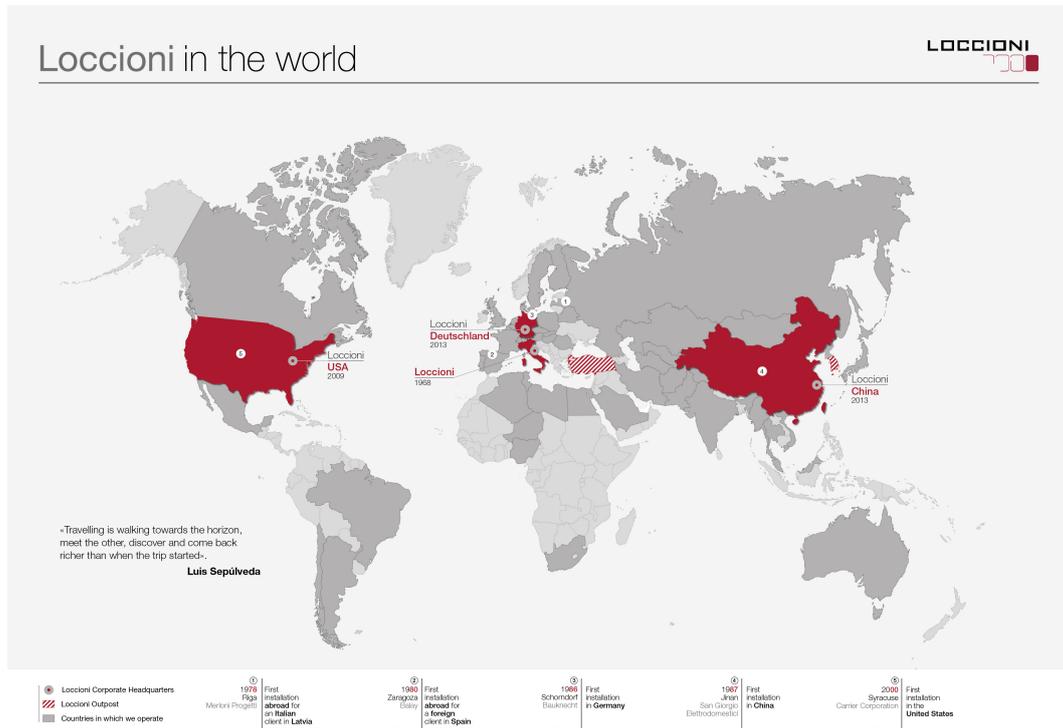
- a) L1, sede delle BU Humancare e Train & Transport,
- b) L2, sede di SUMMA,
- c) L3, sede principale di Mobility,
- d) L4, ovvero il già citato Leaf Lab, per il mondo Industry,
- e) L5, il " Knowledge Intensive Testing Environment" lab, detto Kite Lab, centro tecnico dedicato al Research & Development e allo sviluppo di campagne di test per conto dei clienti,
- f) L6, attualmente in costruzione, che verrà destinato a commesse di Mobility ed Industry.

La Figura 2.5 mostra la localizzazione dei vari poli nella Vallesina: a Moie, in rosso, L1. Ad Angeli di Rosora invece L2, L3 ed L4 sono indicati dal segnaposto verde e L5 ed L6 da quello blu.



**Figura 2.5:** Localizzazione delle sedi nella Vallesina

L'aumento dei clienti internazionali ha anche portato alla creazione di quattro sedi estere, indicate nella Figura 2.6. La prima è stata in Germania, nelle vicinanze di Stoccarda, a cui sono seguite le sedi di China - Shanghai - , USA - Washington - e



**Figura 2.6:** Localizzazione delle sedi estere. Quella giapponese non è ancora segnalata.

l’ultima nata, in Giappone, ancora in fase di sviluppo. Con i laboratori mantenuti, per una precisa scelta strategica, nelle Marche, queste sedi estere sono pensate per aumentare e migliorare il servizio ai Clienti, uno dei focus principali di Loccioni.

### 2.3 Le business unit e le soluzioni

Il primo mercato, come visto precedentemente, è stato quello dell’elettrodomestico, a cui è per primo seguito quello dell’automobile. Col passare degli anni si sono aggiunte altre aree di business, nate per inseguire nuove opportunità sempre con lo scopo di *misurare per migliorare* e di fornire soluzioni *su misura*. Ad oggi il Gruppo Loccioni conta sette BU: Industry, Mobility, Energy, Environment, Humancare, Train & Transport e la neonata Aerospace. Di queste, Mobility ed Industry sono le più longeve e le più importanti in termini di volumi di vendita. Formalmente appartenenti ad A.E.A., nel 2016 hanno contribuito per circa tre quarti al fatturato globale: data la loro rilevanza hanno entrambe dei laboratori dedicati: il polo L3 per mobility ed il nuovo Leaf Lab per industry.

Di seguito viene fornita, per ogni BU, una breve presentazione della stessa e del tipo di soluzioni o prototipi offerti [2.1](#).

### 2.3.1 Mobility

Con più di 40 anni di esperienza, Loccioni Mobility sviluppa principalmente sistemi di controllo ed ispezione per componenti auto. I sistemi realizzati si basano su analisi acustica e vibrazionale, termovisione, misure di portata, meccaniche, elettriche ed idrauliche.

Un esempio, mostrato in Figura [2.7](#), è il Mexus, dispositivo brevettato per il testing contemporaneo della portata e della frequenza del processo di iniezione.



**Figura 2.7:** *Il Mexus*

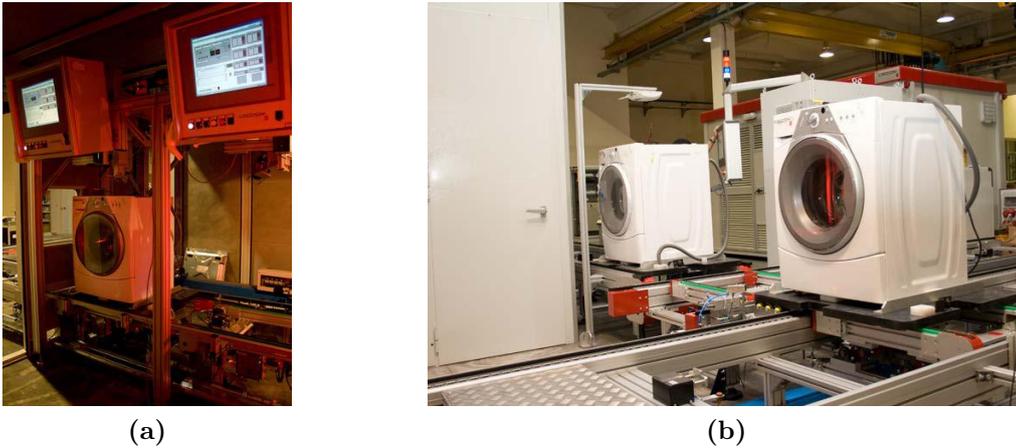
In particolare si segnalano soluzioni per iniettori, diesel e benzina, centraline elettroniche, valvole, alternatori, freni, frizioni e, recentemente, anche per motori elettrici ed inverter, queste ultime per rispondere ai recenti sviluppi del mercato dell'auto elettrica.

### 2.3.2 Industry

Prima vera business unit del Gruppo, Loccioni Industry si concentra su due macro-aree: il mondo dell'elettrodomestico ed il mondo dei componenti industriali.

Per il primo vengono fornite soluzioni per il controllo dei prodotti finiti - lavatrici, lavastoviglie, sistemi di condizionamento, refrigerazione e cottura - e dei relativi componenti.

Per il secondo invece Loccioni ha sviluppato un range completo di sistemi per il testing di compressori, pompe, valvole, termostati, sensori ed altri componenti elettronici.



**Figura 2.8:** *Il sistema Musa*

La Figura 2.8 mostra alcune fasi del sistema Musa, utilizzato per verificare la qualità delle lavatrici direttamente in linea di produzione tramite analisi delle vibrazioni e ad infrarossi.

### 2.3.3 Energy e Environment

Loccioni Energy e Loccioni Environment sono veri e propri laboratori dedicati alla progettazione e realizzazione di soluzioni per l'efficienza energetica ed il monitoraggio ambientale

La Leaf Community è un risultato tangibile e di grande valore di queste business unit, frutto anche della collaborazioni con importanti partner internazionali, pubblici e privati.

Tra gli altri progetti Energy si segnala la Microgrid, sistema per generare, accumulare e distribuire i flussi di energia tra le diverse utenze collegate, ed il MyLeaf, software dedicato per l'Energy Management System.

Locconi Environment invece ha all'attivo soluzioni per il monitoraggio delle emissioni inquinanti, della qualità dell'aria e delle acque, sistemi di campionamento e dosaggio chimico, progetti di bonifiche ambientali.

### 2.3.4 Humancare



**Figura 2.9:** *APOTECAchemo*

È la business unit per il mercato della salute e del benessere della persona. Il fiore all'occhiello è sicuramente la linea APOTECA, sistemi robotici per la preparazione di farmaci liquidi tossici in totale sicurezza, in quanto automatizza e controlla tutte le fasi del processo. Inoltre, l'integrazione con il sistema informativo ospedaliero rende possibile tenere traccia dei materiali e dei processi in ogni istante e di avere un'alta efficienza sia organizzativa che economica.

APOTECA, composto oltre che dal software gestionale integrato da APOTECAchemo, per i farmaci chemioterapici, e da APOTECAunit, per i farmaci generici, è solamente uno dei frutti del partenariato tra Loccioni e l'ospedale di Ancona per l'innovazione nel settore medico-sanitario, il Lab@AOR.

APOTECA è presente in alcuni dei più prestigiosi centri ospedalieri al mondo, tra cui alcuni dei migliori *cancer center* americani, come ad esempio il John Hopkins Hospital, Baltimora.

### 2.3.5 Train & Transport

Train & Transport ha come obiettivo il continuo miglioramento della qualità e dei servizi relativi ai trasporti e alle infrastrutture ferroviarie.

Per questo Luccioni ha sviluppato, insieme a Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Felix, il primo robot per il controllo automatico degli scambi ferroviari. Questo strumento permette di avere misure in tempo reale e di qualità maggiore sullo stato delle rotaie e dei collegamenti. Tutto questo chiaramente ha un significativo impatto positivo sulla sicurezza degli operatori e dei utenti finali, i passeggeri.



**Figura 2.10:** *Felix*

### 2.3.6 Aerospace

Ultima in ordine temporale, Aerospace realizza soluzioni per il controllo dei principali componenti di sistemi di atterraggio, di *engine power transmission* e di distribuzione del carburante.

Offre anche il design e l'implementazione di cellule robotiche per l'automazione delle operazioni di assemblaggio, come il Modular Extensible Lightweight robot-Outside (*Mel-O*), robot modulare per le analisi di misura e controllo di lavorazioni ad alta precisione. Sviluppato con Airbus, è pensato per l'industria aerospaziale ma la sua struttura - a moduli per l'appunto - ne permette la facile riconfigurazione per adattarlo a contesti industriali differenti.

## 2.4 L'organizzazione aziendale

Luccioni presenta quindi una struttura funzionale, in quanto è segmentata in base al tipo di business. Ciascuna di queste divisioni, le BU per l'appunto, presenta una sua struttura funzionale. Alcune funzioni, specialmente quelle più connesse ai sistemi, sono quindi ripetute.

Funzioni quali comunicazione, ricerca per l'innovazione, gestione delle risorse umane, business development sono invece gestite ad un più alto livello, congiuntamente. In particolare queste ultime sono associate a SUMMA, in quanto holding del Gruppo, mentre quelle più operative sono associate ad AEA e GI, le due società che fanno capo alle varie Business Unit

### 2.4.1 Il tipo di produzione

Bisogna inoltre aggiungere che, offrendo queste BU soluzioni diverse, anche il tipo di produzione varia tra di esse. Industry e Mobility realizzano soluzioni uniche seguendo la logica della produzione a commessa, *Engineering To Order*, (ETO). Il capitolo 3, specialmente nei paragrafi 3.1 e 3.3, descrive approfonditamente l'iter di un progetto di queste due business unit, con un focus particolare sul magazzino e sulla gestione dei flussi di materiali.



Figura 2.11: *Mel-O*

Humancare e Train & Transport invece offrono soluzioni - quali Apoteca e Felix, che di natura devono essere replicabili, sia perché il cliente può ordinarne un certo numero - vedi RFI con Felix - sia perché possono esserci più clienti per lo stesso sistema - vedi Apoteca ed i diversi centri ospedalieri -. In questo caso quindi si tratta di una produzione 'a piccoli lotti', sicuramente più omogenea rispetto all'ETO.

## 2.4.2 Fornitori e Clienti

Loccioni si avvale di una fitta rete di fornitori, locali ed internazionali. I più presenti sono sicuramente Siemens, Festo, Bosch, National Instrument, Staubli, ABB, dai quali Loccioni acquista materiali e componenti - spesso ad alto livello tecnologico - per le proprie soluzioni. A questi si aggiunge un *network* di aziende locali alle quali Loccioni si rivolge, tra le altre cose, per lavorazioni meccaniche di precisione, assemblaggi e sub-assemblaggi.

I clienti Loccioni, come deciso da Enrico all'alba della sua storia imprenditoriale, sono i leader dei propri mercati. La Figura 2.12 ben evidenzia come il cliente sia al *centro dell'impresa*.

A livello di volumi di acquisti degli ultimi anni, i principali clienti sono Delphi, Continental, Borgwarner, Bosch, BSH, Magneti Marelli, Valeo, Denso. Mentre

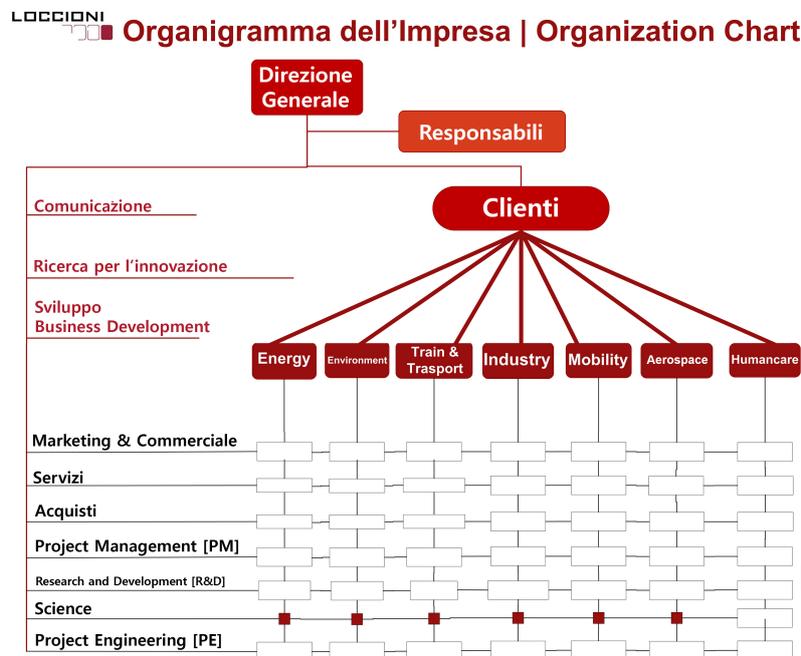


Figura 2.12: *Struttura Loccioni*

alcuni portano grandi volumi commerciali ma sono di bassa importanza strategica, molti altri sono importanti anche sotto questo aspetto, in quanto sono anche coinvolti in partnership con Loccioni allo scopo di sviluppare nuove competenze e tecnologie.

Per quanto riguarda lo sviluppo bisogna citare anche AvioAero - insieme ad Airbus -, per l'Aerospace, ed il già citato gruppo RFI per Train & Transport. Nella comunità Humancare sono invece presenti importanti centri di ricerca e cura ospedalieri, oltre ovviamente all'Ospedale Universitario di Ancona: si possono citare ad esempio il Cleveland Clinic, l'Istituto Europeo di Oncologia di Milano ed il John Hopkins University of Baltimora. Sempre importanti a livello strategico, pur se con bassi volumi, sono tutti i grandi *Original Equipment Manufacturer* (OEM), come Honda, Toyota, Ford, BMW, Volkswagen.

In generale quindi ogni cliente ha una sua importanza determinata dai volumi di acquisto e dalla strategicità. I clienti "top" ad esempio sono quelli ad alto valore commerciale e strategico, mentre quelli "da mantenere" sono quelli con alti volumi ma meno rilevanti per collaborazioni e partnership.

## Capitolo 3

# La logistica Loccioni

Questo capitolo descrive approfonditamente tutte le operazioni logistiche ed i flussi di materiali - ed in parte di informazioni - che hanno luogo all'interno del gruppo Loccioni. Si prende come riferimento il ciclo di vita di una commessa, dall'ordine del cliente alla spedizione.

### 3.1 La commessa Loccioni

Questa analisi si concentra principalmente sulle BU Automotive e Industry, che lavorano quasi esclusivamente su commessa. Il ciclo commessa Loccioni è abbastanza standard, e comprende diverse fasi:

1. Richiesta d'Offerta, in cui il cliente comunica le specifiche tecnico-economiche richieste di cui viene discussa la fattibilità.
2. L'Offerta, affidata ad un Project Engineer (PE) che deve descrivere, con un'alta precisione tecnica ed economica, le varie fasi del progetto.
3. Trattativa, in cui vengono valutati i tempi ed il margine operativo della commessa.
4. Apertura progetto, inizio della commessa all'interno dell'impresa.
5. Riunione d'inizio commessa, in cui almeno una figura per reparto è presente per la condivisione dei documenti, la presentazione del Gantt e dei budget di spesa e di ore.
6. Progettazione
7. Ordini

8. Assemblaggio
9. Accensione, per testare i componenti assemblati.
10. Messa a punto, per regolare gli strumenti e risolvere eventuali errori.
11. Pre-accettazione, effettuata in sede in presenza di una delegazione tecnica del cliente.
12. Spedizione
13. Installazione, effettuata in loco da tecnici Loccioni.
14. Accettazione da parte del cliente. Viene stilato il documento di chiusura della commessa.
15. Service, ulteriori alla garanzia, come manutenzione ordinaria e straordinaria, upgrade periodici e gestione da remoto.

Queste fasi ovviamente possono subire delle variazioni. Nel caso di commesse *replica*, ad esempio, l'attività di progettazione è ridotta, in quanto buona parte della progettazione è in comune con commesse precedenti.

Di seguito verranno descritte, tra quelle menzionate sopra, le attività collegate, direttamente o indirettamente, ai flussi logistici di arrivo, stoccaggio materiali in magazzino e loro consumo.

### **3.1.1 La progettazione**

La Progettazione comincia immediatamente dopo la chiusura del contratto. Si divide, a livello tecnico, in Meccanica, Elettrica e, quando necessario, Fluidica. Queste divisioni si traducono in sotto-ubicazioni della commessa, che quindi è divisa in più sezioni.

I progettisti, parallelamente all'avanzare della loro attività, inoltrano delle Richieste di Acquisto (RdA) all'ufficio acquisti, specificando anche la data per la quale sono richiesti i vari materiali, coerentemente con il piano commessa definito nelle fasi precedenti. Le RdA contengono, al loro interno, il codice univoco della commessa per la quale sono generate. Insieme al codice commessa si indica anche quello della sotto-ubicazione, come spiegato nel Paragrafo [3.2](#))

### 3.1.2 Gli ordini

L'Ufficio Acquisti, con cadenza giornaliera, raccoglie tutte le RdA ed emette, eventualmente dopo un certo periodo necessario per le trattative, gli ordini ai fornitori, specificando la data per quando è necessario il materiale richiesto. Il più delle volte non è necessaria la negoziazione, in quanto ci si rivolge a fornitori abituali e si richiedono materiali 'standard'. In alcuni casi invece questo periodo può anche essere di una o due settimane, ma si tratta di casi particolari.

Per quanto riguarda i *lead-time* di fornitura, si può passare da pochi giorni a diverse settimane, a seconda del fornitore e del tipo di articolo. Per la stessa commessa ad esempio, un articolo di un certo fornitore può richiedere una settimana, mentre quello di un altro addirittura un mese.

### 3.1.3 L'assemblaggio

L'assemblaggio ha inizio una volta che è disponibile in magazzino una buona parte della quantità necessaria. In linea generale, i primi ad essere assemblati sono i quadri elettrici ed il bordo macchina. A seguire, sempre in linea generale, vengono assemblate le parti meccaniche ed infine le parti fluidiche. Durante l'assemblaggio vi è necessità di utilizzare componenti o pezzi non previsti in fase di progettazione, il più delle volte perché si tratta di materiali di consumo generici le cui specifiche vengono definite solamente in laboratorio (es. raccordi, cavi ecc...).

L'assemblaggio, in ogni caso, è l'unica vera attività che richiede flussi logistici in ingresso ed in uscita. La messa a punto, i collaudi e le altre operazioni di questo tipo, non richiedono componenti o materiali per essere portate a termine, se non in limitati casi.

Sta prendendo corpo nel gruppo Loccioni l'idea di esternalizzare alcune attività, tra cui proprio l'assemblaggio. Questo perché non si traduce in un valore aggiunto al cliente, al contrario ad esempio della progettazione e della messa a punto, fasi in cui viene utilizzato il *know-how* e le *core competence* del Gruppo. Il modus operandi di questa esternalizzazione non presenta variazioni del flusso in ingresso: il materiale viene ricevuto normalmente e sistemato nella cassa-commessa relativa. Una volta che tutto il materiale - o almeno una buona parte - è disponibile, questo viene spedito al fornitore terzo per l'attività di assemblaggio, eventualmente integrandolo con spedizioni successive.

## 3.2 Il magazzino Loccioni

Alla luce del metodo di gestione commessa da parte del gruppo Loccioni, è possibile identificare i principali flussi logistici che intercorrono tra i fornitori, i magazzini e i laboratori del gruppo Loccioni.

Viene prima fornita una descrizione delle operazioni di gestione del magazzino, la cui impostazione riflette in buona parte l'organizzazione dei flussi. Da notare che questa analisi si basa principalmente sul magazzino dello stabilimento dedicato alla BU Automotive, ma i principi sono gli stessi anche per il magazzino del polo legato al mondo Industry. Alcune differenze sono presenti invece nella gestione del magazzino del polo di Moie, coerentemente con il fatto che quest'ultimo è impostato per supportare una produzione più omogenea.

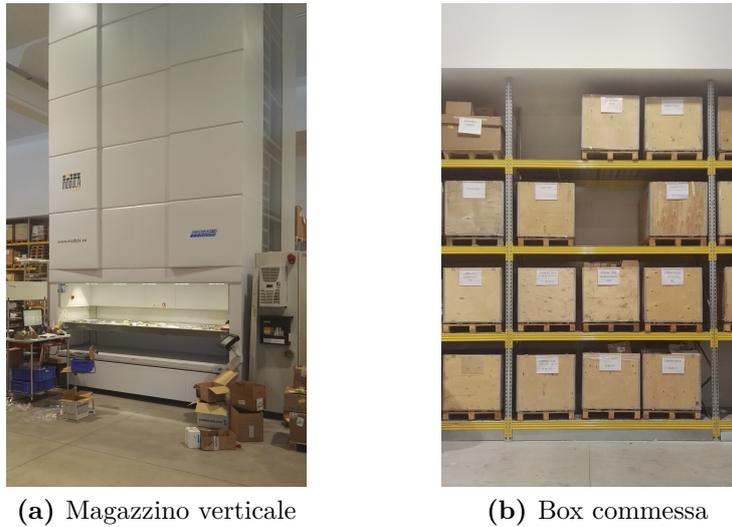
Il magazzino è diviso, a livello sia logico che fisico, in due settori ben distinti. Da una parte sono presenti le scaffalature porta-pallet regolabili contenenti i materiali specificatamente destinati alle commesse, organizzati in contenitori su ognuno dei quali è presente il codice del progetto relativo, mentre dall'altra sono presenti le scorte non ancora allocate a commessa, dette "scorte stock".

Queste scorte stock sono sistemate in magazzini verticali Modula®, che permettono di risparmiare moltissimo spazio e di velocizzare le attività di prelievo. Questo tipo di magazzino è infatti composto, come dice il nome, da cassette mobili organizzati in verticale. Il software interno tiene traccia di quantità e posizione dei vari articoli e, una volta che un codice viene richiesto, il cassetto che lo contiene viene sistemato nella postazione di prelievo e reso disponibile all'operatore.

La Figura 3.1 mostra un esempio di questi magazzini verticali (a) e delle scaffalature (b).

Questo software interno è capace inoltre di dialogare con gli altri software Loccioni, tra i quali SIGLA, software multifunzione realizzato internamente. Il controllo real-time dello stato dello stock permette di utilizzare una logica che si basa sul modello *reorder point* per gestire le scorte. In breve, per utilizzare il metodo ROP, si devono impostare, per ogni articolo, tre parametri principali [1], [4], [14], [21].

1. Il punto di riordino: quando la quantità *on hand* scende sotto questo livello, l'articolo viene riordinato.
2. Il livello minimo di sicurezza: sotto questo livello il materiale non può essere impegnato dal software gestionale e rimane solamente a disposizione del laboratorio per gestire le emergenze e garantire continuità all'assemblaggio.
3. La quantità di riordino.



**Figura 3.1:** *Il magazzino Loccioni*

Tutti e tre i valori sono calcolati da SIGLA sulla base di dati storici, con alcuni accorgimenti. Un picco dei consumi per un certo articolo a causa di una commessa particolare, infatti, potrebbe suggerire un aumento sia del livello sia della quantità di riordino. Per una produzione come quella Loccioni però, questo ragionamento non è sempre vero, a causa dell'alta eterogeneità e della continua presenza di commesse *singole*, a cui non seguono commesse *replica*, che richiederebbero lo stesso tipo di materiali. I calcoli di questi valori vengono quindi raffinati prendendo in considerazione i trend e le estemporaneità: in questo modo si ottengono valori più realistici e meno influenzati da picchi improvvisi dei consumi.

### 3.2.1 Le scorte stock

Per scorte stock si intendono principalmente tutti quei materiali la cui decisione riguardo l'ordinazione è gestita tramite ROP sulla base delle quantità disponibili. Questi articoli non sono allocati a nessuna commessa e si tratta principalmente di materiali a consumo e minuteria, il bisogno dei quali si verifica in fase di assemblaggio - a seconda delle diverse necessità - e che solitamente non vengono indicati in fase di progettazione: si parla ad esempio di cavi, raccordi, interruttori, pannelli.

Sono presenti anche scorte di articoli che non sono considerabili standard o comunque il cui consumo non è continuo. Di questi materiali vengono tenute delle giacenze per diversi motivi: alti lead-time, quantità minime possibili di ordine superiori al reale bisogno, alto fabbisogno previsto. In generale la scelta di tenere

o meno qualcosa a stock - o comunque in giacenza - viene fatta quasi sempre in base al giudizio dei capi commessa e degli addetti al magazzino, basandosi sì su indicatori tecnici - quali ad esempio il turnover o il costo per articolo - ma anche sull'esperienza e sulla previsione di consumo futuro - come nel caso in cui è atteso l'ordine per una commessa replica -. Da notare che alcuni di questi articoli non vengono gestiti con un sistema ROP ma la decisione di riordino o meno viene presa dai collaboratori, che decidono anche sulle quantità.

### 3.2.2 Le scorte commessa

Per quanto riguarda il materiale a commessa si è già detto della presenza di scaffalature e box dedicati. Per ogni commessa sono individuate delle *sotto-ubicazioni* - ciascuna con un codice - che essenzialmente servono a dividere gli articoli in base alla funzione cui sono destinati:

- Lato Elettrico, con due divisioni: una per i quadri elettrici ed una per il bordo macchina;
- Bordo Macchina, che consiste nelle strutture che ospiteranno il sistema;
- Parte Meccanica, che comprende tutta la parte *hardware*;
- Parte Fluidica, ovvero i vari dispositivi e apparecchi fluidodinamici.

Solitamente ad ogni sotto-ubicazione è dedicato un box. Per un commessa quindi, come minimo, sono presenti, tra magazzino e laboratorio, quattro contenitori. Di seguito, quando si parlerà di commessa o di ubicazione, si intenderà il binomio commessa/sotto-ubicazione, che ha un codice composto dal codice commessa e dal codice della sotto-ubicazione.

Date le dimensioni dei banchi e delle linee Loccioni, spesso di diversi metri sia di lunghezza che di larghezza, non è sempre possibile sistemare tutti i materiali necessari all'interno dei box. Parte dei materiali viene quindi sistemata sul pavimento del magazzino, cercando sempre di mantenere il più possibile libero il passaggio per non ostacolare il prelievo e la movimentazione delle merci.

Il magazzino Loccioni in generale consiste di una altissima varietà di articoli, per tipo, dimensione, fornitore ed utilizzo. Inoltre, considerata la velocità con cui questo tipo di tecnologie cambia, c'è un continuo rinnovamento delle tipologie di materiali stoccati: un bene per certi versi, ma un forte pericolo di obsolescenza.

Introdotta la metodologia di gestione commessa e descritta l'organizzazione del magazzino, il prossimo paragrafo si concentra sull'individuazione dei principali flussi logistici che hanno luogo durante il ciclo di vita di una commessa.

### 3.3 I flussi logistici

Nel ciclo di vita di una commessa l'inizio di tutto, a livello logistico, è riconducibile all'ordine da parte del cliente. La fase successiva, come descritto precedentemente, è la progettazione, che crea la *Bill Of Material*, la distinta base, che come visto al Paragrafo 1.1.4 altro non è che la lista di tutto il materiale - articoli, lavorazioni, materie prime - necessario per la commessa. Si ricorda che per commesse "originali" la fase di progettazione richiede più tempo, mentre per commesse "replica" questo step è solitamente più veloce.

La comunicazione tra reparto progettazione e acquisti avviene tramite un sistema MRP. Ottenuta la BOM, questa viene "esplosa" in dettaglio e l'MRP decide cosa e quanto ordinare. Per fare questo, l'MRP controlla prima la disponibilità a stock del materiale necessario. Nel caso un articolo fosse presente nei Modula, ne viene impegnata la quantità necessaria, evitando quindi di ordinare. Se la quantità richiesta è maggiore di quella disponibile, viene ordinata la quantità mancante. Il Modula poi gestisce eventuali riordini con le modalità descritte in 3.2.

#### 3.3.1 Gli acquisti e l'arrivo dei materiali

Si è già discusso di come i materiali a stock siano gestiti tramite un sistema ROP. Il picking per commessa viene visto, dal software, come un consumo di materiale a tutti gli effetti: una volta impegnato dall'MRP un articolo non risulta più disponibile. Se si scende sotto il livello di riordino, il sistema suggerisce all'ufficio acquisti di effettuare il riordino. L'ufficio acquisti conferma, solitamente in giornata, questa operazione, e viene inviato l'ordine al fornitore. A priori invece, se del materiale richiesto non c'è disponibilità nel Modula, la RdA della progettazione viene tramutata direttamente in un ordine al fornitore.

La conversione delle richieste di acquisto - sia da parte della progettazione sia da parte del sistema di riordino del magazzino - in ordini avviene, come detto prima, giornalmente. Le righe d'ordine per gli articoli che sono stati richiesti dalla progettazione contengono la data per quando è richiesto il loro arrivo, deciso in base alla pianificazione della commessa.

Questo flusso continuo di ordini si traduce in un altrettanto continuo flusso in ingresso dei materiali. I fornitori, tramite corrieri, consegnano materiale a Loccioni giornalmente: non è raro ricevere più volte nello stesso giorno materiali dallo stesso fornitore, specialmente da parte di quelli più importanti.

La merce in arrivo viene ricevuta, accettata e quindi sistemata nell'ubicazione corrispondente: un box commessa o il Modula. Queste operazioni di ricevimento vengono effettuate il prima possibile, per non affollare il piazzale di ricevimento e soprattutto per dare immediata visibilità al materiale ricevuto: fino a quando la merce non viene accettata questa non risulta disponibile e si corre il rischio paradossale di ordinare qualcosa che si crede assente e che invece è disponibile.

Per quanto riguarda il materiale destinato alla commessa, si preleva la cassa specifica e si deposita la merce all'interno, senza un particolare ordine, rispettando la sotto-ubicazione.

Per il materiale a stock il processo è esattamente l'inverso del picking, di cui si parla nel successivo paragrafo. Per i materiali già presenti nel sistema, viene richiamato ogni volta il cassetto relativo e l'operatore procede al carico. Gli articoli di nuovo tipo invece vengono registrati e viene assegnata loro una porzione di carrello, che viene ovviamente registrata nel software per successive operazioni di carico/scarico.

Può capitare che non tutta la quantità ricevuta di un articolo venga caricata nel Modula, per problemi di spazio: in questo caso la quantità rimasta viene tenuta temporaneamente in magazzino.

Le operazioni descritte sopra riguardano materiali di dimensioni tali da essere 'maneggevoli', che è la situazione più comune. In certi casi invece gli articoli da ricevere sono di dimensioni considerevoli: in questi casi essi vengono gestiti di volta in volta in maniera differente, a seconda della situazione. Si tratta spesso volte dei cosiddetti 'armadi', ovvero le strutture esterne dei banchi. Nella maggior parte dei casi comunque questi componenti ingombranti sono subito richiesti dal laboratorio per l'assemblaggio: la loro permanenza in magazzino è quindi minima.

### 3.3.2 Il prelievo per commessa

Ogni qualvolta l'MRP impegna materiale presente a stock, viene segnalato al magazzino. Ai magazzinieri è richiesto di prelevare manualmente dal Modula i materiali segnalati e spostarli nell'ubicazione designata: quest'attività è detta *picking*. Ogni richiesta da parte dell'MRP include, tra le altre cose, la data e l'ora in cui è stata formulata, la commessa di destinazione, l'ubicazione attuale, la quantità richiesta e quella disponibile.

Una volta ricevuta, una richiesta viene passata al sistema informatico del Modula, che, di volta in volta, estrae il cassetto contenente l'articolo - o gli articoli - richiesti, per permettere all'operatore di effettuare il picking. I materiali prelevati in questo modo vengono subito spostati alla cassa corrispondente alla relativa commessa, dove rimarranno in giacenza fino al loro utilizzo in fase di assemblaggio.

Non è raro che il polo in cui è ubicata la cassa-commessa sia diversa da quella del Modula contenente la merce richiesta: ogni magazzino ha uno scaffale dedicato ai trasporti interni in cui vengono sistemati gli articoli destinati ad altri poli. Una o due volte al giorno, salvo necessità urgenti, gli addetti al magazzino effettuano questi trasporti: ciò è possibile data la relativa vicinanza dei tre poli, specialmente di quelli Mobility e Industry.

### 3.3.3 Il consumo

Una volta che il necessario per iniziare l'assemblaggio è disponibile - o tramite picking interno o grazie agli acquisti - ha inizio la fase di assemblaggio. Come descritto nel Paragrafo 3.1.3, l'assemblaggio segue un certo ordine. Parlando di sotto-ubicazioni, le prime ad essere impegnate sono il bordo macchina e le parti meccaniche. A seguire vengono poi installati la parte elettrica e, se presenti, le parti fluidiche.

Nel momento in cui si comincia a lavorare ad una sotto-ubicazione, la cassa corrispondente viene prelevata dal magazzino e portata in laboratorio. Qui il materiale viene suddiviso e sistemato con determinati criteri su degli scaffali, per ottimizzare la produzione. Se arriva nuovo materiale per la sotto-ubicazione su cui si sta lavorando, questo non transita più in magazzino - se non temporaneamente - e viene subito indirizzato in laboratorio. A livello informatico lo spostamento del materiale in laboratorio viene registrato e da quel momento non risulta più in carico in magazzino. Questa operazione, chiamata *scarico a commessa*, è necessaria anche per allocare i costi del materiale alla commessa di appartenenza, e viene fatta una o due

volte a settimana: i flussi economici sono quindi sufficientemente coordinati con i flussi fisici. Questo *scarico* viene poi effettuato per ogni successiva movimentazione di merce dal magazzino al laboratorio, in modo da monitorare costantemente l'avanzamento dei costi per ogni commessa.

Se si parla di "consumo" come di una movimentazione in uscita dal magazzino quindi, questo avviene quindi con il prelievo ed il trasporto in laboratorio dei box commessa, a cui seguono due altri flussi: i già citati flussi per quel materiale ordinato e non ancora arrivato e i prelievi da parte degli assemblatori.

Come anticipato in 3.2, il bisogno di alcuni dei materiali a stock non viene previsto in produzione, in quanto si tratta principalmente di materiale di consumo le cui caratteristiche vengono definite solo in fase di assemblaggio (ad esempio i raccordi idraulici, la cui forma dipende dal layout della macchina). Questo dà quindi origine ad un successivo flusso di materiali dal Modula al Laboratorio.

Nel momento in cui l'assemblaggio necessita di determinati articoli a stock infatti, viene fatta una Richiesta di Prelievo (RdP) tramite il software interno che la inoltra, in base alla disponibilità, ai magazzini. Una RdP viene inizialmente gestita esattamente come il picking: la richiesta viene ricevuta dal magazzino ed il software del Modula permette il prelievo dai cassettei, estraendo di volta in volta quelli richiesti. Il materiale così prelevato non viene però sistemato nel box commessa - che solitamente non è più disponibile una volta iniziato l'assemblaggio - ma viene sistemato temporaneamente in scaffali appositi. Gli articoli destinati al laboratorio dello stesso polo del magazzino vengono subito indirizzati all'assemblaggio, mentre quelli per gli altri poli vengono sistemati negli scaffali dedicati ai trasposti interni descritti in 3.3.2 e gestiti insieme agli altri materiali lì presenti.

Se non è possibile soddisfare una richiesta di prelievo da parte del magazzino - e se il materiale richiesto non è già stato ordinato - si inoltra una RdA all'ufficio acquisti, che viene gestita esattamente come le RdA provenienti dalla progettazione. L'unica differenza, eventualmente, è l'urgenza: la mancanza di materiale per il laboratorio rischia di interrompere l'assemblaggio, il che può tradursi in ritardi nel progetto. In questi casi dunque si cerca di accorciare il più possibile i tempi, riducendo il periodo di negoziazione e servendosi di corrieri espresso: c'è quindi un'alta possibilità di veder aumentare i costi quando si verifica questo tipo di situazione, senza considerare inoltre i disagi causati all'assemblaggio.

### 3.3.4 Il post-assemblaggio

Una volta terminato l'assemblaggio si procede alle varie fasi di messa a punto, collaudo, e test *in loco*, anche in presenza del cliente. Queste attività sono quelle a più alto valore aggiunto, come già accennato al Paragrafo 3.1. L'assemblaggio infatti, pur essendo causa dei principali flussi logistici, non è una fase in cui vengono impiegate le *core competence* Loccioni, come invece avviene nella progettazione e, appunto, nella messa a punto e nel collaudo, durante le quali viene ultimato il sistema realizzato, integrandolo con la parte software e viene testato il corretto funzionamento.

Pur essendo attività complesse, che impiegano solitamente diverso tempo per essere ultimate, esse non richiedono flussi di materiali - se non minimi - e non impiegano particolarmente il magazzino. Questo almeno fino al quando il banco o la linea non sono pronti per la spedizione al cliente: in questo caso vengono spostati nuovamente in magazzino dove vengono preparati per la spedizione, che avviene nel giro di pochi giorni. Questa attività è sì delicata - anche considerato le dimensioni medie di una commessa - ma impegna gli addetti al magazzino solo in minima parte.

Ottenuta l'accettazione da parte del cliente, la commessa viene chiusa. Solitamente alcuni materiali allocati ad essa rimangono inutilizzati: si cerca di utilizzare questi *resi* su altre commesse o, in alternativa, di rivenderli sul mercato, per minimizzare le perdite. Alcuni materiali invece rimangono invece intenzionalmente allocati alla loro commessa di origine: questo può essere ad esempio il caso in cui un cliente richieda specificatamente la pronta disponibilità di questi articoli in caso ci sia la necessità di pezzi di ricambio.

Descritti tutti gli aspetti concernenti la movimentazione dei materiali durante il ciclo commessa, il prossimo paragrafo discute alcune delle criticità che vengono riscontrate durante il ciclo di vita di una commessa e, più in generale, nella gestione del magazzino.

Viene fornita, in Allegato A, una rappresentazione Flow-Chart delle attività svolte all'interno del Gruppo Loccioni a seguito dell'ordine da parte del cliente.

### 3.4 Le criticità

Il gruppo Loccioni ha un alto livello di servizio e di conseguenza un'alta soddisfazione dei clienti, testimoniata anche dai costanti incrementi di fatturato nel corso degli anni. Questo tipo di crescita, certamente positiva, rischia però, col tempo, di stressare l'organizzazione della logistica Loccioni, se questa non venisse correttamente supportata dalle funzioni interne.

La scienza dei materiali dice che quando un materiale è sottoposto ad uno stress che non è capace di sopportare meccanicamente avviene una rottura, che ha origine dai cosiddetti difetti, o discontinuità, presenti nel materiale stesso. Questi punti sono infatti sede di una *concentrazione degli sforzi*.

In un'organizzazione sociale, come può essere un'impresa, il discorso non è dissimile: lo stress è paragonabile al carico di lavoro (e di conseguenza al fatturato e al numero di clienti) e la resistenza meccanica è la capacità di questa organizzazione di "resistere" a tale stress senza rompersi, ossia di garantire un alto livello di servizio al cliente mantenendo allo stesso tempo ordine e efficienza nelle funzioni interne.

Per quanto riguarda la rottura del materiale, questa non si traduce ovviamente in una rottura fisica dell'impresa, ma in una perdita di puntualità, efficacia, ed efficienza - e, quindi, una perdita economica -. E proprio come nel fenomeno fisico, i punti critici da cui una eventuale frattura si originerebbe sono i *difetti*, quei processi aziendali che sì al momento funzionano, ma che in caso di sovraccarico sarebbero i primi a generare dei problemi - i quali poi di propagherebbero -.

Questi "difetti aziendali" - tranne casi eclatanti - non sono sicuramente di facile individuazione: in situazioni di carico normale sono praticamente nascosti nella miriadi di processi e attività che ogni giorno hanno luogo all'interno di una compagnia.

Il periodo di studio dei flussi logistici del gruppo ha permesso - grazie al prezioso aiuto dei collaboratori e dei responsabili Loccioni - di evidenziare alcune logiche di gestione che si stanno rivelando, con l'aumentare del carico di lavoro e della dimensione delle commesse, non più ottimali o comunque migliorabili sotto certi aspetti. È importante sottolineare nuovamente che, globalmente, la qualità ed il servizio al cliente Loccioni non sono particolarmente affetti da queste problematiche: in genere quelle di cui si parlerà sono delle situazioni che creano alcuni disagi a livello di singola funzione che vengono però mascherati dalla globalità dell'impresa. Se si pensasse all'impresa come ad una *black box*, una scatola nera, non si vedrebbe nient'altro che i soliti flussi di entrata ed uscita, senza avvertire nessun tipo di problematica.

È importante però prendere coscienza di ciò che è migliorabile nei processi interni per cercare di trovare una soluzione fin tanto che l'entità del problema è ridotta: prima cioè della *rottura*.

In un'impresa ogni funzione, sia orizzontale che verticale, ha una sua personale visione delle attività e degli obiettivi e di conseguenza un suo personalissimo elenco di malfunzionamenti e problematiche. Si citano, nel prossimo paragrafo, le principali di queste che sono emerse durante il periodo di studio.

### 3.4.1 La funzione del magazzino

Il magazzino, in Loccioni, nasce con la funzione di supportare l'assemblaggio, permettendo di gestire eventuali urgenze e garantendo la continuità. Inizialmente era quindi principalmente costituito di *safety stock*, coerentemente con quanto vista al Paragrafo 1.1.1 . Col passare del tempo, anche in seguito alle richieste dei capi commessa e del laboratorio, la quantità e la varietà di articoli tenuti in magazzino è andata via via aumentando, di pari passo con il volume di produzione. In parte questo aumento è stato fisiologico - più consumi, livelli più alti di scorte - ma in parte è stato anche influenzato dalla volontà e dalle scelte sia dei capi commessa, che spingono per avere alti livelli di un'ampia varietà di articoli tenuti a *stock*, sia per il giudizio personale di chi gestisce le scorte: non è raro infatti che si decida di ordinare di più di quanto suggerito dal gestionale in previsione di un certo consumo futuro.

Se queste decisioni, prese in base all'esperienza e al giudizio personale, sono in parte condivisibili in quanto orientate a facilitare alcuni processi, è anche vero però che portano ad un aumento dell'utilizzo del magazzino, aumentandone i costi e rendendo più onerose le attività di tutti i giorni: ricezione, scarico, carico, ecc. . . .

È opportuno segnalare l'importanza di una corretta gestione delle scorte di sicurezza. Se da un lato non è auspicabile un aumento delle stesse, come appena discusso, d'altra parte è importante garantire la totale continuità all'assemblaggio. Si rischiano infatti, in casi estremi, situazioni definibili paradossali. L'assenza di un articolo del valore di pochi Euro, se non di pochi centesimi, può infatti portare al blocco dell'assemblaggio con conseguenze anche gravi a livello di tempistiche e, quindi, di costi. C'è quindi un *trade-off* tra il costo per tenere un determinato articolo in magazzino ed il costo che potrebbe sorgere nel momento in cui questo articolo servisse e non fosse disponibile che, seppur meno probabile, è assai più gravoso.

### 3.4.2 La scelta delle scorte

Fatto salvo per tutti quei materiali le cui caratteristiche vengono delineate solamente in fase di assemblaggio, è opportuno analizzare lo scopo di avere in magazzino i restanti articoli, come descritto in 3.2.1. In una produzione a commessa e altamente tecnologica, come è quella Loccioni, tenere materiali - a volte anche costosi e delicati - in magazzino, in attesa del consumo, può infatti avere poco senso, per diversi motivi.

*In primis* perché nella maggior parte dei casi questi articoli non hanno una funzione a sè stante: il loro utilizzo è infatti vincolato alla presenza di altro materiale che, idealmente, deve ancora arrivare, o peggio, deve ancora essere ordinato.

*In secundis*, il flusso di ordini. Il gruppo Loccioni spedisce ordini ai fornitori ogni giorno, e talora più volte al giorno. Questo rende meno coerente la scelta di tenere materiale a magazzino *per ridurre gli ordini*, come auspicato dall'ufficio acquisti. La tesi dei magazzinieri infatti è la seguente: data questa alta frequenza di ordini, ha poco senso tenere a scorta articoli che potrebbero essere invece ordinati quando necessario.

Questa operazione inoltre non aumenterebbe il numero degli ordini, ma solamente il numero di *righe* all'interno di questi, con un lavoro extra per l'ufficio acquisti ridotto al minimo.

Un esempio pratico può essere fatto pensando all'assemblaggio di un autoveicolo: non è di nessun vantaggio tenere a scorta quattro pneumatici sapendo che comunque dovranno essere ordinati tutti gli altri materiali - e magari dallo stesso fornitore delle gomme -. È ancora peggio se si pensa di tenere a scorta solamente uno pneumatico: in questo caso servirà ordinare gli altri tre, con l'unico risultato di aver avuto un articolo fermo in magazzino senza nessuna utilità apparente.

Ovviamente ci possono essere delle eccezioni, in base a quei principi già discussi precedentemente, come specifiche richieste dal cliente, Paragrafo 3.3.4, o particolari caratteristiche dell'articolo, come alti lead-time, basso valore, ridotto volume. Ma queste, come dice il nome, dovrebbero rimanere eccezioni senza sfociare nell'abitudine.

### 3.4.3 MRP e scorte stock

Del prelievo per commessa si è già parlato nel Paragrafo 3.3.2. Questa attività è una conseguenza di quanto descritto nel paragrafo precedente: a seguito dell'aumento del tipo e della quantità degli articoli in giacenza, è stato reso disponibile per il gestionale l'impegno di tali articoli, evitando quindi il processo di ordinazione - anche su indicazione dell'ufficio acquisti -.

L'utilizzo di materiale già presente in magazzino può sembrare in certi casi una scelta corretta, in quanto aumenta il *turnover* riducendo i tempi di permanenza ed il rischio di obsolescenza. Questo però è un ragionamento applicabile ad una produzione in serie, in cui il fabbisogno e i volumi di output sono generalmente noti, ed è soprattutto un ragionamento legato agli effetti, non alle cause: se le scorte fossero ridotte al minimo necessario sin dall'inizio, non ci sarebbe la necessità di questo flusso interno per evitare lunghe giacenze. In pratica, non ci dovrebbe concentrare sull'utilizzare il prima possibile un articolo in magazzino, ma sull'evitare che questo articolo venga addirittura stoccato, se non strettamente necessario.

Col tempo infatti questa scelta si è rivelata, se non controproducente, quanto meno non efficiente. Con l'aumentare degli ordini e delle loro dimensioni, infatti, questo tipo di strategia ha portato ad avere dei problemi nella gestione del materiale, anche perché non esiste nessun tipo di vincolo alle richieste del gestionale che può liberamente impegnare, non appena segnalato dalla progettazione, tutti gli articoli necessari che trova già disponibili.

Complici anche alcune commesse particolarmente importanti ed estese, questo sistema ha iniziato a mostrare le sue debolezze. Sono iniziate ad arrivare richieste molto elevate che in certi casi hanno impegnato tutte le quantità disponibili di molti articoli in stock. Questo ha portato a dei picchi di lavoro in fase di picking ma anche in fase di ordine e ricezione della merce, a cui si aggiunge inoltre la negata disponibilità di materiale per le altre commesse. In generale quindi si verificano diversi disagi:

1. Picchi di lavoro per gli operatori dovuti all'attività di picking necessaria per prelevare dal Modula e sistemare nei contenitori.
2. Materiali immobilizzati fino al loro consumo, che può avvenire anche mesi dopo il picking.
3. Negata disponibilità di materiale per le altre commesse, che quindi si trovano ad ordinare e ad aspettare, con rischio di ritardi, materiale che in verità è già presente in magazzino.

Inoltre questo picking, diminuendo il livello di scorte stock, porta in molti casi al loro riordino, con tutta la successiva fase di ricezione. A questo si aggiunge il caso in cui le scorte stock non siano abbastanza da soddisfare la richiesta: in questo caso un ulteriore ordine verrebbe fatto per integrare la quantità rimanente, anche qui con tutta la conseguente fase di arrivo e gestione in magazzino. Il peggiore dei casi è quindi quando l'MRP richiede, di un certo articolo, una quantità superiore alla disponibilità: vengono azzerate le scorte nel Modula, che quindi richiede un ri-ordine, si nega la disponibilità alle altre commesse e si deve comunque effettuare un ordine per tale articolo al fornitore. Gli addetti al magazzino quindi effettuano il prelievo, ricevono sia il riordino che l'ordine, e sistemano la merce così ricevuta rispettivamente nel Modula e nel box commessa. Tutte queste attività hanno ovviamente un costo ma anche una illogicità di fondo avvertita da chi lavora "sul campo": avendo ordinato direttamente quanto serviva si sarebbero risparmiati tempo e lavoro. È chiaro che questo non porta vantaggi neanche alle aree più vicine alla Logistica: l'ufficio acquisti, che deve paradossalmente gestire due ordini invece di uno - più quelli eventuali da altre commesse a causa della mancata disponibilità a magazzino -, ed il laboratorio, per ovvi motivi.

#### **3.4.4 Ulteriori considerazioni**

È interessante far notare alcuni aspetti organizzativi all'interno del ciclo commessa e più in generale del Gruppo Loccioni. L'assemblaggio, ad esempio, ha inizio solitamente quando è arrivato a magazzino almeno l'80/90% del materiale al magazzino. Questo dà sì un certo margine di sicurezza all'assemblaggio, ma porta ad immobilizzare in magazzino - aumentando anche il carico di lavoro all'interno di quest'ultimo - grandi quantità di materiale per periodi anche non brevi.

Quello del carico di lavoro a magazzino è un altro argomento che vale la pena affrontare: tutte le problematiche, ed in generale tutte le operazioni descritte fin qui aumentano di gravosità all'aumentare del carico in magazzino. Movimentare una cassa in un magazzino relativamente "libero" è sicuramente più veloce e meno costoso che farlo nello stesso magazzino se questo è "affollato" di materiali.

Da ultimo l'accorpamento degli ordini. Come già detto più volte, le RdA vengono convertite in ordini che, dopo essere stati aggregati, vengono inviati ai fornitori. Tutto questo, anche per l'impostazione del gestionale, avviene su un intervallo di tempo giornaliero. Questo significa che se una commessa richiede piccole quantità dello stesso articolo in due giorni diversi, anche consecutivi, questo si traduce in due ordini diversi. Lo stesso vale per le richieste di picking al Modula.

In breve non c'è un software che, tenuto conto della data in cui serve un articolo e del lead time del fornitore, provveda a raggruppare queste richieste su un intervallo di tempo più ampio. Si pensi ad un certo articolo di un certo fornitore che consegna in una settimana. Se una commessa chiede dieci di questi articoli un giorno con consegna ad un mese, e il giorno successivo richiede un'altra quantità dello stesso articolo per la stessa data, sarebbe ragionevole accorpate queste due richieste in un ordine unico, in quanto le tempistiche lo permetterebbero.

Questo mancato raggruppamento ha un ulteriore risvolto negativo. Per limitare i problemi relativi all'attività di picking (vedi Paragrafo 3.4.3) si era pensato, inizialmente, di porre un tetto massimo - ad esempio il 30% della quantità disponibile - superato il quale la richiesta di picking viene rifiutata, per venire quindi tramutata in RdA e successivamente in ordine: una soluzione per evitare richieste troppo alte ai modula, per le quali sarebbe più logico ordinare. Data questa elevata frammentazione però, le singole richieste sono quasi tutte di piccola entità e quindi difficilmente rifiutabile.

Ad esempio, una commessa richiede dieci articoli un giorno e dieci il giorno successivo. Se il limite fosse quindici, entrambe le richieste verrebbero soddisfatte con il picking dai Modula. Se però si raggruppessero queste due richieste, la domanda globale di venti articoli supererebbe il limite e verrebbe soddisfatta ordinando.

Raggruppare le richieste quindi potrebbe essere una soluzione anche per limitare, con alcuni accorgimenti, l'utilizzo delle scorte stock - e le scorte stock stesse.

Nel capitolo successivo si stimerà l'entità di alcune delle criticità discusse finora proponendo inoltre alcune soluzioni per queste ultime.

## Capitolo 4

# Il modello System Dynamics

Come si evince dallo studio precedente, le criticità rilevate non sono *a sé stanti* ma presentano un forte grado di correlazione l'una con l'altra. Si è discusso, al termine del periodo di analisi, su quale fossero le migliori azioni correttive per ridurre le criticità e con quale priorità eseguirle.

Si è proposto quindi di *modellare* l'andamento dei flussi, interni ed esterni, per poi simulare gli effetti di eventuali modifiche alle logiche di gestione. Dati i risultati descritti nel capitolo 1, lo strumento scelto per questa attività è stato System Dynamics (SD).

### 4.1 Fase preliminare

System Dynamics richiede una buona conoscenza, oltre che dello strumento in sé, anche del processo da simulare e delle variabili in gioco. La prima fase è stata quindi quella di verificare quanti e quali dati fossero disponibili. Il gruppo Loccioni si è rivelato ottimo per quello che riguarda la quantità di informazioni presenti. Praticamente ogni attività - ordini, acquisti, movimentazioni, scarichi a commessa - viene registrata sul software con un buon livello di dettaglio.

Il problema è stato raccogliere questi dati, vista la grande quantità di software gestionali utilizzati, tra i quali il già citato SIGLA. Una difficoltà ulteriore è stata quindi quella delle diverse nomenclature utilizzate, nei diversi programmi, per indicare a volte la stessa cosa. Prendere confidenza con i dati e con chi questi dati li utilizza giornalmente è stata un'attività fondamentale per il prosieguo del lavoro.

Una volta verificata la fattibilità dell'idea di usare SD, questa è stata condivisa con i responsabili e con i collaboratori: SD è infatti, per natura, un sistema da

definire in maniera collaborativa ed è impensabile realizzare qualcosa di efficace ed utile lavorando "esternamente", specialmente se si tratta di processi particolarmente complessi, come avviene in Loccioni [6].

Al termine di questa fase si è formulato una prima bozza di casual loop diagram, che è stata poi sottoposta agli interessati allo scopo di ricevere feedback, suggerimenti, osservazioni e critiche, con l'obiettivo di ottenere un risultato il più possibile attinente alla realtà. Di nuovo, l'esperienza e le conoscenze di chi lavora sul campo hanno portato a diversi cambiamenti nel loop iniziale.

Nel prossimo paragrafo vengono descritti i passi che hanno portato ad ottenere il CLD finale. Successivamente si passa ad illustrare in maniera dettagliata gli elementi presenti nel diagramma stock and flow finale e i primi risultati delle simulazioni effettuate.

## 4.2 L'impostazione

Il primo casual loop diagram è stato realizzato con una visione il più globale possibile dell'impresa, e comprendeva essenzialmente tutti i flussi, le variabili e gli stock presenti nel gruppo Loccioni. Un così alto livello di simulazione non è consigliato in quanto rende difficile focalizzarsi su singole problematiche, ma il CLD è stato appositamente impostato in questo modo per favorire la discussione con i collaboratori. Tramite continui confronti si è via via ristretto il focus del diagramma, eliminando di volta in volta quei flussi o quelle variabili difficili da simulare o non particolarmente significative.

L'idea iniziale è stata quella di concentrarsi sulla simulazione del processo di esternalizzazione. Come già visto nel Paragrafo 3.1.3, esternalizzare l'attività di assemblaggio non comporta attualmente modifiche del flusso in ingresso: questo perché i materiali vengono ricevuti comunque in magazzino e sistemati nei box commessa. Questa attività preliminare di preparazione dei materiali da spedire agli assemblatori esterni viene percepita come necessaria per facilitare il lavoro dei fornitori ed evitarne gli errori, ma non riduce il carico di lavoro in magazzino. Si è pensato quindi di far spedire direttamente tutto il materiale dai fornitori direttamente agli assemblatori, evitando quindi uno step. Un paio di commesse *pilota* sono state selezionate per verificare la bontà di questa nuova metodologia.

Un eventuale modello quindi avrebbe dovuto simulare gli effetti di questa decisione per verificare se l'attività preliminare è conveniente rispetto alla spedizione diretta.

Ricevere il materiale prima di spedirlo all'assemblatore esterno porta sicuramente ad un maggior carico di lavoro, ma viene visto come un modo per ridurre gli errori e gli imprevisti in fase di assemblaggio.

Non effettuare questa attività si traduce invece in uno snellimento dei processi interni - con riduzione del livello di magazzino e del carico di lavoro - ma potrebbe portare ad aumento delle inefficienze in caso di errori, che non sarebbero infatti gestiti da Loccioni ma dall'assemblatore, destinatario diretto del materiale.

La mancanza di dati su quest'ultimo aspetto, dovuti alla relativa novità di questo progetto, ha però portato a rimandare questa simulazione per concentrarsi su processi più consolidati con un orizzonte più operativo. C'è però da aggiungere che l'idea di evitare il passaggio iniziale in magazzino è interessante e potrebbe aiutare il gruppo Loccioni a perseguire l'obiettivo di un magazzino il più contenuto possibile.

Ulteriori riflessioni e discussioni hanno poi spostato il focus sul ciclo commessa, mentre sempre meno peso è stato dato a tutti i flussi "secondari", i flussi interni tra i vari stabilimenti e, per i motivi di cui sopra, l'esternalizzazione. Il prossimo paragrafo illustra il primo CLD e descrive i cambiamenti che hanno avuto luogo successivamente, fino ad arrivare al CLD che è stato usato come base per il modello *stock and flow* finale.

### 4.3 Il primo casual loop diagram

Il punto di inizio è sicuramente l'ordine commessa. Una volta confermata la commessa c'è la progettazione, che si traduce in parte in richieste di acquisto ed in parte in richieste allo stock. Il peso di queste ultime è indicato dalla percentuale di picking: maggiore è questo valore, minore sarà il flusso di ordini e maggiore sarà l'impiego di materiale già in stock.

Le richieste di acquisto vengono convertite in ordini a cui segue quindi l'arrivo in magazzino dei materiali ordinati.

Il picking, se sono disponibili abbastanza scorte, abbassa il livello del magazzino stock ed attiva il meccanismo di riordino stock. Se invece non c'è abbastanza disponibilità, il mancato picking porta ad un aumento degli ordini a commessa per integrare il materiale mancante.

Tutti gli arrivi di materiale, sia stock che commessa, comportano del lavoro in fase di ricezione ed un aumento dei livelli dei rispettivi magazzini.

Il consumo, rappresentato dalla fase d'assemblaggio, riduce questi livelli. In particolare, il consumo utilizza le scorte commessa, mentre i prelievi da laboratorio vanno ad utilizzare materiale a stock. Questi ultimi non dipendono dalla progettazione direttamente: sono infatti "complementari" all'assemblaggio, quest'ultimo sì dipendente dalla progettazione.

Anche per il prelievo da laboratorio c'è un ciclo che, in caso di non adeguata disponibilità delle scorte, quindi in caso di mancato prelievo, porta ad ordinare nuovo materiale stock. Oltre a questo, considerata la natura dei prelievi in laboratorio, è lecito aspettarsi un certo grado di inefficienza - legato a tempo e/o a costi - nel momento in cui l'assemblatore non trova gli articoli di cui necessita.

I costi sono di vario tipo: sono presenti i già citati costi di mantenimento dei magazzino, ma l'analisi include anche i costi di ricevimento merci e i costi derivati dal mancato prelievo. In particolare i costi di ricevimento dipendono anche dalla decisione - nel caso si esternalizzi - di spedire direttamente al fornitore terzo o meno. L'esternalizzazione in ogni caso riduce il livello del magazzino, ma se si riceve tutto il materiale internamente ci sarà comunque del lavoro extra da fare e un aumento temporaneo delle quantità stoccate.

Un altro elemento molto importante sono i tempi. Il modello tiene in considerazione sia le durate delle attività - come la durata della progettazione - sia le tempistiche legate al progetto commessa - ad esempio il tempo che passa tra l'inizio commessa e l'assemblaggio. Sono anche considerati i vari *lead time* dei fornitori, ovvero il tempo che passa tra l'ordine di un articolo e la sua consegna in magazzino.

Il consumo porta a completare le commesse e quindi ad un certo fatturato, chiaramente comprensivo di un certo margine di guadagno. Un aumento di ordini porta con sé un aumento di consumi e quindi di fatturato e ricavi. D'altra parte però tutto questo porta a maggiori livelli di magazzino e quindi di costi.

Come si può notare, e come era stato anticipato nel paragrafo precedente, questo diagramma include diversi aspetti della logistica Loccioni ed è stato realizzato contemporaneamente allo studio degli stessi, quindi prima di avere ben chiaro la criticità su cui concentrarsi. Con così tante variabili in gioco - provenienti inoltre da "ambiti" differenti - è sembrato difficile raggiungere risultati apprezzabili.

### 4.3.1 I feedback

Questo CLD è stato quindi sottoposto al giudizio di diversi tra collaboratori e responsabili Loccioni per capire quali variabili e processi fosse conveniente escludere e quali mantenere. A seconda dell'area di appartenenza dell'interlocutore i risultati, comprensibilmente, hanno visto delle variazioni.

Gli addetti al magazzino si sono rivelati molto interessati alla parte del diagramma relativa ai carichi di lavoro in magazzino. Secondo la loro esperienza infatti alcune delle attività svolte durante il ciclo commessa potrebbero essere evitate, come ad esempio la ricezione preliminare a magazzino di materiali destinati all'assemblaggio esterno, o il picking, per i motivi già visti in 3.4.3.

I responsabili di laboratorio invece si sono mostrati più attenti ai livelli di magazzino e alla scelta delle scorte, chiaramente sempre garantendo al laboratorio un "service level" il più alto possibile, per evitare costose interruzioni del processo di assemblaggio.

Da parte dell'ufficio acquisti invece c'è la tendenza a ridurre il numero degli ordini, aumentando sia la quantità che la varietà di articoli a magazzino. Questo è comprensibile: ridurre il lavoro dovuto agli acquisti da una parte porta sicuramente risparmio a livello *locale*. Se si guarda a livello *globale* però, il risultato complessivo potrebbe non essere conveniente.

C'è inoltre da dire che, seppur fossero interessanti e significative, è stato necessario eliminare alcune variabili ed alcuni loop, sia per difficoltà oggettive nello stimarli sia per una mancanza di dati robusti. Un esempio, per i motivi visti al Paragrafo 4.2, è offerto proprio dall'esternalizzazione, esclusa in corso d'opera.

Il risultato finale è quindi un grafico che descrive tutti i gli aspetti di un ciclo commessa in termini di flussi interni e giacenze a magazzino. Questo CLD è la base del modello di simulazione vero e proprio descritto successivamente. Sia il diagramma iniziale che quello definitivo sono disponibili in Allegato B.

Volendo estrapolare i loop principali, è da citare sicuramente il loop per relativo al picking. Questa attività infatti riduce le scorte stock, aumentando la possibilità di veder rifiutati i prelievi da laboratorio. Rifiutando questi ultimi, si dà modo alle scorte di aumentare, fino a che non si richieda nuovamente il picking, e così via.

Scorte che aumentano anche grazie al loop dei mancati prelievi, causati da bassi livelli di stock e che portano a nuovi ordini di materiale per soddisfare le richieste.

L'obiettivo posto è quindi quello di simulare l'andamento dei vari flussi di materiali e delle giacenze in un ciclo commessa, per verificare, successivamente, l'impatto di alcune modifiche alle logiche di gestione.

A questo proposito bisogna ammettere che la modalità di lavoro non è stata canonica. La teoria di SD, così come i vari casi studio e la letteratura, consiglia di avere sempre un'idea precisa della problematica che si vuole analizzare prima di procedere alla realizzazione di un modello: chiaramente in controtendenza con quello che è stato fatto in questo lavoro, in cui si è appunto partiti da un studio generale per poi specializzarsi su determinati aspetti.

## 4.4 Il modello di simulazione

Il modello System Dynamics risultato di questa analisi è una rappresentazione di tutti i flussi e gli accumuli di materiale ed informazioni che hanno luogo nel momento in cui l'ordine di una commessa viene confermato dal cliente.

Di seguito viene presentato il sistema realizzato. Si è divisa questa parte per sezioni, per ognuna delle quali verranno descritte le equazioni utilizzate e i processi reali che si è voluto rappresentare. Alcune soluzioni tecniche sono state necessarie per ovviare ad alcune mancanze del software. Il modello è stato infatti sviluppato usando Vensim® Personal Learning Edition, una versione accademica che rispetto al software principale presenta alcune limitazioni in termini di funzioni utilizzabili.

Così come per il CLD, anche la creazione di questo sistema è avvenuta per step successivi. Si è cercato in ogni momento di trovare le funzioni e gli accorgimenti tecnici che meglio simulavano i flussi reali di un vero ciclo commessa. Inoltre lo studio di System Dynamics è avvenuto quasi parallelamente a questo lavoro, quindi la sempre maggiore conoscenza di questo strumento ha portato a continue modifiche del lavoro. Ad esempio la funzione DELAY, di cui si parla in seguito, presenta diverse varianti, come DELAY1, DELAY3, DELAY MATERIAL. Ognuna di queste produce un effetto diverso e a volte solamente utilizzando un metodo empirico è stato possibile individuare l'alternativa migliore.

### 4.4.1 Input, Progettazione e Ordini Commessa

L'inizio di una commessa è rappresentato tramite la sezione di "Input", in Figura 4.1. Il valore commessa rappresenta la stima dei costi di acquisto del materiale previsti per la progettazione. Essendo un input puntuale, la soluzione che si è rivelata più efficace è stata quella di usare la funzione STEP di Vensim, che produce un aumento del valore in ingresso. Questa variazione è permanente ma, se si introduce uno STEP negativo e dello stesso valore nel periodo successivo l'effetto è quello richiesto.

Questo input, la cui quantità è definita dal "Valore Commessa", è un flusso che confluisce nello stock di "Progettazione Residua". Questo stock non è nient'altro che un indicatore dello stato di avanzamento della progettazione. Man mano che questa attività va avanti, questo stock si riduce fino ad azzerarsi.

I flussi in uscita sono il flusso di "Progettazione Ordini" e "Progettazione Picking", entrambi dipendenti dalla "Durata Progettazione" e da "% Picking", che chiaramente indica la percentuale del materiale che verrà prelevato dal magazzino anziché ordinato. Stimare l'andamento di un processo simile non è immediato: in questo lavoro, anche in base a quanto descritto in 3.1.1, si fa riferimento al mese in cui un certo materiale viene richiesto dai progettisti all'ufficio acquisti. Non si fa inoltre distinzione tra progettazione fluidica, dinamica ed elettrica. Inoltre l'idea è di lavorare con commesse *originali* e non *replica*, le quali hanno tempistiche differenti, come descritto al Paragrafo 3.1.

**Input** = STEP(Valore Commessa, 0) - STEP(Valore Commessa,1)

**Progettazione Ordini** = Progettazione residua\*(1-% Picking)/Durata Progettazione

**Progettazione Picking** = Progettazione residua\*% Picking/Durata Progettazione

Il primo di questi due flussi si traduce in un flusso di "Arrivi di Materiale Commessa", dopo un certo Lead Time di Arrivo, in "Magazzino Commessa". Non è necessario introdurre un intervallo temporale tra la progettazione ed il flusso degli ordini: come spiegato precedentemente infatti, le richieste di materiale da parte della progettazione vengono convertite in ordini giornalmente, tranne in pochi casi trascurabili ai fini della modellazione: nel prosieguo di questo lavoro si farà indistintamente riferimento a Ordini Commessa, non rappresentati nel modello, e a Progettazione Ordini.

La funzione DELAY MATERIAL permette di introdurre un tempo di attesa, in questo caso pari al Lead Time di arrivo dei materiali.

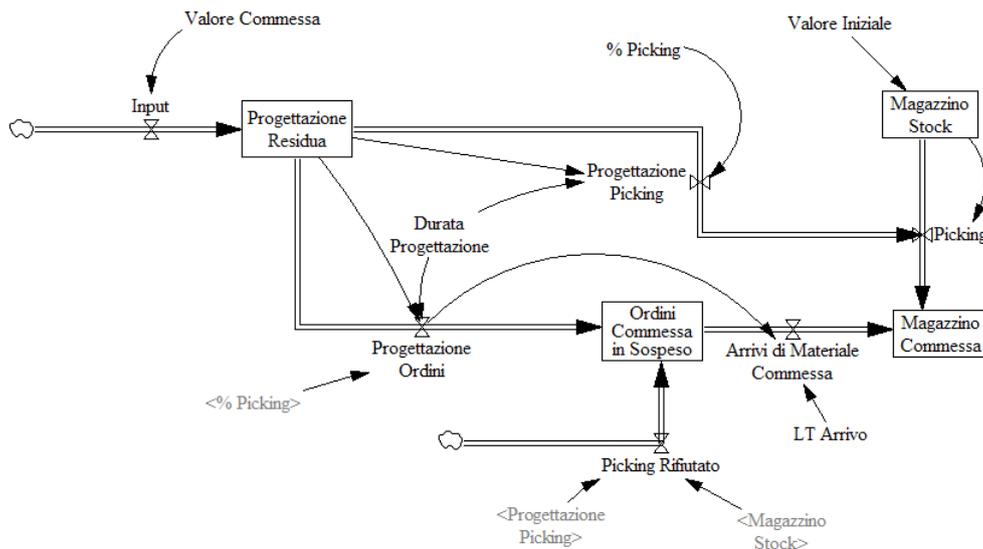
Il secondo flusso invece dà origine al picking. Il materiale viene prelevato dal magazzino scorte ed immediatamente sistemato nei box del magazzino commessa. Il flusso "Picking" rappresenta questa attività.

Se non c'è abbastanza materiale in stock, si origina un flusso di "Picking Rifiutato", che si traduce in ordini e si unisce successivamente al flusso di "Arrivi di Materiale Commessa".

Viene utilizzato il ciclo IF THEN ELSE, annidato, per controllare che il materiale in stock sia sufficiente e per calcolare quanto del flusso di Picking può essere

accettato e quanto debba essere rifiutato. In entrambi i casi si verifica che il magazzino sia maggiore di zero: se non lo è il picking non avviene e tutto il flusso viene tramutato in ordine. Se invece sono presenti giacenze, si discerne tra un magazzino sufficientemente fornito e uno che invece non ha materiale sufficiente per soddisfare le richieste. In quest'ultimo caso il picking rifiutato è la differenza tra la quantità richiesta e quella disponibile.

**Picking** = IF THEN ELSE (  
 Magazzino Stock <=0,  
 0,  
 IF THEN ELSE (  
 Progettazione Picking < Magazzino Stock ,  
 Progettazione Picking,  
 Magazzino Stock))



**Figura 4.1:** Sezione relativa a Input, Progettazione e Ordini Commessa

#### 4.4.2 Assemblaggio e Prelievi da Laboratorio

In questa sezione, mostrata in Figura 4.2, si utilizza l'elemento denominato "Ritardo Assemblaggio", una di quelle soluzioni tecniche di cui si è accennato prima, che non ha quindi un vero e proprio corrispettivo reale. Questo *flusso* raccoglie e somma i due flussi di progettazione e li "forza" ad una certa attesa, dopo la quale può avere inizio l'"Assemblaggio". "Assemblaggio residuo" ha una funzione analoga a quella di "Progettazione Residua": tiene cioè conto di quanto di quello che era stato progettato è stato effettivamente realizzato e quanto ancora rimane per completare il lavoro.

Il flusso di Assemblaggio presenta un ciclo IF THEN ELSE che verifica la quantità presente nel magazzino commessa. Se questa non è sufficiente, parte dell'assemblaggio - o tutto - non viene effettuato ma "rimane" in "Assemblaggio Residuo".

L'assemblaggio dà origine ai "Prelievi da Laboratorio", anche questi rivolti al magazzino stock. Per i prelievi il ragionamento è analogo al ciclo di Picking, con minime differenze. Sono presenti le "Richieste per Mancati Prelievi", che si originano quando il magazzino non riesce a rispondere alle esigenze di laboratorio: nel momento in cui il prelievo viene negato infatti, si origina un ordine ai fornitori per rimediare a questa mancanza. Idealmente questo flusso andrà a coprire le richieste per i prelievi successivi, evitando *stock-out*. Si noti che il magazzino disponibile è misurato tenendo in considerazione il flusso di picking di quel periodo: questo perché il picking, in quanto gestito via software, ha precedenza sui prelievi da laboratorio.

Questi mancati prelievi vengono convertiti, nel periodo immediatamente successivo, in "Prelievi Successivi", che si vanno ad aggiungere ai normali prelievi di laboratorio, e si ricomincia nuovamente con il ciclo di controllo.

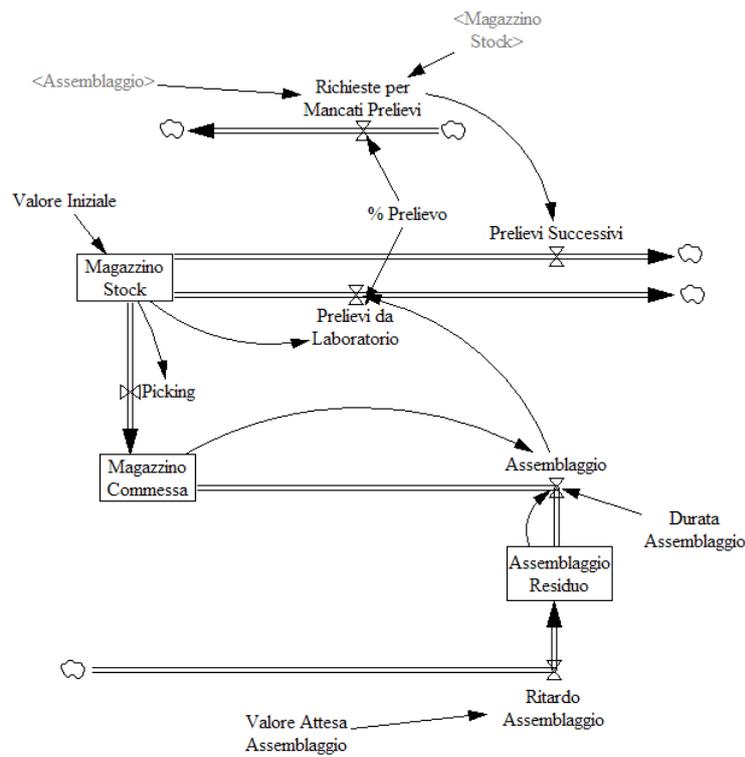
```

Assemblaggio =IF THEN ELSE (
  Magazzino Commessa <=0,
  0,
  IF THEN ELSE (
    Assemblaggio Residuo/Durata Assemblaggio < Magazzino Commessa,
    Assemblaggio Residuo/Durata Assemblaggio ,
    Magazzino Commessa
  )
)
Prelievi da Laboratorio= IF THEN ELSE (
  Magazzino Stock <= 0,

```

```

0
IF THEN ELSE (
("% Prelievo"*Assemblaggio) <Magazzino Stock ,
"% Prelievo"*Assemblaggio,
Magazzino Stock ))
Richieste per Mancati Prelievi = IF THEN ELSE (
Magazzino Stock <=0,
"% Prelievo"*Assemblaggio,
IF THEN ELSE (
("% Prelievo"*Assemblaggio) <= Magazzino Stock,
0,
("% Prelievo"*Assemblaggio) - Magazzino Stock))
    
```



**Figura 4.2:** Sezione relativa ad Assemblaggio e Prelievi da Laboratorio

### 4.4.3 Ordini Stock

Gli "Ordini Stock", contrariamente agli Ordini Commessa, dipendono dal consumo e non da un input esterno, coerentemente con il fatto che il magazzino stock Loccioni è gestito tramite un sistema ROP. Il flusso in ingresso serve infatti a riequilibrare i flussi in uscita, ovvero i flussi di picking e prelievo, che riducono il livello delle scorte. A questo flusso di ordini si aggiungono ovviamente gli ordini necessari per soddisfare i mancati prelievi.

Tutti questi ordini si traducono in un "Arrivo di Materiale Stock", con un tempo pari al "LT Materiali Stock", esattamente come succedeva per gli ordini commessa. La funzione DELAY1 si è rivelata una buona approssimazione della realtà.

La sezione è raffigurata in Figura 4.3.

**Ordini Stock** = Picking + Prelievi da Laboratorio + Richieste per mancati prelievi

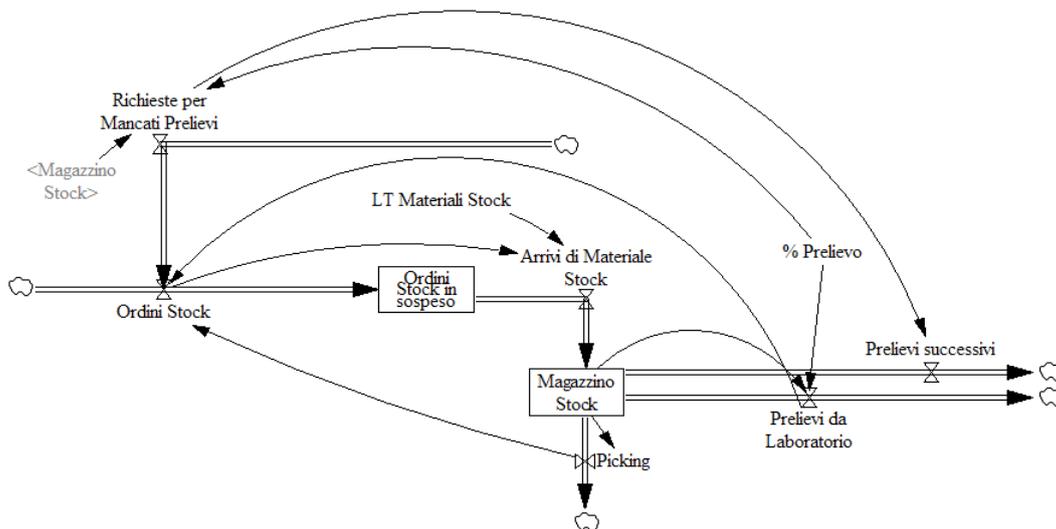


Figura 4.3: Sezione relativa agli Ordini Stock

#### 4.4.4 Gli Stock

Si parla in questo caso di stock System Dynamics che, come visto nel Capitolo 1, sono definiti come accumuli: possono essere stock di informazioni, di dati, di costi, di materiali. Quest'ultimo tipo di stock è il tipico stock secondo il linguaggio logistico.

Nel modello trattato alcuni stock presentano un corrispettivo reale, mentre altri rientrano nel novero delle soluzioni tecniche di cui si è parlato precedentemente.

Rientrano nel primo caso il "Magazzino Commessa" ed il "Magazzino Stock". Il primo è funzione dei flussi di arrivi di materiale commessa, picking e assemblaggio. Per definizione il livello iniziale è zero, in quanto non si hanno materiali relativi alla commessa prima che questa sia iniziata, se non in rari casi e comunque di entità ridotta.

Il magazzino stock è invece il risultato dei flussi in ingresso degli arrivi di materiale stock e di quelli in uscita di picking e di prelievi per il laboratorio. In questo caso è necessario un certo "Valore Iniziale" per far fronte principalmente alle richieste di picking.

La funzione INTEG rappresenta la cumulata di tutti i flussi che interessano uno stock, il cui valore iniziale è indicato dopo la virgola.

**Magazzino Commessa**= INTEG (Arrivi di Materiale Commessa+Picking-Assemblaggio,0)

**Magazzino Stock**= INTEG (Arrivi di Materiale Stock-Picking-Prelievi da Laboratorio - Prelievi Successivi, Valore Iniziale)

Altri stock servono invece per monitorare lo stato di avanzamento dei flussi. Si è già parlato degli stock "Progettazione Residua" e "Assemblaggio Residuo". A questi si devono aggiungere "Ordini Commessa in Sospeso" e "Ordini Stock in Sospeso", che rappresentano gli ordini effettuati ma non ancora ricevuti in magazzino. Questi stock devono convergere a zero man mano che il ciclo commessa prosegue, per evitare incongruenze.

Inoltre, l'utilizzo di questo tipo di stock è anche suggerito dal manuale online di Vensim per simulare, senza utilizzare la funzione DELAY, attività che richiedono un certo ritardo temporale, come può essere appunto l'andamento degli arrivi data la distribuzione degli ordini [24].

Viene fornito, in Allegato C, una rappresentazione complessiva del modello stesso, così come la lista completa delle equazioni utilizzate, in Allegato D.

#### 4.4.5 Le variabili operative

Oltre agli stock e ai flussi, in SD un ruolo importante è svolto dalle variabili, come già visto al paragrafo 1.2.2. Queste variabili possono essere costanti - "Constant" - o "Auxiliary", il cui valore non dipende da altri fattori. La Tabella 4.1 descrive brevemente le costanti utilizzate e le loro unità di misura.

| Nome                              | Definizione   | Unità | Tipo     |
|-----------------------------------|---|-------|----------|
| <b>% Picking</b>                  | Definisce la percentuale del valore commessa che viene richiesta al magazzino stock.          | dmnl  | Costante |
| <b>% Prelievo</b>                 | Stabilisce la quantità di prelievi dal laboratorio in base al flusso di assemblaggio          | dmnl  | Costante |
| <b>Durata Assemblaggio</b>        | Similare alla Durata Progettazione ma riferita all'assemblaggio                               | Mesi  | Costante |
| <b>Durata Progettazione</b>       | È la durata dell'attività di progettazione  | Mesi  | Costante |
| <b>Valore Attesa Assemblaggio</b> | Tempo che intercorre tra l'inizio commessa e l'inizio assemblaggio                            | Mesi  | Costante |
| <b>Valore Commessa</b>            | Definisce il valore della commessa "progettata". Non include tutti i prelievi da laboratorio. | Euro  | Costante |
| <b>Valore Iniziale</b>            | Rappresenta il valore iniziale del magazzino stock.   | Euro  | Costante |

**Tabella 4.1:** *Variabili di tipo costante*

Sono presenti inoltre altre variabili di tipo "auxiliary", di seguito descritte. Pur rappresentando delle durate - in questo caso lead time - si è utilizzata la funzione RANDOM NORMAL, che restituisce un valore casuale di una normale le cui media e deviazione standard vengono definite dall'utente.

| Nome                      | Definizione  | Unità | Tipo      |
|---------------------------|--|-------|-----------|
| <b>LT Materiali Stock</b> | È il Lead Time dei fornitori per i materiali a stock   | Mesi  | Auxiliary |
| <b>LT Arrivo</b>          | Come LT Materiali Stock ma per i materiali destinati alle commesse, quindi non gestiti a stock | Mesi  | Auxiliary |

**Tabella 4.2:** Variabili di tipo ausiliario

Si noti che non sarebbe stato possibile utilizzare alcun tipo di funzione se si fossero impostate queste variabili come Constant.

A quelle presenti in figura si aggiungono chiaramente tutti quegli elementi descritti ai Paragrafi 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3 che rappresentano dei flussi. Per Vensim infatti, anche questi sono considerati delle variabili di tipo ausiliario.

#### 4.4.6 Elementi di controllo

Come dice il nome, questi elementi non hanno un ruolo attivo nel modello. Sono state aggiunti con la funzione di monitorare e controllare la coerenza dei dati e delle equazioni inserite. In alcuni casi questo controllo è intrinseco negli stock del sistema. I magazzini infatti, se le equazioni sono corrette, dovrebbero terminare con un livello di scorte pari al livello iniziale. In generale tutti gli elementi citati nel Paragrafo 4.4.4 sono indicatori di un corretto funzionamento, in quanto è noto il valore a cui devono convergere se non si presentano errori.

In altri casi invece sono necessarie altre soluzioni, in quanto a volte le funzioni Vensim, se non correttamente utilizzate, possono restituire risultati diversi da quelli attesi, in particolare in situazioni complesse come possono essere i cicli IF THEN ELSE annidati.

Questi elementi possono essere sia stock - "Level" nel linguaggio Vensim - , sia semplici variabili, definite come "Auxiliary".

Per verificare la correttezza del valore di input ad esempio è stato inserito lo stock "Cumulata Input", che deve raggiungere un livello pari al "Valore Commessa", in caso di corretto funzionamento. Inizialmente si è tentato di simulare questo stimolo puntuale con la funzione PULSE e successivamente con una funzione LOOKUP. Entrambi i metodi presentavano però delle incorrettezze, e questo è portato alla soluzione STEP, che si è invece rivelata funzionante.

Questa cumulata è stata poi confrontata con l'"Avanzamento Assemblaggio", che è un contatore del totale già assemblato - senza considerare i prelievi da laboratorio. Il loro rapporto è l'"Avanzamento Percentuale Assemblaggio", che chiaramente deve convergere ad uno.

"Avanzamento Progettazione" e "Avanzamento Percentuale Progettazione" seguono le stesse logiche, sempre in confronto alla cumulata dell'input.

```
Avanzamento Assemblaggio= INTEG (Assemblaggio,0)
Avanzamento Percentuale Assemblaggio=IF THEN ELSE (Cumulata Input >
0, Avanzamento Assemblaggio/Cumulata Input,0 )
Avanzamento Progettazione= INTEG (Progettazione Ordini+Progettazione
Picking,0)
Avanzamento Percentuale Progettazione=IF THEN ELSE (Cumulata Input >
0, Avanzamento Progettazione/Cumulata Input,0 )
```

In generale questo sistema di confronto tra le cumulate è stato implementato per tutte quelle variabili critiche, come le variabili in gioco nel loop dei mancati prelievi o quelle dipendenti dalle varie funzioni di DELAY. Questa parte viene omessa in quanto si è trattato solamente di controlli "puramente tecnici" e non operativi. Le variabili di controllo citate si sono rivelate sufficienti per certificare la coerenza e la robustezza del sistema.

#### 4.4.7 Le unità di misura

Nelle tabelle 4.1 e 4.2 viene introdotto il concetto di unità di misura dei valori. Lo strumento "Units Checking" di Vensim verifica la consistenza nell'uso delle varie unità.

Questo controllo restituisce ogni volta una lista degli errori identificati, sebbene la loro presenza non impedisce la simulazione. Questa attività tuttavia aiuta ad identificare errori nella progettazione del modello anche seri: questo la rende un aiuto di grande valore.

Le unità di misura di alcune delle variabili sono già state indicate nelle tabelle citate. Per tutti gli altri elementi, si è deciso di lavorare utilizzando come unità il valore economico, espresso in Euro. Questa decisione è stata necessaria per permettere l'analisi aggregata dei materiali, altrimenti difficoltosa in termini di quantità - e anche di poco valore, considerata l'alta varietà di volumi e costi dei numerosi articoli oggetto di analisi.

In particolare, per i flussi si utilizzano gli  $\frac{\text{€}}{\text{Mese}}$ , mentre per gli stock, dato che non dipendono dal periodo, solamente gli Euro.

Viene utilizzato il mese come unità temporale per una questione di compatibilità con di dati provenienti dai software gestionali Loccioni, come verrà spiegato successivamente.

## 4.5 La prova di simulazione

La simulazione è il fine ultimo della creazione di un modello System Dynamics. È anche però un efficace strumento di controllo: nel momento in cui se ne avvia una infatti, Vensim restituisce un messaggio di errore se vengono riscontrati problemi, che possono essere equazioni errate, sintassi scorretta, errori logici, ecc. . .

Per queste simulazioni *in itinere* sono stati utilizzati dati provenienti da un'analisi aggregata delle funzioni Loccioni per quanto riguarda tutti i valori relativi al peso del picking e dei prelievi dal laboratorio rispetto agli ordini per commessa e all'assemblaggio.

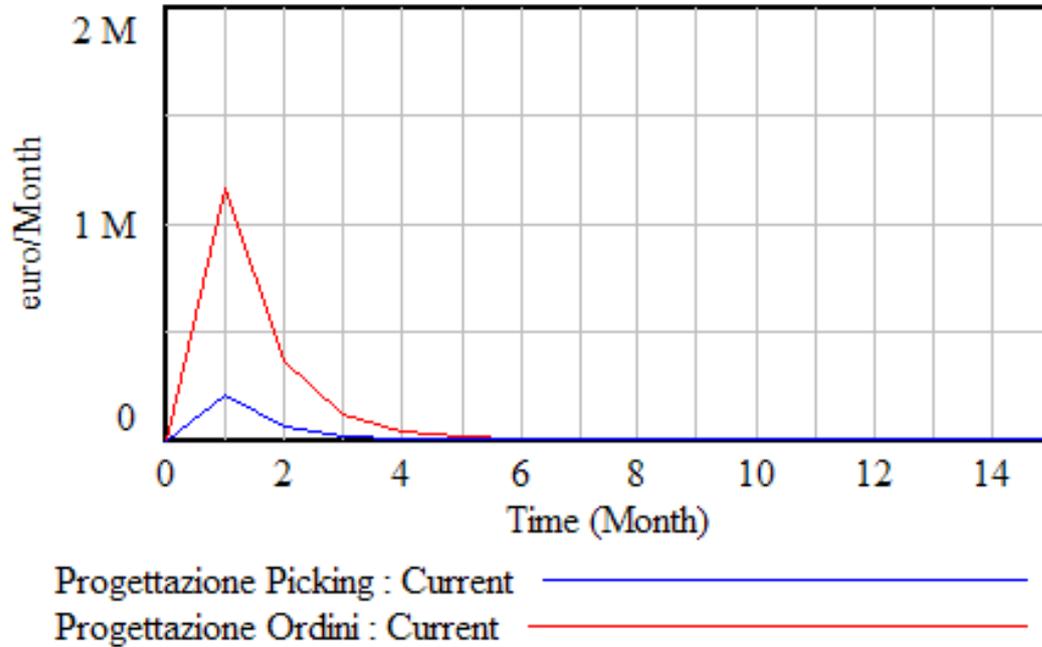
Lo stesso per alcuni dei tempi, come i Lead Time di arrivo a stock e di arrivo a magazzino commessa. Per altre indicazioni temporali, come ad esempio il tempo che intercorre tra la progettazione e l'assemblaggio, ci si è affidati alle indicazioni e all'esperienza dei responsabili commessa.

Di seguito vengono illustrati i risultati di una simulazione di prova che presenta come input un valore commessa di €2.000.000, un valore relativamente alto per una commessa ma che è stato scelto per meglio evidenziare le differenze tra i flussi.

Si precisa che la simulazione è stata effettuata con un'integrazione di tipo Eulero, intervallo di tempo mensile ed un orizzonte di simulazione di 15 mesi, abbastanza per contenere un ciclo commessa anche particolarmente lungo. Si ricorda che si utilizza il mese come unità temporale per una questione di compatibilità. Molti dei dati utilizzati per le analisi - come ad esempio lo scarico su commessa - sono registrati da Loccioni su base mensile: utilizzare un'unità temporale più piccola sarebbe stato difficile e comunque una maggiore frammentazione non avrebbe portato a vantaggi significativi.

### 4.5.1 Il primo controllo qualitativo

Ci si concentra quindi in questa fase su quegli elementi di controllo definiti in [4.4.6](#) e sul loro comportamento a seguito della simulazione. Dato l'input, si procede a verificare che l'andamento dei vari flussi e stock sia verosimile e, almeno qualitativamente, corretto. Il parere dei responsabili si è rivelato un buon giudice della qualità della simulazione.



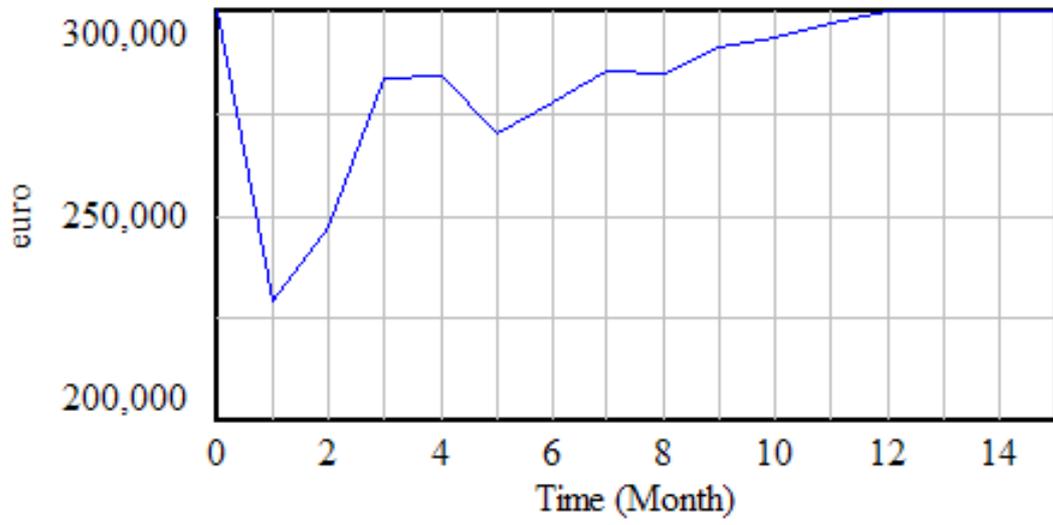
**Figura 4.4:** *Andamento dei due processi di progettazione*

Il valore della percentuale di picking è stimato essere intorno al 15% del totale dell'input. Questo valore, ottenuto tramite un'analisi aggregata dei dati del 2017, può chiaramente variare in base alla commessa. I due flussi di progettazione si presentano come in Figura 4.4: verosimilmente buona parte della progettazione si concentra nel primo mese e tutta l'attività tende ad essere completata entro 3/4 mesi.

La "Progettazione Ordini" si traduce poi in ordini e successivamente in "Arrivi di Materiale Commessa" mentre la "Progettazione Picking" dà ovviamente origine al flusso di Picking, senza nessun tipo di attesa. Il valore iniziale è stato impostato a €300.000 per evitare l'originarsi di "Richieste per Mancati Prelievi". Non viene quindi mostrato il grafico per il Picking in quanto è perfettamente identico alla "Progettazione Picking".

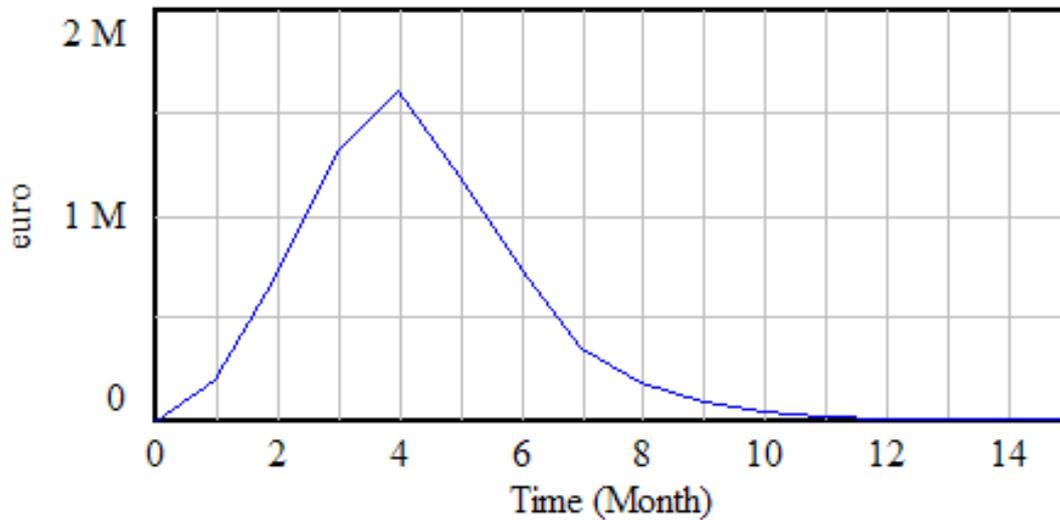
Un valore iniziale che, ci si aspetta di ritrovare anche alla fine del periodo di simulazione, per confermare la corretta impostazione. Il grafico del "Magazzino Stock", Figura 4.5, conferma le attese.

Lo stesso discorso vale per il magazzino commessa che parte però - in maniera



Magazzino Stock : Current

Figura 4.5: Andamento del magazzino stock

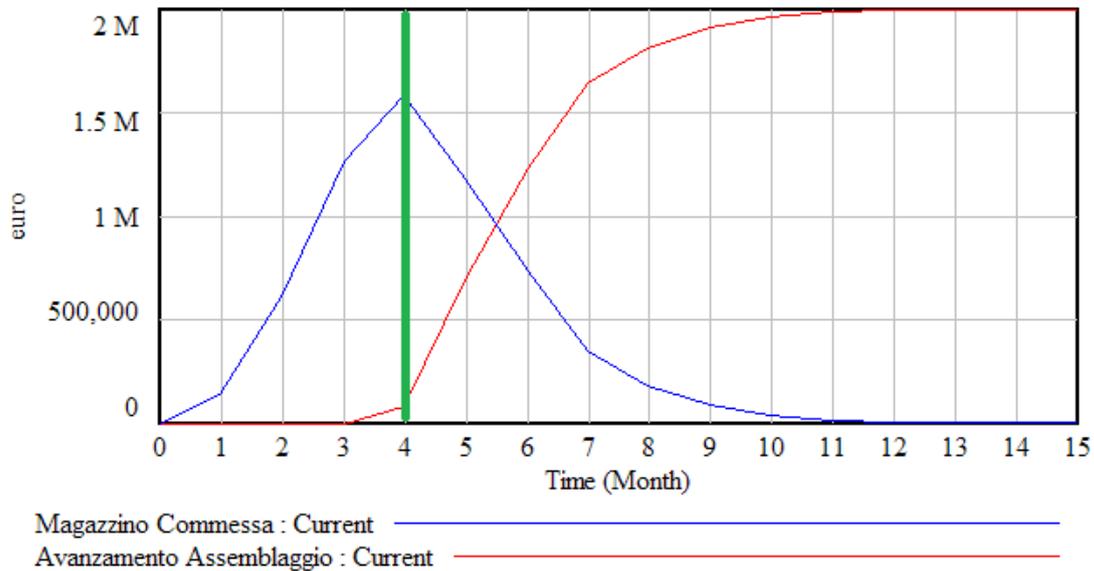


Magazzino Commessa : Current

Figura 4.6: Andamento del magazzino commessa

verosimile - da zero. I risultati in Figura 4.6 confermano le attese, con il magazzino commessa che ritorna a zero al termine della commessa.

Se si confronta inoltre l'andamento dei materiali a magazzino con l'andamento



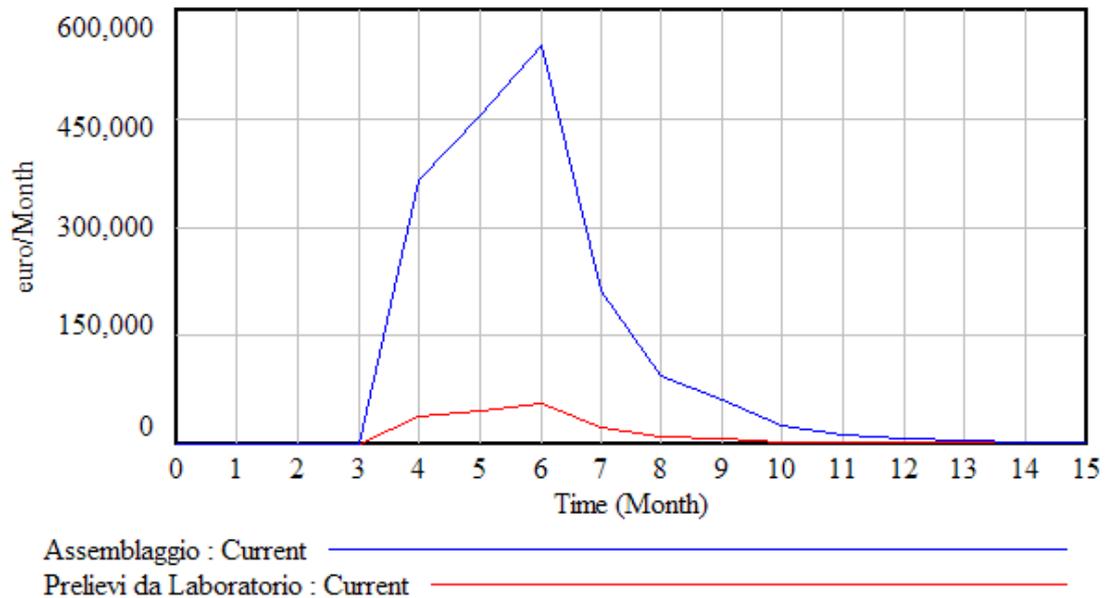
**Figura 4.7:** *Andamento dell'assemblaggio cumulato confrontato con i livelli di magazzino*

dell'assemblaggio si può verificare come quest'ultimo abbia origine quando in magazzino è presente circa l'80% del materiale necessario, coerentemente con quanto verificato durante l'analisi della logistica Loccion al Paragrafo 3.4.4.

Si noti, in Figura 4.7, che intorno ai periodi 3-4, e quindi verso la fine della progettazione, ha inizio l'assemblaggio, con un caratteristico andamento "ad esse". Il magazzino quindi vede un accumulo per i primi periodi e poi decresce fino a ritornare a zero, anche questo un indice di corretto funzionamento del modello.

È interessante però analizzare i risultati per l'assemblaggio - non cumulato - e per il prelievo da laboratorio, visibili in Figura 4.8. In questa simulazione in particolare la percentuale è fissato al 10%, anche in questo caso un valore verosimile e ricavato da un'analisi aggregata. L'elenco di tutti i valori in ingresso dati ai parametri - ovvero le variabili di tipo "Constant" - per questa simulazione è fornito in Tabella 4.3. Si ricorda che questi valori sono valori medi o frutto di opinioni dei responsabili, utilizzato al solo scopo di verificare il corretto funzionamento del modello.

In questo caso si notano alcune differenze con la realtà, in quanto solitamente lo scarico a commessa - e quindi lo spostamento in laboratorio - che avviene il primo mese interessa circa il 70% del materiale necessario, diversamente da quanto simulato. È anche vero però che non tutto questo materiale viene usato



**Figura 4.8:** *Andamento dell'assemblaggio e dei prelievi da laboratorio*

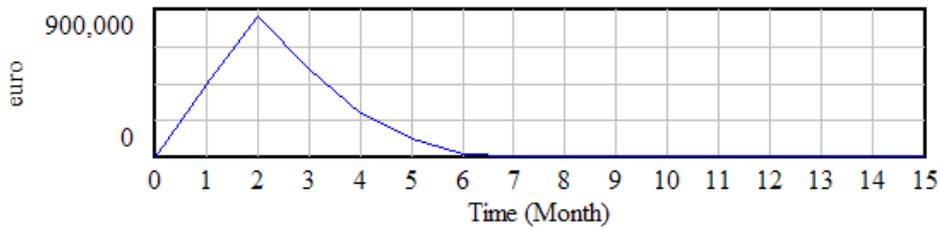
| Nome Parametro             | Valore    | Unità |
|----------------------------|-----------|-------|
| "% Picking"                | 0.15      | dmnl  |
| "% Prelievo"               | 0.1       | dmnl  |
| Durata Assemblaggio        | 1         | Mese  |
| Durata Progettazione       | 1         | Mese  |
| Valore Attesa Assemblaggio | 3         | Mese  |
| Valore Commessa            | 2.000.000 | Euro  |
| Valore Iniziale            | 300.000   | Euro  |

**Tabella 4.3:** *Valore dei parametri in ingresso per il controllo*

immediatamente, e staziona quindi in laboratorio. Da questo punto di vista si può quindi ritenere il risultato ottenuto come una buona approssimazione del flusso di materiale *effettivamente* utilizzato per l'assemblaggio.

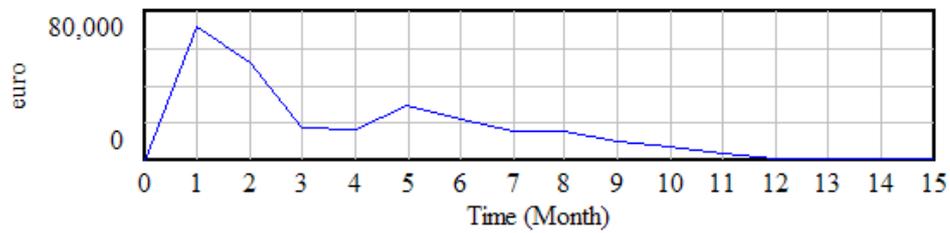
Da ultimo si verifica l'andamento di tutti quegli altri stock descritti in 4.4.4 che, come spiegato precedentemente, possono anche essere utilizzati per il controllo del corretto funzionamento della simulazione. Questi risultati sono mostrati in Figura 4.9 ed in Figura 4.10.

Le figure mostrano come, in presenza di un livello di magazzino stock sufficientemente alto, il modello funzioni correttamente e non c'è presenza di oscillazioni o



Ordini Commessa in Sospeso : Current

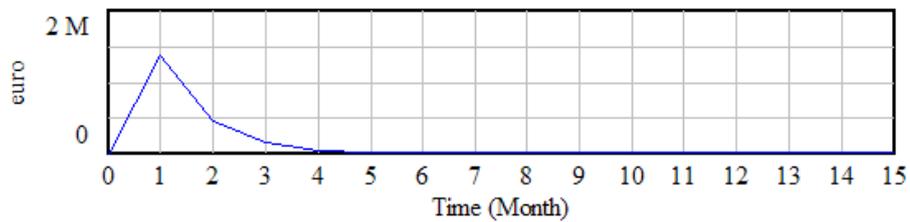
(a) Ordini Commessa in Sospeso



Ordini Stock in sospeso : Current

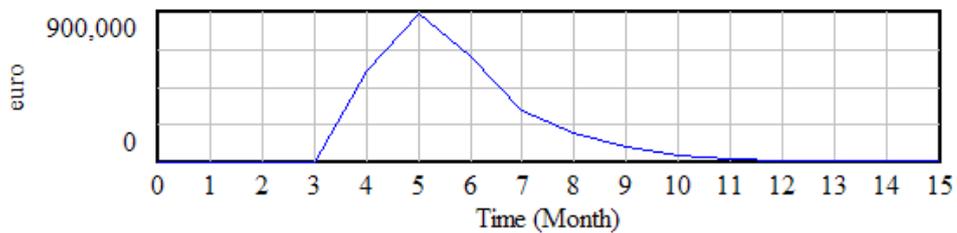
(b) Ordini Stock in Sospeso

**Figura 4.9:** Stock Ordini di controllo



Progettazione residua : Current

(a) Progettazione Residua



Assemblaggio Residuo : Current

(b) Assemblaggio Residuo

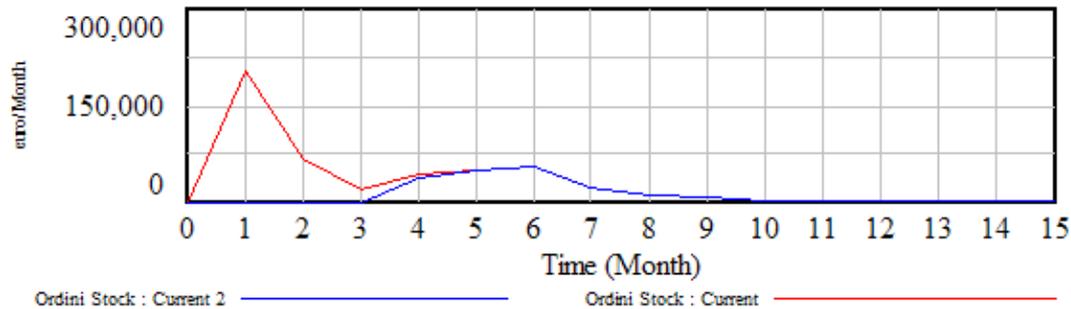
**Figura 4.10:** Progettazione ed Assemblaggio residui

risultati inattesi. Tutti i valori tendono a tornare al livello iniziale.

Inoltre, l'aver potuto simulare ha per natura scongiurato tutta una serie di errori previsti da Vensim che invece impediscono il funzionamento del modello. Questi possono essere *errori al tempo zero* o errori che avvengono *durante la simulazione*, a seconda di quando vengono riscontrati. Un esempio può essere il *floating point error*, che si verifica in presenza di valori fuori scala e di difficile rappresentazione, ma le situazioni possono essere anche molte altre. Il manuale online di Vensim a tal proposito offre un'ampia analisi [24].

### 4.5.2 Il secondo controllo qualitativo

Verificato il corretto funzionamento in presenza di un consistente livello di stock a magazzino si procede ora a ripetere la simulazione assumendo però un valore iniziale stock pari a zero, mantenendo inalterate le altre variabili. In questo caso quindi si va a testare il corretto funzionamento del ciclo di "Picking Rifiutato", escluso nella precedente simulazione. Nelle figure che seguono, con "Current" viene indicato il risultato della simulazione precedente, in rosso, mentre la nuova simulazione è "Current 2", in blu.

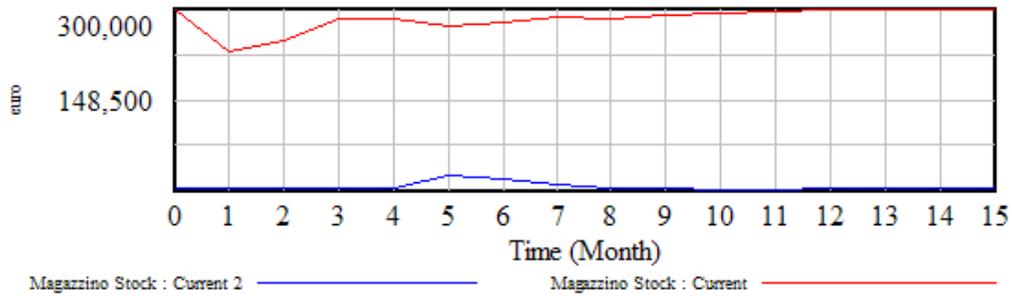


**Figura 4.11:** *Andamento degli ordini stock*

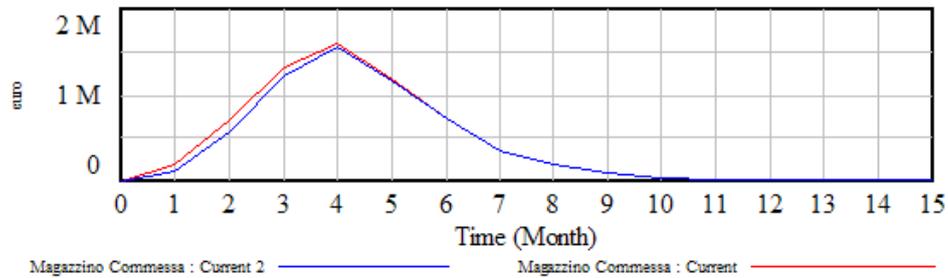
Dal punto di vista della progettazione non ci sono modifiche rispetto ai risultati presentati in Figura 4.4. Il flusso di picking viene però praticamente azzerato e i mancati picking si traducono in un aumento degli ordini per commessa e, di conseguenza, in una diminuzione degli ordini stock, come si vede in Figura 4.11.

Questo può essere positivo, in quanto il magazzino commessa vede una leggera diminuzione - dovuta al fatto che il materiale ordinato arriva in ritardo rispetto a quello prelevato dallo stock -. Inoltre il magazzino stock mantiene livelli molto bassi di scorte: è organizzato quindi quasi come un magazzino JIT, con la differenza

che la domanda - i prelievi dal laboratorio - non hanno un Lead Time di attesa e devono essere soddisfatti subito. La Figura 4.12 è relativa al magazzino stock (a) e al magazzino commessa (b).

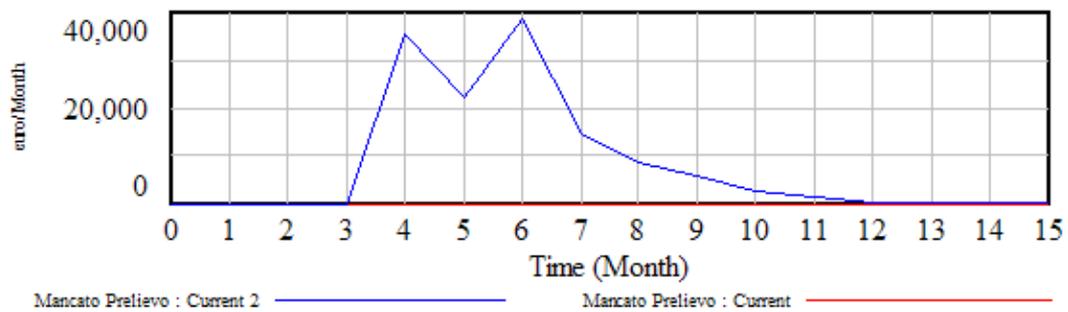


(a) Magazzino stock



(b) Magazzino commessa

**Figura 4.12:** *Il confronto dei magazzini*



**Figura 4.13:** *L'originarsi delle richieste per mancati prelievi*

Un livello insufficiente di scorte stock porta all'originarsi di richieste per mancati prelievi, mostrate in Figura 4.13. Questi mancati prelievi sono un forte fattore negativo in quanto possono portare - con alta probabilità - ad interruzioni dell'assemblaggio e quindi all'originarsi di ulteriori costi.

Tutti gli altri stock di controllo mostrati, per la prima simulazione, nelle Figure 4.9 e 4.10, non mostrano errori nemmeno per questa nuova simulazione. In definitiva quindi il modello si è dimostrato robusto: non presenta infatti comportamenti irregolari anche modificando le condizioni di partenza e tutti gli elementi presentano andamenti coerenti e possibili. Anche il controllo delle unità di misura presentato nel Paragrafo 4.4.7 conferma la correttezza del modello.

## 4.6 La simulazione commessa

Alla luce dei risultati positivi ottenuti nella fase del controllo qualitativo, il naturale step successivo è quello di utilizzare valori provenienti da una commessa reale per verificare *quantitativamente* la capacità del modello di simulare la realtà. A questo proposito viene effettuata una comparazione dei risultati ottenuti tramite simulazione con i dati reali.

In particolare è stata scelta la commessa denominata 02DEN16002, un banco di test da laboratorio realizzato nel corso del 2017 e che ha avuto, a detta del Project Manager, un ciclo di vita "tranquillo".

Tutti i dati utilizzati successivamente sono stati ottenuti analizzando i vari report relativi a questa commessa presenti nel sistema informativo Loccioni. In particolare si è usato il software Qlik, che ha permesso di combinare insieme, grazie all'aiuto del reparto IT, dati provenienti da programmi e database diversi allo scopo di interfacciarsi con un'unica piattaforma realizzata appositamente per le necessità di questo lavoro.

Una volta inseriti tutti i valori (Valore Commessa, Durata Progettazione, ecc. . .) all'interno del modello SD ed effettuata la simulazione, si passa a confrontare i valori ottenuti tramite questa con gli andamenti reali, per testare la bontà di questo sistema.

### 4.6.1 I dati

Per ogni ordine da parte della progettazione, vengono registrati la data in cui la Progettazione ha "Inviato" la sua RdA all'ufficio acquisti, la data di arrivo "Richiesta", la data "Promessa" dal fornitore ed ovviamente la data in cui l'ordine viene "Ricevuto". Per l'MRP il procedimento è simile: vengono registrati la data di invio e la data di picking, che come già detto spesso coincidono.

Un tipico esempio di come appare una tabella pivot - uno degli strumenti utilizzati per l'analisi - creata utilizzando i dati riguardanti le RdA e le richieste MRP effettuate per una determinata commessa è rappresentato in Figura 4.4. I dati delle colonne "Inviato" e "MRP" sono espressi in Euro.

Questi valori indicano che l'attività di Progettazione è continua nel ciclo commessa, ma è anche osservabile che questa è concentrata nei mesi marzo, aprile e maggio del 2017: un trend particolarmente evidente se si osserva la colonna MRP. Il valore di "Durata Progettazione" che meglio approssima questo andamento è 1 periodo, che viene quindi impostato come valore iniziale: questa approssimazione

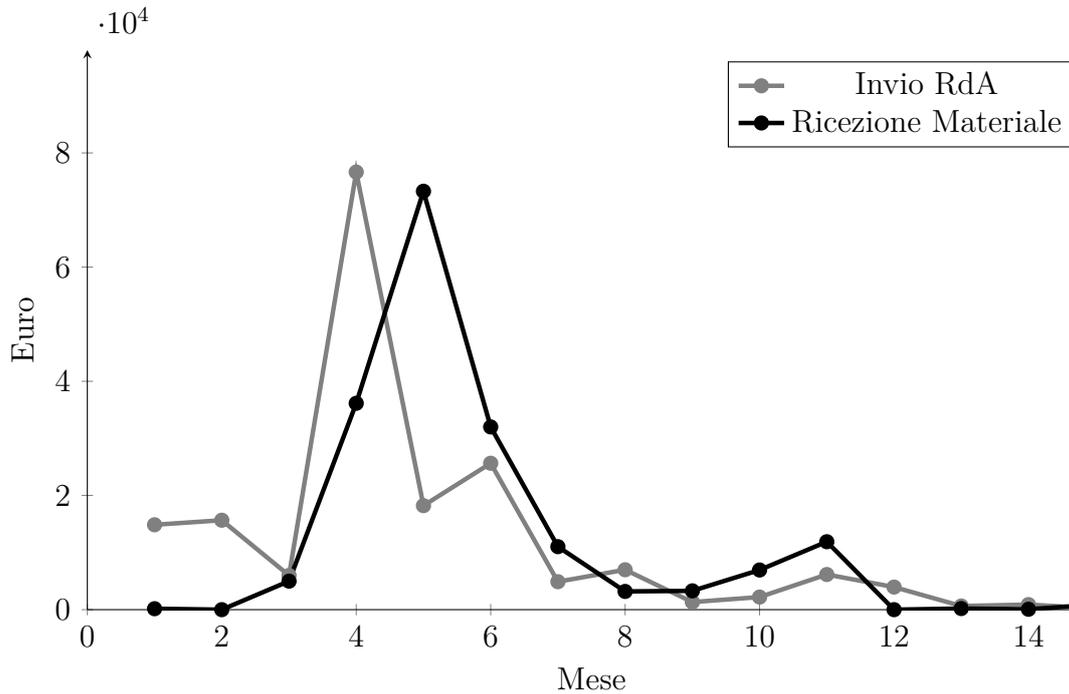
| <b>Anno</b>   | <b>Mese</b> | <b>Inviato</b> | <b>MRP</b>    |
|---------------|-------------|----------------|---------------|
| <b>2016</b>   | 12          | 14.868         | 0             |
|               | 1           | 15.666         | 0             |
|               | 2           | 5.991          | 368           |
|               | 3           | 76.649         | 6.212         |
|               | 4           | 18.219         | 4.422         |
|               | 5           | 25.646         | 872           |
| <b>2017</b>   | 6           | 4.896          | 31            |
|               | 7           | 6.989          | 71            |
|               | 8           | 1.328          | 3             |
|               | 9           | 2.207          | 0             |
|               | 10          | 6.157          | 42            |
|               | 11          | 3.958          | 0             |
|               | 12          | 642            | 0             |
| <b>2018</b>   | 1           | 891            | 0             |
|               | 2           | 224            | 0             |
| <b>Totale</b> |             | <b>184.330</b> | <b>12.022</b> |

**Tabella 4.4:** Valore delle RdA e delle richieste MRP per la commessa 02DEN16002

è necessaria per permettere al modello di aderire il più possibile alla realtà. Come "Valore Commessa" viene inserito il totale dato dalla somma delle RdA e delle richieste MRP, che risulta essere, arrotondando per eccesso, di €200.000. La "% Picking" si ottiene rapportando il totale MRP con il totale commessa: si ottiene, in questo caso, un valore di 0,06, ovvero 6%.

Analizzando il flusso delle ricezioni a magazzino, e comparandolo con quello delle RdA, è possibile definire il "LT Arrivo" tipico, ossia il tempo che intercorre tra quando un articolo viene ordinato e quando viene ricevuto in magazzino. A livello tecnico questo non è un vero e proprio Lead Time del fornitore, ma piuttosto un indice del tempo che passa tra la progettazione e l'effettivo bisogno di un articolo. Per questa analisi si potrebbe anche usare la data "Richiesta", ma se si considera il flusso effettivo, e non quello desiderato, la scelta effettuata è stata ritenuta la migliore.

Dal grafico in Figura 4.14, si osserva che il flusso di arrivo dei materiali è, in media, traslato di un periodo - quindi un mese - in avanti rispetto al flusso di richieste. Il valore "LT Arrivo" può quindi considerarsi di 1 periodo.



**Figura 4.14:** Confronto tra RdA e Ricezione a magazzino

Analizzati i flussi relativi all'arrivo di materiali, si passa ora a studiare il flusso di assemblaggio, che rappresenta il consumo di materiali presenti in magazzino. Ricostruire l'andamento dei materiali non è stato un compito nè facile nè immediato. Si è già detto, ai paragrafi 3.3.3 e 4.5.1, dell'operazione di scarico a commessa, e di come questa non sia particolarmente precisa. I dati relativi a questa attività inoltre non sono neanche registrati nei gestionali, ma solo su fogli Excel.

Fortunatamente però i dati relativi ai prelievi da laboratorio si sono rivelati molto precisi: di ogni prelievo viene minuziosamente registrata la data e la quantità richiesta. Per questa analisi si è inoltre provveduto ad aggiungere, tramite specifiche query, i prezzi unitari dei vari articoli, in modo tale da convertire questi flussi di materiali in flussi economici. Un'operazione simile era già stata fatta per i flussi di MRP.

Una volta ottenuto l'andamento dei prelievi, questo è stato utilizzato per stimare l'andamento dei consumi. Verosimilmente infatti, il flusso di consumo dei materiali si può ritenere parallelo al flusso di prelievi dal laboratorio. In questo modo si ottengono valori migliori rispetto a quelli ottenibili dallo "scarico a commessa".

Inoltre, la percentuale di materiali prelevati si è rivelata essere il 5% del totale

commessa, a cui va aggiunta: è quindi questo il valore inserito in ingresso al modello. La Tabella 4.5 mostra l'andamento dei prelievi, anche espresso in percentuale sul totale prelievi, e la stima dei consumi, ottenuta moltiplicando queste percentuali per il valore totale della commessa. I dati economici sono espressi in Euro.

| Anno          | Mese | Prelievi     | % Prelievo | Stima Consumo  |
|---------------|------|--------------|------------|----------------|
| <b>2016</b>   | 12   | 0            | 0,00       | 0              |
|               | 1    | 620          | 0,06       | 12.615         |
|               | 2    | 0            | 0,00       | 0              |
|               | 3    | 1.749        | 0,18       | 35.578         |
|               | 4    | 1.482        | 0,15       | 30.142         |
|               | 5    | 2.693        | 0,28       | 54.769         |
| <b>2017</b>   | 6    | 1.599        | 0,17       | 32.511         |
|               | 7    | 467          | 0,05       | 9.503          |
|               | 8    | 232          | 0,02       | 4.714          |
|               | 9    | 48           | 0,00       | 969            |
|               | 10   | 689          | 0,07       | 14.015         |
|               | 11   | 0            | 0,00       | 0              |
|               | 12   | 2            | 0,00       | 41             |
| <b>2018</b>   | 1    | 74           | 0,01       | 1.496          |
|               | 2    | 0            | 0,00       | 0              |
| <b>Totale</b> |      | <b>9.655</b> | <b>1</b>   | <b>196.353</b> |

**Tabella 4.5:** Valore dei prelievi e stima dei consumi per la commessa 02DEN16002

È possibile vedere da questa tabella come il prelievo, e di conseguenza il consumo, abbia un picco al periodo 6 - mese 5 del 2017 - e si distribuisce principalmente su 3/4 periodi. Inoltre, il flusso di consumo può essere considerato posticipato di un mese rispetto alla progettazione. Di conseguenza, la "Durata Assemblaggio" viene inizialmente impostata di 3 periodi ed il "Valore Attesa Assemblaggio" di 1 periodo.

Detto che il "Valore Iniziale" del magazzino stock viene impostato in modo tale da soddisfare completamente sia il picking che i prelievi, l'ultima variabile da definire è il "LT Materiali Stock": quest'ultimo dato chiaramente non dipende dalla commessa ed è considerabile un vero e proprio Lead Time, diversamente dal suo corrispettivo per gli ordini commessa. Gli ordini inviati per questi materiali infatti non hanno una data "Richiesta" per l'arrivo, ed il tempo che intercorre tra l'ordine e l'arrivo dei materiali dipende quasi del tutto dal fornitore.

L'analisi dei dati aggregati ha portato a dire che questa variabile segue una distribuzione normale, che ha una media di circa 0,5 mesi - due settimane - ed una varianza della stessa entità. La funzione RANDOM NORMAL, che richiede in ingresso anche un valore di massimo ed uno di minimo, è stata usata a questo scopo.

$$\text{LT Materiali Stock} = \text{RANDOM NORMAL}(0.25, 1.5, 0.5, 0.5, 0)$$

La Tabella 4.6 fornisce un riepilogo dei valori trovati o stimati per i vari parametri in gioco.

| Nome Parametro             | Valore  | Unità |
|----------------------------|---------|-------|
| "% Picking"                | 0.06    | dmnl  |
| "% Prelievo"               | 0.05    | dmnl  |
| Durata Assemblaggio        | 2       | Mese  |
| Durata Progettazione       | 1       | Mese  |
| LT Arrivo                  | 1       | Mese  |
| Valore Attesa Assemblaggio | 0       | Mese  |
| Valore Commessa            | 200.000 | Euro  |
| Valore Iniziale            | 15.000  | Euro  |

**Tabella 4.6:** Valore dei parametri in ingresso per la commessa 02DEN16002

Terminata la presentazione dei dati relativi alla commessa 02DEN16002, si passa a descrivere i risultati restituiti dal modello in seguito all'inserimento in ingresso dei valori trovati finora.

#### 4.6.2 La validazione

In questo paragrafo viene descritta la validazione vera e propria del modello. I flussi ottenuti tramite simulazione vengono comparati con i dati del Paragrafo 4.6.1 per verificare che siano coerenti. Chiaramente non si ricerca una perfetta precisione nei numeri, quanto piuttosto una corretta approssimazione - da parte di un modello teorico - degli andamenti frutto di un'attività *reale*, che per natura può presentare, a differenza di una simulazione, imprevisti, modifiche, ed interruzioni, come possono essere, banalmente, periodi di ferie o inattività.

L'unità di tempo, come per le simulazioni di prova ai Paragrafi 4.5.1 e 4.5.2, è il mese. L'orizzonte temporale viene leggermente ampliato e portato a 18 mesi, per adeguarsi alla durata reale della commessa.

Un'altra modifica riguarda l'input iniziale, non più tra i periodi 0 e 1 ma tra i periodi 3 e 4. Questa modifica è necessaria per adeguarsi ai dati del paragrafo precedente: nonostante infatti la "storia" della commessa cominci a dicembre del 2016, la parte principale del lavoro, a partire dalla progettazione, ha origine tra i mesi di marzo ed aprile del 2017, quindi con uno slittamento di 3 mesi.

Di conseguenza, la nuova equazione dell'Input è:

$$\text{Input} = \text{STEP}(\text{Valore Commessa}, 3) - \text{STEP}(\text{Valore Commessa}, 4)$$

Per una maggior chiarezza espositiva, la corrispondenza tra la combinazione anno-mese ed il relativo periodo nel modello viene mostrata in Tabella 4.7.

| 2016    |   |   | 2017 |   |   |   |   |   |    |    |    |    | 2018 |    |    |    |    |
|---------|---|---|------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| 12      | 1 | 2 | 3    | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 1    | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 1       | 2 | 3 | 4    | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14   | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Periodi |   |   |      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |      |    |    |    |    |

**Tabella 4.7:** *Corrispondenza mese - periodo*

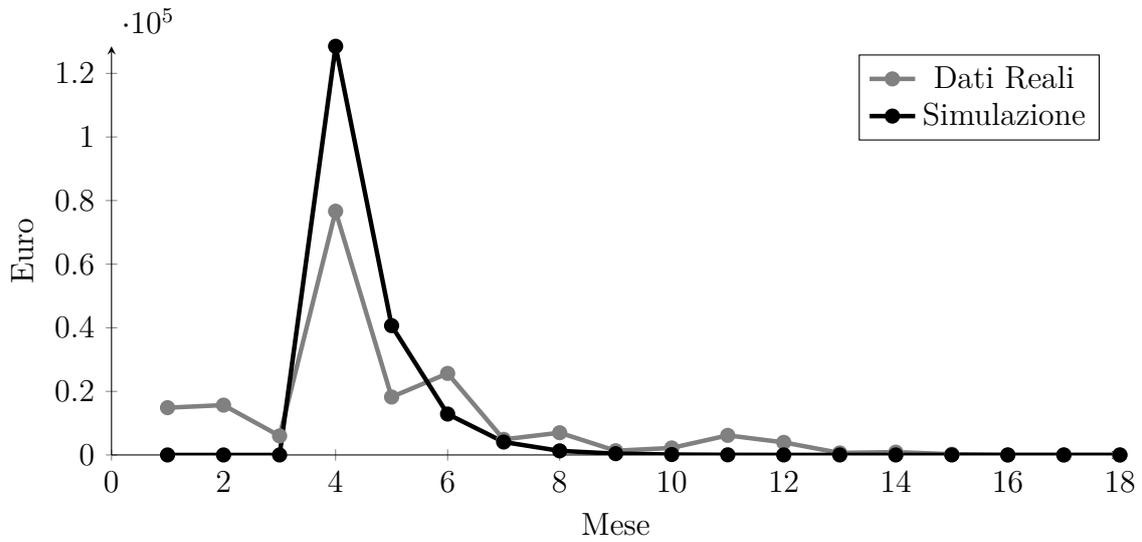
Descritte tutte le variabili e le equazioni in gioco, si mostrano ora i risultati della simulazione comparati con i dati reali. Logicamente il primo confronto è sull'attività di progettazione, sia per il flusso di Progettazione Ordini - ovvero RdA - , che di Progettazione Picking.

Il grafico in Figura 4.15 mostra come il comportamento del modello sia coerente con gli andamenti reali. C'è una visibile differenza tra i due flussi nei periodi tra l'1 ed il 3: mentre il flusso simulato è zero, quello reale presenta un certo livello di progettazione. La differenza tra questi periodi viene compensata però dalla differenza nel periodo 4, che in questo caso vede la simulazione essere maggiore dei dati reali. Se si sommano i valori dei primi 3 periodi al periodo 4 si ottiene una similitudine tra i due andamenti ancora più accentuata.

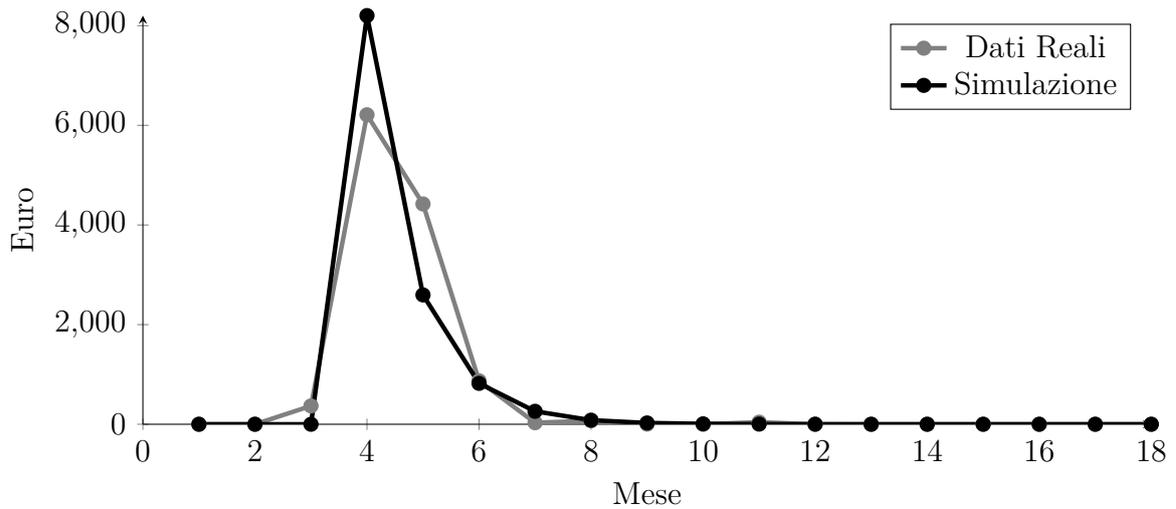
Una differenza di questo tipo è dovuta al fatto che, probabilmente, nei periodi iniziali si è iniziato a progettare alcune parti *standard*, magari già realizzate per commesse simili. Nel complesso però il risultato è soddisfacente.

Anche per quello che riguarda la Progettazione Picking, in Figura 4.16, c'è una forte somiglianza tra le due serie di dati. Si può quindi dire che, per quanto riguarda l'attività di progettazione, la simulazione è robusta.

Si passa ora a verificare la correttezza del modello per quanto riguarda i flussi di consumo e prelievo dal laboratorio. È necessario dire che, in maniera empirica,



**Figura 4.15:** Confronto tra Progettazione Ordini effettiva e simulata

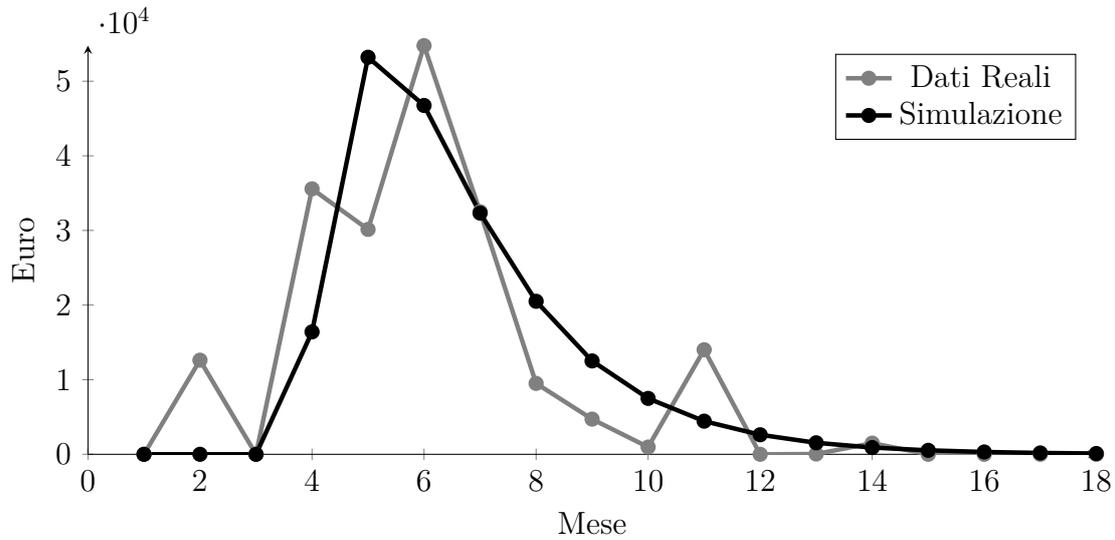


**Figura 4.16:** Confronto tra Progettazione Picking effettiva e simulata

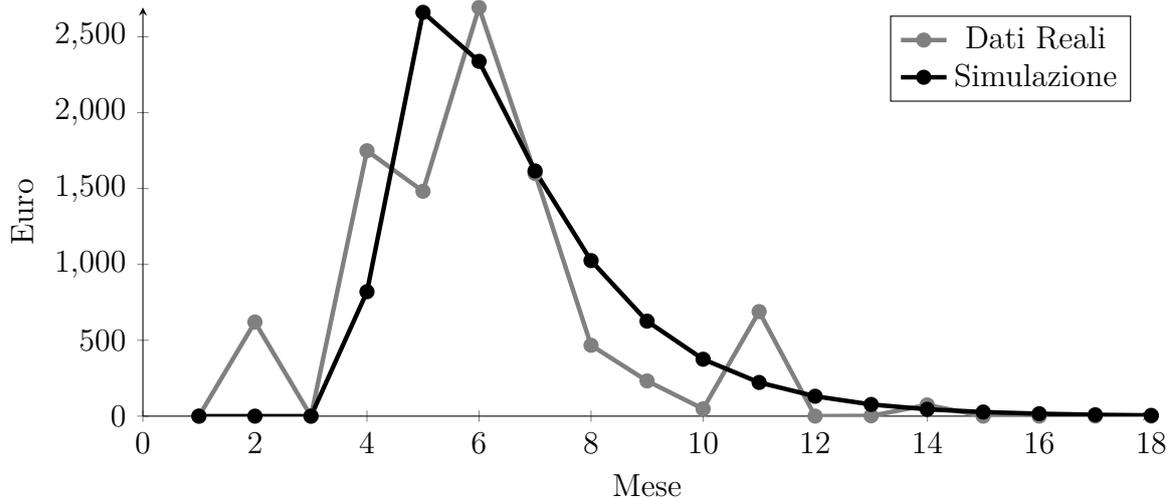
sono stati modificati i valori di due variabili: il "Valore Attesa Assemblaggio" è stato impostato di 0 periodi e la "Durata Assemblaggio" è scesa a 2 periodi.

La Figura 4.17 mostra come, anche in questo caso, la simulazione, al netto di piccole differenze, offre una buona approssimazione del flusso stimato dei consumi.

Per quanto riguarda i flussi di prelievo reale e simulato, il risultato, mostrato in Figura 4.18 è il medesimo, dato che entrambi sono il risultato della moltiplicazione



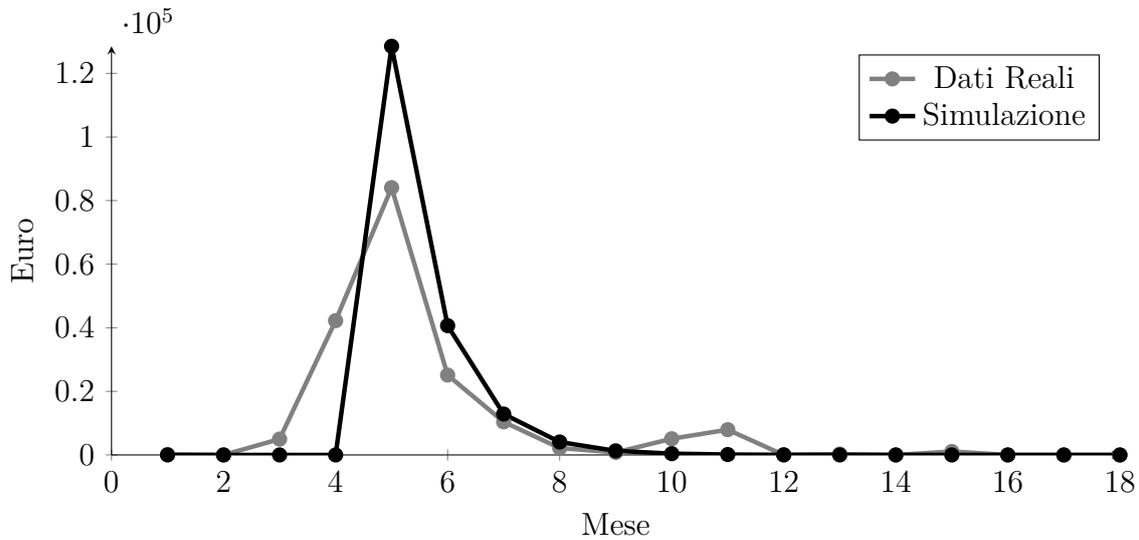
**Figura 4.17:** Confronto tra consumi stimati e simulati



**Figura 4.18:** Confronto tra prelievi reali e simulati

dei relativi flussi di consumo per la "% Picking".

L'ultimo aspetto da analizzare è quello relativo agli "Arrivi di Materiali Commessa". Per quanto riguarda la simulazione ci si aspetta, avendo utilizzato la funzione DELAY MATERIAL, di ottenere una semplice traslazione del flusso di progettazione per commessa, in quanto non ci sono ordini derivanti dal mancato picking.



**Figura 4.19:** Confronto tra arrivi di materiale commessa reali e simulati

La Figura 4.19 mostra i risultati: data la diretta dipendenza dalla progettazione, è presente lo stesso comportamento e quindi le stesse differenze, specialmente nella fase iniziale. Anche in questo caso però si può ritenere la simulazione efficace.

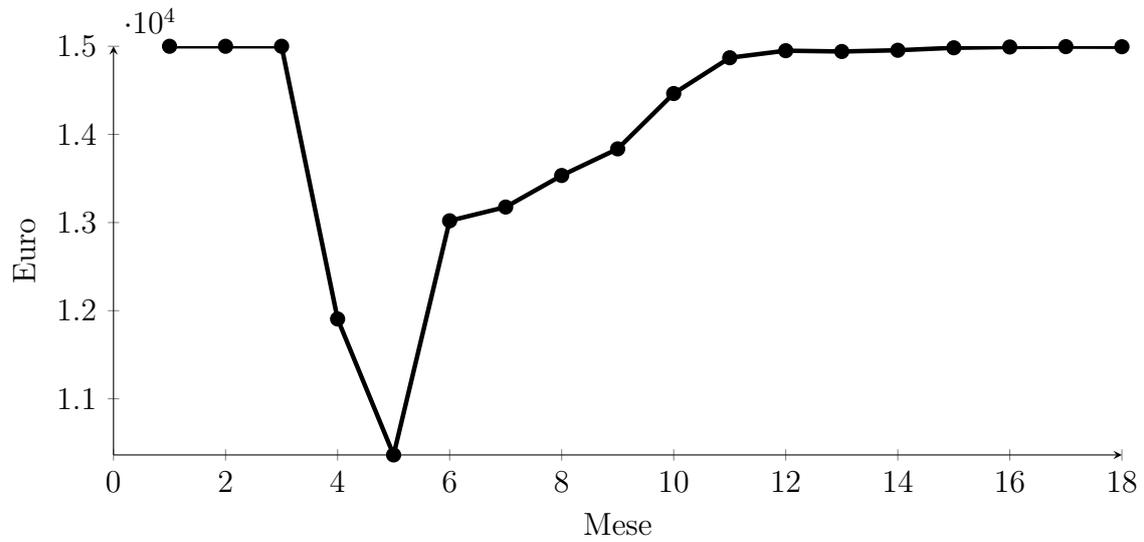
In definitiva è possibile ritenere il modello e le sue equazioni una buona approssimazione della realtà, avendo cura però di modificare alcune delle variabili a seconda della commessa che si va ad analizzare.

### 4.6.3 I risultati

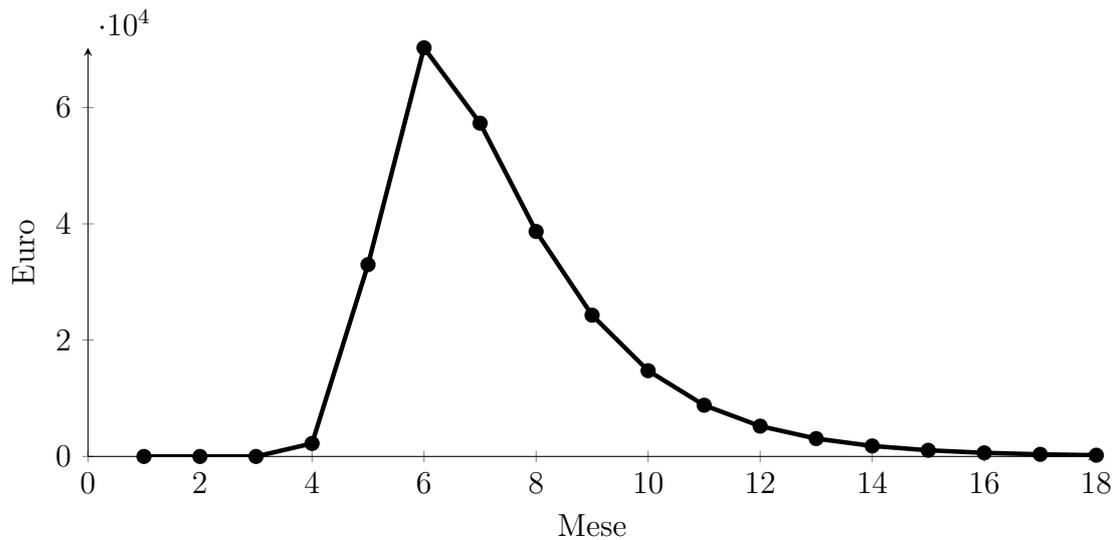
Gli stock di cui è più interessante analizzare il comportamento sono sicuramente il "Magazzino Stock" ed il "Magazzino Commessa": questo è ovvio, considerato che si sta lavorando in un ambito logistico, che vede in questi due stock una corrispondenza reale con la realtà.

Il "Valore Iniziale" del magazzino stock è impostato a €15.000, quantità necessaria per soddisfare completamente sia il picking sia i prelievi da laboratorio. La Figura 4.20 mostra l'andamento di questo elemento nel periodo di simulazione.

Chiaramente, come nella simulazione di prova, il magazzino tende a tornare al livello iniziale. Inoltre, questi dati offrono un'idea di quello che può essere, a livello di magazzino, il "peso" della commessa in termini di materiale necessario, anche se non è immediato tradurre queste informazioni in un costo economico.



**Figura 4.20:** *Andamento del magazzino stock*



**Figura 4.21:** *Andamento del magazzino commessa*

Per quanto riguarda il magazzino commessa invece, i dati sono illustrati in [Figura 4.21](#).

In questo caso i risultati, oltre ad offrire un'idea del carico di lavoro richiesto al magazzino, possono essere tradotti in un costo economico. Si è già visto, al [Paragrafo 1.1.2](#), come (Stevenson, 2012) dia alle scorte un costo compreso tra il 20

ed il 40% annuo. Da questo punto di vista c'è una forte discrepanza con il costo percentuale utilizzato internamente da Loccioni, che si attesta al 2%; un valore chiaramente non realistico, soprattutto se si considera il tipo di materiale tenuto in giacenza, spesso ad alto valore tecnologico.

Se si applicano, su base mensile, i costi percentuali suggeriti da Stevenson, si ottiene che il costo delle scorte per la commessa 02DEN16002 oscilla tra €5.000 e €10.000. Rapportando questi valori al valore commessa si ottiene che questi costi sono compresi tra il 2,5 ed il 5% del totale, un valore assolutamente realistico e comunque probabilmente sottostimato, in quanto non tiene conto di diversi altri fattori quali, ad esempio, il costo di movimentazione dei materiali o l'aumento del carico di lavoro.

#### 4.6.4 Primo scenario alternativo

Molte delle criticità descritte al Paragrafo 3.4, sono riconducibili, o comunque influenzano, l'attività di picking. In un magazzino JIT, ad esempio, tutti quegli articoli richiesti dalla progettazione non sarebbero presenti. L'unico tipo di scorta ammessa è infatti quella destinata a soddisfare le necessità del laboratorio, difficili da prevedere e con un tempo di attesa praticamente nullo.

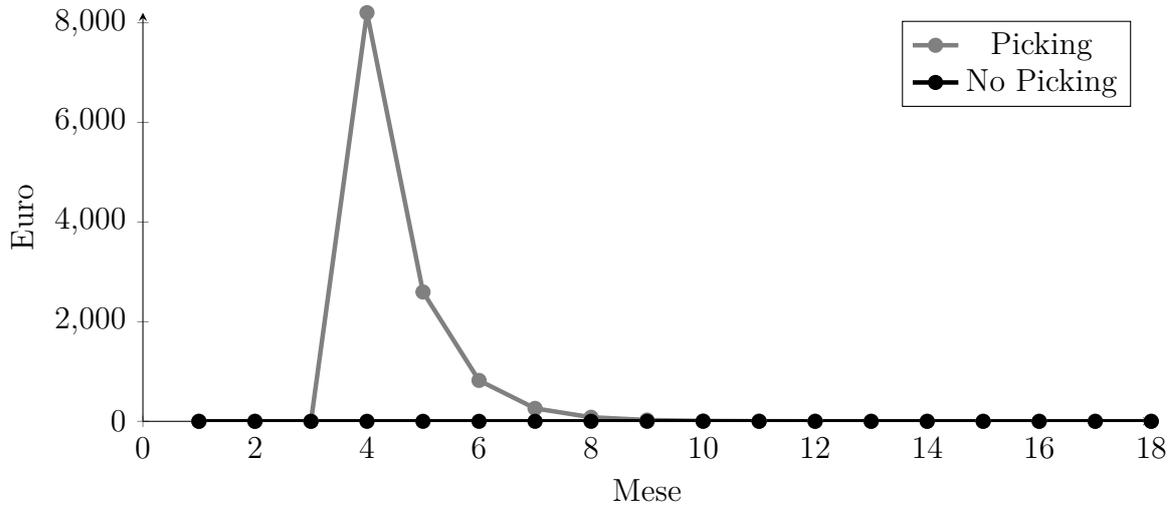
Questo chiaramente va ad influenzare la scelta del tipo di scorte da tenere in giacenza: il modo più veloce per ridurre il livello del magazzino è quello di evitare di tenere a scorta quegli articoli non strettamente necessari, seguendo i criteri illustrati in 3.4.2.

Idealmente, se il magazzino fosse destinato esclusivamente al laboratorio, l'MRP non potrebbe impegnare materiale in giacenza e quindi si eliminerebbe il flusso di picking, compensato da un aumento delle RdA. Uno scenario simile viene simulato modificando il valore "% Picking", abbassandolo dallo 0.06 attuale - per la commessa 02DEN16002 - a 0.

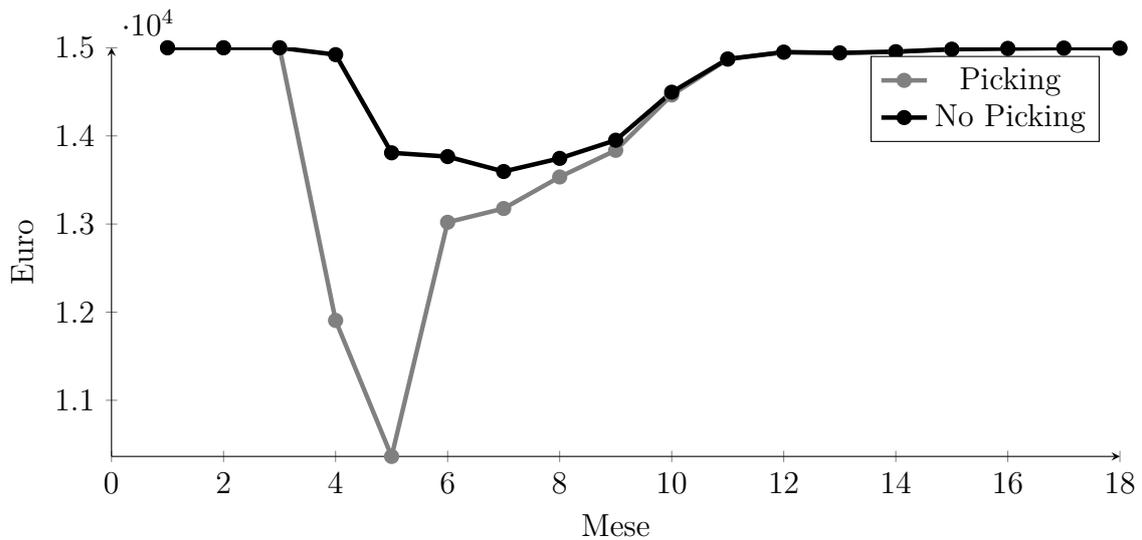
I risultati ottenuti - indicati con "No Picking" - vengono presentati e discussi di seguito. Si effettua un confronto con i dati relativi alla precedente simulazione - che vengono invece etichettati come "Picking".

La differenza maggiore riguarda chiaramente il flusso di picking, che si azzerava completamente.

Questa differenza di flussi si traduce di conseguenza in un diverso andamento del magazzino stock, direttamente influenzato dall'attività di picking.



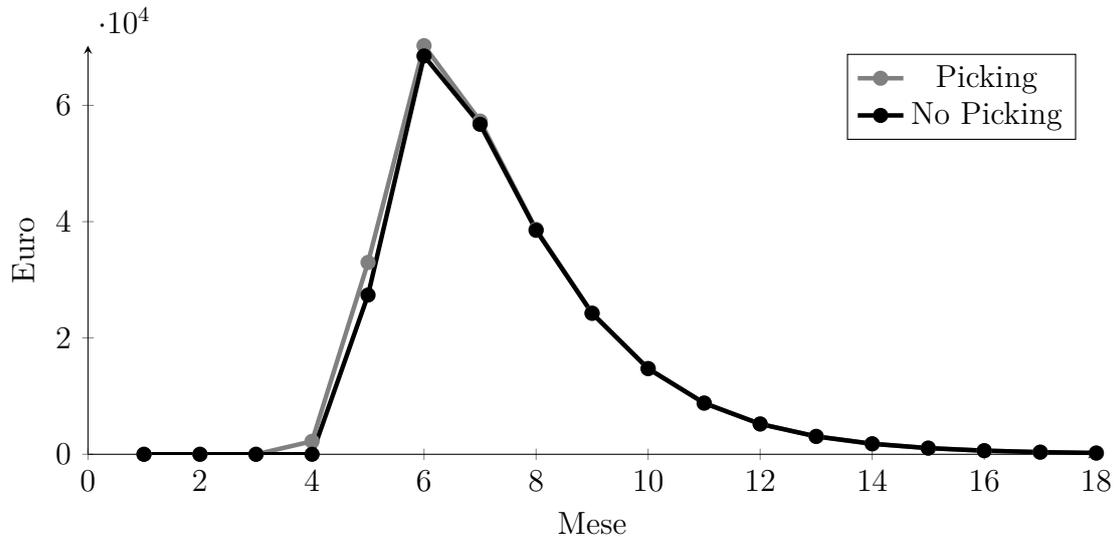
**Figura 4.22:** Confronto tra i flussi di Picking nei due scenari



**Figura 4.23:** Confronto tra l'andamento del magazzino stock nei due scenari

Dal grafico in Figura 4.23 è ben evidente come, in assenza di picking, il peso della commessa si riduca di molto. In particolare, se si effettuano diverse prove, si verifica come il Valore Iniziale minimo necessario è pari a €4.000.

È quindi netto il cambiamento rispetto al precedente scenario. Eliminando il flusso di picking - che viene 'dirottato' verso gli ordini - si tende verso un magazzino stock avente la sola funzione di supportare l'attività di assemblaggio per quegli



**Figura 4.24:** Confronto tra l'andamento del magazzino commessa nei due scenari

articoli non previsti in progettazione.

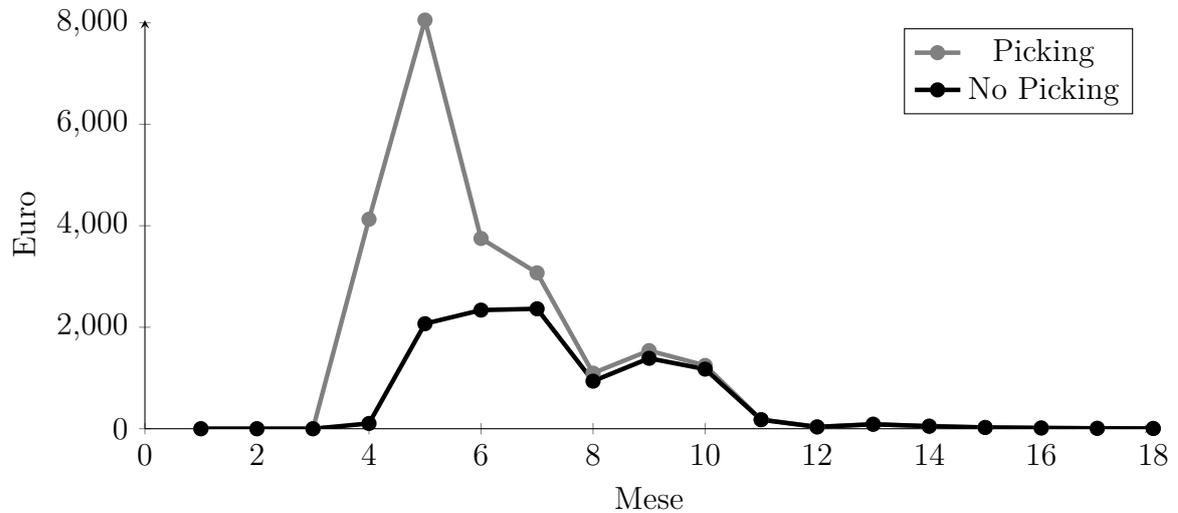
Per quanto riguarda il magazzino commessa invece, i risultati sono mostrati in Figura 4.24: la differenza tra i due scenari non è molto elevata. Lo scenario "Picking" ha un livello di magazzino leggermente più alto: questo perché il picking impegna e sposta in magazzino il materiale immediatamente.

Se si procede a dare un peso economico al magazzino commessa, con lo stesso metodo utilizzato al Paragrafo 4.6.3, si ottiene una diminuzione dei costi di giacenza intorno al 4%.

Tra i due il dato più significativo è sicuramente quello sul picking, soprattutto se lo si analizza relativamente ai flussi di arrivi di materiale stock, illustrati in Figura 4.25.

È evidente dal grafico in figura come si riduca in maniera drastica il flusso di arrivi nello scenario "No Picking". Questo perché l'acquisto di materiale stock, essendo gestito con un sistema ROP, viene innescato dal consumo e dal prelievo. Venendo meno una parte di questo, che era rappresentata dal picking, vengono di conseguenza ridotti anche gli acquisti di materiale.

Riassumendo, in questo primo scenario alternativo si annulla il flusso di picking e si riduce l'arrivo di materiali destinati allo stock. Queste riduzioni vengono compensate da un aumento dell'ordinato e quindi di arrivi di materiali per commessa.



**Figura 4.25:** Confronto tra l'arrivo dei materiali al magazzino stock nei due scenari

Dal punto di vista dei costi di gestione scorte commessa, il risparmio, in termini assoluti, non è particolarmente rilevante in quanto come visto si ha solo una riduzione di questi del 4% rispetto allo scenario iniziale.

Potrebbe essere invece rilevante la riduzione del carico di lavoro per la ricezione e la gestione di materiali in arrivo: è plausibile infatti che la ricezione di materiale stock sia più impegnativa rispetto alla ricezione di materiali commessa.

La prima infatti richiede di caricare materiale sul magazzino verticale, attività con tempi sicuramente più lenti rispetto alla semplice sistemazione nei contenitori commessa. Il giudizio degli addetti al laboratorio conferma questa affermazione: un possibile sviluppo futuro può essere quello di quantificare questo risparmio in termini economici.

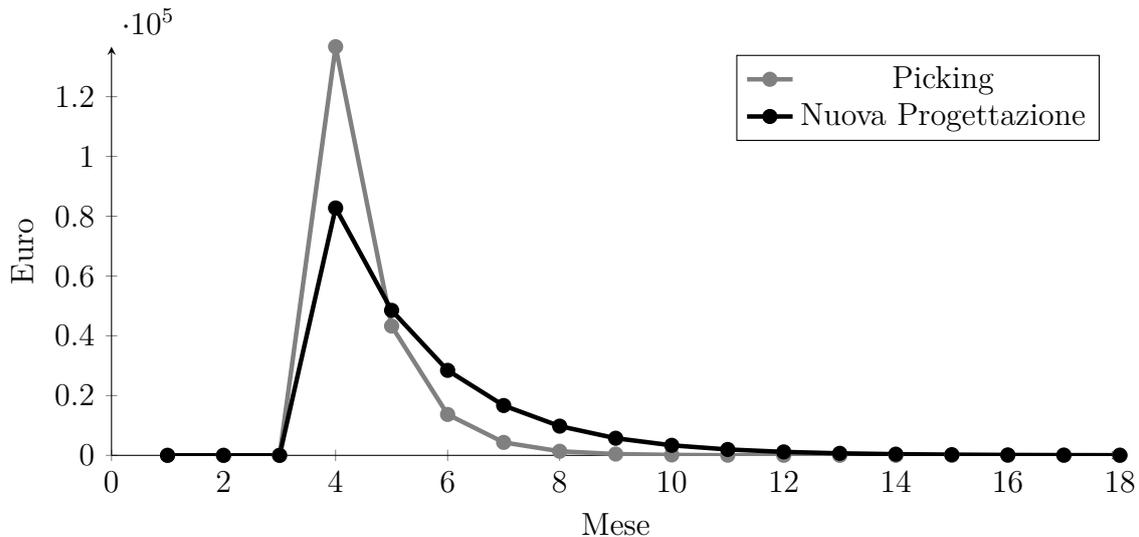
A questo si aggiunge l'ovvio risparmio di tempo dovuto all'assenza dell'attività di picking.

### 4.6.5 Secondo scenario alternativo

Può essere interessante, in aggiunta all'eliminazione dell'attività di picking, ripensare la gestione dei tempi commessa. Si è già detto, al Paragrafo 3.4.4, di come in Loccioni si accumulano - e dunque si progettano - almeno l'80/90% del materiale necessario prima che l'assemblaggio abbia inizio: un andamento confermato anche dai risultati al Paragrafo 4.5.1.

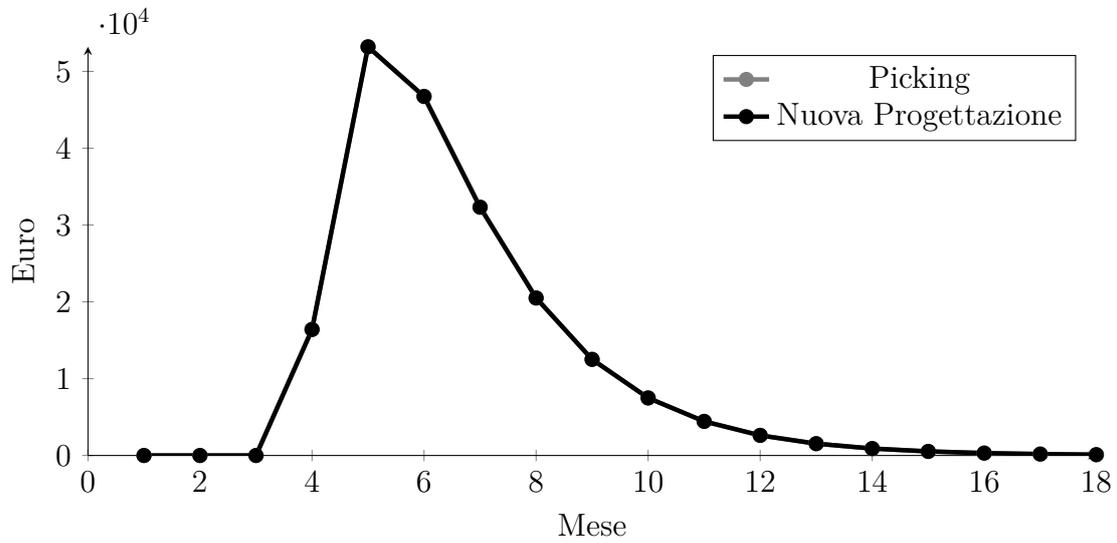
Al Paragrafo 4.4.1 si spiega invece come per Progettazione si intenda il flusso di RdA all'ufficio acquisti: si prende come riferimento, tra i dati illustrati in 4.6.1, la colonna "Inviato", che si riferisce all'invio dell'ordine al fornitore.

Per la commessa 02DEN16002 la "Durata Progettazione" era stata impostata - sia nella validazione che nella simulazione del primo scenario alternativo - con un valore iniziale di 1 periodo, leggermente diverso dalla durata effettiva ma necessario per far meglio aderire la simulazione alla realtà. L'idea, in questo paragrafo, è di "diluire" l'attività di progettazione - e quindi la richiesta dei materiali - su più periodi, per evitare l'accumularsi di materiale in magazzino commessa.

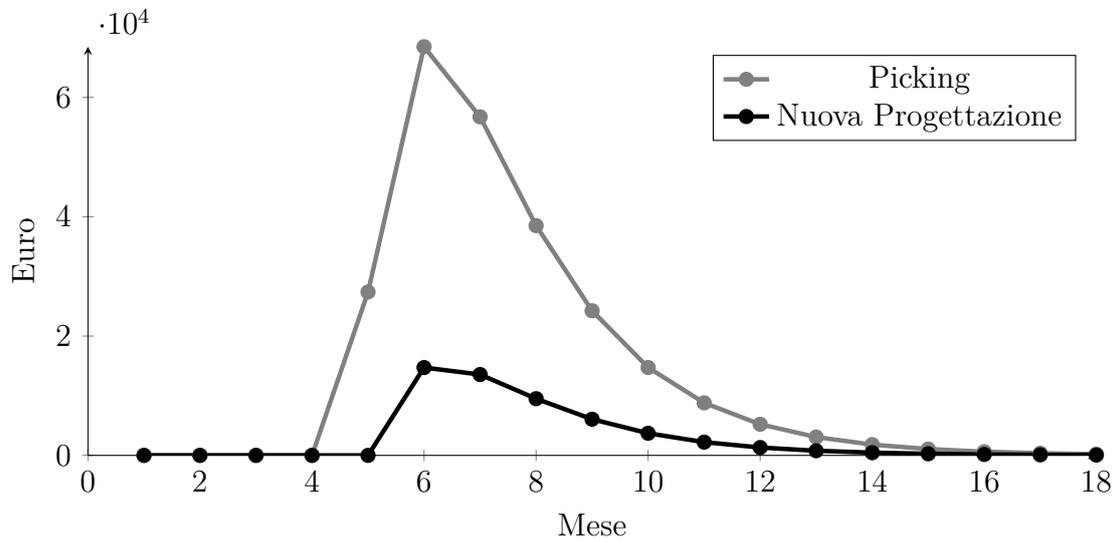


**Figura 4.26:** Confronto tra gli andamenti della progettazione nei due scenari di simulazione

Fissata a 0 la variabile "% Picking", la "Durata Progettazione" viene quindi portata ad un valore di 2 periodi. Da notare che, per bilanciare questa modifica, la "Durata Assemblaggio" viene abbassata da 2 ad 1 periodo. Di seguito si analizzano i principali risultati ottenuti, indicati con "Nuova Progettazione".



**Figura 4.27:** Confronto tra gli andamenti degli assemblaggi nei due scenari di simulazione



**Figura 4.28:** Confronto tra gli andamenti del magazzino commessa nei due scenari di simulazione

Il primo cambiamento è osservabile - logicamente - nell'andamento dei flussi economici della progettazione, in Figura 4.26.

È evidente come, nel nuovo scenario, la progettazione sia distribuita su 2 - 3 periodi - o mesi - in più rispetto alla precedente simulazione.

Per quanto riguarda l'assemblaggio invece, i risultati, in Figura 4.27, sono esattamente identici, grazie alla modifica alla "Durata Assemblaggio", effettuata proprio per non modificare l'andamento di questa attività.

Il focus principale di questa nuova simulazione è il magazzino commessa, il cui comportamento viene mostrato in Figura 4.28. Se si procede a calcolare il costo di giacenza per lo scenario "Nuova Progettazione", si ottiene un risultato compreso tra €900 e €1.800, a seconda del costo annuo - tra quelli visti già al Paragrafo 4.6.3 - utilizzato: un risparmio, rispetto al costo attuale, di circa l'80%. In questo scenario, il costo per la gestione a magazzino è compreso tra lo 0,5 e l'1% del valore iniziale della commessa.

Per quanto riguarda il "Valore Iniziale" minimo del magazzino stock si conferma lo stesso valore trovato nel primo scenario alternativo, pari a €4.000. La Tabella 4.8 offre un veloce sommario dei principali valori di output nei tre scenari: quello iniziale è indicato con "0" mentre la prima e la seconda simulazione rispettivamente con "1" e "2". Si noti che per la voce "Costo Magazzino Commessa" vengono anche indicati, in colonna "Costo %", le percentuali rispetto al totale commessa. Per "Valore Iniziale Minimo" si intende invece il valore minimo in ingresso al magazzino stock necessario per evitare mancati prelievi da parte del laboratorio.

| Scenario | Costo Mag. Comm.% | Costo %       | Valore Iniziale Minimo |
|----------|-------------------|---------------|------------------------|
| 0        | ~ €5.000 - 10.000 | ~ 2.5 - 5 %   | €15.000                |
| 1        | ~ €4.800 - 9.600  | ~ 2.4 - 4.8 % | €4.000                 |
| 2        | ~ €900- 1.800     | ~ 0,5 - 1%    | €4.000                 |

**Tabella 4.8:** *Sommario dei principali valori output*

La combinazione di due modifiche allo scenario iniziale ha portato quindi a risultati interessanti, che possono rappresentare una base teorica su cui sviluppare nuove logiche di gestione e del magazzino e del ciclo di vita di una commessa in Loccioni.

# Capitolo 5

## Conclusioni

In questo capitolo conclusivo si illustrano i benefici per il Gruppo Loccioni ricavabili dal presente lavoro, le limitazioni incontrate durante l'analisi, gli aspetti da approfondire e alcuni passi futuri che potrebbero essere intrapresi in seguito ai risultati dello studio.

### 5.1 Benefici

Il Gruppo Loccioni è da sempre focalizzato sul mantenimento di un alto livello di servizio al cliente. In quest'ottica, è comprensibile come l'attenzione maggiore sia sempre stata posta sul garantire disponibilità dei materiali necessari onde evitare il più possibile qualsiasi tipo di ritardi nelle commesse, dannosi dal punto di vista economico ma anche per la *loyalty* dei partner, aspetto fondamentale per un'impresa che ambisce a creare relazioni di mutuo sviluppo con i suoi clienti.

In questo tipo di ambiente, la logistica interna è sempre stata "in secondo piano", organizzata in maniera empirica e mutevole a seconda delle situazioni. Esempio lampante è stato il lento trasformarsi del tipo di scorte in giacenza: ad un semplice magazzino di prodotti altamente *standard* e pensati come *scorte stock*, si sono aggiunte nel tempo sempre più varietà di articoli ed in quantità sempre maggiore.

Il buon funzionamento del processo di produzione e l'alto livello di puntualità ha inizialmente nascosto questo problema, ma all'aumentare dei volumi di produzione sono iniziate ad emergere le prime inefficienze.

Questo lavoro fornisce a Loccioni un'idea di quali siano i costi logistici legati ad una commessa e di quanto carico di lavoro sia necessario in magazzino per

soddisfarne i bisogni di materiale: due aspetti che, come detto sopra, sono sempre stati "nascosti" dalla soddisfazione dei clienti e dai risultati positivi.

Lo studio qui sviluppato può quindi essere considerato un primo passo verso un'attenzione sempre maggiore al mondo della logistica e dei magazzini. Efficaci decisioni in questo senso possono portare a sensibili miglioramenti dei processi, facilitando il lavoro degli addetti ai magazzini senza necessariamente creare difficoltà al laboratorio a causa di mancanze di materiali.

Anche ripensare le tempistiche del ciclo commessa, cercando di sincronizzare sempre più le attività, può rivelarsi una mossa vincente.

È plausibile quindi pensare che si possa arrivare ad avere, in Loccioni, un magazzino - sia commessa che stock - sempre più *lean*, come ci si può aspettare in un'impresa che lavora *engineering to order*.

Il lavoro propone due simulazioni proprio per verificare l'effetto di alcune modifiche alle logiche di gestione ed alle fasi del ciclo commessa, dalla progettazione all'assemblaggio.

I risultati offrono una prima conferma della possibile efficacia di questi cambiamenti e rappresentano quindi un primo passo verso un nuovo tipo di gestione della logistica.

## 5.2 Limitazioni ed Aspetti da approfondire

Una delle limitazioni principali è stata sicuramente l'alta variabilità dei processi e dei tempi commessa, chiaramente dovuti al tipo di produzione e all'ampia varietà di soluzioni offerte da Loccioni.

Questo ha reso ad esempio difficile concentrarsi sui flussi globali, in quanto simulare l'andamento degli Input - ovvero dell'arrivo di Ordini da parte dei clienti - non è immediato, sia per una mancanza di dati relativi a questo aspetto sia per l'assenza di particolari trend nella domanda storica. Approfondire questa tematica potrebbe permettere di analizzare la logistica Loccioni nel suo insieme e di verificare a livello *macro* gli effetti di eventuali cambiamenti alle logiche di gestione ed approvvigionamento.

A questo si aggiungono alcune difficoltà legate alle modalità di raccolta dati dell'impresa, che spesso utilizza software diversi per attività diverse. Ciò ha reso necessario spendere del tempo per prendere confidenza con molti di questi programmi e successivamente per combinare tra loro informazioni di natura diversa, attività che ha richiesto supporto esterno da parte del reparto IT.

In certi casi invece i dati presenti non rispecchiavano correttamente i flussi reali: un esempio su tutti è lo scarico a commessa, di cui già si parla nel testo. Questo ha reso necessario fare affidamento su alcune stime che, se pur verosimili, non offrono le stesse garanzie che offrirebbero dei dati storici precisi.

Un aspetto da approfondire può essere quindi quello legato al consumo dei materiali - e quindi al prelievo dal magazzino commessa - in fase di assemblaggio. Un tracking più preciso di questa attività è auspicabile, in quanto permetterebbe di capire *effettivamente* quanto materiale rimane in magazzino dopo lo scarico a commessa e quanto invece viene effettivamente utilizzato.

Un'altra limitazione è stato il *tempo*, che ha costretto a rinunciare temporaneamente all'idea iniziale di capire la convenienza della spedizione diretta ai fornitori - al posto dell'attuale pre-ricevimento interno - nel caso di esternalizzazione dell'assemblaggio.

Si è sicuramente verificato come questa strategia riduca il carico di lavoro ed i livelli di materiale in magazzino e come non crei problemi agli assemblatori esterni, che pur essendosi visti arrivare materiale non precedentemente catalogato all'interno dei magazzini Loccioni, non hanno segnalato particolari inefficienze.

Nel periodo di svolgimento di questo lavoro però sono mancati, per motivi appunto di tempo, i *feedback* da parte delle attività interne successive all'assemblaggio, come ad esempio la *messa a punto*. Non è ancora possibile sapere dunque se la spedizione diretta senza pre-ricevimento interno porti a successivi problemi durante le operazioni post-assemblaggio. Senza questo tipo di riscontri, particolarmente importanti, si è preferito rimandare lo studio di questo aspetto per concentrarsi su altri temi.

Ma, dati gli iniziali risultati positivi, quella dell'esternalizzazione è sicuramente una strada che merita di essere presa in considerazione per successive analisi.

### 5.3 Passi Futuri

I risultati mostrano come eliminare il flusso di picking porti benefici, per lo meno sul piano del carico di lavoro. In un primo momento potrebbe essere efficace ridurre questo flusso ponendo dei limiti alle quantità richieste: oltre una certa soglia si dovrebbe ordinare e non prelevare dal magazzino.

Per una migliore riuscita di questa "tattica" è però necessario implementare alcune modifiche al sistema MRP, per permettere l'aggregazione di ordini dello stesso articolo su orizzonti temporali più ampi, dipendenti certo da fattori come il

tempo tra l'invio dell'ordine e la data per cui il materiale è richiesto, il Lead Time del fornitore e auspicabilmente l'affidabilità di questi.

Inoltre è necessario ridurre la varietà di articoli tenuti a stock, magari basandosi sulla domanda storica e tenendo come *safety stock* solo quegli articoli definibili standard, la cui necessità nasce in fase di assemblaggio e non è quindi prevedibile a priori - si pensi ai raccordi idraulici, la cui tipologia dipende dal tipo di layout che la macchina assume durante il lavoro -.

Un'altra soluzione suggerita da questo lavoro è quella di sincronizzare e sovrapporre maggiormente i flussi. Nella seconda simulazione effettuata si è aumentata la durata della progettazione e di conseguenza questo ha portato ad una diluizione della richiesta e dell'arrivo dei materiali in magazzino commessa.

Chiaramente nella realtà non è necessario aumentare le tempistiche della progettazione, ma si può pensare di migliorare le previsioni dei fabbisogni, in modo tale da evitare accumuli di materiale che si offrono - almeno a livello psicologico - la sicurezza di avere tutto il necessario per l'assemblaggio ma che comportano dei costi non indifferenti e aumentano il carico di lavoro degli stock.

Questo tipo di parallelizzazione tra i processi è uno dei concetti cardine del *concurrent engineering*, un metodo operativo pensato per sviluppare nuovi prodotti o servizi in minor tempo e con minori costi, grazie ad una maggiore integrazione e coinvolgimento delle varie fasi di progettazione e produzione.

A livello di analisi invece si può cercare di stimare i costi ed il carico di lavoro per la ricezione di materiale a stock e quelli per la ricezione di materiale a commessa, in modo tale da capire se l'eliminazione del flusso di picking in favore di maggiori ordini commessa porti a dei benefici anche livello economico. Può anche essere interessante stimare quanto costino i mancati prelievi di laboratorio, per capire quale debba essere il livello minimo di servizio che il magazzino deve garantire al laboratorio: un dato di questo tipo può essere utilizzato per calcolare il livello ottimale di scorte da tenere in giacenza.

Inoltre, una volta ricevuti i nuovi feedback dal processo di esternalizzazione, si può creare un modello *ad hoc* per quantificare i benefici - o gli svantaggi - di questa strategia, che può rivelarsi vincente in quanto riduce il lavoro interno per un'attività - l'assemblaggio - che, in buona parte, non crea valore per Loccioni, in quanto non vede una diretta applicazione delle competenze interne del *know-how* dell'impresa, vero fattore di vantaggio competitivo.

# Allegato A

## Flow Chart

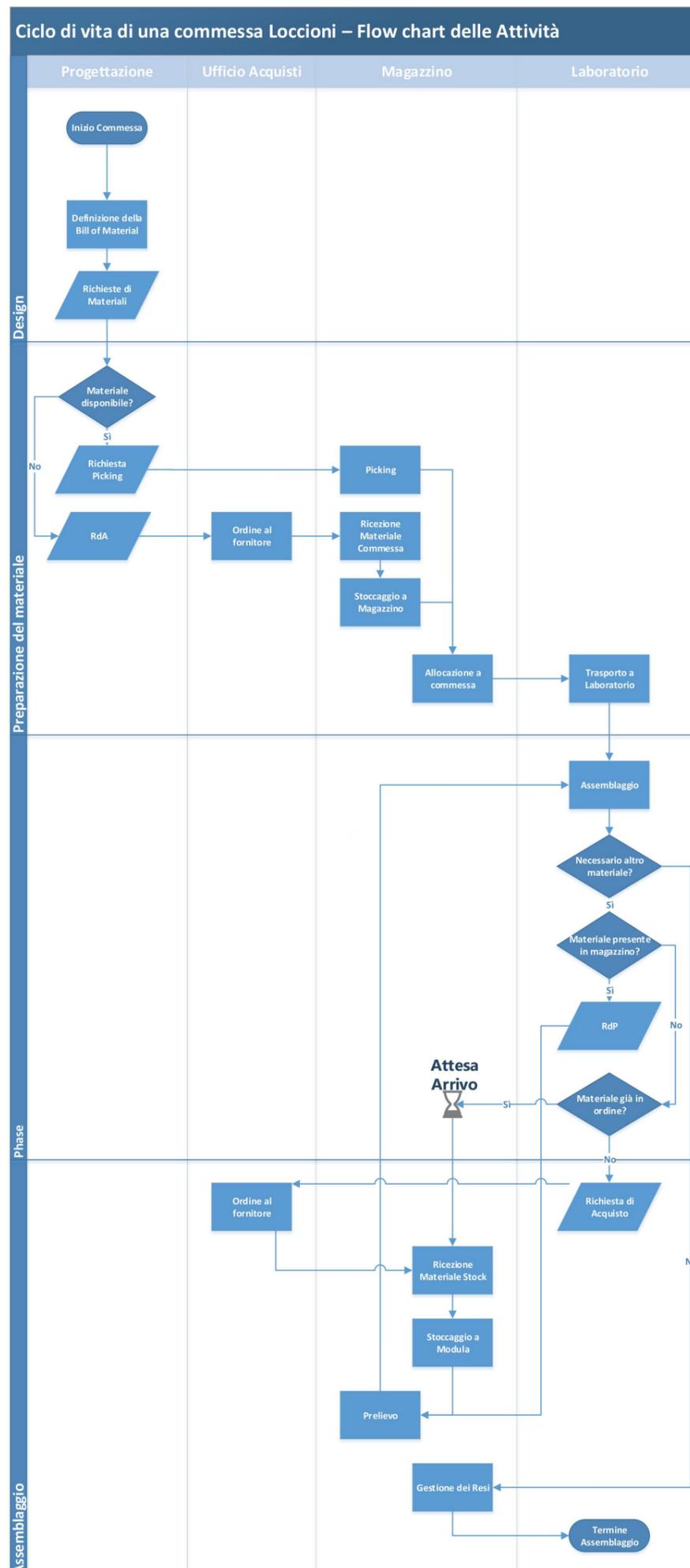


Figura A.1: Flowchart delle attività logistiche Loccioni



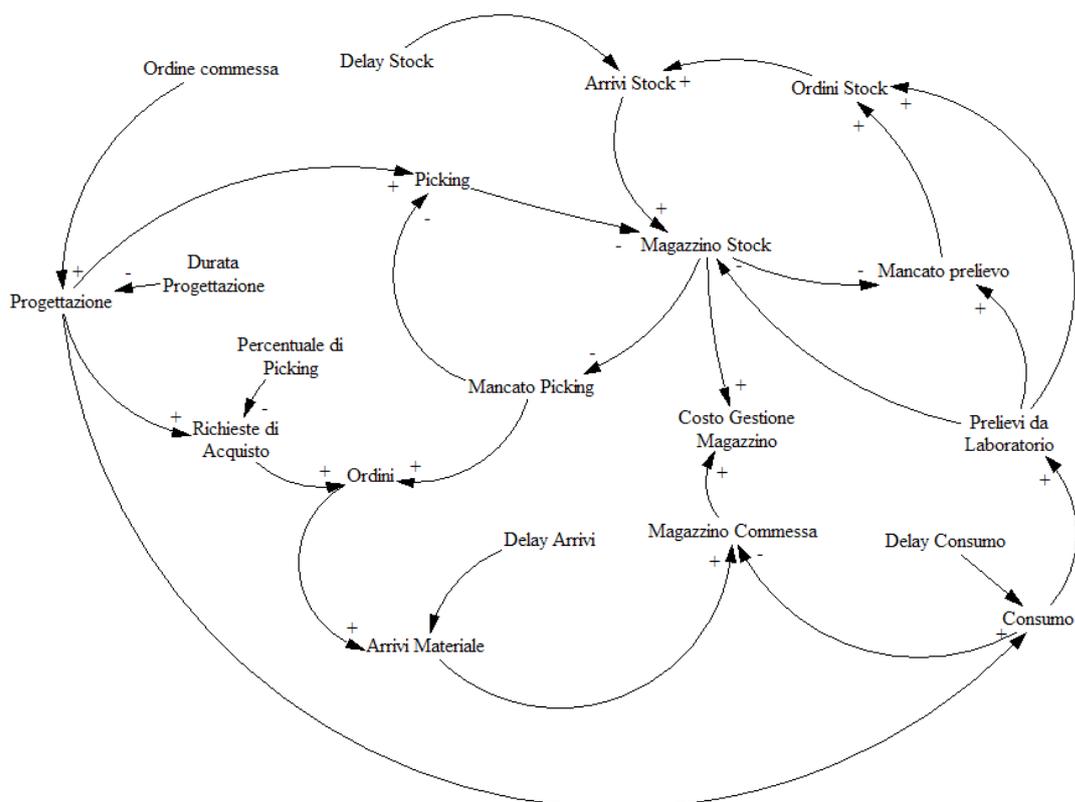


Figura B.2: Casual Loop Diagram definitivo

# Allegato C

## Modello

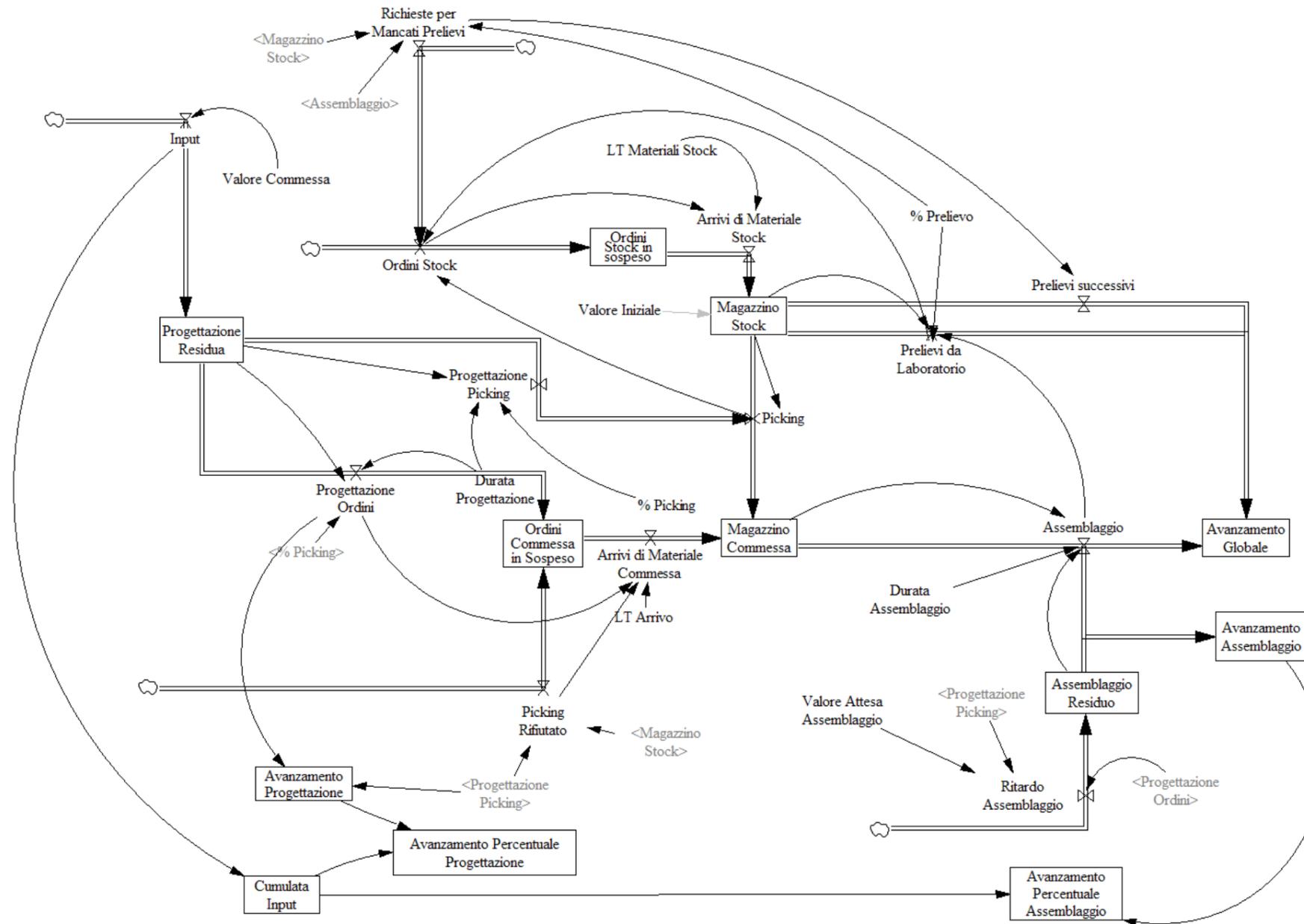


Figura C.1: Modello System Dynamics

# Allegato D

## Equazioni

**Input** = STEP(Valore Commessa, 0) - STEP(Valore Commessa,1)

Units: euro/Month

**Progettazione Residua** = INTEG (Input-Progettazione Ordini-Progettazione Picking, 0)

Units: euro

**Progettazione Ordini** = Progettazione residua\*(1-% Picking)/Durata Progettazione

Units: euro/Month

**Progettazione Picking** = Progettazione residua\*% Picking/Durata Progettazione

Units: euro/Month

**Picking** = IF THEN ELSE ( Magazzino Stock <= 0, 0, IF THEN ELSE ( Progettazione Picking < Magazzino Stock , Progettazione Picking, Magazzino Stock))

Units: euro/Month

**Picking Rifiutato** = IF THEN ELSE ( Magazzino Stock <= 0, Progettazione Picking, IF THEN ELSE ( Progettazione Picking < Magazzino Stock, 0, Progettazione Picking - Magazzino Stock))

Units: euro/Month

**Arrivi di Materiale Commessa** = DELAY MATERIAL(Picking Rifiutato+Progettazione Ordini, LT Arrivo, 0, 0)

Units: euro/Month

**Ritardo Assemblaggio** = DELAY FIXED (Progettazione Ordini+Progettazione Picking, Valore Attesa Assemblaggio, 0)

Units: euro

**Assemblaggio Residuo** = INTEG (Ritardo Assemblaggio-Assemblaggio, 0)

Units: euro

**Assemblaggio** =IF THEN ELSE ( Magazzino Commessa <=0, 0, IF THEN ELSE ( Assemblaggio Residuo/Durata Assemblaggio < Magazzino Commessa, Assemblaggio Residuo/Durata Assemblaggio , Magazzino Commessa))

Units: euro/Month

**Prelievi da Laboratorio** = IF THEN ELSE ( Magazzino Stock <= 0, 0, IF THEN ELSE ( ("% Prelievo"\*Assemblaggio) <Magazzino Stock , "% Prelievo"\*Assemblaggio, Magazzino Stock ))

Units: euro/Month

**Richieste per Mancati Prelievi** = IF THEN ELSE ( Magazzino Stock <=0, "% Prelievo"\*Assemblaggio, IF THEN ELSE ( ("% Prelievo"\*Assemblaggio) <= Magazzino Stock, 0, ("% Prelievo"\*Assemblaggio) - Magazzino Stock))

Units: euro/Month

**Prelievi Successivi** = DELAY FIXED (Richieste per Mancati Prelievi, 1, 0)

Units: euro/Month

**Ordini Stock** = Picking + Prelievi da Laboratorio + Richieste per mancati prelievi

Units: euro/Month

**Arrivi di Materiale Stock** = DELAY1(Ordini Stock, LT materiali Stock)

Units: euro/Month

**Magazzino Commessa** = INTEG (Arrivi di Materiale Commessa+Picking-Assemblaggio,0)

Units: euro

**Magazzino Stock** = INTEG (Arrivi di Materiale Stock-Picking-Prelievi da Laboratorio - Prelievi Successivi, Valore Iniziale)

Units: euro

**Ordini Commessa in Sospeso** = INTEG (Progettazione Ordini + Picking Rifiutato -Arrivi di Materiale Commessa,0)

Units: euro

**Ordini Stock in sospeso** = INTEG (Ordini Stock-Arrivi di Materiale Stock,0)

Units: euro

**Avanzamento Assemblaggio** = INTEG (Assemblaggio,0)

Units: euro

**Avanzamento Percentuale Assemblaggio** =IF THEN ELSE (Cumulata Input > 0, Avanzamento Assemblaggio/Cumulata Input,0 )

Units: dmnl

**Avanzamento Progettazione** = INTEG (Progettazione Ordini+Progettazione Picking,0)

Units: euro

**Avanzamento Percentuale Progettazione** =IF THEN ELSE (Cumulata Input > 0, Avanzamento Progettazione/Cumulata Input,0 )

Units: dmnl

# Bibliografia

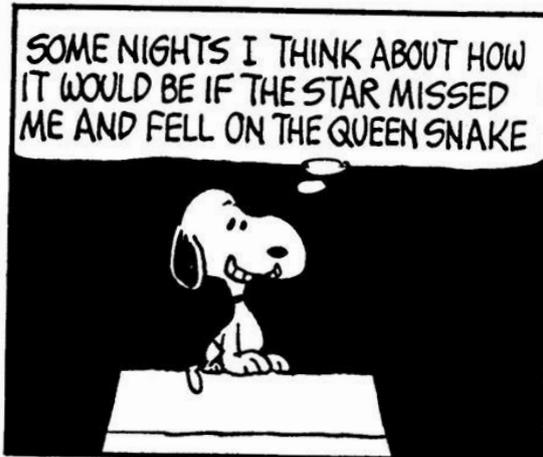
## Libri e Articoli

- [1] A. Alfieri, *Programmazione e controllo della produzione*. New York: McGraw-Hill Education, 2012.
- [2] M. Bartocci, *Animal Spirits in Vallesina. Enrico Loccioni e l'impresa come gioco*. Roma: Luiss University Press, 2011.
- [3] A. Botha, J. Grobler e V. S. Yadavalli, «System dynamics comparison of three inventory management models in an automotive parts supply chain», *Journal of Transport and Supply Chain Management*, vol. 11, n. 1, pp. 1–12, 2017.
- [4] P. Brandimarte e G. Zotteri, *Introduction to Distribution Logistics*. New Jersey: Wiley, 2007.
- [5] A. C. Cagliano, A. DeMarco, C. Rafele e S. Volpe, «Using system dynamics in warehouse management: a fast-fashion case study», *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 22, n. 2, pp. 171–188, 2011.
- [6] A. C. Cagliano e C. Rafele, *Using System Dynamics to Evaluate Logistic Performance*, RIRL (International Meetings for Research in Logistics), Pontremoli (Italia), set. 2006.
- [7] S. Chritamara, S. Ogunlana e N. Bach, «System dynamics modeling of design and build construction projects», *Construction Innovation*, vol. 2, n. 4, pp. 269–295, 2002.
- [8] E. Cori e M. Bonti, *Competenze organizzative nella media impresa: il caso Loccioni*. Milano: FrancoAngeli, 2006.
- [10] J. W. Forrester, *Urban Dynamics*. Cambridge: MIT Press, 1969.
- [11] J. W. Forrester, *World Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press Cambridge, Mass, 1971.
- [12] J. W. Forrester, *The Beginning of System Dynamics*, Banquet Talk at the international meeting of the System Dynamics Society, lug. 1989.
- [13] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press, 1961.

- [14] F. Jacobs, R. Chase e N. Aquilano, *Operations and Supply Management*. New York: McGraw-Hill, 2009.
- [17] D. Meadows, C. of Rome e P. Associates, *The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books, 1972.
- [18] M. E. Porter, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press, 1985.
- [19] J. D. Sterman, *BUSINESS DYNAMICS, System Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- [20] J. D. Sterman, «System Dynamics Modeling: Tools for Learning in a Complex World», *California Management Review*, vol. 43, n. 4, 2001.
- [21] W. J. Stevenson, *Operations Management - 11th ed.* New York: McGraw-Hill/Irwin, 2012.
- [23] R. Varvelli e M. L. Varvelli, *2 km di futuro. L'impresa di seminare bellezza*. Milano: Gruppo24Ore, 2014.

## Risorse Online

- [9] S. D. in Education Project, *ATHENA Page for System Dynamics in Education*, visitato a marzo 2018, 1997. indirizzo: <http://web.mit.edu/sysdyn/>.
- [15] *Loccioni - Leaf Community*, visitato a novembre 2017, 2013. indirizzo: <http://www.leafcommunity.com/leaf-community/>.
- [16] *Loccioni, Trasformiamo i dati in valori*, visitato ad ottobre 2017, 2012. indirizzo: <http://www.loccioni.com/>.
- [22] *The System Dynamics Society*, visitato ad ottobre 2017, 2017. indirizzo: <https://www.systemdynamics.org/>.
- [24] *Ventana Systems - Vensim Help*, visitato a novembre 2017, 1989-2017. indirizzo: <https://www.vensim.com/documentation/>.



Questo lavoro è stato realizzato con L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X