

# **POLITECNICO DI TORINO**

Collegio di Ingegneria Gestionale e della Produzione  
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

## **Dimensionamento di un magazzino Supermarket in un'impresa manifatturiera**



**Relatore**

Prof.ssa Anna C. Cagliano

**Correlatore**

Dott. Roberto La Greca

**Candidato**

Ernesto Santomauro

**Matricola** s253777

**Anno Accademico** 2019/20

## Sommario

<i>Abstract</i> .....	<i>vi</i>
<i>Introduzione</i> .....	<i>1</i>
<b>1. Stato dell'arte</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Lean production</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Storia e principi generali.....	4
1.1.2 Kaizen e standardizzazione delle operazioni.....	8
1.1.3 La qualità in un approccio Lean.....	11
1.1.4 Riorganizzazione del layout.....	13
1.1.5 Caratteristiche del supermarket.....	16
<b>1.2 Letteratura scientifica</b> .....	<b>20</b>
1.2.1 L'asservimento delle linee di produzione: il Supermarket.....	20
1.2.2 La gestione dei flussi di materiali tra magazzino e area produttiva: il tema del layout.....	25
1.2.3 Gli strumenti della Lean: efficacia e potenzialità di applicazione all'interno di casi studio.....	27
<b>1.3 Scopo del lavoro</b> .....	<b>35</b>
<b>2. Presentazione azienda Rototech</b> .....	<b>37</b>
<b>2.1 La storia e l'evoluzione</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2 Gli attuali clienti e le sfide future</b> .....	<b>39</b>
<b>2.3 Il processo di progettazione e la tipologia di prodotti realizzati</b> .....	<b>40</b>
<b>2.4 Il processo di produzione</b> .....	<b>42</b>
2.4.1 Prima fase – Stampaggio.....	42
2.4.2 Seconda fase - finitura, assemblaggio ed imballaggio.....	48
<b>2.5 Criticità nel processo di stampaggio</b> .....	<b>49</b>
<b>3. Riorganizzazione del layout interno e dimensionamento del supermarket</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1 Panoramica del processo di lavorazione</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2 Postazioni di lavoro</b> .....	<b>58</b>
3.2.1 Componenti postazione forno.....	58
3.2.2 Componenti postazione banco finitura.....	59
3.2.3 Componenti zona imballi.....	60
<b>3.3 Logistica integrata</b> .....	<b>61</b>
3.3.1 Logistica cliente.....	63
3.3.2 Predisposizione del piano di produzione.....	63
3.3.3 Approvvigionamento dei prodotti.....	65
3.3.4 Accesso del prodotto in magazzino.....	66
3.3.5 Rifornimento linea.....	68
<b>3.4 I magazzini</b> .....	<b>68</b>
<b>3.5 Banchi di finitura più caratteristici</b> .....	<b>71</b>
<b>3.6 Le unità movimentabili</b> .....	<b>75</b>
<b>3.7 Analisi delle criticità: interventi</b> .....	<b>76</b>
3.7.1 Problem Solving Process.....	76
3.7.2 Progetto “miglioramento continuo”.....	81
<b>3.8 Dimensionamento Supermarket</b> .....	<b>99</b>
3.8.1 Posizionamento e struttura del supermarket.....	100

3.9	Analisi dei benefici ottenuti .....	109
4.	<i>Conclusioni e sviluppi futuri</i> .....	116
4.1	Benefici generali dell'intervento .....	116
4.2	Limitazioni tesi .....	117
4.3	Passi futuri realizzabili in azienda partendo dalle attività compiute .....	118
	<i>Bibliografia</i> .....	124
	<i>Sitografia</i> .....	128
	<i>Ringraziamenti</i> .....	129

## Indice delle Figure

Figura 1.1 Differenze tra i concetti di Kaizen e Kairyo in funzione delle variabili tempo e miglioramento (Santucci, 2012).....	9
Figura 1.2 Il processo di standardizzazione aziendale (Bicheno and Staudacher, 2009) .....	11
Figura 1.3 Esempio di rappresentazione di una mappatura all'interno di un'attività di Value Stream Mapping (VSM) (Kumar, et al., 2018).....	15
Figura 1.4 Esempio di struttura di una scaffalatura supermarket a gravità (Cagliano, 2017) .....	16
Figura 1.5 Schema distintivo tra Lead Time e Cycle Time .....	19
Figura 1.6 Processo di dimensionamento ed inserimento in produzione di una scaffalatura supermarket (Faccio et al., 2013).....	22
Figura 1.7 Schema delle principali tecniche di asservimento linea con evidenziazione dei relativi costi aziendali (Baller et al., 2019) .....	24
Figura 1.8 I principali strumenti Lean e l'impatto sui quattro ambiti principali. Nel box in basso sono inseriti sei fattori critici di successo che agevolano l'ottenimento di vantaggio competitivo (Yadav et al., 2019).....	29
Figura 1.9 Esempio di realizzazione di uno Spaghetti Chart (Rother and Shook, 1998) .....	33
Figura 1.10 Schema della procedura SLP (Yang et al., 2000).....	35
Figura 2.1 Tappe fondamentali della crescita di Rototech srl (Rototech) .....	38
Figura 2.2 Panoramica dei principali clienti di Rototech (Rototech) .....	39
Figura 2.3 Passaggi fondamentali della realizzazione di un prodotto che partono dalla progettazione di un pezzo nella sua configurazione metallica, alla modellizzazione e analisi della forma che dovrà assumere fino alla realizzazione finale in plastica (Rototech).....	41
Figura 2.4 Serbatoio Adblue (Rototech)      Figura 2.5 Condotta d'aria (Rototech)      Figura 2.6 Snorkel (Rototech).....	42
Figura 2.7 Indicazione delle quattro principali postazioni di un processo di stampaggio (BPI, s.d.).....	43
Figura 2.8 Ruote installate sui bracci dei macchinari che consentono di montare più stampi e di produrre contemporaneamente più pezzi (Laganà, 2019) .....	44
Figura 2.9 Secchi di polvere di materiale plastico già pesati a bordo macchina e pronti da inserire nello stampo (Laganà, 2019).....	44
Figura 2.10 Esempio di stampo tradizionale per la produzione di serbatoi urea .....	45
Figura 2.11 Schema riassuntivo di un tipico processo di stampaggio .....	46
Figura 2.12 Macchina di stampaggio rotazionale automatica Leonardo presente in Rototech (Persico Group).....	47
Figura 2.13 Macchina di stampaggio rotazionale automatica Smart presente in Rototech (Persico Group).....	47
Figura 2.14 Braccio robotizzato "Roboticom" utilizzato nella finitura di semilavorati .....	48
Figura 2.15 Formula del polietilene lineare ad alta intensità (HDPE) (Kutz and Andrew, 2011) .....	51
Figura 2.16 Formula del polipropilene (PP) (Kutz and Andrew, 2011) .....	51
Figura 2.17 Formula del PA6 (Kutz and Andrew, 2011)      Figura 2.18 Formula del PA12 (Kutz and Andrew, 2011) .....	51
Figura 2.19 Formula del polietilene reticolato (PEX) (Kutz and Andrew, 2011) .....	52
Figura 3.1 Flowchart del tipico ciclo di lavorazione per l'ottenimento di un pezzo finito.....	56
Figura 3.2 Layout con macchinari e postazioni componenti: in rosa sono indicate le postazioni dei componenti relative ai banchi finitura; in giallo quelle relative alle zone di stampaggio ed in verde quelle relative alle zone destinate ai componenti per l'imballo.....	57

Figura 3.3 Postazione forno .....	58
Figura 3.4 Esempio di un tipico banco di lavoro relativo alla zona adibita alla finitura dei pezzi .....	60
Figura 3.5 Esempio di cassone da imballaggio e di rastrelliera per staffe .....	61
Figura 3.6 Esempio di ripiani di cartone posizionati a fine linea .....	61
Figura 3.7 Diagramma delle attività logistiche in azienda .....	62
Figura 3.8 Logistica cliente.....	63
Figura 3.10 Processo di predisposizione PDP .....	64
Figura 3.9 Etichetta prodotto finito.....	64
Figura 3.11 Diagramma del processo di realizzazione di un piano di produzione (PDP) .....	65
Figura 3.12 Approvvigionamento dei prodotti .....	66
Figura 3.13 Processo di accesso dei prodotti in magazzino.....	66
Figura 3.14 Famiglie di componenti attualmente utilizzate in azienda per alternare il controllo qualità.....	67
Figura 3.15 Schema del magazzino componenti (CMP) visto in proiezione ortogonale secondo un piano orizzontale.....	69
Figura 3.16 Zona terminale del banco di finitura poco strutturata, che causa rallentamenti ed intralci agli operatori ed ai carrellisti .....	70
Figura 3.17 Restrizione del layout in cui si evidenziano i banchi di finitura più importanti per l'analisi di dimensionamento .....	71
Figura 3.18 Cassa.....	75
Figura 3.19 Cassetta.....	75
Figura 3.20 Cassetina.....	75
Figura 3.21 Documento di aggiornamento settimanale delle cause dell'inefficienza produttiva .....	77
Figura 3.22 Il PFEP (TopSupplier, 2016).....	80
Figura 3.23 La "Golden zone" (Meseses-4Lean, 2010) .....	81
Figura 3.24 Layout suddiviso per domini: in blu il dominio 3 .....	82
Figura 3.25 Eccesso di wip accatastato.....	83
Figura 3.26 Sovrapproduzione di stampato che intralcia gli spazi produttivi .....	83
Figura 3.27 Nuova organizzazione del dominio 3 .....	84
Figura 3.28 Zone di transito carrelli libere da ingombri.....	84
Figura 3.29 Schematizzazione del dominio 3 realizzata in reparto .....	85
Figura 3.30 Schematizzazione del dominio 3 .....	85
Figura 3.31 Flusso degli stampati lavorati sul robot Belotti nello step 1 di partenza .....	93
Figura 3.32 Flussi di stampati interni al dominio 3 prima dello spostamento .....	95
Figura 3.33 Flussi di stampati interni al dominio 3 dopo lo spostamento .....	96
Figura 3.34 Foglio di programmazione giornaliero di smaltimento del WIP sul collo di bottiglia "Robot Belotti" .....	97
Figura 3.35 Andamento settimanale delle prestazioni del robot BELOTTI.....	98
Figura 3.36 Layout prima e dopo l'inserimento del magazzino Supermarket tra il magazzino componenti (CMP) e i magazzini di linea (RPC) .....	99
Figura 3.37 Schematizzazione del magazzino Supermarket.....	101
Figura 3.38 Scaffalatura supermarket dedicata alle minuterie.....	102
Figura 3.39 Scaffalatura supermarket dedicata ai restanti componenti .....	102
Figura 3.40 Progettazione della nuova scaffalatura a gravità da inserire in produzione .....	104
Figura 3.41 File lista carrellisti .....	105
Figura 3.42 Reggiatrice manuale .....	106
Figura 3.43 Scaffalatura predisposta con il colore identificativo del D3 per una facile identificazione da parte dei carrellisti interni.....	108

Figura 3.44 Andamento del LSI di stabilimento durante gli interventi attuati sul dominio 3 tra il 2019 e il 2020 .....	111
Figura 3.45 Andamento degli scarti in ingresso al robot Belotti tra il 2019 e il 2020.....	112
Figura 4.1 Esempio di una schermata Andon all'interno di un impianto produttivo (Carbone-MyNext).....	119

## Indice delle Tabelle

Tabella 2.1 Documento schematico delle problematiche relative all'attività di stampaggio .	53
Tabella 3.1 Elenco ordinato dei principali prodotti realizzati in Rototech che contribuiscono al fatturato aziendale .....	72
Tabella 3.2 Famiglie di prodotti utilizzati costantemente .....	73
Tabella 3.3 Componenti necessari per la realizzazione degli otto prodotti più venduti .....	74
Tabella 3.4 Assegnazione di macchinari e banchi di finitura agli specifici domini .....	86
Tabella 3.5 Indicazione presente sul foglio di calcolo contenente nome macchina di stampaggio, settimana di produzione programmata e il numero di persone necessarie a lavorare su quella macchina in quella settimana di lavoro .....	87
Tabella 3.6 Programmazione della produzione giornaliera per una macchina di stampaggio (es. Macchina 1900).....	89
Tabella 3.7 Risultati derivanti dall'elaborazione dei dati presenti in Tabella 3.5, utili per il calcolo del carico macchina e della saturazione dell'operatore assegnato .....	90
Tabella 3.8 Estrapolazione di un file indicante il nome della linea vecchia, quello della linea nuova (prevista da layout) e delle posizioni necessarie di componenti da prevedere in funzione dei codici prodotto realizzati.....	103
Tabella 3.9 Schema riassuntivo dei fabbisogni medi settimanali e delle posizioni necessarie per i componenti.....	107
Tabella 3.10 Schema riassuntivo dei benefici ottenuti in Rototech.....	115

## Abstract

L'obiettivo del presente elaborato è quello di descrivere e analizzare come è stato realizzato il dimensionamento di una scaffalatura supermarket all'interno di un'azienda manifatturiera. Il soggetto analizzato è la sede di San Gillio del gruppo Rototech, azienda leader nella realizzazione di serbatoi e condotti d'aria in plastica realizzati con la tecnica dello stampaggio rotazionale. Gli attuali piani di crescita della Rototech sono indirizzati verso un incremento della produttività locale e delle sedi internazionali. Si è quindi deciso, in prima battuta, di lavorare prima sul miglioramento della gestione interna dell'impianto, soffermandosi sulla tematica dell'asservimento delle linee produttive, per poi, in seconda battuta, applicare anche alle altre sedi la tecnica sperimentata. Partendo dalla considerazione che oggi risulta fondamentale, per qualsiasi impresa, ridurre ogni forma di spreco o ridondanza superflua, si sono esaminate le criticità della Rototech. Una delle principali criticità risiede nella gestione del magazzino, intesa sia nella capacità di rifornire tempestivamente ogni postazione di lavoro, sia nella capacità di rifornirsi attraverso i propri fornitori nel tempo giusto e nelle quantità corrette. Prevedere un supermarket, studiarne accuratamente il posizionamento ed il dimensionamento, riesce ad arginare e ridurre significativamente lo spreco di energie, materiali e tempo. Attualmente, le principali riviste scientifiche specializzate riservano a queste problematiche trattazioni molto interessanti in grado di offrire uno spunto innovativo nella gestione degli elementi di magazzino all'interno di spazi molto limitati. Lo scopo finale è quindi basato sulla realizzazione di uno studio di riorganizzazione complessiva del layout aziendale, ponendo in evidenza l'organizzazione di tale magazzino di disaccoppiamento e facendo ricorso a tutti gli strumenti del Lean Manufacturing. Dall'utilizzo congiunto di scaffalature supermarket e di una riorganizzazione degli spazi, secondo una logica di riduzione degli sprechi di materiali e di eliminazione di sovrapproduzioni, si è riusciti ad ottenere benefici sia in termini economici che organizzativi. La riduzione degli sprechi, in pratica, permette anche di puntare ad un miglioramento della qualità del prodotto finito, e di ottenere uno snellimento della produzione che segue il principio del "solo quando serve" (Just In Time), la cui applicazione implica anche, una riduzione dei tempi di attesa dei prodotti finiti nei magazzini. Una gestione degli spazi più controllata è sinonimo di miglior efficienza complessiva. Unendo a tale gestione l'introduzione di procedure standardizzate e ripetitive, si è potuto instaurare un concreto regime di miglioramento continuo (Kaizen) con notevoli riscontri in termini di risparmio dei costi di magazzino e di lavorazione. Il lavoro di analisi e i conseguenti risultati ottenuti in tale elaborato realizzato nella sede di San Gillio (TO), consentirà a Rototech di sviluppare ulteriori attività di miglioramento interne all'azienda e di esportare tali risultati ai propri restanti stabilimenti già presenti nel mondo.

## Introduzione

L'obiettivo della tesi è quello di affrontare le tematiche del dimensionamento del supermarket e della riorganizzazione del layout all'interno di un contesto aziendale manifatturiero.

In tale ambiente il supermarket è uno spazio dedicato all'immagazzinamento di poche quantità di componenti nelle prossimità delle linee produttive che necessitano di utilizzarle.

Il supermarket è un elemento essenziale per la gestione delle attuali dinamiche produttive aziendali in quanto consente di realizzare un risparmio economico, in contrapposizione ad eccessi di produzione e sprechi che, quotidianamente, si realizzano in azienda.

Esso individua uno degli strumenti appartenenti alla filosofia della "Lean Manufacturing" che rappresenta un ambito di ispirazione per la corretta gestione dei processi produttivi e di miglioramento aziendale.

Il supermarket è un'area dove sono posizionati i materiali gestiti a consumo: l'idea innovativa sta nel fatto che l'operatore si può servire direttamente dallo scaffale, senza altri intermediari, innescando automaticamente il ripristino della merce effettivamente consumata sulla base del semplice svuotamento dei ripiani.

Per apprendere appieno le potenzialità dell'utilizzo di tale scaffalatura, che può essere considerata un sistema di alimentazione decentralizzato delle linee produttive, è fondamentale avere chiaro il contesto in cui ci si muove a livello aziendale. Questo ambiente strategico è il layout.

Gli strumenti della Lean, di cui si tratterà nelle pagine dell'elaborato, trovano piena applicazione nell'attività di riorganizzazione interna del layout. In particolar modo una corretta predisposizione degli spazi e dei percorsi interni necessari a garantire il passaggio dei carrellisti, consente un efficace asservimento delle linee produttive. Una corretta dislocazione delle scaffalature supermarket all'interno del layout rende il lavoro più facile ed intuitivo per gli operatori interni, evidenzia prima eventuali inefficienze o "zone grigie" (non gestite o mal gestite) e, permette, in ultima analisi, di abbattere gli sprechi.

I principali sprechi che il supermarket consente di ridurre riguardano quelli relativi all'overproduction e agli eccessi di stock in linea. Integrare il supermarket con una riorganizzazione del layout permette, dunque, di ridurre l'utilizzo dello spazio in area produttiva al fine di poter riconfigurare al meglio le attività.

Rototech, che è l'azienda case study, ha agito verso queste due direttrici in quanto ha riscontrato una cattiva gestione degli elementi citati che si enfatizzava nei periodi in cui emergevano dei picchi di domanda, causando una difficoltosa gestione della variabilità del flusso di componenti in ingresso tra magazzino e area produttiva.

Il tema del supermarket, ogni suo step attuativo, il suo dimensionamento e posizionamento all'interno dell'azienda sono di grande rilevanza. Per stabilire il suo posizionamento e dimensionamento è importante valutare l'utilizzo effettivo di ogni componente per la realizzazione dei differenti prodotti, per poi stabilire il relativo spazio necessario da dedicare a ciascun componente all'interno delle scaffalature.

Questa scaffalatura presenta la caratteristica fondamentale di utilizzare una struttura a gravità. Tale elemento costitutivo della scaffalatura garantisce il rispetto del First In First Out (FIFO) e, permette rapidità e facilità d'accesso a carrellisti ed operatori di linea per alimentare le postazioni dei macchinari di stampaggio e dei banchi di finitura.

La gestione degli spazi e dei componenti in un contesto manifatturiero richiede l'attuazione di particolari considerazioni. Innanzitutto, l'attuale diversificazione dei prodotti richiesta sul mercato dai clienti impedisce di fare larghe economie di scala sui volumi produttivi. Ciò porta ad una proliferazione di svariate tipologie di componenti che dovranno essere gestite in termini di spazi, ingombri e tempestività nel riordino ai fornitori.

Inoltre, la globalizzazione rende complessa la gestione logistica dei trasporti e delle tempistiche di consegna/ricezione in funzione delle distanze dai clienti/fornitori che sono dislocati in svariate parti del mondo.

Una cattiva organizzazione interna delle linee e delle rispettive aree di stoccaggio renderebbe l'impatto dei fattori precedentemente esposti molto difficile da gestire. È per tal motivo che la filosofia Lean ed i relativi strumenti a corredo, risultano molto pertinenti nel contesto Rototech. Ciò verrà affrontato nei prossimi capitoli.

L'elaborato si svilupperà nei seguenti capitoli.

Nel primo capitolo si analizzerà il supermarket contestualizzandolo in un'ottica Lean. Tale tema verrà approfondito e presentato in maniera strettamente collegata a quella del layout che, rappresenta il luogo generale in cui si verificano gli eventi concreti di un'attività aziendale e da cui si deve partire per ottenere un qualsiasi intervento migliorativo sulla linea.

Si analizzeranno gli elementi portanti la filosofia Lean ricordando i principali insegnamenti del Toyota Production System (TPS) e valutandoli all'interno di differenti casi applicativi aziendali.

Nel secondo capitolo si presenterà l'azienda in tutte le sue peculiarità attuali evidenziandone anche le sfide future. In particolare, si descriveranno gli attuali processi di stampaggio e di finitura che consentono ad un certo quantitativo di polvere di materia prima di diventare inizialmente un elemento "stampato" (semilavorato) e successivamente un prodotto finito.

Si sottolineeranno gli elementi critici nella gestione dei rapporti con i clienti, l'attuale fetta di mercato dell'azienda e la grande flessibilità produttiva in funzione della tipologia di pezzi realizzabili, che è consentita dall'utilizzo della tecnica di stampaggio rotazionale.

Verranno analizzate le fasi che consentono di ottenere i prodotti finiti prestando particolare attenzione anche alla tecnologia utilizzata per le lavorazioni sui pezzi.

Si descriveranno, infine, anche le criticità relative al processo di stampaggio in relazione alle diverse materie prime con cui Rototech ottiene i suoi prodotti.

Nel terzo capitolo si approfondirà il carattere logistico dell'elaborato. Verrà infatti descritto dettagliatamente il processo logistico che parte dalla ricezione di una richiesta da parte di un cliente, prosegue con l'approvvigionamento dei materiali necessari per attuare il piano di produzione settimanale e, si completa con la ricezione dei componenti in magazzino, il loro utilizzo in produzione e la spedizione del prodotto finito ottenuto.

Si sono quindi descritte accuratamente le postazioni di lavoro (forno, banchi di finitura, zona imballi) e i magazzini che Rototech utilizza quotidianamente.

Strettamente collegata alla logistica dell'azienda, è stata poi eseguita un'analisi sulle possibilità di intervento sul layout all'interno di un progetto interoperazionale tra tutti gli enti interni all'azienda. Alla luce delle considerazioni fatte si presenta una possibile soluzione alla tematica dell'asservimento delle linee produttive individuando e dimensionando la corretta tipologia di scaffalatura supermarket adatta al contesto lavorativo di Rototech.

Nel quarto ed ultimo capitolo dell'elaborato si espongono i risultati complessivi ottenuti dall'attività di dimensionamento del supermarket e dalla conseguente riorganizzazione del layout e si evidenziano i benefici generali. Tali benefici possono essere sintetizzati in uno snellimento dell'attività produttiva, che risulta efficace e rapida, ed in una riduzione dei relativi costi di produzione di oltre 10'000 €/settimanali e in una riduzione dei tempi di asservimento linee produttive pari al 26%.

Si inserisce, in conclusione, un possibile intervento futuro realizzabile in Rototech sulla base dell'attività descritta ed effettuata nell'elaborato di tesi.

## 1. Stato dell'arte

L'obiettivo del capitolo è quello di affrontare e descrivere le problematiche relative al dimensionamento di un supermarket e della riorganizzazione del layout interno ad un'azienda basando il tutto sugli elementi della Lean Production.

L'intento è quello di offrire una panoramica teorica sull'argomento al fine di contestualizzare l'analisi eseguita in questa tesi.

### 1.1 Lean production

La "produzione snella" è una filosofia produttiva che punta a minimizzare gli sprechi fino ad annullarli. Tale filosofia si concentra nel significato del termine Lean. In principio con tale concetto di "Lean" si è inteso il "fare di più con meno" ma, oggigiorno, è sempre più utilizzato il significato profondo di questa filosofia che non può più basarsi sulla "semplice" riduzione degli sprechi ma bensì sulla enfaticizzazione del valore della crescita di un'impresa (Bicheno and Staudacher, 2009).

Il termine "produzione snella" è stato coniato dagli studiosi Womack e Jones, (Womack et al., 1991) che per primi hanno analizzato in dettaglio e confrontato le prestazioni del sistema di produzione dei principali produttori mondiali di automobili con la giapponese Toyota, rivelando le ragioni della netta superiorità di quest'ultima rispetto a tutti i concorrenti.

La produzione snella è dunque una generalizzazione e divulgazione in occidente del sistema di produzione Toyota o Toyota Production System – TPS (Ōno, 1978).

Il TPS rappresenta la sintesi di tutti i concetti collegati alla filosofia Lean ed è un insieme di strumenti tecnici e cultura manageriale che saranno descritti nei prossimi paragrafi.

#### 1.1.1 Storia e principi generali

La logica Lean prende piede negli anni del secondo dopoguerra in Giappone per merito dell'ingegnere Taiichi Ōno all'interno di Toyota. Il contesto industriale era molto debole a causa del conflitto bellico e fu fondamentale fare ricorso a tutte le poche risorse disponibili per poter competere a livello mondiale con l'antagonista Ford.

Cinque sono i principi cardine per avere e portare avanti un pensiero Lean e sono:

- 1) **Specificare il valore dal punto di vista del cliente:** è fondamentale per ogni fase produttiva avere chiaro il concetto che il fine ultimo di ogni attività realizzata è quella di soddisfare ed avvicinarsi sempre più alle richieste del cliente. Per cliente, tuttavia, non si intende soltanto quello finale ma in un'ottica Lean ogni unità lavorativa deve vedere i soggetti che seguono la propria attività lavorativa come dei clienti da soddisfare.
- 2) **Identificare il flusso di valore:** identificare la sequenza di processi che vanno dalla materia prima alla consegna verso il cliente finale. Come afferma Juran (Juran, 1951), è importante concentrarsi e avere come punto di vista l'oggetto, osservandolo all'interno dell'intera catena della supply chain secondo un'ottica di "economia di tempo" e non più di scala.
- 3) **Far fluire il flusso:** il flusso deve risultare semplice, snello e rapido verso il cliente facendo emergere il valore delle attività compiute.
- 4) **Perseguire il flusso teso:** una gestione "pull" mira ad avere una produzione che opera solo quando serve evitando stock e sovrapproduzioni. Tale principio riprende in buona parte il concetto produttivo del Just In Time (JIT) che ha reso Toyota una leader indiscussa in questa tecnica. Tale ideologia si riconduce ad un'organizzazione del processo produttivo che prevede il rifornimento del materiale di trasformazione esattamente nel momento in cui viene richiesto, allo scopo di ridurre i costi legati all'accumulo di scorte.
- 5) **Puntare alla perfezione:** la perfezione intesa come capacità di rispondere alle richieste del cliente nei tempi, modalità e necessità pattuite e riducendo al minimo gli sprechi. In tal modo il concetto di perfezione non rimarrà legato al più intuitivo tema della qualità di realizzazione produttiva, ma risponderà soprattutto a criteri di soddisfazione del cliente e a principi di economicità.

Il concetto di Lean è stato più volte ripreso dagli studiosi ed in particolare nel libro "Lean Thinking" di Womack e Jones, si è sottolineato come esso sia necessario per l'ottenimento di un sistema efficiente che tenda a rimuovere tutto ciò che è spreco.

È possibile, utilizzando gli studi di numerosi autori fatti sull'argomento del Lean manufacturing, sintetizzare la Lean in 25 caratteristiche principali (Womack, et al., 1991; Juran, 1951; Imai, 1986; Ōno, 1978; Schonberger, 1982; Bicheno & Staudacher, 2009; Deming, 1982; Goldratt & Cox, 1984):

- 1) **Cliente:** è fondamentale impostare l'interezza delle attività lavorative al fine di massimizzare il valore offerto nei suoi confronti;
- 2) **Scopo:** inteso come l'obiettivo da seguire e da considerare in ogni scelta che si compie;
- 3) **Semplicità:** in ogni attività operativa, in ogni sistema, nel controllo, nella tecnologia. In sostanza è bene semplificare ovunque sia possibile in azienda;
- 4) **Sprechi:** evitarli in ogni fase. Rendere partecipi di quest'attività di eliminazione anche i soggetti più in basso nella piramide aziendale;
- 5) **Processo:** avere sempre una visione di processo, vedendo le cose in orizzontale e non in verticale soffermandosi su quelli che sono i movimenti del prodotto anche tramite la realizzazione di una mappatura complessiva;
- 6) **Visibilità:** rendere le attività visibili e controllabili in modo da rendere veloce e semplice l'identificazione dei periodi in cui le attività operative e la produzione divergono;
- 7) **Regolarità:** serve per ridurre le possibili "cattive sorprese" durante le attività operative. È utile usare questo principio sia con i prodotti consolidati che con quelli recentemente introdotti;
- 8) **Flusso:** è il ritmo produttivo che dovrà avvicinarsi quanto più possibile a quello richiesto/voluto dal cliente. Fondamentale risulta rendere sincroni sia i flussi fisici che informativi in modo da incontrare il JIT;
- 9) **Uniformità:** detta, secondo i principi TPS, "Heijunka", rappresenta il livellamento di schedulazione, vendite e acquisti che rende realizzabile il flusso teso e la ricerca della qualità "totale";
- 10) **Pull:** Evitare sovrapproduzione realizzando le attività operative in base al tasso di domanda del cliente. Estendere il concetto sull'intera catena della supply chain (SC) evitando i dannosi effetti Bullwhip (disallineamenti produttivi e informativi tra i vari soggetti della SC che creano inefficienza e overstock);
- 11) **Postponement:** posticipare quanto più possibile il punto di varietà rispetto al prodotto base rendendo il flusso produttivo quanto più flessibile e pronto a modifiche repentine della produzione;
- 12) **Prevenzione:** anticipare ed evitare il verificarsi di problemi e sprechi. Prevenire gli errori anche attraverso sistemi Pokayoke che riducono la possibilità del verificarsi di un errore;
- 13) **Tempo:** ridurre quanto più possibile quello utilizzato rendendo i processi paralleli (se possibile) o, quantomeno, non far tardare mai le attività a valore aggiunto;

- 14) **Miglioramento**: in modo che in azienda ci sia sempre una mentalità rivolta ad un miglioramento continuo sia di tipo incrementale (passo dopo passo) che attraverso grandi innovazioni (Kairyō);
- 15) **Partnership**: cercare di avere un lavoro collaborativo in cui sia internamente che a livello di rapporti con i propri fornitori si ragioni secondo una logica di team e non in modo individuale;
- 16) **Rete di valore**: è la supply chain che compete su di un mercato e non le aziende prese singolarmente. Ogni anello di questa catena deve aumentare il valore offerto verso l'anello che segue facilitando, tra le varie cose, la cooperazione e la flessibilità di consegna;
- 17) **Gemba**: gestire le situazioni osservandole da vicino andando direttamente dove si verificano le azioni;
- 18) **Domandare ed ascoltare**: incoraggiare alla curiosità, ascoltando attivamente i suggerimenti e le domande poste per giungere verso uno stato di arricchimento generale;
- 19) **Riduzione della variabilità**: in ogni processo, in ogni step della SC in quanto è nell'instabilità la difficoltà di una gestione Lean di un'impresa;
- 20) **Evitare sovraccarichi**: inteso come tutto ciò che è oltre la capacità e che potrebbe potenzialmente non rispondere all'iniziale schedulazione impostata. In quest'ambito diventa essenziale riconoscere l'elemento "collo di bottiglia" in quanto è questo che definisce il reale ritmo produttivo aziendale;
- 21) **Partecipazione**: dare agli operatori la possibilità di risolvere i problemi e di intervenire in sede di progettazione. Solo con una vera partecipazione si ha una totale condivisione delle informazioni;
- 22) **Pensare in piccolo**: partire da piccoli interventi di incremento individuando come punto di partenza la risorsa meno capace;
- 23) **Fiducia**: è l'elemento che permette la rimozione di grandi strati di passaggi burocratici e di tempo sia internamente che esternamente. La fiducia infatti, come dimostrò Dyer (Dyer, 2000), porta alla riduzione dei costi di transazione e rende l'ambiente più creativo;
- 24) **Conoscenza**: intesa come quella esplicita, ed implicita. L'esplicita è facilmente insegnabile seguendo le tecniche del Toyota Production System mentre la conoscenza implicita è difficile da copiare e offre il vero vantaggio competitivo ad un'azienda. Uno

strumento scientifico di apprendimento della conoscenza è il “Plan Do Check Act” (PDCA) proposto da Deming;

25) **Umiltà**: l’apprendimento comincia dall’umiltà, in quanto è solo con il tempo che si cresce e si ottengono tutti questi risultati.

### 1.1.2 **Kaizen e standardizzazione delle operazioni**

“Comprendere la teoria della Lean Production dal punto di vista mentale non è il problema. Il problema è ricordarla con il corpo” (Ōno, 1978).

Alla base del successo di un’attività Lean c’è un profondo atteggiamento mentale: bisogna considerare ogni singola scelta attuata in azienda come una sorta di passo in avanti che deve coinvolgere l’intero assetto strutturale e l’operato di ogni individuo partecipante.

Un concetto fondamentale è quello relativo al miglioramento che, in ambito TPS, è la fonte primaria del successo in termini di competitività con le imponenti strutture a catena di montaggio Ford. Questo concetto si esprime nel termine giapponese “**Kaizen**”, (Imai, 1986), derivante dall’unione di due termini, “*Kai*”, che significa cambiamento, e “*Zen*”, che significa invece migliore. Da qui deriva il concetto di un processo di miglioramento continuo, che deve essere messo in atto a piccoli passi, giorno dopo giorno, e che può essere applicato anche al di fuori del lavoro, ad ogni aspetto della propria vita.

Il Kaizen è alla base del metodo Toyota e si ricollega ad un concetto di buona organizzazione aziendale ed eliminazione degli sprechi. Tale idea di miglioramento è molto diversa dall’occidentale concetto di innovazione che viene applicato nelle aziende. L’innovazione, infatti, si prefigura come un processo rapido, che cancella ciò che c’era precedentemente per fare spazio al nuovo, ed è spesso imposto dall’alto: l’innovazione è nelle mani del solo management.

Al contrario, il Kaizen prevede il lento miglioramento, effettuato sulla base dell’analisi attenta dei difetti e degli sprechi che caratterizzano ogni strategia e ogni processo di lavorazione, prendendo in esame l’intero processo produttivo e portando i lavoratori stessi al miglioramento della propria attività.

Per attuare un sistema Kaizen è necessario un importante investimento culturale che, partendo dal buon esempio dei vertici aziendali, miri ad un cambiamento di mentalità, abitudini e tecniche di approccio quotidiano al lavoro di tutti i giorni.

I dirigenti dunque assumono un ruolo leader, in quanto devono condurre il cambiamento coinvolgendo il maggior numero di persone possibili. Un progetto Kaizen, infatti, fallirebbe se non fosse realizzato in sintonia ed in sincrono da tutti i partecipanti alla produzione.

L'attività di miglioramento continuo va comunque a confrontarsi con degli inevitabili momenti in cui il processo di innovazione ha bisogno di fare dei passi netti in termini incrementali.

Come si vede dalla Figura 1.1, è consuetudine osservare all'interno di un processo di miglioramento aziendale sia il concetto di Kaizen prima descritto che quello di Kairyō.

Il Kairyō è la parola giapponese che indica il cambiamento improvviso dovuto ad un miglioramento radicale che trasforma il sistema con un balzo, invece di trasformarlo a poco a poco con piccoli miglioramenti continui (Kaizen).

Un cambiamento improvviso per un'organizzazione può essere di tipo esterno come una scoperta scientifica, l'introduzione di nuovi processi produttivi, aperture e chiusure di mercati etc.

Altrimenti è possibile avere un cambiamento di tipo interno come ad esempio le reingegnerizzazioni di processi, le politiche di personale, le innovazioni tecnologiche, etc.

In tutti i casi il Kairyō richiede una decisione del top management o di qualcuno che abbia una forte influenza, un investimento più o meno cospicuo, un grande sforzo di volontà, e non prevede il coinvolgimento di tutti gli stakeholder, ignorando quelli contrari e i relativi conflitti.

Un programma di miglioramento radicale va combinato con strategie di change management, proprio per far accettare i cambiamenti valorizzando gli aspetti positivi e minimizzando quelli negativi.

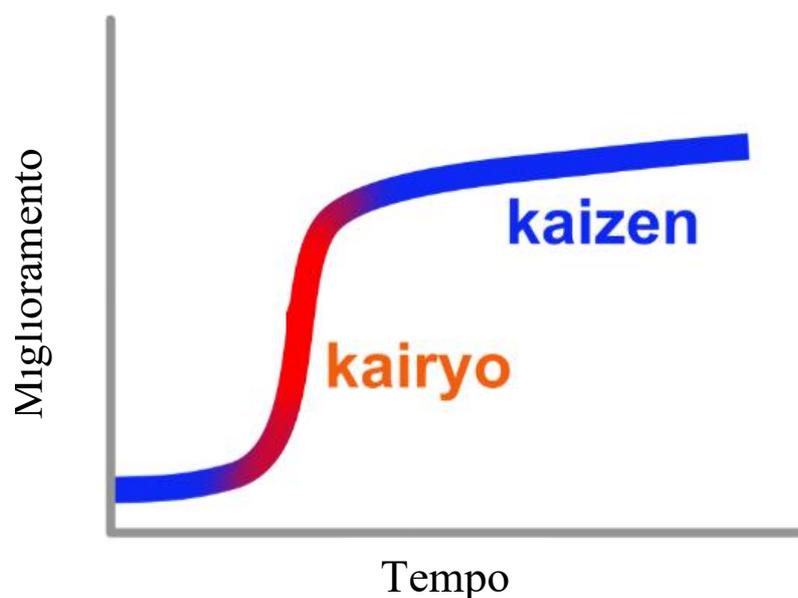


Figura 1.1 Differenze tra i concetti di Kaizen e Kairyō in funzione delle variabili tempo e miglioramento (Santucci, 2012)

Un altro pilastro importante del Toyota Production System che si affianca all'ideale del miglioramento continuo è quello della standardizzazione dei processi operativi. Realizzare un lavoro standardizzato mira a creare processi e procedure ripetibili, affidabili e capaci che rendono possibile il raggiungimento del miglioramento.

“Una corretta procedura standard non può semplicemente essere descritta da una scrivania. Deve essere provata e rivista molte volte nell'impianto di produzione. Inoltre deve essere una procedura che tutti possono riconoscere e comprendere a vista. Affinché gli operatori che lavorano alla produzione siano capaci di stendere un foglio di lavoro standard che gli altri possano capire, è necessario che essi siano convinti dell'importanza di ciò che stanno facendo” (Ōno, 1978).

Uno standard non può che partire dal diretto interessato che, quotidianamente, realizza la propria attività lavorativa. Un modello operativo non può rimanere fermo nel corso del tempo ma, deve evolversi e progredire in base al concetto di miglioramento continuo che permea la vita aziendale di tutti i giorni.

Un processo operativo si definisce standardizzato in maniera opportuna quando si riesce a documentare l'esperienza realizzata anche attraverso strumenti di conoscenza aziendale come pratiche checklist che serviranno ai supervisori per monitorare che tutto sia eseguito correttamente.

Come evidenziato in Figura 1.2, il processo di standardizzazione di un'attività produttiva parte dall'analisi del processo, la cadenza che esso esprime, gli spazi e le operazioni in sequenza che dovranno essere realizzate ed infine dal mantenimento di questi standard. Tutto sempre all'interno di una visione di continuo miglioramento (Kaizen).

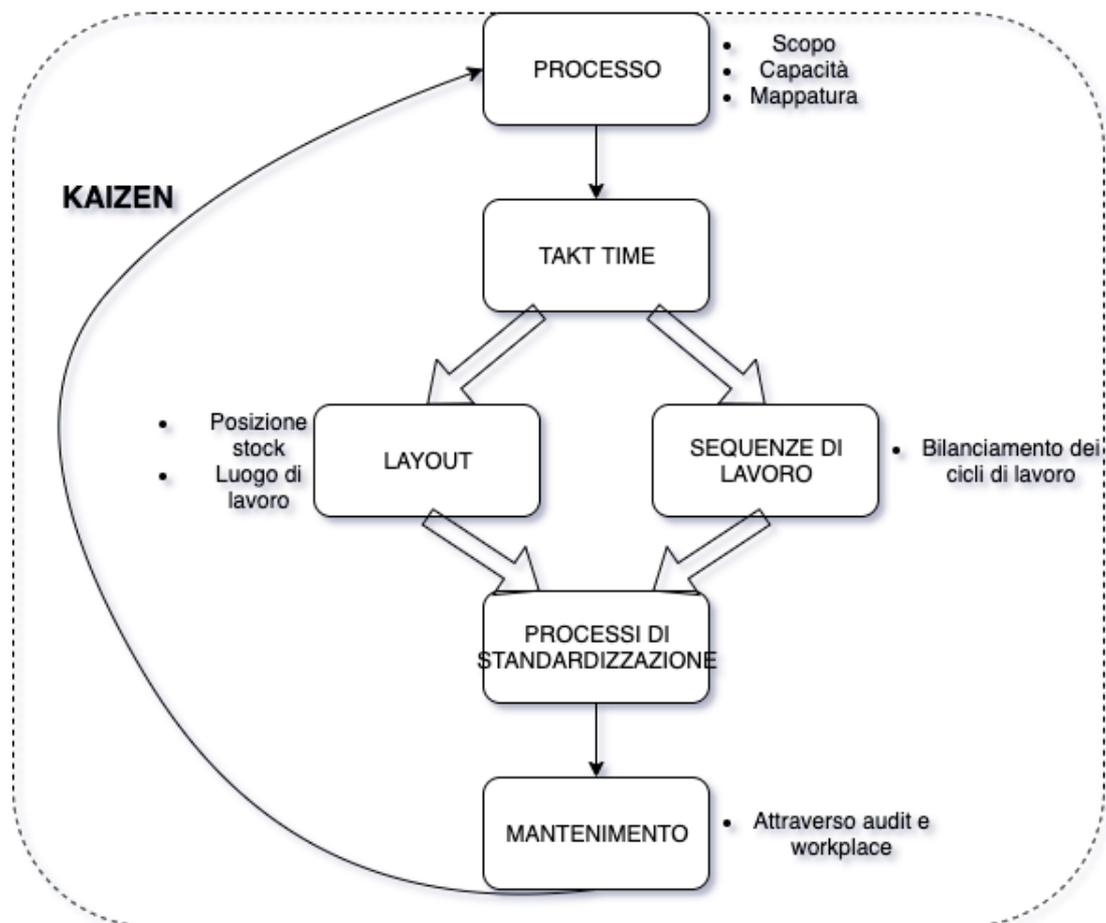


Figura 1.2 Il processo di standardizzazione aziendale (Bicheno and Staudacher, 2009)

### 1.1.3 La qualità in un approccio Lean

Toyota ha ottenuto gran parte del suo successo riuscendo a ottimizzare quello che per altri era difficile gestire: ovvero lo spreco. Tre sono i termini che in Giappone si evidenziano nella gestione di un processo “snello”:

- Muda (spreco);
- Muri (sovraccarico);
- Mura (variabilità).

Queste tre parole, tra loro interconnesse, descrivono quelli che sono i principali problemi che un processo può evidenziare. Spesso ci si sofferma esclusivamente su uno di questi elementi tralasciando i restanti ma, in questi casi, un intervento parziale non permette di ottenere risultati tangibili e duraturi.

In letteratura si parla di 7 sprechi principali che sono (Ōno, 1978):

- **Spreco della sovrapproduzione:** inteso come lo spreco del voler fare più di quanto richiesto. Ha forti ripercussioni sul regolare andamento del flusso produttivo e spesso porta ad incremento delle scorte.
- **Spreco delle attese:** ossia lo spreco del tempo. Esso impatta negativamente sul flusso e sulla possibilità di aumentare il valore del prodotto realizzato.
- **Spreco dei movimenti non necessari:** più saranno i movimenti non necessari per realizzare un prodotto/semilavorato, minore sarà il vantaggio economico che si potrà trarre. Questo spreco interessa sia l'occupazione degli spazi del layout aziendale, sia gli operatori, le loro postazioni e le relative attività prestate.
- **Spreco del trasporto:** maggiore è la movimentazione di un pezzo e maggiori sono le probabilità di danno o deterioramento dello stesso. Risulta chiaro che per mantenere elevato il risultato produttivo in termini qualitativi è bene ridurre al minimo le distanze di trasporto interne all'azienda.
- **Spreco del sovra-processamento:** indica l'errore che può verificarsi in fase di progettazione di una linea di lavorazione quando si inseriscono macchinari molto complessi e performanti senza tenere in considerazione facilità di manutenzione, flessibilità produttiva e adattabilità ai macchinari preesistenti.
- **Spreco delle scorte:** inteso come il numero eccessivo di elementi prodotti a difesa di alcune risorse critiche. La scorta è nemica della qualità e della produttività in quanto occupa spazio utilizzabile diversamente ed immobilizza notevole quantità di denaro, ponendo l'azienda a rischio di un deterioramento del valore nonché di obsolescenza del prodotto.
- **Spreco dei difetti:** il difetto è un elemento di poco conto se riscontrato e corretto immediatamente ma, ha un impatto di incremento esponenziale sui costi tanto maggiore quanto più tardi viene scoperto lungo il processo produttivo.

Tutti questi elementi evidenziati nell'ottica di una ricerca di miglioramento qualitativo della produzione sono tenuti assieme da un altro concetto primario della TPS che è quello del Genba. Il Genba è "il luogo dell'azione", è l'elemento che consente di realizzare al meglio gli interventi in ottica di miglioramento continuo della qualità ed è un approccio che spinge ogni soggetto responsabile in azienda ad affrontare le problematiche presentandosi sempre e costantemente nel luogo in cui avvengono.

È un metodo “learning to see” che spinge gli addetti a porsi quotidianamente domande sul perché si siano verificate talune situazioni e quali possano essere le possibili soluzioni. In sostanza è una tecnica che cerca di stimolare gli operatori a risolvere i problemi cercando talvolta di prevenire il loro verificarsi.

Ad esempio la visual management è un tema chiave nelle operazioni Lean in quanto è una logica che mira a rendere visibili i problemi per ottenere una più rapida velocità di risposta.

#### **1.1.4 Riorganizzazione del layout**

Spesso uno dei problemi di efficienza di una linea produttiva è la cattiva progettazione del layout. Il layout, infatti, deve essere pensato per rendere il flusso dei prodotti lavorati quanto più funzionale all'attività degli operatori ed in base al tipo di lavorazioni che devono essere compiute.

Come già accennato nel paragrafo 1.1.1, ogni movimentazione non necessaria è un costo che il cliente non è disposto a pagare in quanto è relativo ad un sistema interno inefficiente. Buona parte del miglioramento che un responsabile di produzione può realizzare in un'azienda è basata sul minimizzare i tempi a non valore aggiunto nel ciclo produttivo, a vantaggio di quelli che creano valore per il cliente in termini di prodotto finale.

Si possono distinguere:

- **Attività a valore aggiunto:** le uniche che il cliente è disposto a pagare e che portano ad un incremento di valore nel bene che poi verrà consegnato od offerto al cliente;
- **Attività non a valore aggiunto, ma necessaria:** sono attività che inevitabilmente esistono all'interno di un flusso produttivo ma che non è possibile eliminare. Un esempio è il trasporto dei beni verso la destinazione finale del cliente;
- **Attività non a valore aggiunto e non necessaria:** sono attività che non creano valore per il cliente e che contestualmente non sono necessarie. Queste tipologie di attività sono da eliminare o da ridurre al minimo in quanto sono espressione di inefficienza.

Una buona organizzazione del layout consente di agevolare l'eliminazione di inefficienze sia in termini di movimentazioni interne dei semilavorati (non eccessive movimentazioni a vuoto), sia in termini di movimenti degli operatori e attrezzaggi dei banchi di lavoro (ridurre le attività inefficienti degli operatori).

Uno dei metodi più efficaci per valutare il tempo complessivo di realizzazione di un prodotto all'interno di un processo produttivo è quello di realizzare una mappatura. In termini tecnici si

parla di Value Stream Mapping (VSM), uno strumento che pone in essere un confronto tra uno stato attuale (Current State Map) ed uno futuro (Future State Map).

Lo scopo primario per realizzare una mappatura è quello di avere una visione complessiva dei tempi durante le varie fasi interne. La costruzione di una VSM richiede l'attuazione di sei step (Lean Company - Q&O consulting, 2018):

- 1) Disegnare lo stato attuale (Current State Map) soffermandosi sulle famiglie di prodotti che presentano fasi lavorative in comune e differenziare i flussi di materiali dai flussi di informazioni;
- 2) Identificare sprechi/problemi nel flusso raccogliendo dati e informazioni direttamente dove si svolgono le operazioni. Tra le informazioni più importanti da recuperare c'è il tempo ciclo, il tempo di attrezzaggio e la dimensione del lotto;
- 3) Disegnare lo stato futuro (Future State Map) sottolineando il tempo "a valore" contenuto nel lead time complessivo;
- 4) Pianificare e definire le azioni per passare dallo stato attuale a quello futuro;
- 5) Implementare le azioni, soffermandosi sull'eliminazione dei tempi "a non valore aggiunto";
- 6) Monitorare i risultati ed eventualmente ripartire.

Il principale scopo di questa procedura è quello di pensare all'attività produttiva secondo una logica di flusso. In tal modo l'efficienza e l'efficacia degli interventi sarà chiara a tutti e andrà osservata non più sulla singola postazione ma in termini complessivi.

Una volta fatto ciò, si definiscono gli obiettivi e le performance che si vogliono ottenere e si valutano le zone che maggiormente risultano critiche. Il risultato finale che si ottiene è quello di avere un disegno schematizzato, come si vede nell'esempio in Figura 1.3, in cui sono inseriti tutti i riferimenti in termini di processo e di tempo utilizzato/impiegato dal fornitore fino al cliente finale. Tale strumento si accosta bene al tema del Genba, in quanto può risultare utile andare direttamente sul "campo di battaglia" per rendersi conto dell'esistenza di alcune zone poco chiare nel processo in cui si elevano i "tempi a non valore aggiunto".

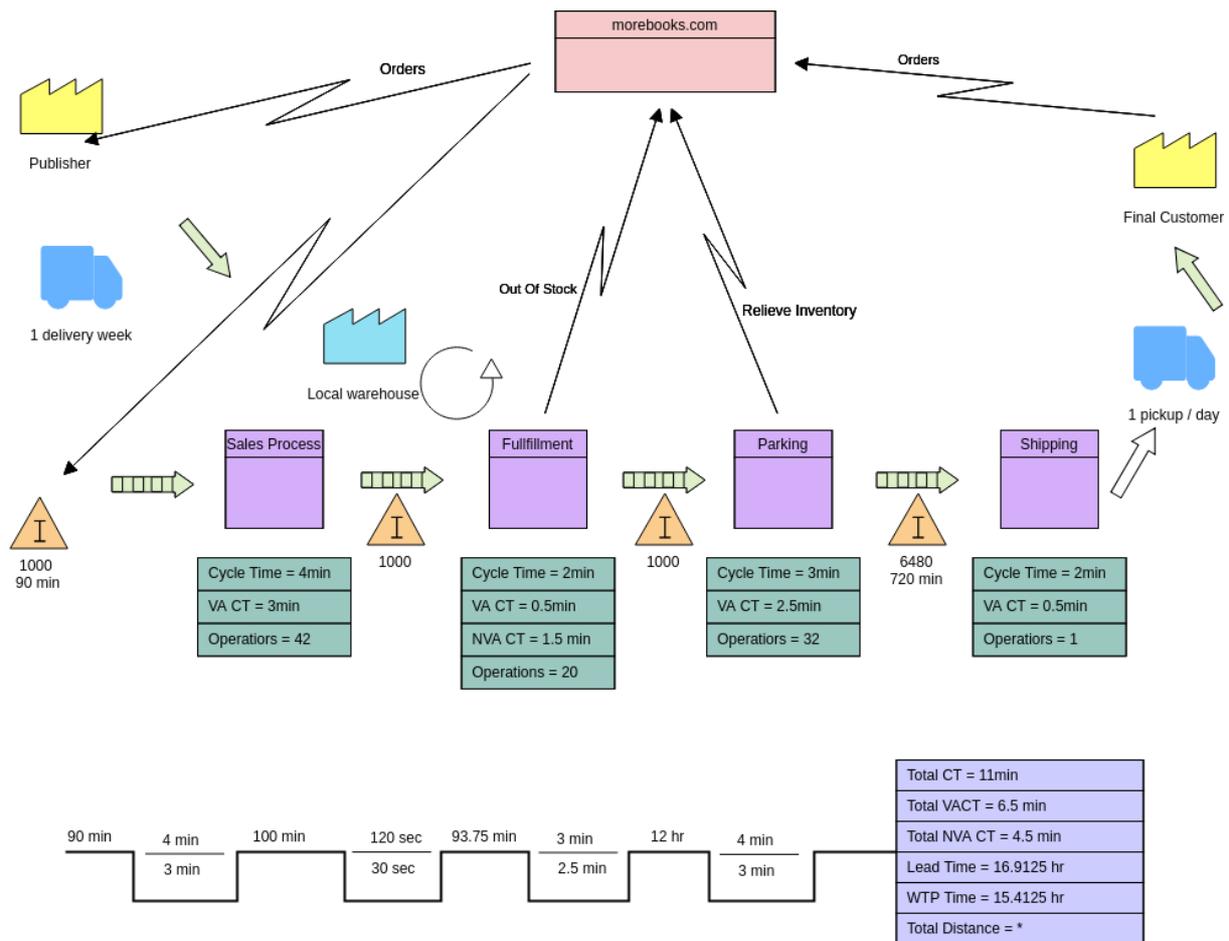


Figura 1.3 Esempio di rappresentazione di una mappatura all'interno di un'attività di Value Stream Mapping (VSM) (Kumar, et al., 2018)

La VSM agevola, inoltre, la possibilità di avere un atteggiamento responsabile nei confronti dell'intera supply chain. Come afferma Martin Christopher, studioso e professore di marketing e logistica all'università di Cranfield, "oggi giorno a competere è la Catena del Valore, non le aziende prese individualmente" (Christopher, 2004).

Tale riflessione trova concreta applicazione se si pensa al fatto che la grande efficienza operativa di un'azienda, richiede un simile atteggiamento sia a monte che a valle affinché il cliente finale possa comprenderne il reale valore generato; quindi tutti devono collaborare per uno stesso scopo finale.

### 1.1.5 Caratteristiche del supermarket

Il supermarket è un magazzino a scaffali con cassette recanti tutti i materiali/componenti necessari per la produzione all'interno di una o più isole (Cagliano, 2017). È un deposito di scorte dove gli operatori di linea vanno a recuperare i componenti necessari per realizzare l'attività produttiva. I contenitori sono prelevati dal supermarket secondo una logica First In First Out (FIFO) per effetto della struttura a gravità. La sua conformazione consente infatti di inserire i contenitori utilizzati in un ripiano inclinato opposto a quello in cui si realizza il prelievo (Figura 1.4). La coda di contenitori vuoti funge da segnale per gli operatori interni di necessità di ripristino della scaffalatura considerata e consente di avere informazioni sul reale consumo di componenti.

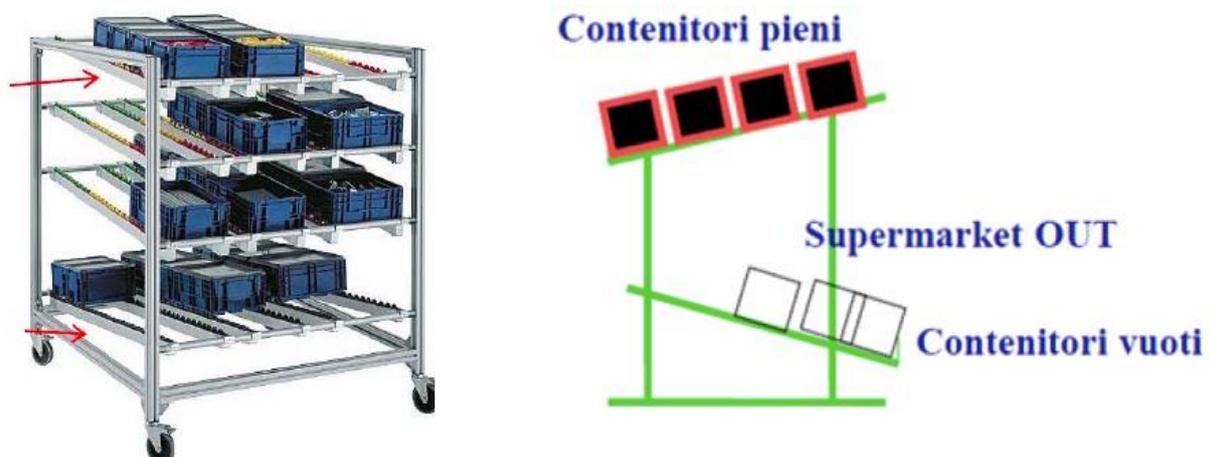


Figura 1.4 Esempio di struttura di una scaffalatura supermarket a gravità (Cagliano, 2017)

Un magazzino supermarket deve considerare necessariamente il consumo medio dei componenti che si ha interesse ad inserire. In funzione di questo assunto si realizza un dimensionamento ideale al fine di ottemperare alla cruciale tematica TPS del flusso teso (pull). Il flusso teso presuppone l'assenza di elementi di scorta durante il processo produttivo. La questione della scorta diventa problematica nei casi di produzioni aventi più tipologie di prodotti che richiedono una realizzazione a lotti. Produrre a lotti equivale, secondo la filosofia Lean, a sovrapproduzione. Idealmente, infatti, i lotti non dovrebbero esistere ma, in ogni realtà aziendale ci si trova a far fronte a questa situazione di gestione della giusta alternanza. Un iniziale dimensionamento dei lotti diventa perciò l'obiettivo ideale da perseguire al fine di ottimizzare i flussi e inserire al meglio un magazzino supermarket.

Nell'ipotesi di avere X prodotti da realizzare su di uno stesso macchinario, è possibile andare a definire il termine "EPE" come l'elemento indicante un ciclo regolare produttivo degli X

elementi diversi. La regolarità dell'EPE porta grandi vantaggi per la standardizzazione del lavoro, la qualità ed i tempi di set up. Inoltre, il principio alla base di un lotto EPE è quello di “fare un lotto il più piccolo possibile, facendo quanti più set up possibili nel tempo a disposizione” (Bicheno and Staudacher, 2009). Tuttavia il tempo di set up può risultare troppo dispendioso per un'alternanza del mix produttivo per cui è necessario trovare il giusto trade-off tra produzione a lotti e produzione per singola unità di prodotto. A tal fine si introduce il calcolo del tempo di produzione di ogni pezzo e di ogni intervallo, il cosiddetto EPEI (every part every interval).

L'EPEI riflette l'intervallo di tempo calcolato in giorni per completare un ciclo produttivo di un certo numero di lotti che condividono lo stesso macchinario. L'EPEI è definito come tempo totale di set up per sequenza EPE, diviso il tempo disponibile giornalmente per la produzione al netto dei tempi di set up e di interruzione dell'attività produttiva.

$$EPEI = \frac{\text{Tempo totale di set up per ciclo EPE}}{\text{Tempo netto disponibile al giorno per la produzione}}$$

L'obiettivo è cercare di mantenere il valore di EPEI tendenzialmente basso (al limite unitario), in modo da consentire una dimensione dei lotti quanto più omogenea possibile. Un valore eccessivamente basso di tale indicatore potrebbe tuttavia segnalare un notevole incremento dei tempi di set up e, questo potrebbe essere non facilmente governabile in un mercato diversificato e rapido come quello attuale (Rhamel, 2013).

È quindi consuetudine estendere le analisi sull'EPEI, valutando sia il grado di saturazione della risorsa considerata all'interno del processo produttivo, sia il valore medio della domanda del mercato su di un orizzonte di tempo medio/lungo.

L'eccessiva saturazione della risorsa richiede, secondo le norme dettate dalla teoria dei vincoli, una riduzione del numero dei singoli lotti circolanti, al fine di diminuire i tempi di riattrezzaggio. Tale vincolo può, tuttavia, essere bypassato per le risorse meno critiche su cui invece è possibile attuare uno studio della dimensione ottimale del contenitore utilizzabile (Bicheno & Staudacher, 2009).

Questo dimensionamento richiede l'utilizzo di alcune informazioni essenziali come il valore di domanda media, il tempo ciclo, il tempo di set up e la capienza del contenitore per ottenere,

in output, il numero di contenitori necessari che garantiscono l'attività produttiva ottimale. È così che si arriva ad un corretto dimensionamento della scaffalatura supermarket.

Il calcolo è quindi realizzato considerando il consumo medio dei componenti all'interno di un contenitore, la dimensione e la capacità dello stesso, il tempo di riapprovvigionamento e la domanda giornaliera che è necessario evadere.

In base a queste informazioni si vanno a definire, in aggiunta, quattro elementi di scorta:

- **Buffer di scorte:** protegge contro la variabilità di breve periodo della domanda del cliente (relativa ai prodotti finiti);
- **Scorta di sicurezza:** protegge contro problemi di processo;
- **Quantità di lotti:** calcolo relativo al quantitativo necessario da tenere in scorta in funzione dell'alternanza di prodotti che circolano sullo stesso macchinario e che richiedono un certo quantitativo di tempo di riattrezzaggio;
- **Scorta in funzione della domanda durante il periodo di riapprovvigionamento:** è il quantitativo necessario per coprire il tempo necessario per il trasporto di un nuovo contenitore pieno al supermarket.

Un supermarket è quindi un mezzo che consente il rispetto del FIFO in un'ottica di flusso "tirato" dalle richieste del cliente "a valle". Ciascuna fase lungo la linea produttiva ha il suo cliente "a valle", fino ad arrivare, dopo tutti i passaggi, al cliente finale.

Con tale scaffalatura è possibile, inoltre, puntare ad un livellamento dei quantitativi stoccati in funzione dei consumi che sarà possibile monitorare più agevolmente.

Tutto ciò conduce alla definizione del ritmo di produzione che è il Takt Time. Questo elemento definisce il tempo necessario a produrre un singolo componente o l'intero prodotto, noto anche come ritmo delle vendite, ed è definito dal rapporto tra tempo totale disponibile al giorno diviso la domanda media giornaliera.

$$Takt\ Time = \frac{TEMPO\ TOTALE\ DISPONIBILE/GIORNO}{RICHIESTA\ CLIENTE/GIORNO}$$

Per calcolare il takt time occorre dunque definire l'orizzonte temporale per il quale si vuole calcolare tale tempo, il volume di vendita previsto nel periodo precedentemente stabilito e il tempo lavorativo a disposizione, al netto delle pause programmate.

È fondamentale ricordare come il takt time si possa definire il metronomo del flusso di prodotti ed è fondamentale per la mappatura delle attività operative Lean prima analizzate (AlvarezI and Antunes Jr., 2001).

Tale parametro risulta essere molto importante in fase di analisi dell'effettivo valore di lead time aziendale da perseguire in fase di progettazione.

È conveniente, inoltre, confrontarlo con il tempo ciclo, (*Cycle time*), in quanto dal rapporto di tempo ciclo e takt time si ricava il numero di operatori necessari da inserire all'interno di una cella produttiva.

In sostanza quindi si possono distinguere questi tre diversi tempi, tra loro simili ma aventi ognuno uno specifico significato:

- Il *lead time*, è il tempo che inizia quando parte la richiesta del cliente e finisce con la consegna del prodotto;
- Il *cycle time*, è il tempo che individua la capacità meccanica del processo, analizzando tutte le fasi di operazioni fisiche che portano al prodotto finito, come si può vedere dalla Figura 1.5;
- Il *takt time*, è il tempo che aiuta a stabilire con precisione, invece, il ritmo che il prodotto deve tenere nelle varie fasi di attraversamento lungo la linea produttiva.

Quindi il tempo necessario a completare il lavoro in ogni fase deve essere minore del takt time, in modo tale da completare il prodotto nei tempi che soddisfano la domanda.

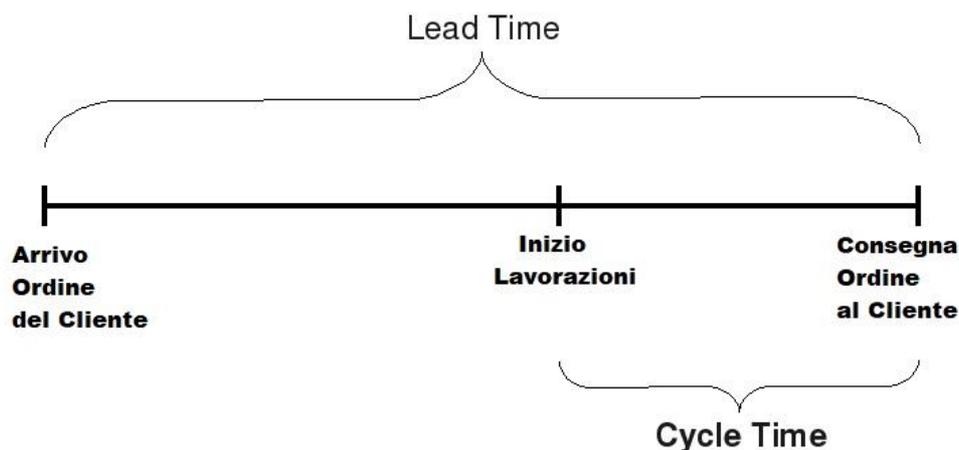


Figura 1.5 Schema distintivo tra Lead Time e Cycle Time

## 1.2 Letteratura scientifica

Nei seguenti sotto-paragrafi si approfondiranno alcune delle tematiche più importanti di questo elaborato. L'intento è quello di offrire una panoramica delle principali attività di ricerca e delle applicazioni di metodi e modelli che sono attualmente praticate nel mondo scientifico.

### 1.2.1 L'asservimento delle linee di produzione: il Supermarket

L'attuale trend della mass-customization nel settore dell'automotive ha condotto ad una notevole crescita nel numero di varianti e personalizzazioni richieste dal mercato. Questo ha portato ad un incremento delle politiche riguardanti l'asservimento delle linee produttive rendendo l'industria manifatturiera progressivamente sempre più un ambiente avente una forte competizione (Klug, 2010; Boysen et al., 2007).

Un caso studio presentato da Limère ed altri nel 2012 rivela come all'interno di un'azienda di realizzazione di veicoli pesanti su strada vi sia la necessità di gestire quotidianamente un numero di circa 8000/9000 componenti (Limère et al., 2012). In questo contesto, fortemente competitivo, si inserisce l'esigenza di essere maggiormente performanti in ogni fase dell'attività produttiva e, in particolare, si evidenziano le tematiche che riguardano i costi della logistica interna. Come già detto nel paragrafo 1.1.4, tutti i tempi in cui un semilavorato non è direttamente lavorato da un operatore o da un macchinario sono tempi a "non valore aggiunto" e questi tempi, qualora non gestiti opportunamente, rientrano nel conto delle inefficienze della gestione produttiva.

Il supermarket è un elemento che consente di intervenire su tale tema e contestualmente sul tema dell'eccesso di scorte che, spesso, si riscontrano in azienda ed in particolare a bordo linea. Questo strumento è definibile come una sorta di buffer decentralizzato e posizionato all'interno dell'area produttiva dove il flusso continuo non è possibile (Shou et al., 2017).

Il supermarket è un tema di recente interesse ed applicazione. È infatti nell'ultimo decennio che si sono portati avanti numerosi studi di natura quantitativa sia sul dimensionamento che sul posizionamento di questa scaffalatura di disaccoppiamento tra magazzino centrale e linea produttiva.

Nourmohammadi e Eskandari (2018) hanno trattato simultaneamente di queste problematiche relative alla localizzazione del supermarket e al bilanciamento del processo di alimentazione delle linee. Essi hanno realizzato un modello matematico, all'interno di uno specifico caso aziendale, per evidenziare come l'inserimento di un'area di stoccaggio di natura supermarket

riesca ad ottenere vantaggi in termini di tempi di trasporto e di produzione finale. I risultati, calcolati in un lungo intervallo di tempo, hanno consentito di evidenziare una minimizzazione dei costi complessivi dovuta ad una corretta valutazione del numero di locazioni da destinare a questa scaffalatura.

Una delle sfide più significative degli ultimi anni è quella di riuscire a realizzare un sistema di fornitura affidabile e flessibile in grado di evitare qualsiasi rischio di assenza di componenti al fine di garantire continuità produttiva. Tuttavia non si deve correre il rischio opposto di incrementare l'utilizzo dello spazio in stabilimento con uno smodato incremento dello stock (Emde and Boysen, 2012). Con il Supermarket si riesce a ridurre lo stoccaggio vicino la linea di produzione riducendo la dimensione dei contenitori movimentati all'interno dell'impianto ed evitando lunghi e frequenti viaggi da e verso il magazzino centrale. Si può inoltre definire il supermarket come "una zona logistica decentralizzata prossima alla linea" (Faccio et al., 2013), che consente agli operatori di rifornirsi rapidamente ed in maniera ergonomica di tutto ciò che necessitano.

Secondo Emde e Boysen (2012) la tematica del supermarket va affrontata in base a queste quattro dimensioni:

1. **Locazioni:** determinare il numero di locazioni o di scaffalature da inserire;
2. **Dimensionamento:** decidere il numero di carrelli (tow train) dedicati ad uno specifico supermarket;
3. **Schedulazione:** definire il percorso migliore che ogni tow train dovrà seguire durante la fase di rifornimento linea;
4. **Caricamento:** scegliere il tipo ed il numero giusto di unità d'imballo al fine di minimizzare i costi di scorta ed i rischi di stock-outs.

Nel modello realizzato da Faccio (2013), sono inseriti i quattro punti prima descritti all'interno di un framework ottimizzato (Figura 1.6).

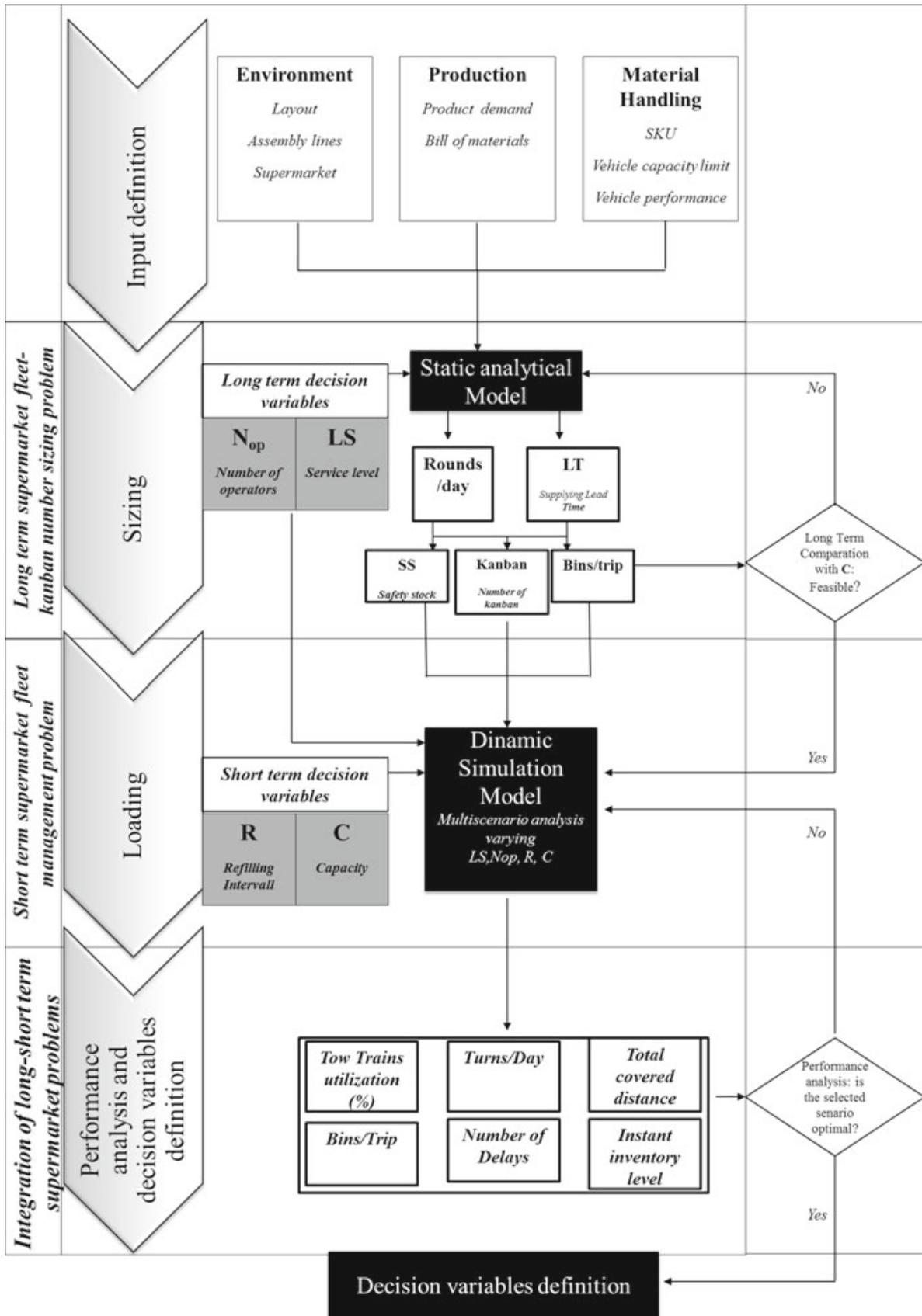


Figura 1.6 Processo di dimensionamento ed inserimento in produzione di una scaffalatura supermarket (Faccio et al., 2013)

Tale modello richiede un'attenta analisi di scelta degli input (spazi, supermarket, stock keeping unit, distinta base, domanda del mercato...) per ottenere in output, in funzione di un determinato livello di servizio voluto, la capacità ottimale del contenitore da utilizzare internamente; il numero di operatori e i viaggi necessari; l'intervallo di tempo tra due attività di refill delle linee produttive.

Altri autori hanno posto l'attenzione sulla tipologia di componenti da rifornire. La convenienza di una tecnica di asservimento della linea piuttosto che di un'altra dipende dal tipo di componente.

Caputo, Pelagagge e Salini in un loro studio del 2016, hanno sottolineato questo tema soffermando la loro attenzione sull'analisi di tre tecniche di asservimento linea: stoccaggio direttamente in linea, Just in Time a partire da un supermarket e Kitting (Caputo et al., 2016).

Una politica JIT risulta essere il modello vincente quanto a convenienza economica, ma non è sempre applicabile. Quando è molto elevato il peso dei componenti è consigliabile il ricorso ad uno stoccaggio in linea, risultando "costoso" e "impegnativo" provvedere al rifornimento ogni qual volta ce ne sia necessità. Il kitting risulta profittevole, invece, esclusivamente per elevati volumi e costi dei componenti in quanto è una procedura poco conveniente a causa dei costi elevati di prelievo e preparazione del kit. Ciò la rende la tecnica più difficile da attuare.

Lo stoccaggio in linea è invece consigliato quando il peso degli item è notevole e risulta quindi "costoso" ed impegnativo provvedere al rifornimento ogni qual volta emerga una necessità.

Nel 2019 lo studioso Reinhard Baller partendo dai risultati ottenuti da Caputo (2016), arricchisce il modello di analisi, introducendo, per la prima volta, la variabile "distanza percorsa" tra supermarket e linea produttiva (Baller et al., 2019). Baller considera le diverse tecniche di asservimento linea non tralasciando mai il tema del trasporto che in taluni casi risulta fondamentale. Per realizzare un rifornimento linea attraverso una tecnica milk-run è infatti necessario tener presente non solo il tipo di bene prelevato, ma anche il costo logistico di movimentazione con i relativi vincoli derivanti. Come si può vedere dalla Figura 1.7, i costi per la preparazione di un supermarket sono essenzialmente legati a tre tipologie di tempi:

- Tempo necessario di gestione degli scaffali.
- Tempo totale medio di movimentazione/spostamento.
- Tempo per recuperare tutte le parti preparate nel supermarket.

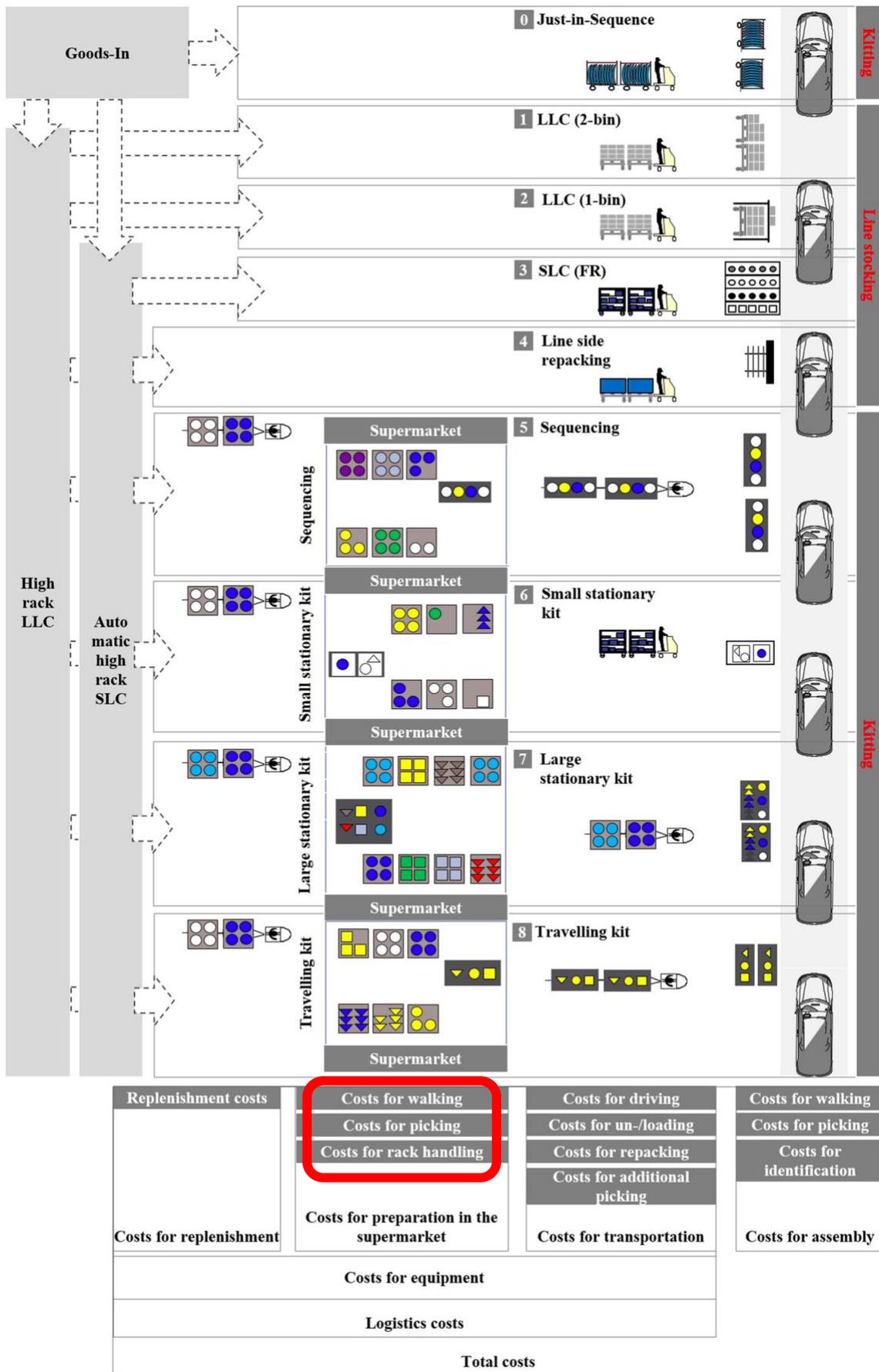


Figura 1.7 Schema delle principali tecniche di asservimento linea con evidenziazione dei relativi costi aziendali (Baller et al., 2019)

Il risultato di tale studio ha confermato in linea di massima le ipotesi testate da Caputo (2016), offrendo uno spunto aggiuntivo sulla possibilità di gestione mixata dei componenti in magazzino. In sostanza la convenienza di ogni tecnica di asservimento linea dipende dal bene considerato e dal tipo di movimentazione che sarà necessario realizzare.

### **1.2.2 La gestione dei flussi di materiali tra magazzino e area produttiva: il tema del layout**

Il sistema di gestione dei magazzini gioca un ruolo fondamentale nell'intero processo della supply chain. La progettazione di un magazzino e del layout d'impianto produttivo deve garantire la maggior flessibilità possibile ai cambiamenti in quanto, a causa di fattori di grande volatilità come i trend di mercato ed i cambiamenti nelle strategie aziendali, rischierebbe di risultare inefficiente.

L'utilizzo corretto degli spazi è alla base della competitività. In particolar modo la logistica è uno dei fattori critici su cui si sta intervenendo negli ultimi anni per ridurre sempre più i costi derivanti dalla sua attività. Il costo operativo di un item è gravato dal costo a non valore aggiunto che deriva dalla propria movimentazione (sia internamente che esternamente all'azienda). I costi operativi di un magazzino ed in generale di un sistema di asservimento delle linee sono un'espressione di quanto un'azienda possa essere efficiente e competitiva a livello internazionale (Yener and Yazgan, 2019).

L'utilizzo di un modello di gestione dei magazzini attento ai costi che si generano durante gli spostamenti interni dei prodotti, può consentire il raggiungimento di un risparmio in termini monetari anche significativo ma, richiede la partecipazione di tutti i membri interessati. Yener evidenziò nel suo studio che, dal lavoro congiunto di managers e carrellisti, si debbano ricercare gli elementi critici e tra questi è possibile individuare il collo di bottiglia. È fondamentale ricordare che l'impatto negativo di un collo di bottiglia all'interno di un'attività produttiva mostra i suoi effetti sia in termini di ridotti volumi produttivi che di scarsa efficienza e produttività. Lo studio portò, tuttavia, alla simulazione di 12 differenti scenari che evidenziarono come anche un ridotto numero di interventi sulla tipologia di layout aziendale possa far ottenere risultati soddisfacenti. In particolar modo il collo di bottiglia mise in luce un posizionamento inadeguato dei componenti all'interno delle scaffalature e dell'impianto. Infatti molti prodotti utilizzati con elevata frequenza risultavano posizionati lontano dall'area di allestimento del supermarket e questo causava inefficienza sia in termini di spazi percorsi complessivamente, sia di tempo di attesa per un rifornimento linea.

Meller, affrontando simili problematiche di layout in un contesto americano, constatò che un'efficiente progettazione delle postazioni di prelievo e scarico consentono una riduzione media del 10-30% annua dei costi di logistica interna (Meller and Gau, 1995).

È di recente interesse lo studio di molti sistemi di ottimizzazione dei percorsi (routing) aziendali. I veicoli che si muovono all'interno di un'area produttiva necessitano di un percorso da seguire prestabilito e conformato alle caratteristiche del layout considerato. Molto delicata è la gestione del milk-run dal magazzino centrale alle diverse stazioni di arrivo. I mezzi utilizzati sono principalmente carrelli o "treni a vagoni" (tow train) e la loro funzionalità è quella di riuscire a collegare punti distanti in azienda con il magazzino centrale. Per consentire un più rapida alimentazione delle linee si è soliti rifornire questi treni all'interno di supermarket decentrati (Battini et al., 2010).

Alnahhal, in uno studio realizzato nel 2013 evidenzia come sia necessario prevedere uno studio sulla tipologia di componenti trasportati, sul percorso da realizzare e sulla schedulazione settimanale di un'azienda, per dimensionare un sistema di alimentazione delle linee produttive efficace (Alnahhal and Noche, 2013).

Il bilanciamento corretto tra inserimento dei supermarket e valutazione dei percorsi e delle dimensioni dei mezzi circolanti internamente ad un'azienda, consentono di ottenere un risparmio dello spazio utilizzato (Emde and Boysen, 2012). Tale risparmio si esprime anche in una comodità ergonomica di lavoro per gli operatori che potranno utilizzare degli specifici contenitori standardizzati (in base alle caratteristiche dimensionali della scaffalatura supermarket). Una gestione del problema del trasporto (routing) e del problema della schedulazione dei pezzi tra linea e supermarket, consente di ottenere miglioramenti in termini della regolarità interna dei flussi. Emde e Boysen (2012) riuscirono inoltre a realizzare un modello dinamico di programmazione del percorso ottimale, in funzione di determinati vincoli di trasporto e di spazio, che offrono uno spunto sull'importanza della gestione dei mezzi all'interno di un layout dedicati all'asservimento della linea.

Altri studi hanno evidenziato come la realizzazione di un cambio di layout possa portare ad una riduzione del WIP grazie ad un corretto utilizzo dei componenti presenti in un supermarket (Savino and Mazza, 2014). In particolare, la scelta di posizionamento di una scaffalatura supermarket in base ad uno dei quattro tipi di layout descritti nello studio di Savino (2014), può consentire numerosi vantaggi in termini di controllo e di riduzione al minimo di sprechi ed inefficienze.

Gestire opportunamente il layout diventa un elemento cardine per dare un corretto incentivo all'attività produttiva.

### **1.2.3 Gli strumenti della Lean: efficacia e potenzialità di applicazione all'interno di casi studio**

“La Lean Production può essere definita come una strategia produttiva basata su un set di strumenti che aiutano ad avere una riduzione dei costi eliminando le attività a non valore aggiunto” (Selçuk, 2013).

Il concetto di Lean ha assunto negli anni diverse accezioni in funzione del tipo di obiettivo che ogni studioso ha avuto interesse ad approfondire. Il principio fondamentale resta comunque quello di ridurre gli sprechi e contestualmente fare continui miglioramenti a piccoli passi. Si parla spesso infatti di Lean-Kaizen come strumento di simultaneo raggiungimento di eccellenza in qualità, costi e spedizioni, in cui ogni individuo è partecipe alle attività che realizza e gli obiettivi dell'azienda sono strutturati verso un miglioramento continuo (Kumar et al., 2018).

Nel suo studio Kumar (2018), partendo dai principi Lean, sviluppa una VSM che, come precedentemente descritto nel paragrafo 1.1.4, è una procedura di confronto tra stato attuale e futuro focalizzandosi sul valore che si genera in ogni step. Lo strumento utilizzato ha evidenziato notevole efficacia nel caso analizzato in quanto ha consentito di ottimizzare l'utilizzo delle risorse umane e fisiche, ridurre il lead time di produzione e raggiungere una produzione livellata. Tuttavia si è evidenziato come l'applicazione di una di queste tecniche richieda l'analisi e la comprensione dell'intero sistema affinché si possano ottenere i massimi benefici (Kumar et al., 2018).

La filosofia del Lean Manufacturing cerca di ottenere una riduzione delle attività a non valore aggiunto puntando ad ottenere un miglioramento in termini di qualità e performance (Antunes and Sousa, 2013).

La logistica si ricollega al più ampio tema della gestione di una supply chain che rappresenta, invece, un sistema composto di persone, attività, informazioni e risorse interconnesse e con l'obiettivo di creare un prodotto al fine di spedirlo al proprio cliente. Come già descritto nel paragrafo 1.1.4, è possibile identificare tre tipologie di attività all'interno di un processo. Secondo Womack e Jones (2003) i rapporti in peso percentuale di queste tre attività sono: 5% attività che aggiungono valore reale al prodotto, 35% attività che sono necessarie ma che non aggiungono valore e 60% attività non necessarie.

Risulta evidente che l'utilizzo degli strumenti Lean debba servire per ridurre l'impatto di quelle attività necessarie ma a “non valore aggiunto”, riuscendo al contempo ad individuare ed eliminare quelle non necessarie.

Realizzando flussi tesi alimentati da un treno logistico di tipo “milk-run”, si agevola il risparmio di spazio in magazzino e di stock in linea. Tale sistema di rifornimento consente risultati molto soddisfacenti se affiancato ad un sistema supermarket con kanban. Uno dei sistemi più applicati è il “two bin system” in cui si realizza un asservimento linea in base allo svuotamento di un contenitore posizionato sulla linea. In questo modo si riducono gli sprechi durante il trasporto consentendo un’ottimizzazione del ciclo di fornitura (Antunes and Sousa, 2013).

La propagazione del pensiero Lean evidenzia un impatto diverso anche in base al tipo di contesto in cui si inserisce. Ad esempio nelle piccole e medie imprese risulta complesso poter ottenere risultati positivi in poco tempo, in quanto solitamente sono ambienti in cui vi è bassa produttività e flessibilità, basse performance produttive ed elevato stoccaggio (Yadav et al., 2019).

Questo in parte è dovuto ad un contesto dove si ha una preferenza verso un orientamento strategico di breve durata; mancanza di spirito di iniziativa e di nuove tecnologie; difficoltà di accesso a finanziamenti; leadership inefficace e dalle skills non adeguate (Yadav et al., 2019). Tuttavia gli studi hanno evidenziato che l’implementazione di tecniche Lean (VSM, pull-kanban, Visual management, 5S, 6sigma...) riduce il tempo di flusso consentendo incrementi significativi sul livello di servizio offerto al cliente.

Con i principi Kaizen è stato anche possibile osservare una riduzione media dei costi unitari oltre che la possibilità di recupero spazio superficiale in area produttiva ed una migliore rete comunicativa (Yadav et al., 2019).

Come si vede in Figura 1.8, gli strumenti Lean all’interno del framework consentono di avere impatti sui 4 pilastri di un’attività produttiva: ambito operativo, finanziario, sociale e ambientale.

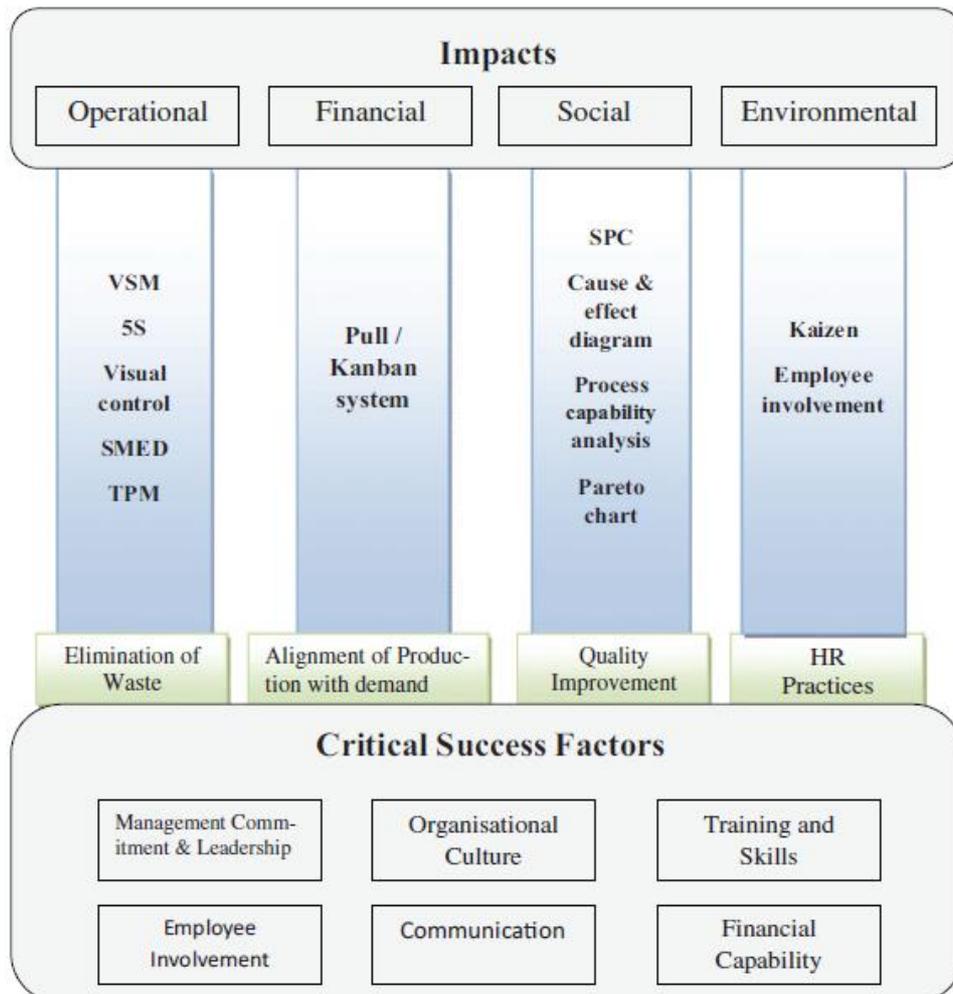


Figura 1.8 I principali strumenti Lean e l'impatto sui quattro ambiti principali. Nel box in basso sono inseriti sei fattori critici di successo che agevolano l'ottenimento di vantaggio competitivo (Yadav et al., 2019)

Si è inoltre constatata l'importanza di avere una gestione dei flussi interni alla produzione di tipo "smooth" (livellata). Tale obiettivo è di difficile ottenimento nei casi di domanda instabile e per tale motivo è bene identificare al meglio le caratteristiche interne delle proprie aree produttive al fine di ridurre gli effetti di imprevedibilità per avere un ritmo produttivo quanto più costante possibile.

Una produzione livellata presenta i seguenti vantaggi:

- La creazione di valore è localizzata e definita all'interno di una sequenza produttiva ricorrente e costante;
- Le risorse sono uniformemente utilizzate;
- I picchi di capacità richiesta si riducono drasticamente (Binninger et al., 2016).

Tutto ciò porta ad un livello generale di migliore efficienza con riduzione delle fluttuazioni sullo stock aziendale, del lead time e dei volumi produttivi. Inoltre è possibile ottenere anche

un'ottima flessibilità produttiva qualora il processo venga alimentato costantemente in base ad una modalità pull (Oeltjenbruns, 2000; Spath, 2003).

Altro progetto che riscontra notevole interesse in azienda è la localizzazione di un processo pacemaker. Il concetto della stazione pacemaker è collegato al ritmo di produzione che deve essere garantita in maniera costante e livellata dopo il superamento della stazione in questione. Il risultato atteso da questo posizionamento all'interno di un flusso produttivo è quello di ridurre l'overproduction attraverso una più accurata schedulazione ricordando che, come affermano Rother e Shook (1998), l'overproduction è la principale fonte di spreco (Rother and Shook, 1998; Yang and Jiunn-Chenn, 2010). Identificare il processo pacemaker consente di rendere il flusso snello e rappresenta un sistema informatico che tiene conto di tutte le richieste dei processi a monte. La stazione pacemaker individua il singolo punto, lungo il flusso di valore, che dà il ritmo per l'intero sistema.

Per ottenere una corretta applicazione di un sistema pull con annesso processo pacemaker, è di prassi utilizzare una tecnica Kanban di segnalazione interna dell'attività produttiva.

Il kanban è un sistema capace di guidare l'asservimento delle parti necessarie in produzione attraverso la movimentazione di cartellini tra le differenti postazioni di lavoro, indicanti il reale consumo dei componenti. Questo strumento rappresenta il flusso informativo che internamente alle fasi di produzione consente il tempestivo riordino di componenti o semilavorati tra due diverse postazioni comunicanti. Il kanban consente, infatti, il monitoraggio dell'effettivo consumo ed evita la produzione di tipo "push", in quanto ogni intervento di ripristino o di lavorazione, è guidato dalla ricezione di queste informazioni in tempo reale.

Numerosi studiosi hanno applicato la tecnica kanban in funzione del tipo di contesto lavorativo. Tale pratica infatti, può assumere forme diverse oltre quella del cartellino cartaceo. Un esempio può essere individuato nell'utilizzo di contenitori (la restituzione di un contenitore vuoto equivale al rilascio di un ordinativo di riapprovvigionamento) o, di uno spazio (uno spazio vuoto è un segnale che si deve provvedere al suo riempimento).

Il kanban guida l'applicazione di una produzione JIT attivata dagli ordinativi dei clienti e rappresenta, inoltre, l'attività chiave per l'adozione dei principi della lean manufacturing. Questi cartellini fluiscono dall'ultima stazione di assemblaggio fino alla prima postazione di lavorazione a monte. Il principale beneficio ottenibile è il controllo del livello di magazzino (Savino and Mazza, 2014).

Tardif e Maaseidvaag (2001) hanno definito il kanban come "un meccanismo per il controllo e per la realizzazione di prodotti strettamente necessari nelle quantità e nei tempi giusti". Inoltre

Naufal ed altri (2012) hanno concluso che l'implementazione di un sistema kanban può aiutare nella riduzione del lead time delle aree di stoccaggio e del livello di magazzino.

Sugimori ed altri (1977), partendo dai risultati del metodo Toyota, hanno definito una formula utilizzabile per il dimensionamento del corretto numero di kanban necessari all'interno di un processo produttivo.

$$N \geq \frac{D \cdot L \cdot (1 + \delta)}{\alpha}$$

In tale formula N rappresenta il numero di kanban, D è il tasso di consumo, L è il lead time di ripristino,  $\alpha$  è la capacità dell'unità di imballo e  $\delta$  rappresenta un fattore di sicurezza.

Savino e Mazza (2015), partendo dai risultati di Sugimori ed altri (1977), hanno introdotto un sistema di kanban di primo e secondo livello. In sostanza, una volta dimensionato il numero di cartellini necessari, sperimentano l'utilizzo di un kanban di primo livello che vada dalla linea produttiva al supermarket ed un kanban di secondo livello che, dal supermarket vada verso il magazzino centrale. Ciò ha portato ad una riduzione dei buffer intermedi e dei tempi logistici di asservimento.

Una tecnica che si ricollega alla possibilità di gestire e abbattere il verificarsi del fenomeno dello spreco è quella denominata 5S.

La metodologia 5S racchiude in cinque passaggi un metodo sistematico e ripetibile per l'ottimizzazione degli standard di lavoro e, quindi, per il miglioramento delle performance operative e qualitative.

Nato dalla tradizione giapponese dell'eliminazione di tutto ciò che è spreco ("muda"), l'obiettivo è quello di eliminare tutto ciò che non è strettamente funzionale all'attività svolta, indipendentemente dall'attività stessa.

I cinque fondamentali concetti di questa metodologia sono quindi:

- 1) **Seiri** (*separare*): separare ciò che serve da ciò che non è funzionale all'attività e che quindi crea disturbi, disordine e più in generale spreco di tempo o di risorse.
- 2) **Seiton** (*riordinare*): sistemare tutto quello che è utile, come nel vecchio motto "ogni cosa al suo posto e un posto per ogni cosa".
- 3) **Seiso** (*pulire*): mantenere tale ordine costante e pulire; un ambiente pulito ed ordinato è un ambiente che "non nasconde" le inefficienze.

- 4) **Seiketsu** (*sistematizzare o standardizzare*): definire delle metodologie ripetitive e canonizzate da utilizzare per continuare queste attività di razionalizzazione delle risorse e degli spazi lavorativi.
- 5) **Shitsuke** (*diffondere o sostenere*): rendere questo modo di pensare e di agire pervasivo in tutte le attività aziendali.

Tale metodologia ha senso se inserita in un contesto di miglioramento continuo in quanto, i 5 concetti precedentemente esposti possono essere valutati come una sorta di step da seguire ogni qual volta avviene una modifica (anche minima) in azienda.

Affiancata ad una metodologia 5S è possibile applicare la tecnica dei “Cinque Perché” (5 Whys). È un metodo che consente di esplorare le relazioni di causa-effetto di un problema, ponendosi una semplice domanda. Lo scopo delle cinque domande è quello di determinare le cause profonde del difetto.

Il numero “cinque” indica il numero di domande a cui, normalmente, è necessario rispondere per risolvere il problema. Questa tecnica è stata creata da Sakichi Toyoda sulla stessa base scoperta dallo scrittore e filosofo inglese Chesterton che affermava:

“Il problema non è che non si individui la soluzione, è che spesso non si mette a fuoco il problema” (Chesterton, 1930).

Per la filosofia Lean è fondamentale riuscire a risolvere i problemi alla radice piuttosto che a livello superficiale per cui non si accetta mai “soltanto” la prima ragione che viene fornita.

È una tecnica che richiede tuttavia attenzione nell’utilizzo e grande partecipazione da parte di tutti coloro che si trovano ad applicare queste domande cicliche (Bicheno and Staudacher, 2009).

Un altro strumento che infine è molto utile utilizzare all’interno degli impianti produttivi manifatturieri è il diagramma dello “Spaghetti Chart”.

Il termine “Spaghetti Chart” sta ad indicare uno strumento di Lean manufacturing, con il quale si possono evidenziare serie di informazioni che sono connesse ad ogni singola procedura legata ai flussi di trasporto e al layout di un’azienda. Grazie a questa tecnica sarà possibile creare una mappatura attraverso la quale poter migliorare e ottimizzare le performance in modo che la disposizione fisica delle attrezzature, delle postazioni di lavoro, degli stock nei magazzini ed i relativi movimenti realizzati dai lavoratori, siano ottimali.

L’attenzione di questa tecnica è, infatti, posta sul costo che si determina nel continuo spostamento di beni, persone e strumenti all’interno dell’azienda. Per applicare correttamente questa mappatura bisogna realizzare un’analisi logistica della realtà produttiva individuando e

tracciando, attraverso delle linee, tutte le tipologie di spostamento che merci e persone possono effettuare (Figura 1.9).



Figura 1.9 Esempio di realizzazione di uno Spaghetti Chart (Rother and Shook, 1998)

Il risultato finale sarà quello di avere una mappa in cui ogni tipologia di movimento è indicata con una specifica linea spezzata ed in cui i flussi interni di movimentazione sono ben evidenziati.

Una volta ottenuto lo schema dell'intero impianto, sarà possibile attuare le possibili considerazioni per rendere i flussi produttivi più efficienti, eliminando tutti gli eventuali sprechi. L'obiettivo è, infatti, ridurre al minimo i percorsi interni e le intersezioni tra flussi/linee al fine di garantire un layout più semplice e rendere l'attività produttiva veloce, semplice e "snella".

Goyal e Verma (2019) hanno sottolineato, nel loro studio di ottimizzazione del layout aziendale in un contesto manifatturiero, come la corretta applicazione dello spaghetti chart sia significativamente importante per l'ottenimento di una riduzione delle distanze di movimentazione merce e dei relativi costi di trasporto. Hanno evidenziato, inoltre, che soltanto ricollocando alcune postazioni si otteneva un recupero di spazio precedentemente sprecato.

La procedura che hanno attuato è la "systematic layout planning" (SLP) (Muther, 1973), una tecnica per pianificare al meglio gli spazi di lavoro in impianto, localizzando le aree con

relazioni logiche e di scambio frequenti, il più vicino possibile. L'obiettivo è ottenere una configurazione ottimale in grado di minimizzare trasporti, costi e tempi di movimentazione nel rispetto di taluni vincoli imposti.

Come si vede dallo schema in Figura 1.10, la procedura SLP parte dall'analisi dei dati raccolti su prodotti (P), quantità (Q), percorsi o routing (R), assistenza (S) e tempi (T) per l'intera attività produttiva.

Nello step 2 si rappresenta l'intensità del flusso di tutti i materiali che verranno sintetizzati attraverso la determinazione di un "peso" di importanza.

Nel terzo step si realizza un'analisi qualitativa dei rapporti di vicinanza tra i diversi elementi dell'impianto evidenziati nello step 1.

Nello step 4 si dispongono spazialmente gli elementi e coloro che risultano avere forti interazioni vengono posizionati in prossimità.

Gli step 5 e 6 sono importanti per la determinazione dello spazio necessario da dedicare ad ogni reparto e del relativo ingombro.

Lo step 7 introduce ulteriori informazioni sulle dimensioni che si sommano a quelle già inserite nello step 4.

Si giunge allo step 10 in cui, dopo aver inserito e considerato i vincoli e le limitazioni in essere nell'attuale impianto (step 8 e 9), si può definire ed ipotizzare diverse tipologie alternative di layout.

Successivamente nello step 11 si realizzerà una valutazione per determinare la configurazione preferibile.

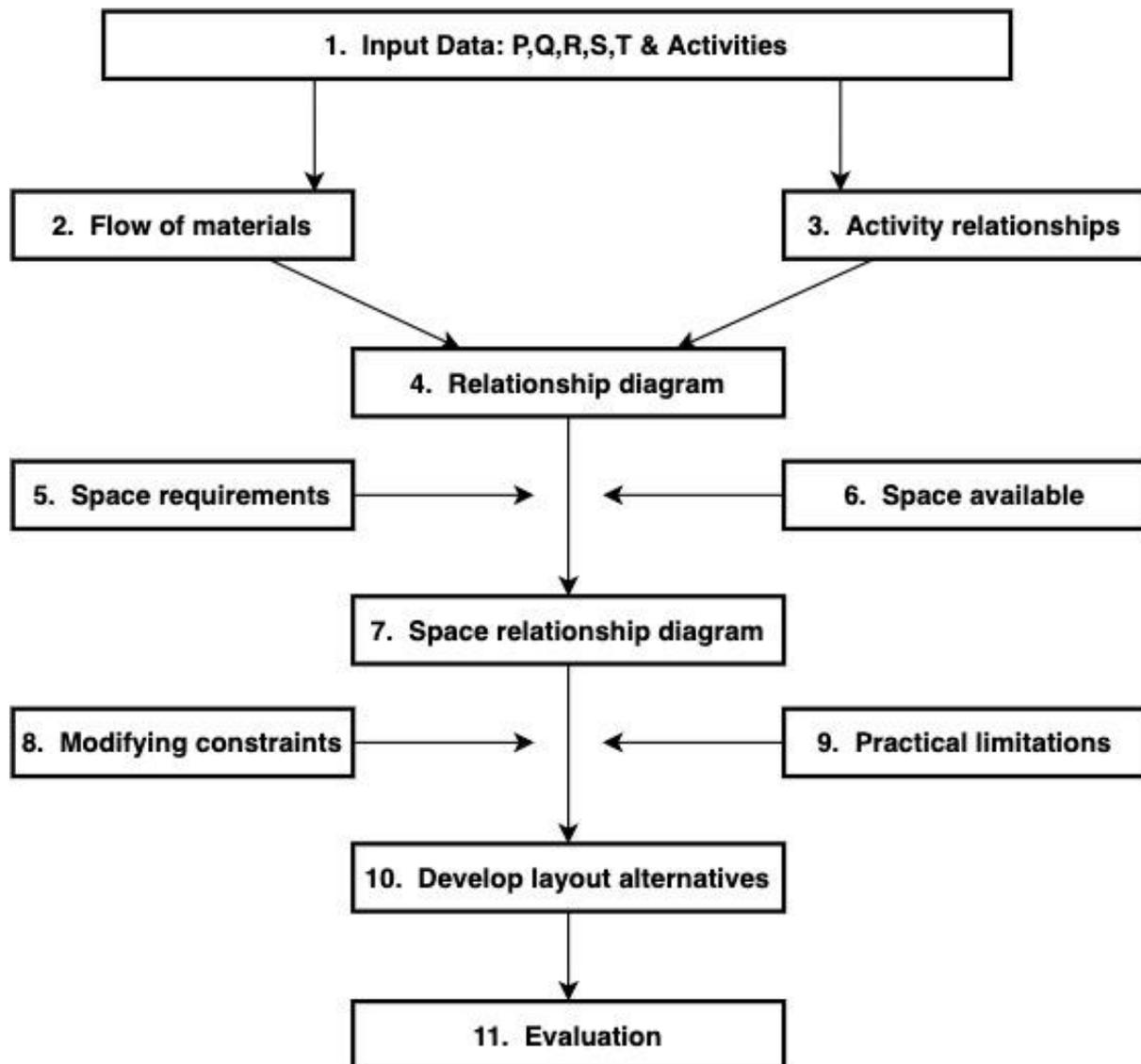


Figura 1.10 Schema della procedura SLP (Yang et al., 2000)

### 1.3 Scopo del lavoro

Dagli studi della letteratura del paragrafo precedente, è emersa l'importanza e la necessità di realizzare un approfondimento sull'utilizzo di un magazzino supermarket all'interno di un'impresa manifatturiera.

Il tema del supermarket è, infatti, piuttosto recente nella letteratura scientifica e delle applicazioni e, presenta numerosi spunti di realizzazione in funzione del contesto lavorativo in cui si desidera inserirlo. Ciò che inoltre non è stato ancora pienamente sviluppato nel contesto internazionale, è lo studio contestuale del dimensionamento di tale scaffalatura di linea e della

sua localizzazione all'interno dell'area produttiva, in modo che si tenga conto anche delle distanze da percorrere e di ogni spostamento interno all'impianto.

In aggiunta, buona parte delle applicazioni esistenti su tale tematica, sono state realizzate all'interno di contesti lavorativi tipici dell'automotive, in cui l'attività produttiva è caratterizzata da forte standardizzazione e in cui il ritmo lavorativo è scandito da dinamiche specifiche delle catene di montaggio.

Pochissimi studi evidenziano interesse a trattare separatamente le scorte di linea dalle scorte di magazzino centrale. Tale studio differenziato, invece, risulta utile soprattutto se si considerano ambienti di lavoro dinamici, in cui ogni postazione può essere usata per tipologie di produzione diverse. Nel caso in cui un macchinario sia usato alternativamente per produrre oggetti diversi, la postazione di lavoro richiederà componenti diversi e sarà vantaggioso, quindi, considerare i due magazzini separatamente.

L'impianto dell'azienda Rototech in cui si è realizzato il progetto di tesi, presenta una dimensione medio-grande che rende l'attività ancor più interessante nel suo genere. Infatti, in Rototech, la produzione è ininterrotta come nelle principali aziende multinazionali del settore automotive, ma, non può contare sugli stessi mezzi economici e non ha a disposizione spazi di movimentazione adeguati, tipici dei grandi colossi.

L'asservimento costante delle linee produttive caratterizzate da forte limitatezza degli spazi disponibili e la complessità dovuta alla diversificazione produttiva, rendono questo elaborato unico e, la sua applicazione una soluzione percorribile e, sicuramente, di interesse scientifico.

## 2. Presentazione azienda Rototech

In questo capitolo si tratterà della nascita, crescita ed evoluzione dell'azienda Rototech ponendo attenzione ai prodotti realizzati, le tecniche di produzione e la contestualizzazione del mercato di approdo. Si parlerà inoltre del processo di produzione, suddiviso in stampaggio e finitura, delle problematiche dell'attività di stampaggio e delle possibili soluzioni previste anche attraverso la redazione di un documento schematico.

### 2.1 La storia e l'evoluzione

Rototech è un'azienda specializzata nella progettazione e nella produzione di componenti in plastica per i veicoli dei settori truck, macchine agricole e costruzioni.

Nasce nel 1916, a Torino (Figura 2.1), per volontà del Signor Oreste Accornero, e diviene nel tempo, un fornitore di riferimento per la realizzazione di serbatoi di benzina, per le principali aziende automobilistiche dell'epoca come FIAT, LANCIA, CEIRANI e ISOTTA FRASCHINI.

Nel corso degli anni, Accornero, seppe incrementare le proprie fasce di mercato, riuscendo ad espandere le aree produttive in funzione delle richieste della clientela.

L'attività iniziale prevedeva l'utilizzo di materiali metallici ma, presto l'azienda si iniziò a distinguere per la capacità di realizzare componenti in plastica e, soprattutto, per la capacità di applicare e governare la tecnologia dello stampaggio rotazionale.

Lo stampaggio rotazionale è un processo tecnologico che permette di produrre corpi cavi in un solo pezzo senza necessità di saldature. Questa tecnologia permette di ottenere pezzi privi di tensioni interne e con spessore uniforme. La particolarità di questa tecnica risiede nella movimentazione dello stampo su due assi: uno primario, a direzione fissa, ed uno secondario, a direzione variabile. Grazie ai due movimenti il polimero investe tutte le superfici interne dello stampo, le quali una volta scaldate in forno, fondono il polimero che vi aderisce sopra ricoprendole (Rototech).

Rototech, infatti, nata come azienda leader nella realizzazione di componenti metallici, con il passare degli anni, seppe adeguarsi ai cambiamenti della domanda e cogliere le condizioni migliori che si presentavano sul mercato. Dopo un'espansione volumetrica dell'impianto di riferimento, nel 2000, è iniziata una rapida attività di internazionalizzazione dell'azienda. In quell'anno nacque, infatti, la prima unità produttiva estera a Blainville, in Francia, che fu denominata Rotofrance.

Successivamente, nel 2011, nacque Rototech Kama in Russia e, nel 2012, partì una collaborazione con la Cina sigillata dalla nascita di Rototech Yili a Qingdao.

Nel 2015 l'azienda ha continuato la sua attività di espansione acquistando le quote principali di Sevenplast Srl (azienda esperta nella realizzazione di pezzi stampati con la tecnica del soffiaggio), e, attraverso l'istituzione della Bapl Rototech, ha acquistato un'importante partecipazione in India.

Nel Luglio 2019 l'azienda è stata rilevata da "Quadrivio Group", unione di giovani imprenditori. Quadrivio Group, grazie al supporto del fondo "Industry 4.0", ha acquisito il controllo di Rototech con l'obiettivo di sostenere e promuovere lo sviluppo del business a livello internazionale (Festa, 2019).

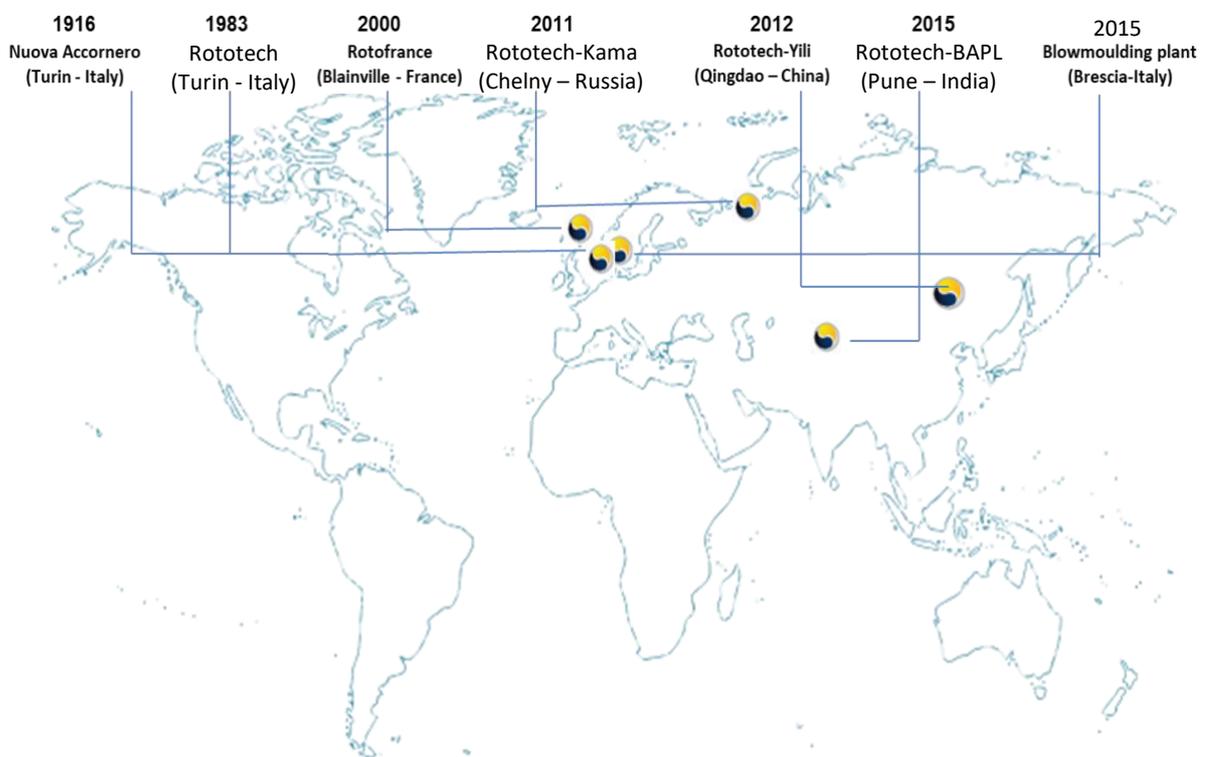


Figura 2.1 Tappe fondamentali della crescita di Rototech srl (Rototech)

Rototech è definibile come un gruppo Multi-tecnologico, in quanto realizzando lo stampaggio ad iniezione, sia in plastica che in gomma, e lo stampaggio soffiato, grazie alle sue tecnologie innovative diventa, in Italia, uno dei primi fornitori nel settore automobilistico di serbatoi e cruscotti.

## 2.2 Gli attuali clienti e le sfide future

I principali clienti che attualmente si rivolgono all'azienda sono indicati in Figura 2.2. Molti di questi sono legati da accordi che prevedono la fornitura di prodotti anche in aree geografiche diverse ed internazionali come ad esempio il Brasile. Si sta attualmente analizzando la possibilità di realizzare un'ulteriore espansione in America dove ora l'azienda spedisce per alcuni clienti come DAF.



Figura 2.2 Panoramica dei principali clienti di Rototech (Rototech)

Per garantire l'evasione degli ordini nei tempi previsti e alle modalità prestabilite, l'azienda ha utilizzato un contratto di prestazione ("conto lavoro") con l'azienda GRM con cui collabora da svariati anni. GRM è una piccola azienda satellite che produce quasi esclusivamente per Rototech gli stampati consentendo all'azienda di evitare la propria saturazione produttiva.

Rototech presenta un fatturato di oltre 60 milioni di euro con circa 450 dipendenti complessivamente all'interno del gruppo. Nello specifico la sede centrale di San Gillio (TO) presenta circa 200 dipendenti e fattura il 60% del valore complessivo del gruppo.

Gran parte del valore generato è tuttavia derivante dall'estero. Ciò evidenzia il ruolo fondamentale che l'azienda ha avuto nell'inserimento in un mercato intercontinentale puntando a diversificare i clienti e ad incrementare i volumi annuali.

Attualmente è in atto un'importante fase di cambiamento aziendale, in cui ci si è indirizzati verso Industry 4.0, realizzando investimenti sia strutturali che strategici, come si evince dalle recenti joint venture, in Russia e Cina, che rappresentano alcune delle aree a maggiore crescita nell'ultimo periodo.

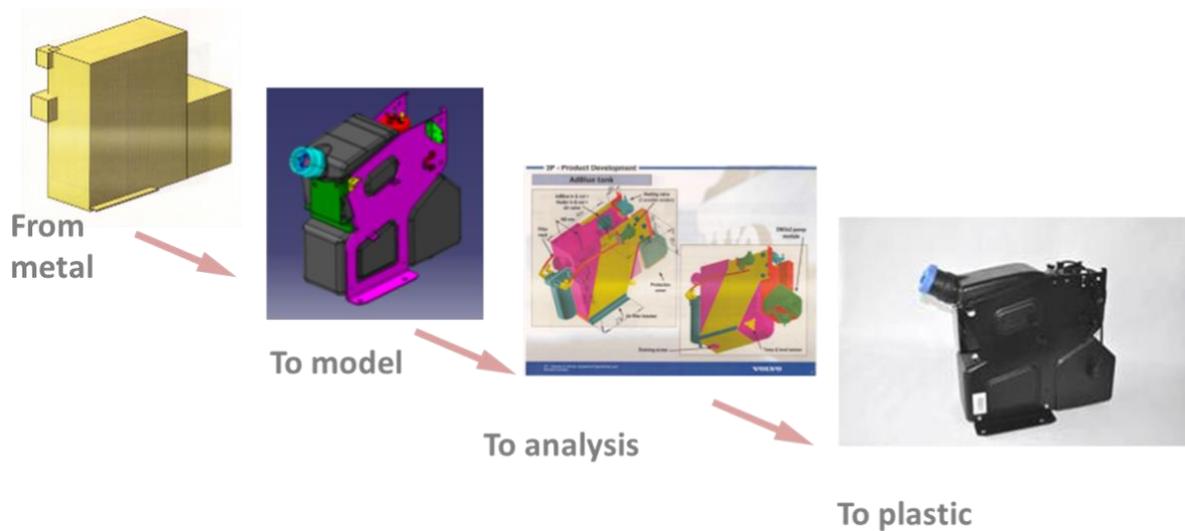
Gli investimenti in tecnologia digitale che il nuovo fondo Quadrivio Group ha in mente di realizzare, puntano a spingere l'azienda verso la realizzazione di una struttura interna più all'avanguardia in relazione alle moderne tecnologie di gestione della produzione e dell'informazione, al fine di mirare ad espandersi in maniera più convinta verso nuove occasioni commerciali.

È infatti stato riscontrato negli ultimi anni che la forte espansione dell'impresa comporta delle difficoltà interne a tenere il passo con le dinamiche volatili del mercato multinazionale a causa della conformazione aziendale poco strutturata. Quindi sarà fondamentale modificare le attuali procedure produttive aziendali.

### 2.3 Il processo di progettazione e la tipologia di prodotti realizzati

L'attività di realizzazione di un prodotto finito per la successiva spedizione al cliente, parte con l'attività di progettazione. Rototech ha infatti una gestione delle commesse dei clienti che mira a rendere i prodotti finiti quanto più compatibili e specifici alle richieste ricevute e, per tale motivo, la fase di progettazione dello stampo è eseguita chiedendo la piena collaborazione del cliente circa i requisiti da garantire sui pezzi e sul livello di servizio. Una volta progettato un pezzo, in base ai passaggi evidenziati in Figura 2.3, si passa alla fase di stampaggio in cui si andrà a fare una verifica della bontà e della fattibilità produttiva del processo di progettazione. In tale fase iniziale di rodaggio del nuovo prodotto realizzato, si evidenziano range e tolleranze di accettabilità e, infine, si valuta la capacità o ritmo produttivo, in grado di garantire la linea. Solo una volta realizzate queste operazioni si definisce e concretizza una specifica commessa con il cliente, andando a definire le tempistiche e quantità di fornitura. Tale commessa sarà inserita nella pianificazione settimanale della produzione.

La progettazione dei prodotti è realizzata con CAD 3D su CATIA V5 e cerca di rendere i pezzi quanto più vicini alle esigenze dei clienti come si può vedere dalla Figura 2.3.



*Figura 2.3 Passaggi fondamentali della realizzazione di un prodotto che partono dalla progettazione di un pezzo nella sua configurazione metallica, alla modellizzazione e analisi della forma che dovrà assumere fino alla realizzazione finale in plastica (Rototech)*

Poiché lo stampaggio rotazionale è molto flessibile alle richieste progettuali, è facile ottenere diverse tipologie di prodotti dalle dimensioni più disparate. La tecnica dello stampaggio rotazionale consente un'elevata creatività progettuale garantendo al contempo un'ottima affidabilità e durata dei pezzi realizzati.

Queste sono le quattro classi di prodotti:

- Serbatoi: di carburante, acqua, olio, Adblue (serbatoio di Figura 2.4, contenente urea e acqua e richiesto per normativa nei veicoli motorizzati diesel al fine di ridurre emissioni nocive di ossido di azoto);
- Scarichi d'aria: snorkel (filtro d'aria rappresentato in Figura 2.5 e Figura 2.6), filtri, pipette, coperture per ventole etc.;
- Parti interne: cruscotti, elementi interni alle cabine, scatole per attrezzi etc.;
- Accessori: per arredo o di design.



Figura 2.4 Serbatoio Abblue (Rototech)



Figura 2.5 Condotto d'aria (Rototech)



Figura 2.6 Snorkel (Rototech)

## 2.4 Il processo di produzione

L'attività produttiva svolta dalla Rototech si sintetizza in due distinte fasi: fase di stampaggio e fase di finitura, descritte nei due seguenti sotto-paragrafi.

### 2.4.1 Prima fase – Stampaggio

La tecnologia dello stampaggio rotazionale permette di ottenere, tramite l'utilizzo di stampi generalmente composti da due semi-gusci, corpi cavi da cui realizzare tubi, serbatoi e altri contenitori o condotti con una cavità interna.

Possono essere stampati articoli di grosse dimensioni con contorni molto complicati nei più svariati colori e materiali. È possibile co-stampare diversi tipi di inserti e ottenere sul prodotto finito differenti tipi di finiture superficiali.

La materia prima utilizzata per i prodotti è polvere in plastica di polietilene, polipropilene, nylon e altro materiale plastico. Essendo lenta la rotazione, il polimero non ricopre lo stampo per effetto della forza centrifuga generata dalla rotazione, ma soltanto perché viene fuso quando entra in contatto con le pareti calde dello stampo.

La fase di stampaggio nella tecnologia rotazionale avviene tramite l'utilizzo di macchinari che sono composti da quattro postazioni (Figura 2.7):

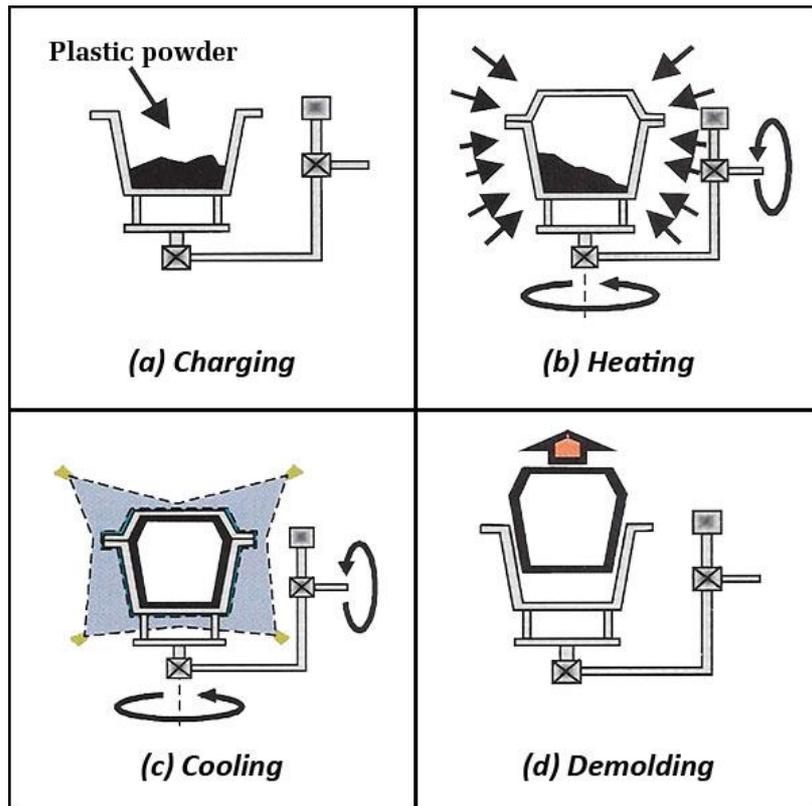


Figura 2.7 Indicazione delle quattro principali postazioni di un processo di stampaggio (BPI)

- a) La prima postazione è quella di carico, composta solitamente da una pedana che permette agli operatori di raggiungere gli stampi installati sulle postazioni disponibili del braccio meccanico (solitamente quattro) del macchinario, le quali ruotano a 360° gradi permettendo agli stampi di compiere delle movimentazioni tali da rendere lo spessore del materiale plastico uniforme. In generale gli stampi sono montati su ruote (Figura 2.8) che, a loro volta sono installate su bracci: in questo modo è possibile stampare sulla stessa macchina diversi prodotti contemporaneamente. In questa fase l'operatore introduce all'interno dello stampo la polvere di materiale plastico tramite secchi (Figura 2.9) che contengono la quantità necessaria alla produzione di un articolo identificato con un codice. Solitamente la polvere viene prelevata da cassoni posti a bordo di questa postazione e pesata tramite l'utilizzo di bilance elettroniche. L'azienda sta installando sistemi di dosatura composti da tubazioni che prelevano le polveri e le trasportano all'interno di dosatori automatici, che si occupano di pesare le materie prime e di introdurle direttamente nello stampo. Questi sistemi permetteranno alla Rototech di ottimizzare il flusso produttivo (riduzione dei tempi di dosaggio delle polveri e delle rilavorazioni dovute alla quantità errata di materiale inserito) e di ridurre gli sprechi

di polvere. L'operatore, inoltre, installa sugli stampi anche alcuni componenti, solitamente inserti, che vengono così stampati all'interno del prodotto. Una volta caricati tutti gli stampi, gli stessi vengono chiusi ed il braccio viene traslato alla postazione successiva.



*Figura 2.8 Ruote installate sui bracci dei macchinari che consentono di montare più stampi e di produrre contemporaneamente più pezzi (Laganà, 2019)*



*Figura 2.9 Secchi di polvere di materiale plastico già pesati a bordo macchina e pronti da inserire nello stampo (Laganà, 2019)*

- b) La seconda postazione è composta da una camera di riscaldamento (forno), nella quale vengono introdotte le braccia con gli stampi. Una volta chiuso, il forno viene acceso per rendere caldi gli stampi tramite l'utilizzo di riscaldatori alimentati a gas metano, raggiungendo una temperatura tale che permetta la fusione della polvere all'interno (250°C). Successivamente il braccio inizia a ruotare a 360 gradi, sia in senso orizzontale che verticale (da qui il nome di stampaggio rotazionale), in modo tale che la polvere fusa aderisca allo stampo e riesca a comporre una forma cava all'interno. I componenti montati nella fase precedente, inoltre, sono fissati alla superficie esterna del prodotto grazie proprio alla polvere fusa, in questo modo non potranno essere estratti, agevolando, quindi, il montaggio finale del prodotto al telaio del veicolo a cui è assegnato. Il tempo di cottura può variare in base alla materia prima utilizzata, alle dimensioni dello stampo e allo spessore del prodotto. Generalmente in Rototech i tempi variano tra 15 minuti, per stampi tradizionali e di piccole dimensioni, e 22 minuti per serbatoi più grandi e con numerosi inserti. Una volta trascorsi i minuti necessari per la cottura il braccio viene traslato nella postazione successiva.

- c) La terza postazione è composta da una camera di raffreddamento, all'interno della quale gli stampi vengono raffreddati tramite l'utilizzo di potenti ventilatori (in media per circa 20 minuti). Questo procedimento permette di stabilizzare la polvere fusa e di consentire l'estrazione del prodotto dallo stampo (Figura 2.10). Infatti, nella fase precedente il materiale plastico aveva subito, con il calore, una dilatazione, mentre il raffreddamento stabilizza la forma e definisce le dimensioni del prodotto stampato.



*Figura 2.10 Esempio di stampo tradizionale per la produzione di serbatoi urea*

- d) L'ultima postazione, invece, è caratterizzata dall'attività di scarico poiché gli stampi, usciti dalla camera di raffreddamento, vengono aperti e i prodotti all'interno estratti. Si procede, se necessario, all'operazione di sbavatura del materiale che si va a depositare in corrispondenza della linea di giunzione dei due semi-gusci. Gli stampati, infine, vengono inseriti all'interno di conformatori che permettono al prodotto ancora caldo di rispettare le tolleranze imposte dall'Ufficio Tecnico e dal cliente finale.

Nella Figura 2.11 si è riassunto l'intero processo di stampaggio rotazionale nelle 4 fasi precedentemente descritte. Il processo avanza secondo un percorso circolare che è guidato dallo spostamento dei quattro bracci meccanici del macchinario. Tali bracci sono caricati e scaricati di volta in volta da operatori. Una volta sistemati gli stampi sulla ruota presente su ogni braccio rotante, l'operatore dà l'avvio all'avanzamento del processo. La problematica di tale fase è data dai diversi tempi di realizzazione di ciascun prodotto. Le tempistiche dei prodotti inseriti all'interno di un "giro" devono essere il più possibile tra loro bilanciati in

quanto potrebbero verificarsi discordanze tra i tempi di cottura e di raffreddamento tra pezzi di diversa natura.

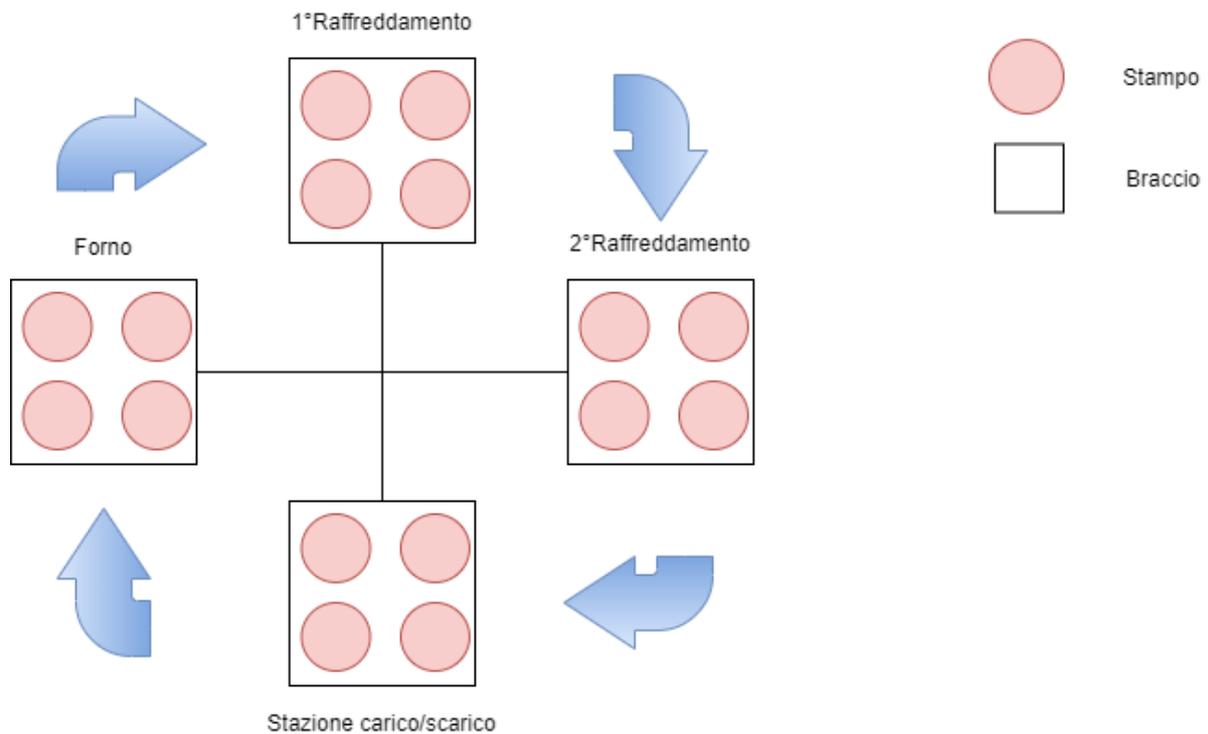


Figura 2.11 Schema riassuntivo di un tipico processo di stampaggio

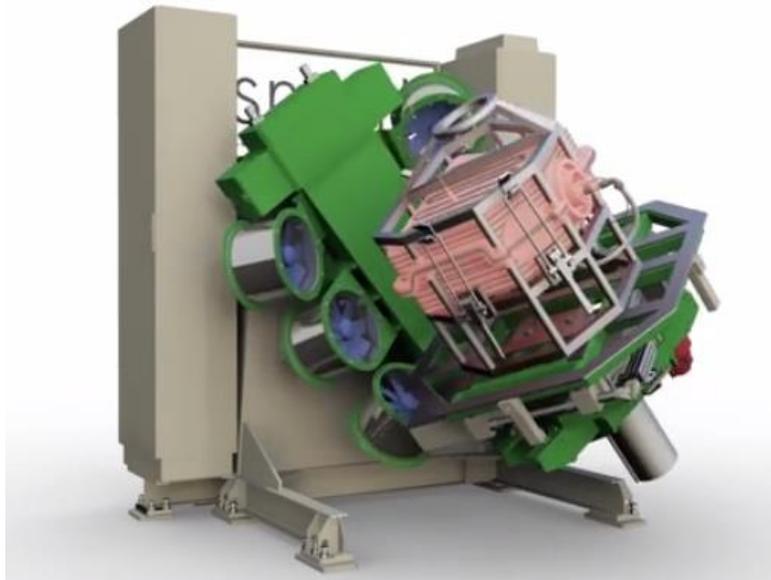
Negli ultimi anni alle macchine di stampaggio tradizionali sono state aggiunte due nuove tipologie di macchinari automatici:

- 1) **Leonardo**, costituito da un blocco unico macchina/stampo, che ruota a 360° riscaldato elettricamente da tubi dentro i quali scorre dell'olio. Questa tipologia di macchina osservabile in Figura 2.12 occupa meno spazio all'interno dello stabilimento e viene alimentata automaticamente da dei dosatori. I prodotti, alla fine del ciclo di lavoro, vengono, inoltre, scaricati senza alcun intervento da parte degli addetti. L'operatore dovrà intervenire solo nel caso in cui si verificano delle problematiche o vengano richiesti componenti che necessitano il caricamento del porta-inseriti.



*Figura 2.12 Macchina di stampaggio rotazionale automatica Leonardo presente in Rototech (Persico Group)*

- 2) **Smart** (Figura 2.13), costituita da un blocco unico macchina/stampo che viene riscaldato da serpentine elettriche. Similmente alla macchina “Leonardo” anche questo macchinario è di natura automatizzata.



*Figura 2.13 Macchina di stampaggio rotazionale automatica Smart presente in Rototech (Persico Group)*

## 2.4.2 Seconda fase - finitura, assemblaggio ed imballaggio

In questa fase sono effettuate alcune operazioni sugli stampati. Le lavorazioni variano a seconda della tipologia di prodotto trattato:

- Per tutti i tubi ed i condotti, il prodotto stampato viene sottoposto all'operazione di alesatura tramite macchine apposite o grazie all'utilizzo di robot. Tali robot presentano dei bracci robotizzati come si vede in Figura 2.14 che, in base ad un programma inserito sul calcolatore, realizzano i tagli necessari per la finitura e per il completamento dei pezzi stampati nella fase precedente. Si procede quindi al taglio dei "cappellotti" di testa e di coda per dare forma al tubo. Tali "cappellotti" rappresentano le parti superiori ed inferiori di un tubo che, appena stampate, risultano chiuse. Con l'operazione di taglio dei robot si vanno a realizzare le aperture necessarie. In questa fase, solitamente, vengono introdotti degli anelli alle estremità per permettere al cliente di far aderire il prodotto ad altri tubi o al telaio del veicolo industriale;



Figura 2.14 Braccio robotizzato "Roboticom" utilizzato nella finitura di semilavorati

- Per le carenature o pezzi di carrozzeria, il prodotto stampato viene installato su maschere poste su appositi banchi dove viene sottoposto alle operazioni di levigatura o di foratura di asole. Per ottimizzare il flusso produttivo, per i codici costantemente e frequentemente richiesti dai clienti (“high runner”) o per gli articoli che richiedono diverse operazioni di taglio e foratura, vengono utilizzati robot per la finitura del pezzo.
- Per i serbatoi di carburante e urea, la linea di finitura è più articolata, in quanto inizialmente il prodotto stampato viene riempito d'aria ed introdotto in vasche piene d'acqua per verificare l'esistenza di perdite. Dopo questo test di collaudo in vasca, vengono eseguite, se necessario, operazioni di foratura e alesatura. Per completare la finitura del prodotto, inoltre, vengono inseriti diversi componenti quali staffe, paratie esterne, tappi e filtri. Questi ultimi, in particolare, prima di essere installati vengono testati per verificarne il corretto funzionamento.

Al termine delle operazioni di finitura i prodotti vengono inseriti in cassoni e in contenitori, generalmente forniti dal cliente, secondo unità di imballo definite precedentemente con lo stesso. A questo punto vengono portati in un'area specifica dove, in alcuni casi, viene eseguita un'ulteriore operazione di controllo sulla qualità, denominata "firewall". A riscontro positivo, le casse vengono sigillate e trasferite al magazzino dei prodotti finiti, all'interno del quale vengono stoccate prima della spedizione al cliente.

## 2.5 Criticità nel processo di stampaggio

Il processo di stampaggio, pur presentando un'elevata tecnica e automatismo per alcuni processi, richiede attività manuale residua ma costante; ciò rende necessario un controllo accurato dei pezzi realizzati. Per alcuni componenti sono richieste, inoltre, procedure di taglio molto delicate. Tutto questo determina un notevole rischio di non conformità del prodotto finito.

Uno stampato, infatti, deve rispettare tutti i cicli di raffreddamento e le attività di stabilizzazione della forma: se alcune di queste fasi non sono realizzate nei tempi e nelle modalità opportune, il pezzo può risultare difettoso e non più adeguato alle richieste del cliente.

Alla luce di tali considerazioni, si è ritenuto opportuno, durante il progetto di tesi, annotare su un documento schematico le principali cause di difettosità, per fornire all'azienda uno strumento di analisi qualitativa.

Il documento tiene traccia di:

- Tipo di problema durante la fase di stampaggio.
- Cause probabili che hanno determinato il problema.
- Possibili soluzioni operative.

Il materiale utilizzato per realizzare quest'analisi è stato raccolto in parte dalle informazioni fornite dal costruttore dei macchinari ed in parte da osservazioni dirette sul campo. Poiché lo stampaggio rotazionale è un processo facilmente soggetto a scostamenti dall'output ideale, è stato importante poter intervistare personalmente chi quotidianamente, nel corso degli anni, ha acquisito esperienza con lo stampaggio all'interno dell'azienda. Il risultato del confronto tra le caratteristiche tecniche fornite dal costruttore e le problematiche quotidianamente riscontrate dagli operatori, ha portato alla realizzazione di questo documento.

All'interno del documento è stata eseguita una suddivisione in funzione del tipo di materia prima necessaria alla realizzazione di un prodotto finito. Più nello specifico le materie che attualmente utilizza l'azienda sono:

- POLIETILENE LINEARE;
- POLIPROPILENE;
- PA6 & PA12 (Nylon);
- POLIETILENE RETICOLATO.

**POLIETILENE LINEARE AD ALTA DENSITA' (HDPE):** polimero termoplastico appartenente alla classe delle poliolefine la cui formula è mostrata in Figura 2.15, largamente utilizzato in diversi campi di applicazione a causa della sua elevata resistenza ed elevato punto di fusione ( $\approx 135$  °C).

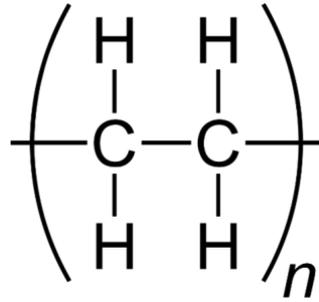


Figura 2.15 Formula del polietilene lineare ad alta intensità (HDPE) (Kutz and Andrew, 2011)

**POLIPROPILENE (PP):** polimero termoplastico appartenente alla classe delle poliolefine la cui formula chimica è mostrata in Figura 2.16. Anch'esso è caratterizzato da un'ampia versatilità a causa della notevole resistenza termica 160°C.

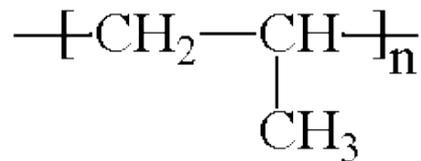


Figura 2.16 Formula del polipropilene (PP) (Kutz and Andrew, 2011)

**PA6 E PA12 (nylon):** materiali termoplastici appartenenti alla classe delle poliammidi, le cui strutture chimiche sono rispettivamente riportate in Figura 2.17 e 2.18. Il PA12 è particolarmente utilizzato nel settore automotive grazie alle sue buone proprietà di isolante elettrico. Similmente al PA6, mostra una spiccata resistenza alla trazione e alla compressione, ma si differenzia per una temperatura di fusione più elevata.

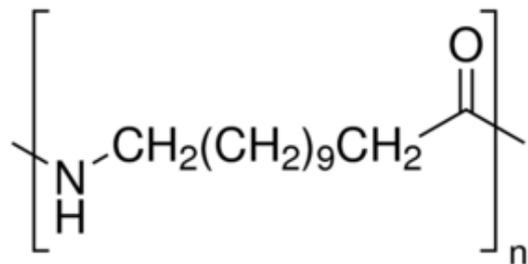
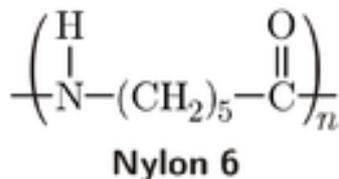


Figura 2.17 Formula del PA6 (Kutz and Andrew, 2011)      Figura 2.18 Formula del PA12 (Kutz and Andrew, 2011)

**POLIETILENE RETICOLATO (PEX):** chiamato anche PEX, è un polimero termoplastico appartenente alla classe delle poliolefine caratterizzato dall'aver legami chimici incrociati come si vede in Figura 2.19. È un materiale che rispetto al HDPE presenta un'elevata resistenza all'impatto e all'abrasione garantendo una più elevata resistenza termica e resistenza al taglio. Il suo utilizzo si presta alla realizzazione di condutture e serbatoi per la capacità di isolamento elettrico ad elevato voltaggio

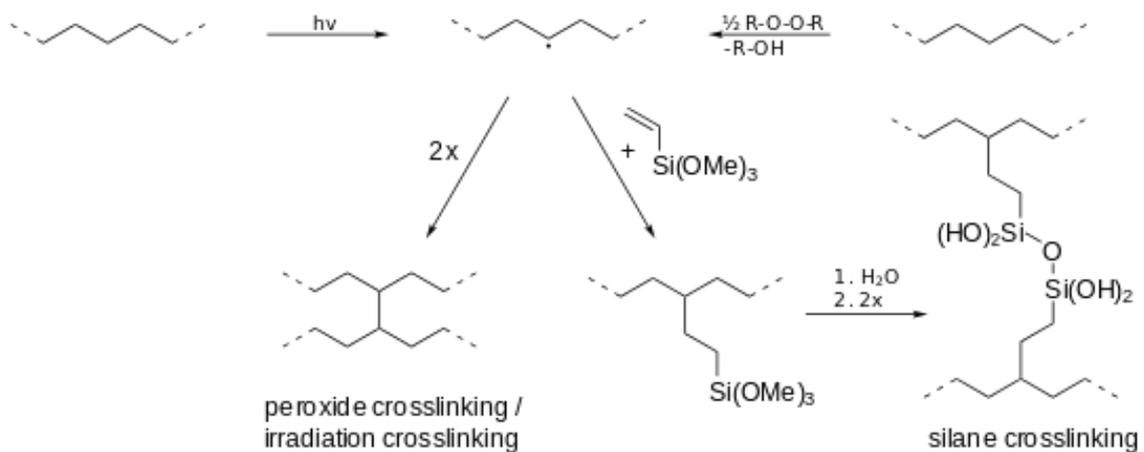


Figura 2.19 Formula del polietilene reticolato (PEX) (Kutz and Andrew, 2011)

Nella Tabella 2.1, si riporta uno stralcio del documento schematico, in cui vengono evidenziati i problemi e le relative soluzioni connesse al polietilene lineare.

Tabella 2.1 Documento schematico delle problematiche relative all'attività di stampaggio

POLIETILENE LINEARE		
Problema	Cause probabili	Possibile soluzione
1. Parti deformate (Warpage)	a. Sfiato non adeguato	a) Provvedere sfiati adeguati dello stampo (si consiglia: d12-15 per volumi di 100L ca., d24-30 per volumi di 500L o più)
	b. Raffreddamento non uniforme del prodotto, causato dal fatto che il materiale si è staccato prematuramente dalle pareti dello stampo	b) Mantenere una corretta rotazione dello stampo durante il ciclo di raffreddamento. Provvedere un adeguato sfiato e accertarsi che non sia otturato. Usare meno distaccante. Verificare che il distaccante, o la sua quantità non risulti troppo efficace (rilascio precoce). Evitare superfici piane eccessivamente ampie durante la progettazione. Ridurre la velocità di raffreddamento nella prima parte del ciclo. Aumentare la temperatura media del raffreddamento, prima aria fredda, quindi acqua nebulizzata e infine aria per asciugare lo stampo. Applicare l'aria in pressione, attraverso il braccio.
	c. Raffreddamento non uniforme causato da spessore non omogeneo delle pareti del prodotto	c. Verificare i suggerimenti riportati alla voce "Irregolare spessore delle pareti delle parti stampate"
	d. Raffreddamento non uniforme causato da sezioni dello stampo schermate dal calore pareti del prodotto	c. Montare lo stampo in modo da eliminare il problema della schermatura; aggiungere deflettori per dirigere il calore nelle aree nascoste o schermate.
	e. Raffreddamento non uniforme causato erogatori di acqua intasati	e. Controllare e pulire gli erogatori; attuare una manutenzione periodica
	f. Parte <i>sopra-cottura</i> . Degradazione della resina a causa della temperatura eccessiva e/o ciclo forno troppo lungo	f. Diminuire la temperatura del forno o il ciclo di cottura

	g. Parte eccessivamente poco fusa. Un eccesso di mancata fusione può causare una significativa perdita di resistenza all'urto	g. Aumentare la temperatura del forno o tutto il ciclo di cottura. Aumentare la conduzione del calore usando pareti dello stampo più sottili, o fare lo stampo con materiali con un maggiore coefficiente di conduzione del calore (es: alluminio)
	h. Colorazione non corretta	h. Selezionare il pigmento e/o la percentuale di colorazione in modo che non abbia effetto sulla deformazione. Usare polveri <u>precolorate (Compound)</u>
	i. Tipologia di polvere	i. Usare una polvere con un <u>melt index</u> adeguato e con un peso molecolare correttamente distribuito
	l. Umidità nella polvere o nel pigmento	l. Usare solo polvere secca o pigmento secco
2. Scarsa resistenza all'impatto ( <u>impact strength</u> )	a. Selezione della polvere non corretta	a. Usare una polvere con una densità inferiore ed un inferiore <u>melt index</u> .
	b. Raffreddamento troppo lento - causa l'aumento della struttura cristallina (più fragile) rispetto a quella amorfa (più tenace) = aumenta la densità	b. Accelerare il ciclo di raffreddamento per mantenere una minore densità (aumenta la struttura amorfa = più resistente all'impatto)
	c. Progettazione della parte non appropriata	c. Rivedere la progettazione e la realizzazione dello stampo, eliminare angoli taglienti e passaggi stretti
	d. Fusione della materia prima non sufficiente	d. Aumentare il tempo ciclo e/o la temperatura di fusione
	e. Pigmento improprio	e. Selezionare un pigmento ed un carico di pigmento che non abbia questo impatto

Come si evince dalla tabella precedentemente inserita, non esiste sempre una soluzione univoca in relazione alla comparsa di una problematica sui pezzi di produzione ottenuti. Il processo di stampaggio rotazionale è infatti soggetto a scostamenti dai valori ideali, in quanto sono numerose le variabili da dover considerare quando si realizza un elemento.

Innanzitutto, può succedere che l'usura degli elementi del macchinario rendano il raffreddamento non uniforme. Uno dei principali problemi che condizionano la deformazione di alcune parti all'interno dei pezzi è proprio legato al fenomeno del raffreddamento. Poiché gli elementi realizzati sono di materiale plastico, lo shock termico tra forno e ambiente esterno può comportare il verificarsi di difetti di diversa natura. Quelli che più di frequente si riscontrano sono dovuti alla forma, alla scarsa resistenza all'impatto, allo "scolorimento" della superficie interna e allo spessore irregolare delle pareti.

Ulteriori criticità evidenziate riguardano un altro elemento fondamentale del processo di lavorazione che è lo stampo. Tale elemento, infatti, se usurato o non progettato accuratamente, può comportare problematiche sui pezzi ottenuti, come la difficoltà di estrazione del pezzo o, l'eccesso di "bava" di materiale plastico nelle zone di giunzione o nelle strette cavità.

Altre problematiche, infine, possono riguardare il processo di cottura e le relative tempistiche di raffreddamento. Il pezzo può essere considerato di scarto se lo stampo, ed il suo contenuto in polvere polimerica, non sono inseriti in forno alle giuste temperature di funzionamento o, presentano dei ganci non fissati accuratamente dagli operatori durante la fase di carico/scarico. Dopo l'analisi delle svariate situazioni interne al processo di stampaggio rotazionale, è stato possibile proporre alcune soluzioni ai problemi. In particolare, si è consigliato di intervenire con la realizzazione di periodiche e costanti attività di monitoraggio dello stato di integrità degli elementi interni allo stampo come il distaccante. Si sottolinea, inoltre, una particolare attenzione al rallentamento o all'accelerazione da attuare al ciclo di raffreddamento (o di cottura) in funzione del tipo di problematica evidenziata. Ad esempio, qualora si riscontri una scarsa resistenza all'impatto delle pareti del pezzo, sarà preferibile accelerare il ciclo di raffreddamento per mantenere una minore densità, in quanto ciò aumenta la struttura amorfa nel componente rendendolo più resistente all'impatto.

È da evidenziare che tali suggerimenti operativi inseriti in tabella sono stati in parte offerti dai fornitori dei macchinari ed in parte valutati internamente all'azienda dal lavoro congiunto di tecnici e di operatori di macchinario aventi elevata conoscenza del processo di stampaggio acquisita dopo svariati anni di esperienza all'interno di Rototech.

### 3. Riorganizzazione del layout interno e dimensionamento del supermarket

Il presente capitolo ha lo scopo di affrontare, partendo da un caso aziendale, le tematiche del Lean Manufacturing. Ci si soffermerà, in particolare, sullo studio e dimensionamento di un supermarket inserito in una riorganizzazione del layout interno aziendale.

#### 3.1 Panoramica del processo di lavorazione

La gestione interna che attualmente si evidenzia in azienda presenta le peculiarità precedentemente accennate, cioè di un'impresa in forte espansione, con una struttura che sta avendo difficoltà a tenere il passo con dinamiche volatili del mercato multinazionale.

Essa è collocabile all'interno del settore automotive fortemente caratterizzato da una particolare attenzione verso clienti che, solitamente, presentano un potere contrattuale forte essendo aziende molto importanti e radicate nei principali mercati in cui competono.

Rototech, un'azienda caratterizzata da una marcata componente produttiva, presenta un reparto di produzione molto esteso con diversi macchinari e banchi di lavoro.

Entrando più nel dettaglio è bene sottolineare come la struttura generale di riferimento preveda una suddivisione tra zona stampaggio e zona finitura. Le zone di stampaggio sono situate esternamente al corridoio centrale e alimentano le linee/banchi produttivi a valle che attueranno le operazioni per trasformare il semilavorato in prodotto finito (Allegato 1).

L'attività di monitoraggio a valle del processo di stampaggio è ancora difficilmente realizzata a causa della notevole componente manuale che è richiesta per il completamento del prodotto finito.

Ad ogni zona di stampaggio è associata infatti una specifica zona di stoccaggio componenti (polvere e inserti per lo più) che assistono l'attività degli operatori nel realizzare lo stampato. Una volta svolte le procedure di stabilizzazione e raffreddamento del pezzo, in cui si va ad eliminare la bava residua ed a controllare la forma del relativo componente, si è pronti per completare i prodotti attraverso le operazioni del banco di finitura.

Tale banco di finitura presenta anch'esso delle specifiche postazioni dedicate all'inserimento di componenti e minuterie necessarie per finire il pezzo e renderlo pronto per il successivo processo d'imballo (posizionato nella prossimità del corridoio). Nella Figura 3.1 è presentato uno schema del ciclo di lavorazione utilizzato in azienda.

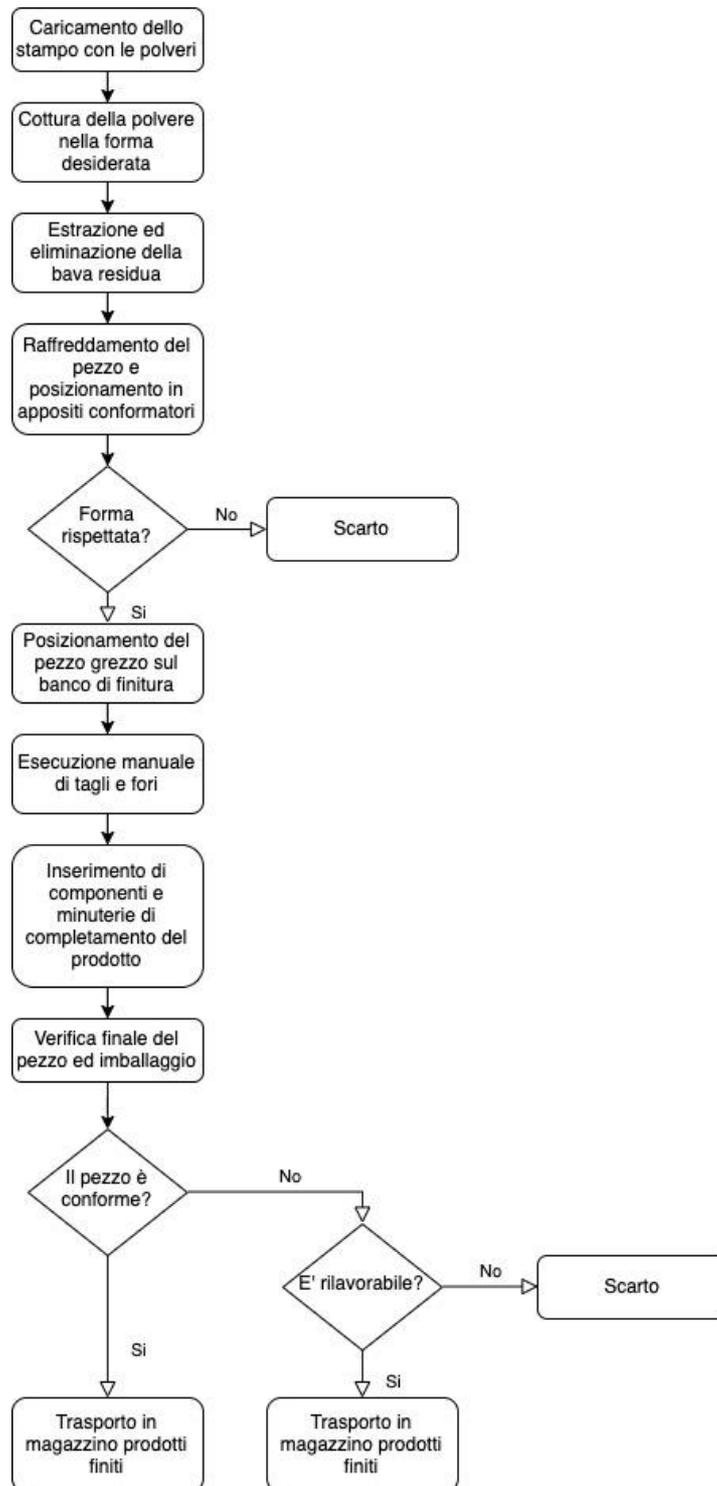


Figura 3.1 Flowchart del tipico ciclo di lavorazione per l'ottenimento di un pezzo finito

È possibile individuare quindi una prima postazione di rifornimento componenti in prossimità dei forni, una successiva in specifiche zone del banco di lavoro ed infine una relativa agli imballi in prossimità del corridoio centrale.

Gli step di lavorazione evidenziati nella Figura 3.1, sono così collocati come in Figura 3.2

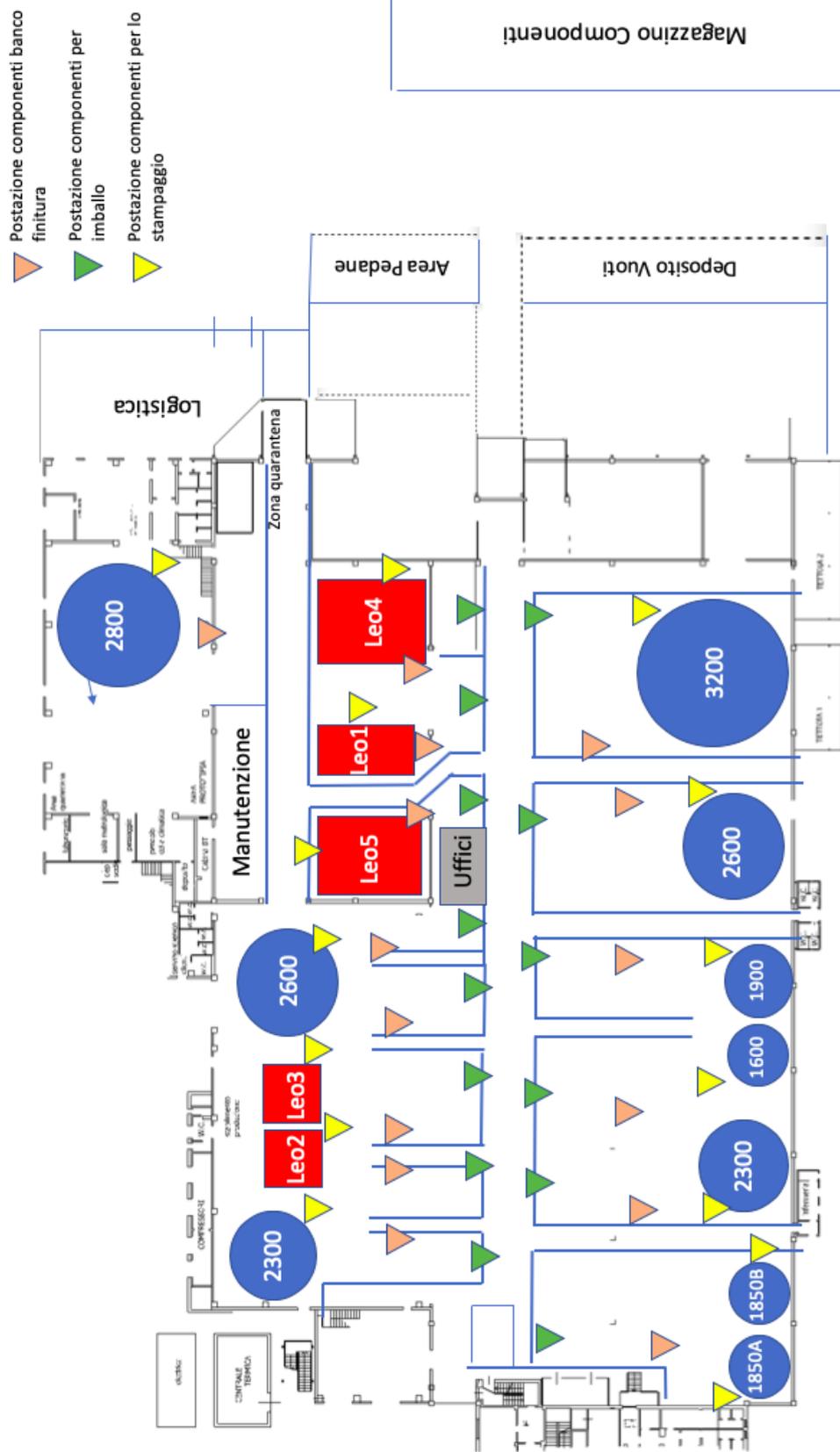


Figura 3.2 Layout con macchinari e postazioni componenti: in rosa sono indicate le postazioni dei componenti relative ai banchi finitura; in giallo quelle relative alle zone di stampaggio ed in verde quelle relative alle zone destinate ai componenti per l'imballo

## 3.2 Postazioni di lavoro

Nella Figura 3.2 sono specificate, all'interno del layout, le tre diverse tipologie di postazione di lavoro. L'importanza di questa suddivisione risiede nel fatto che ogni postazione richiede determinati componenti nei tempi e nelle modalità corrette.

### 3.2.1. Componenti postazione forno

Nella zona identificata come "Postazione Forno" ci sono i componenti utilizzati per realizzare lo stampato che sono principalmente tappi, inserti di diverse tipologie e polvere polimerica (Figura 3.3).

Le attività relative a questa postazione sono semplici e ripetitive. Perché sia ottimizzata la lavorazione è necessaria la conoscenza dei tempi di lavorazione e dell'esatta quantità di materiale consumato.



Figura 3.3 Postazione forno

### 3.2.2. Componenti postazione banco finitura

In questa fase sostanzialmente si ha una quantità ed una varietà di componenti più accentuata dovuta al fatto che oltre a rifinire il prodotto in funzione delle richieste del cliente, si attuano alcuni test di verifica della bontà del pezzo che complicano la predisposizione del banco di lavoro e la possibilità di rifornirlo.

Come precedentemente visto nel capitolo 2, il processo di stampaggio presenta un importante componente manuale sia nello stampaggio che nella finitura. Per quanto riguarda la finitura il controllo che si realizza è coadiuvato da sistemi di tipo Pokayoke presenti in appositi conformatori necessari per completare il pezzo.

Un prodotto finito ha bisogno infatti di ricevere alcuni controlli e verifiche di bontà e, con l'apposito conformatore, si riesce ad adagiare un pezzo in questo spazio a lui dedicato in cui l'operatore potrà poi compiere specifiche fasi che consentiranno il rilascio del pezzo solo una volta terminate tutte quelle necessarie.

Una sottolineatura particolare meritano le quattro diverse tipologie di polveri che dovranno poi essere utilizzate per lo stampaggio e che attualmente sono proporzionate attraverso dosatori presenti sul banco di lavoro e confermati i giusti quantitativi tramite una bilancia.

Esistono inoltre diversi tipi di minuterie (di cui molte specifiche per il pezzo o cliente per cui si realizzano), filtrini, guarnizioni, sensori di livello, magneti, tappi di diversa tipologia e funzionalità etc, che sono in parte condivise tra più prodotti ed in parte specifici per un particolare componente.

Siccome la linea produttiva ed i relativi banchi di lavoro, in questo particolare contesto, possono ricevere semilavorati anche di diversa tipologia, spesso risulta complesso riattrezzare la postazione in funzione dei diversi ingombri e componenti utilizzati (Figura 3.4).



*Figura 3.4 Esempio di un tipico banco di lavoro relativo alla zona adibita alla finitura dei pezzi*

### **3.2.3. Componenti zona imballi**

Una volta ottenuto il prodotto si giunge alla fase terminale di composizione dell'imballo da spedire al cliente. Attualmente queste attività di completamento dell'ordine sono collocate al termine della postazione di finitura in spazi non particolarmente strutturati che creano, specie se avviene qualche ritardo nella chiusura del lotto, intralcio per carrellisti ed operatori interni che necessitano di movimentare altri componenti.

I principali elementi che vengono inseriti e che i diversi prodotti stampati necessitano per un trasporto in sicurezza sono evidenziabili in pluriball (tipo di imballo ammortizzante), staffe, traverse di sostegno, scudi, anelli contenitori, ripiani in cartone, cassette, scatole da imballo etc, come si può vedere dalle Figure 3.5 e 3.6.



Figura 3.5 Esempio di cassone da imballaggio e di rastrelliera per staffe



Figura 3.6 Esempio di ripiani di cartone posizionati a fine linea

Poichè i prodotti realizzati in azienda sono molto customizzabili dal cliente in fase di progettazione, si è arrivati ad avere una varietà di componenti gestiti tra i due diversi magazzini CMP (magazzino componenti) ed RPC (magazzino componenti presenti in linea) tale da richiedere un intervento in merito a questa attività.

Tralasciando le dimensioni e la divisione prima esplicitata tra le tre diverse postazioni di utilizzo, si contano ad oggi in azienda un totale di oltre mille diversi componenti gestiti che, ad intervalli non sempre regolari, devono essere presenti sulla linea per garantire l'attività produttiva.

### 3.3 Logistica integrata

Il diagramma in Figura 3.7, visualizza l'intera procedura logistica dell'azienda, che va dalla ricezione dell'ordine fino alla spedizione del prodotto richiesto.

Il blocco sinistro dello schema registra le fasi di programmazione della produzione di un prodotto, a partire dall'ordine del cliente che può essere chiuso o aperto. L'ordine aperto si riferisce al rapporto di fornitura tra cliente e fornitore che consente di effettuare acquisti sino ad un valore globale predeterminato oppure entro un lasso di tempo predeterminato (tipico per acquisti ripetitivi). L'ordine chiuso, invece, costituisce la forma più tradizionale di contratto e definisce al suo interno tutti i termini e le modalità e si chiude con l'esaurirsi della prestazione. Il blocco di destra evidenzia la programmazione dell'approvvigionamento di componenti e materie prime derivanti dall'ordine del cliente.

Questi due rami del diagramma si incontrano nella produzione e il flusso si completa con la spedizione del prodotto finito.

Nei prossimi sotto-paragrafi verranno trattati i singoli processi con le relative operazioni.

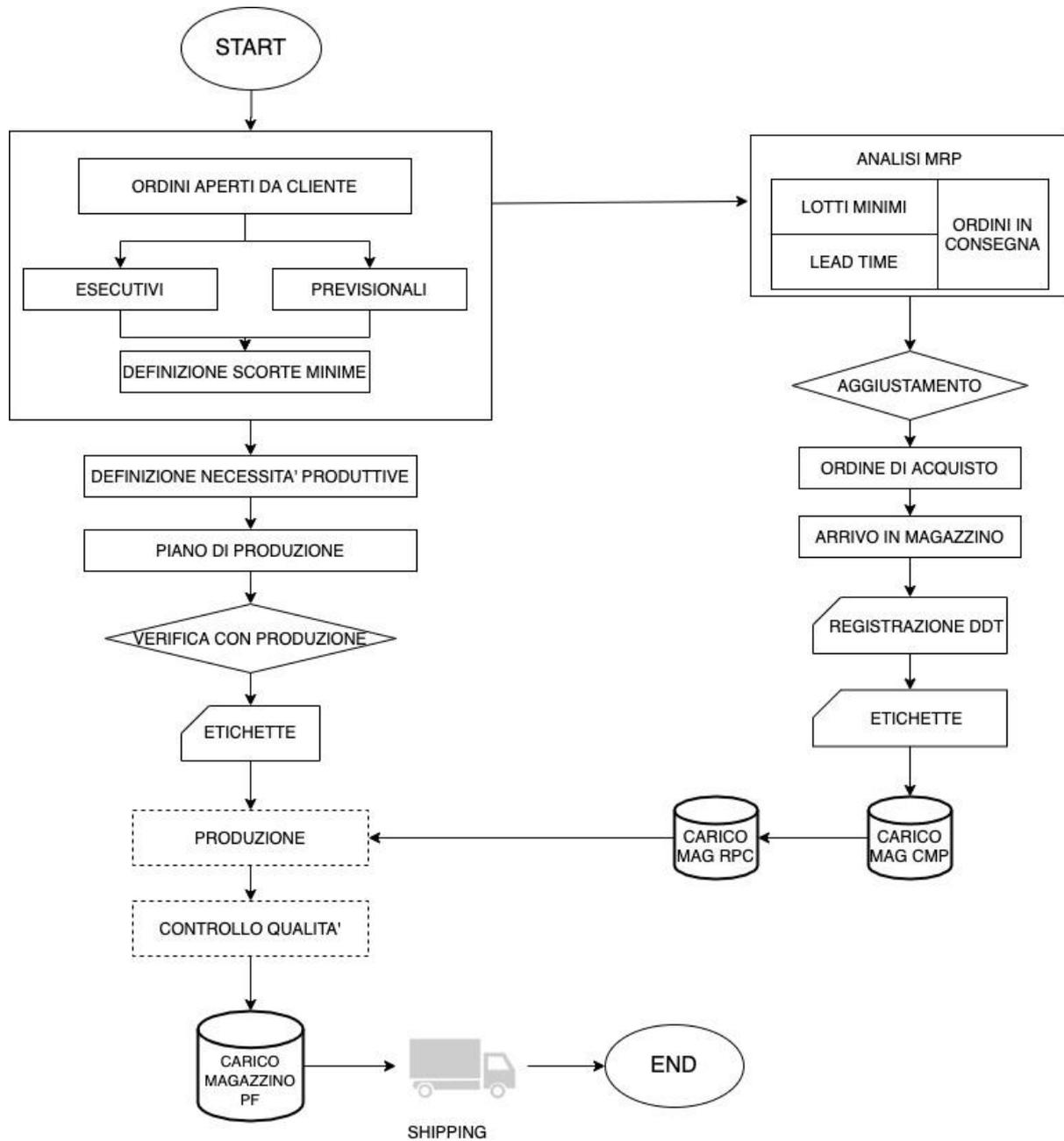


Figura 3.7 Diagramma delle attività logistiche in azienda

### 3.3.1 Logistica cliente

La logistica cliente prende in esame quelli che sono gli ordini aperti del cliente e va a distinguere tra ordini esecutivi (che sono quelli dei clienti relativi alla settimana a venire e che sono da gestire), e ordini previsionali (dalle 3 settimane ai 4 mesi).

Tutte queste informazioni sono gestite tramite Material Requirement Planning (MRP) previsionale valutando il fabbisogno produttivo anche in funzione a quello che il sistema informativo (SI) aziendale AX propone. Una volta valutate le proposte e monitorate le richieste e gli ordini, vengono opportunamente definite le scorte di sicurezza minime che attualmente, data la fase di profonda riorganizzazione aziendale, consistono in due settimane di materiale (Figura 3.8).

La scelta del dimensionamento della scorta di sicurezza minima è tuttavia molto condizionata, al momento, dalle politiche di acquisto, poiché i fornitori impongono lead time di consegna molto restrittivi (o prolungati) che complicano la fase di programmazione e ricezione merce. L'azienda ha intenzione di rinegoziare.

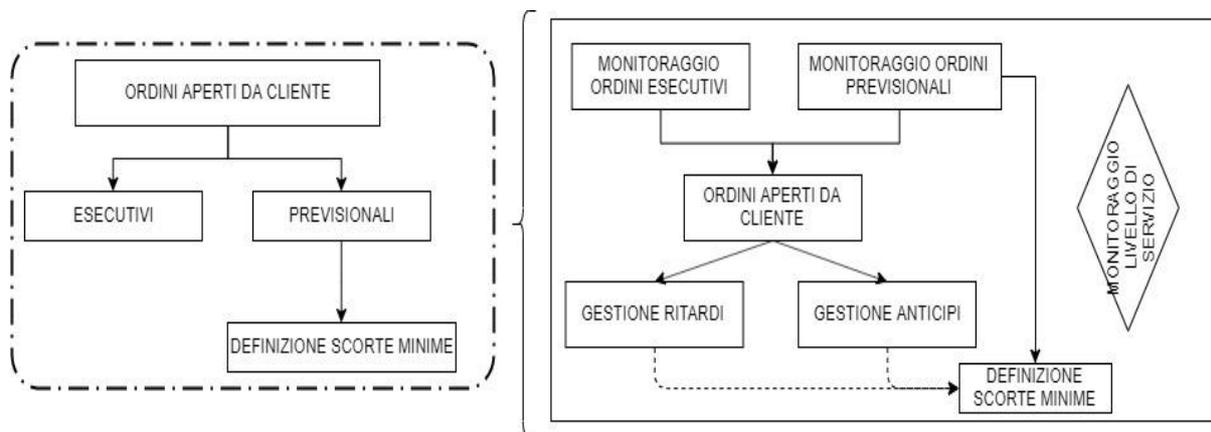


Figura 3.8 Logistica cliente

### 3.3.2 Predisposizione del piano di produzione

Il piano di produzione (PDP) è definito settimanalmente ed è concordato tra pianificatore (logistica) e produzione (Figura 3.9). In sostanza una volta definito l'ordine esecutivo, si va ad allineare il piano concordato con il SI e si apre così l'ordine di produzione (che si ricollega con l'MRP).

Quindi, la logistica stampa le etichette del prodotto finito (Figura 3.10), in cui saranno sintetizzate tutte le informazioni fondamentali (N° etichetta, N° ordine di produzione, N° unità

d'imballo, codice del prodotto e codice a barre) per aver traccia del prodotto e dell'imballo che lo conterrà.



Figura 3.9 Etichetta prodotto finito

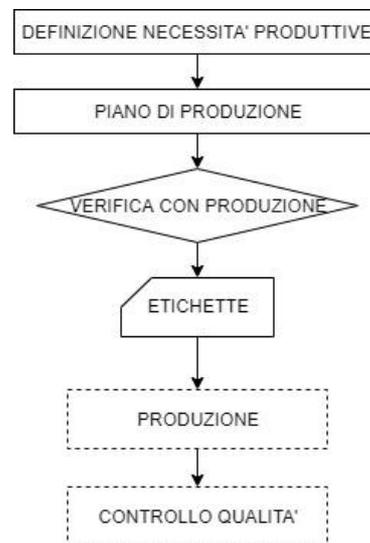


Figura 3.10 Processo di predisposizione PDP

L'attività del pianificatore è attualmente critica per l'azienda in quanto prevede la realizzazione di un'accurata schedulazione della produzione che prenda in considerazione non solo gli ordinativi, ma anche la complessità realizzativa dei pezzi in funzione delle caratteristiche dei macchinari e degli operatori che dovranno interfacciarsi con essi.

Una volta ricevuti in ingresso i fabbisogni produttivi, il pianificatore programma il PDP andando a schedulare sia l'attività sui macchinari che quelle sui banchi di finitura (Figura 3.11). È una fase delicata in quanto ogni macchinario, come precedentemente detto nel paragrafo 2.1.1, presenta un meccanismo a bracci che ruotano passando tra le varie fasi di produzione: solo un corretto bilanciamento delle tempistiche e del caricamento degli stampi consente di ottenere pezzi privi di non conformità.

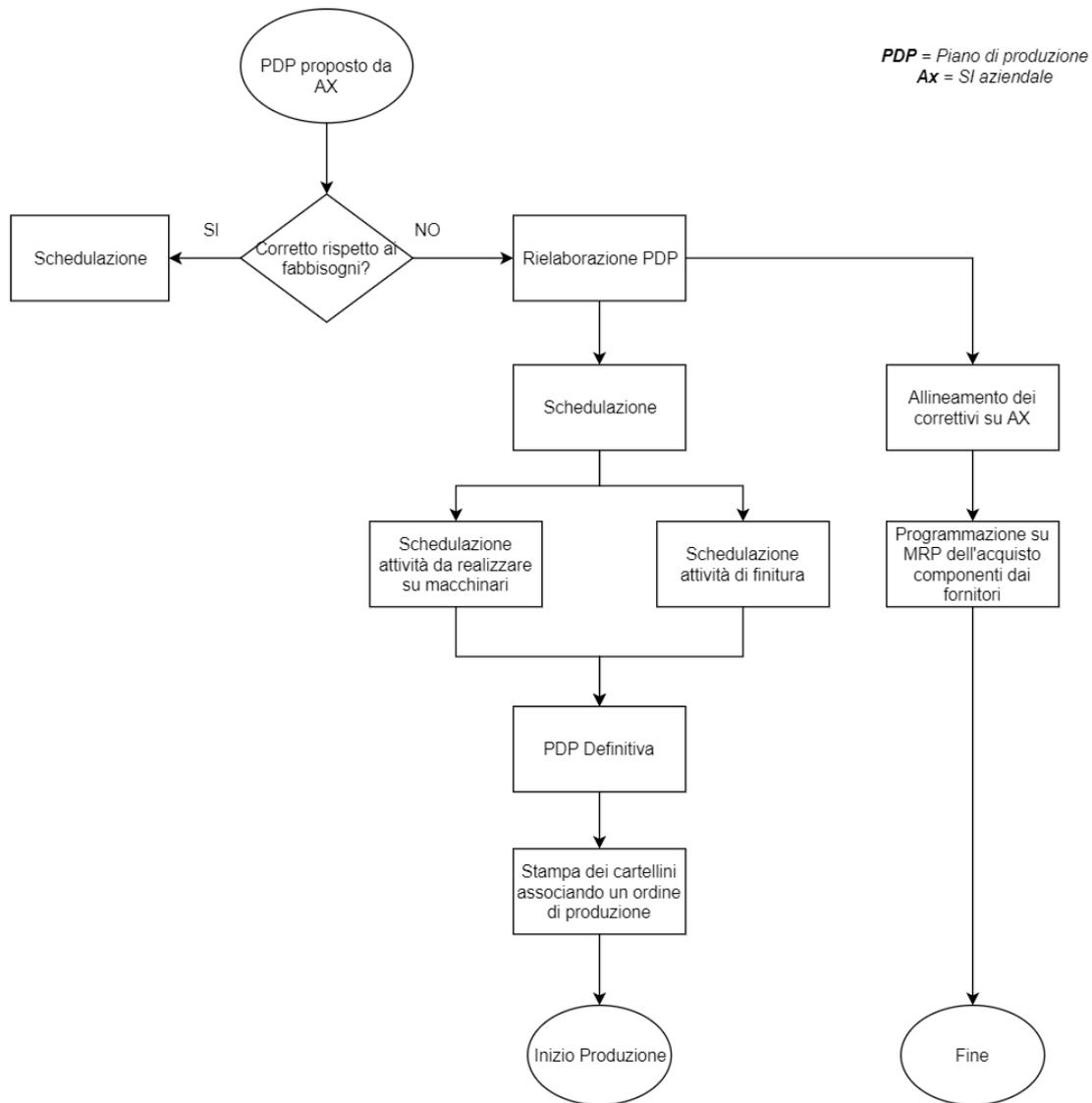


Figura 3.11 Diagramma del processo di realizzazione di un piano di produzione (PDP)

### 3.3.3 Approvvigionamento dei prodotti

Per i materiali diretti di produzione (ovvero la componentistica presente in distinta base) si realizza una procedura che prevede un approvvigionamento basato su previsioni per gli ordini aperti utilizzando la tecnica MRP (Figura 3.12). Una volta definita la strategia e la quantità necessaria, si emette un ordine (tracciato su AX) e si monitora per i successivi ordini (fino a 4 mesi) anche in funzione di eventuali modifiche nell'ordine dei clienti.

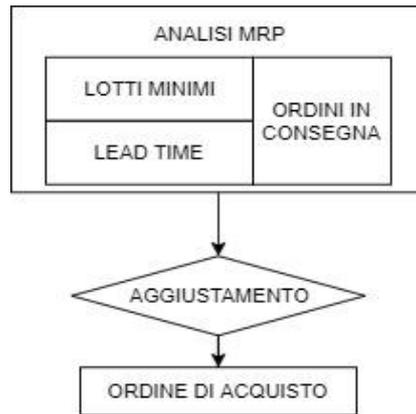


Figura 3.12 Approvvigionamento dei prodotti

### 3.3.4 Accesso del prodotto in magazzino

L'accesso del prodotto in magazzino è realizzato facendo prima un controllo sommario dei colli ricevuti in funzione del documento di trasporto (DDT) che segue la merce e, successivamente, si va a caricare il documento a sistema AX andando a stampare le etichette interne che serviranno per il monitoraggio aziendale (Figura 3.13). In questa fase, infatti, si realizza una distinzione tra famiglie di prodotti in "free pass" ed altre in "quarantena". Questo sistema funziona attuando quello che è un controllo campionario dei prodotti in ingresso alternando mensilmente le famiglie di prodotti che devono "subire" il passaggio nello stato di quarantena. Attualmente in azienda sono presenti 24 famiglie di prodotti come si può vedere dalla Figura 3.14 e ogni mese 8 di queste sono inserite in quarantena per il completamento delle ispezioni di qualità.

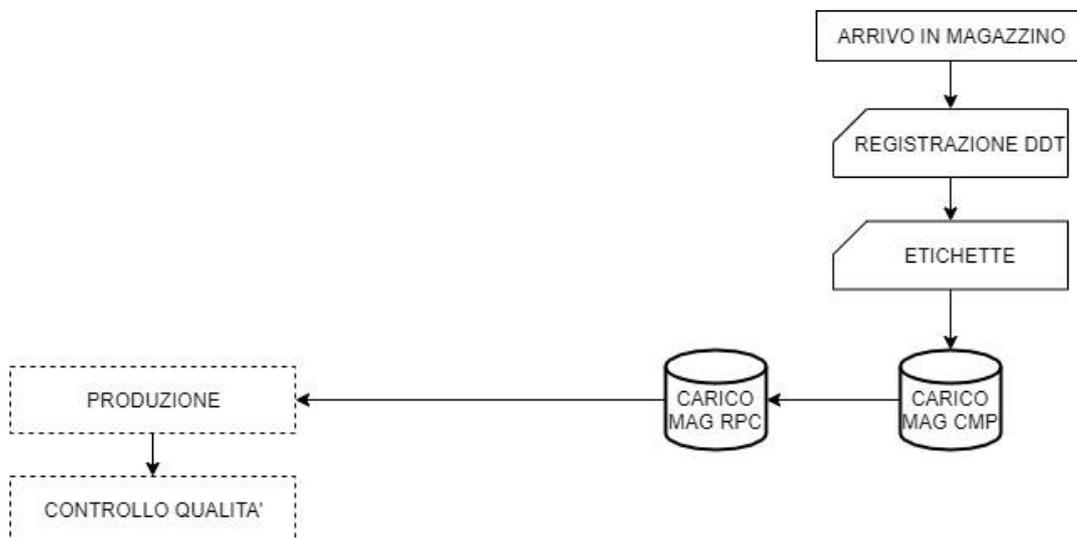


Figura 3.13 Processo di accesso dei prodotti in magazzino

01v	02v	50m	50p	51p	52p	53p	56p	60p	61p	62p	63p
gruppo tubi	gruppo tubi complesso	inserti uni	inserti	inserti speciali	inserti anelli (ghiere)	boccole	etichette	manicotti - gomme	anelli	spugne - gomme	tappi - sensori
64p	65m	65p	66p	67p	68p	69m	69p	70m	70p	71p	75m
griglie - cicloni	collier - fascette	tiranti-cerniere	tubi in gomma-plastica	guarnizioni - o ring	staffe	raccordi	minuteria plastica a iniezione	dadi- viti	perni - rondelle	pipette- raccordi plastica	rivetti

Figura 3.14 Famiglie di componenti attualmente utilizzate in azienda per alternare il controllo qualità

Quando un componente è inserito nello stato di quarantena, esso risulta inutilizzabile per 30 giorni fino a quando non sono state attuate tutte le ispezioni statistiche e qualitative su un opportuno campione estratto dal lotto ricevuto.

Il sistema di turnazione mensile tiene conto ovviamente anche dell'affidabilità del fornitore considerato, nonché dell'eventuali criticità riscontrate su alcuni reclami ricevuti a valle da parte dei clienti. Terminato il periodo di quarantena il collo riceverà l'etichetta di libero accesso al magazzino componenti (CMP) e verrà stoccato in magazzino.

Attualmente la fase di stoccaggio prevede l'inserimento dei colli nelle opportune locazioni libere e si rintraccia gli stessi semplicemente identificando lo spazio in cui sono stati inseriti. Non è infatti realizzata una logica di posizionamento che tenga conto dell'indice di rotazione e del relativo tasso di utilizzo dei componenti, ma è realizzata solo una separazione tra ciò che è obsoleto e ciò che è attualmente in uso in produzione.

Similmente all'attività di posizionamento, anche l'attività di prelievo della merce in magazzino è realizzata collegando il codice del lotto al codice della locazione in cui è posizionato, puntando all'ottenimento della politica First in First Out (FIFO) e alla costante rintracciabilità dei prodotti/componenti in funzione dell'ubicazione posseduta. Tutti i processi appena descritti sono realizzati da carrellisti che vengono pilotati dalle informazioni ottenute e presenti sul SI aziendale.

### 3.3.5 Rifornimento linea

La logistica interna relativa a materie prime e componenti è strutturata attraverso un modello MILK-RUN. Il funzionamento di tale modello prevede il rifornimento delle linee da parte di un operatore che ogni 2/3 ore percorre l'area produttiva e valuta la presenza di cassette vuote o di particolari richieste di specifici soggetti di riferimento dell'area produttiva (chiamati team leader). Tale sistema, tuttavia, comporta criticità in quanto le informazioni circolanti sull'effettiva giacenza tra carrellisti e produzione, non vengono opportunamente controllate e non poche volte il magazzino CMP viene utilizzato in maniera promiscua anche da soggetti non direttamente autorizzati. Ritirare cassette di minuterie senza aggiornare il sistema AX pone l'azienda al rischio di trovarsi potenzialmente nella situazione di rottura di stock su alcuni componenti.

## 3.4 I magazzini

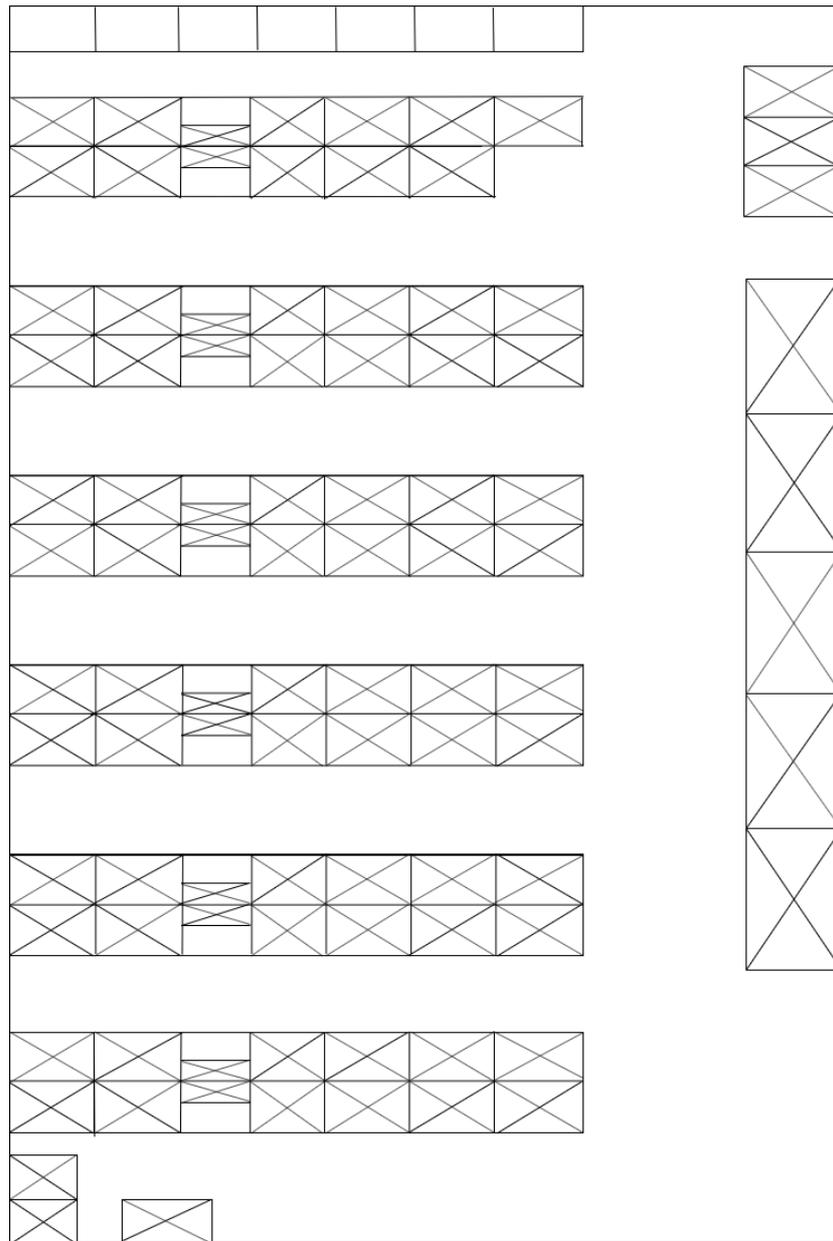
Un aspetto particolarmente delicato dell'azienda è l'organizzazione dei magazzini, in quanto si tratta di un importante zona di stoccaggio componenti e prodotti finiti. Essendo infatti i prodotti realizzati molto voluminosi ed essendo i quantitativi annuali gestiti e spediti superiori alle 400'000 unità, è importante concentrarsi sulla gestione dei loro magazzini.

Essa prevede, come precedentemente detto, un'iniziale fase di accettazione con separazione tra componenti in free pass e quarantena. Una volta giunti in magazzino componenti (CMP) i prodotti sono posizionati in una delle 1'027 locazioni a disposizione.

Come si evince dalla Figura 3.15, il magazzino CMP, visto in proiezione ortogonale secondo un piano orizzontale, presenta 12 scaffalature tradizionali bifronte ed altre scaffalature di diversa dimensione ed altezza che servono per il posizionamento dei sacconi di polvere necessari per lo stampaggio.

Ogni vano può contenere 3 pallet e le scaffalature si sviluppano in altezza per 4 vani.

Il magazzino RPC, invece, rappresenta un magazzino che individua gli elementi che sono presenti sulla linea produttiva. Tale magazzino rappresenta una criticità per l'azienda, in quanto, non riuscendo a monitorare l'effettivo utilizzo della merce ed il suo posizionamento, ricorre spesso ad ordinativi speciali per sopperire a rotture di stock impreviste dovute a disallineamenti tra presenza fisica e virtuale dei componenti.



*Figura 3.15 Schema del magazzino componenti (CMP) visto in proiezione ortogonale secondo un piano orizzontale*

È presente anche un magazzino di prodotti finiti (FIN), che ha dimensioni simili a quelle del magazzino CMP, ma, che non è rientrato accuratamente nell'analisi del Supermarket, poiché si è riscontrato un problema aziendale prevalentemente nella fase di rifornimento linea tra CMP ed RPC.

Attualmente la gestione del rifornimento linea e delle relative attività di immagazzinamento non seguono al meglio le logiche del flusso teso, bensì una gestione che mira alla risposta delle circostanze che si verificano, piuttosto che alla prevenzione del loro verificarsi.

Infatti è assente uno studio sull'effettivo utilizzo dei componenti sulla linea nonché dell'eventuale scarto che si genera e che porta a ridurre le scorte fisiche dei pezzi ma non sempre anche quelle da SI. In azienda ci si affida molto al riferimento della distinta base e alla capacità del personale di filtrare le informazioni realistiche da quelle poco plausibili, andando a verificare personalmente per valutare alcune criticità. Inoltre, come evidenziato dalle immagini prima proposte, è da tempo che in azienda si aspetta una riconfigurazione delle postazioni di lavoro e del relativo layout di stabilimento.

È bene sottolineare infatti che al momento le linee non sono intuitivamente visibili ad un carrellista inesperto e similmente il rifornimento della linea con il giro latte è reso difficoltoso dalla poca attenzione che si ha nelle postazioni di lavoro a gestire gli spazi ed al mantenimento della pulizia e dell'ordine (Figura 3.16).



*Figura 3.16 Zona terminale del banco di finitura poco strutturata, che causa rallentamenti ed intralci agli operatori ed ai carrellisti*

In aggiunta è bene evitare movimenti inutili od eccessivi per gli operatori, problematica che attualmente si verifica anche per la lontananza fisica esistente tra linea e magazzino CMP.

Non essendoci una gestione strutturata ed una relativa allocazione dei componenti alto e basso rotanti, può capitare che il tempo richiesto per cercare, ritirare e consegnare sulla linea un elemento sia eccessivo e poco efficiente.

### 3.5 Banchi di finitura più caratteristici

Restringendo l'analisi ad alcuni banchi di finitura più caratteristici, è possibile descrivere i 3 presenti in giallo in Figura 3.17.

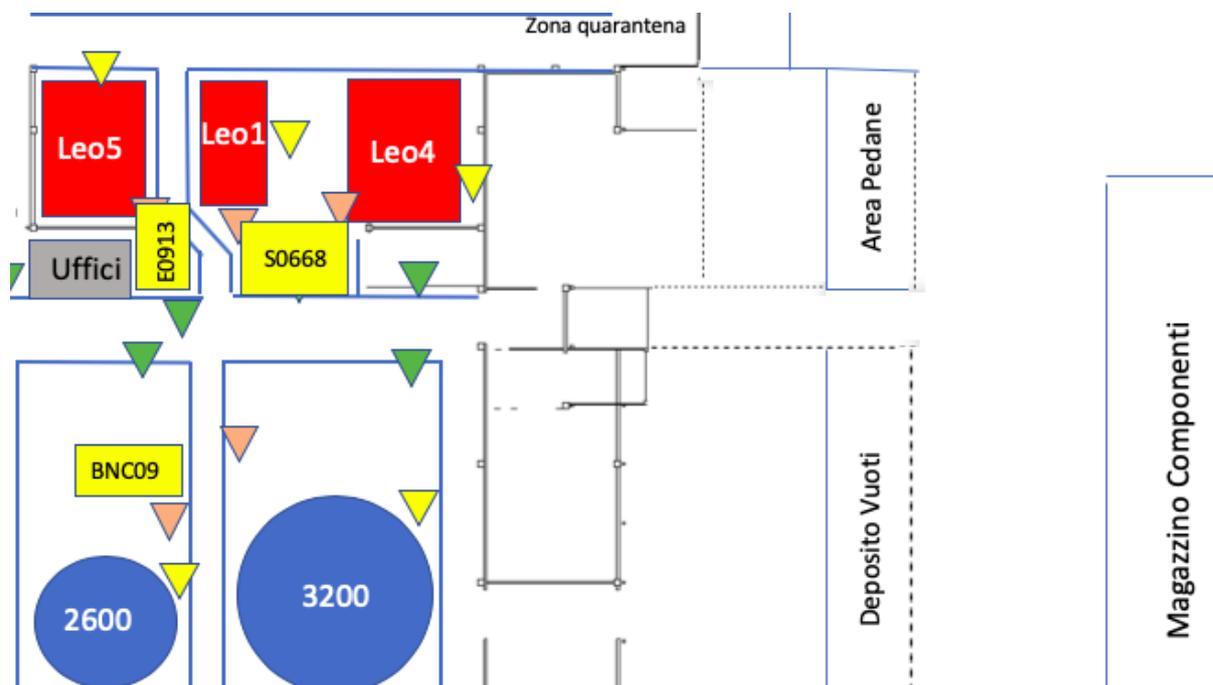


Figura 3.17 Restrizione del layout in cui si evidenziano i banchi di finitura più importanti per l'analisi di dimensionamento

Tale scelta è giustificata dal fatto che le 8 tipologie di prodotti inseriti in tali banchi costituiscono i principali codici aziendali per fatturato (Tabella 3.1). Come evidenziato in tabella si percepisce che i primi otto codici rappresentano ben il 42,5% del fatturato complessivo generato da Rototech e, per tale motivazione, si andrà ad approfondire la loro analisi.

In Tabella 3.2, invece, è possibile osservare le tre diverse famiglie di prodotti suddivise per colore, gli 8 diversi codici di prodotto con l'identificazione della postazione ed il fabbisogno medio settimanale.

Tabella 3.1 Elenco ordinato dei principali prodotti realizzati in Rototech che contribuiscono al fatturato aziendale

Codice articolo	Nome articolo	Fatturato [%]	Codice articolo	Nome articolo	Fatturato [%]
E09130160	SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17	6,8%	H13870000	SNORKEL COMPLETO DAF(CORTO)	0,9%
G06650991	CONDOTTO ARIA DAF	5,9%	L05270000	PORTAOGGETTI	0,8%
E09130952	SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M SSI	5,8%	E04820103	SERBATOIO UREA 60L DAF	0,8%
G06650992	CONDOTTO ARIA DAF	5,3%	G12280000	CONDOTTO ARIA SCANIA	0,8%
S06689003	SNORKEL DAF BRASILE	5,2%	H04260000	SNORKEL - ELEMENTO SUPERIORE CORTO SCANIA	0,8%
S06680003	SNORKEL DAF	5,0%	B14420000	SERBATOIO GASOLIO 57L LINDE	0,7%
E09139952	SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M SSI - BRASILE	4,7%	E04820994	SERBATOIO UREA 60L DAF - KUS	0,7%
G06659991	CONDOTTO ARIA DAF - BRASILE	3,8%	G12290000	CONDOTTO ARIA PULITA LUNGO SCANIA	0,7%
A06340005	SERBATOIO COMBUSTIBILE 15L	1,7%	L08390000	PARAFANGO DX LUNGO DAIMLER	0,7%
L13150001	PARTE DI CABINA CAT (PLENUM AS)	1,3%	M04040000	CONVOGLIATORE ARIA	0,7%
L05840000	CONVOGLIATORE ARIA	1,1%	B02480920	SERBATOIO COMBUSTIBILE 227L	0,6%
G14220000	CONDOTTO ARIA DAIMLER	1,1%	D12790000	SERBATOIO LAVAVETRO SCANIA PP NEUTRO	0,6%
G14210000	CONDOTTO ARIA SPORCA CNH	1,0%	H02770990	SNORKEL DAF	0,6%
H14230000	CONDOTTO ARIA DAIMLER	1,0%	H04250100	SNORKEL SCANIA	0,6%
L04140000	COPERCHIO BOILER 40L GRIGIO QUICK	1,0%	A06340190	SERBATOIO COMBUSTIBILE 15L	0,5%
E09810002	SERBATOIO UREA 20L DEUTZ - FISS ORIZZ / BOCCH FRONT (LTA TE)	0,9%	B04910991	SERBATOIO COMBUSTIBILE 45L LINDE	0,5%
H06960000	SNORKEL FRONTALE	0,9%	G04090000	CONDOTTO ARIA PULITA	0,5%
			G14370000	CONDOTTO ARIA SPORCA C/CASCHETTO SCANIA	0,5%
			M13170001	PARTE DI CABINA CAT (DUCT AS-RH)	0,5%

Tabella 3.2 Famiglie di prodotti utilizzati costantemente

<b>Codice prodotto</b>	<b>Postazione</b>	<b>Descrizione prodotto</b>	<b>Fabbisogni medi settimanali [Unità]</b>
E09130160	E0913	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17	50
E09130952	E0913	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17	525
E09139952	E0913	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17	25
S06680003	S0668	SNORKEL - ELEMENTO SUPERIORE	180
S06689003	S0668	SNORKEL - ELEMENTO SUPERIORE	6
G06650991	BNC09	CONDOTTO ARIA DAF	50
G06650992	BNC09	CONDOTTO ARIA DAF	540
G06659991	BNC09	CONDOTTO ARIA DAF - BRASILE	30

Tali prodotti permettono all'azienda di realizzare tre diverse tipologie di stampati ognuno avente la propria distinta base. In Tabella 3.3 sono invece evidenziati i componenti che sono necessari.

Per questi otto codici sono programmati mediamente fabbisogni di oltre 30 pezzi settimanali ed è importante per l'azienda avere un attento monitoraggio del consumo settimanale dei componenti in funzione dei riordini ai rispettivi fornitori.

Tabella 3.3 Componenti necessari per la realizzazione degli otto prodotti più venduti

<b>Codice componente</b>	<b>Descrizione articolo</b>
01V010400	SOFFIETTO CON ANELLO DONALDSON
02V005400	ADATTATORE MAGNETE AZZURRO (RTF)
10N001000	PE MD ICORENE 1613BK85
60P004401	SNAPLOC ACCOPPIATORE
62P007501	GOMMINO ANTIVIBRANTE RINFORZATO
63P013200	TAPPO BOCCHETTONE AdBLUE D40 DAF
63P027202	SENSORE DI LIVELLO SSI 28541 - DAF2134681
67P006501	O-RING 3.53x63.6 EPDM70 SHA
69P003000	PIPETTA CORTA EVACUAZIONE ACQUA DONALDSON
69P012800	PIPETTA SCARICO ACQUA DONALDSON
69P013301	CASCHETTO CLIPSATO PER ELBOW DONALDSON
69P016900	GOULOTTE D40 INCASSATA PER ANELLO AD INCASTRO
69P017100	ANELLO INTERNO PER GOULOTTE D40 AD INCASTRO
70M007000	VITE TSP AUTOFIL. 3.5x22 (UNI6956) INOX
70M009602	VITE TC TORX M5 L12 ZNT NERO CR6+ FREE
75M002600	RIVETTO A FIORE D4,8x28,5 NERO
770010002	PLURIBALL H100 (poliboll aircap cl-ld h.100x200mtl [200 mq])
90C004100	TAPPO PE D63
90C004800	TAPPO PE D97
90P000200	SCATOLA 1'194x794x605
90P000600	RIPIANO IN CARTONE 1'200x800
90P002500	SACCO PLT SP 4/100 DIM. 1360+530+530 x 2700
90P007400	MATTONCINO POLISTIROLO 300x150x100
90P010300	LASTRA POLISTIROLO 400x200x30
90P010500	SACCO LDPE NEUTRO RIGENERATO 76+7+7/240 sp4/100
90P014000	SCATOLA 2230x1050x710 x BRASILE
90S008600	ANELLO 1'200x800x200 NEUTRO HT ISPM-15 - RICONDIZIONATO
90S009300	C4 GRIGLIATO DAF/LEYLAND 2.4x1.2x1
90S011500	COPERCHIO 1200x800 NEUTRO
90S013700	PEDANA 1200x800 NEUTRO HT ISPM-15
90S018500	BOX K8 1'638x1'219x864 DAF
90S019000	IMBALLO PLASTICA K6 DAF HDR 4048-39 1'200x1'000x1'000
95P000600	PEDANA 1'200x800 TRATTATA HT (FUMIGATA)
95P001400	PEDANA 2'260x1'080 HT ISMP15

### 3.6 Le unità movimentabili

Le attuali unità di carico presenti internamente in azienda sono:

- Cassa (dimensione pari a 700x800x1'200) (Figura 3.18);
- Cassetta (dimensione pari a 300x400x600) (Figura 3.19);
- Cassettina (dimensioni pari a 120x150x200) (Figura 3.20).



Figura 3.18 Cassa



Figura 3.19 Cassetta



Figura 3.20 Cassettina

Essendo questa attualmente una condizione oltre che vincolo da rispettare per il dimensionamento della linea, si è dovuta ipotizzare una soluzione utilizzando le dimensioni di questi oggetti attualmente presenti.

Va sottolineato che in produzione si va a posizionare e movimentare nelle apposite scaffalature solo le unità relative alle cassette e cassettime, in quanto la cassa viene posizionata in magazzino CMP e, di volta in volta, si realizza un refill dei relativi contenitori.

Attualmente il sistema prevede un sistema di movimentazione di queste unità realizzate attraverso un giro latte ogni 2/3 ore in funzione del posizionamento delle attuali scaffalature presenti in produzione, seguendo un percorso non ben specificato che comporta inefficienza.

### 3.7 Analisi delle criticità: interventi

In funzione delle caratteristiche operative e della situazione aziendale prima presentata, si è deciso di intervenire sul dimensionamento del supermarket. La scelta è stata motivata dal fatto che l'efficienza ed i risultati interni misurati dall'indicatore "Livello di Servizio Interno" evidenziavano valori insoddisfacenti per i vertici aziendali. Tale elemento è stato ritenuto sintomo di una cattiva gestione dei flussi interni e delle aree destinate al rifornimento linea. Per cui, partendo da un'iniziale analisi delle principali cause che hanno comportato inefficienza in azienda, si è deciso di attuare un approccio di Problem Solving Process (PSP) (Hyde, et al., 1979).

Seguendo questo metodo di analisi, si è fatto un lavoro di "esplosione" delle distinte base per linee e per codici di prodotto al fine di andare a riconfigurare il sistema informativo aziendale AX, in modo da inserire le informazioni aggiornate sul nuovo layout e sui giusti centri di lavoro.

In funzione dei fabbisogni entranti in azienda e dei prodotti da realizzare, si è ripensata la linea produttiva, i banchi di lavoro ed il relativo asservimento che la funzione logistica deve realizzare per la produzione, anche in base ad uno studio più accurato degli spazi disponibili e di quelli che precedentemente erano mal utilizzati.

A tal fine è stato attivato un progetto interno multi-operativo con l'obiettivo di "aggredire" in maniera diretta tutte le problematiche in uno specifico dominio aziendale per poi utilizzare tale riferimento come modello per le restanti zone. Si sono affrontati i vari step precedentemente accennati in maniera più accurata evidenziando l'importanza che hanno avuto per giungere ai risultati finali di quest'attività di dimensionamento.

#### 3.7.1 Problem Solving Process

L'attività ha coinvolto le diverse funzioni aziendali ed ha portato ad un lavoro di raccolta dati delle principali situazioni critiche settimanali che si sono verificate in produzione al fine di ottenere il PDP previsto settimanalmente.

Per ottenere i dati si è chiesto ai rispettivi team leader operanti nei tre diversi turni aziendali di raccogliere le motivazioni per cui non si è stati in grado di completare un lotto di prodotti in una determinata giornata e di aggiornare un documento cartaceo che opportunamente ogni mattina, in fase di analisi e monitoraggio dell'avanzamento produzione, ha portato ad aggiornare un documento excel come evidenziato in Figura 3.21.

LINEA/BANCO	LUNEDI			MARTEDI			MERCOLEDI			GIOVEDI			VENERDI						
	PDP	Veriato	DELTA	PDP	Veriato	DELTA	PDP	Veriato	DELTA	PDP	Veriato	DELTA	PDP	Veriato	DELTA				
	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE	CAUSALE										
ROBOTICOM	205	111	-94	274	112	-162	298	236	-62	298	236	-62	192	57	-135	238	121	-117	NON RISPETTO DEL PROGRAMMA
BELOTTI	200	84	-116	168	40	-128	216	84	-132	216	84	-132	192	46	-146	144	76	-68	NON RISPETTO DEL PROGRAMMA
BANCO913	144	124	-20	144	124	-20	144	156	0	144	156	0	144	112	-32	116	100	-16	
CASTIGLIONI	144	162	0	144	150	0	144	150	0	144	150	0	144	144	0	116	138	0	
DEUTZ	100	109	0	100	88	-12	100	105	0	100	105	0	100	95	-5	100	105	0	
LINWEB	63	84	0	126	84	-42	126	189	0	126	189	0	126	105	-21	126	126	0	
LIN1	50	40	-10	32	36	0	32	36	0	32	36	0	24	25	0	24	21	-3	
LIN2	36	41	0	36	26	-10	36	41	0	36	41	0	52	47	-5	36	32	-4	
LIN3	10	10	0	44	44	0	30	27	-3	30	27	-3	20	4	-16	24	18	-6	
LIN4	59	68	0	75	62	-13	65	32	-33	65	32	-33	87	80	-7	75	54	-21	MANCANZA COMPONENTI
LIN5	32	26	-6	20	20	0	20	20	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	
LIN6	58	49	-9	54	42	-12	42	37	-5	42	37	-5	42	53	0	42	36	-6	
LIN7	51	29	-22	31	19	-12	69	46	-23	31	19	-12	39	27	-12	51	28	-23	MANCANZA WIP
LIN8	60	72	0	60	52	-8	60	60	0	60	60	0	72	60	-12	60	48	-12	
BNC02	27	0	-27	27	0	-27	0	0	0	27	0	-27	27	0	-27	0	0	0	
BNC03	62	48	-14	62	52	-10	72	48	-24	62	52	-10	62	80	0	62	48	-14	
BNC07	24	8	-16	24	32	0	24	16	-8	24	16	-8	0	0	0	0	0	0	
BNC09	160	140	-20	83	140	0	83	80	-3	160	80	-80	160	80	-80	160	140	-20	
BNC10	42	25	-17	30	30	0	38	30	-8	30	30	-8	30	5	-25	30	20	-10	
BNC11	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BNC12	51	24	-27	51	0	-51	51	0	-51	51	0	-51	51	36	-15	51	72	0	
BNC14	27	18	-9	20	0	-20	24	24	0	20	0	-20	0	0	0	0	0	0	
BNC15	36	28	-8	0	0	0	150	46	-104	0	0	0	90	90	0	0	0	0	
BNC16	42	42	0	0	0	0	28	28	0	0	0	0	28	0	-28	30	30	0	
BNC17	0	0	0	16	12	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	-32	ASSENTEISMO
BNC18	40	32	-8	32	0	-32	40	60	0	32	0	-32	32	52	0	40	0	-40	
BNC20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BNC512272	20	0	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 3.21 Documento di aggiornamento settimanale delle cause dell'inefficienza produttiva

In funzione di questo riassunto giornaliero, si sono distinte le seguenti cause di ridotta produttività e, di volta in volta, si è contato il numero di volte in cui si sono verificate e l'impatto che ha comportato. In aggiunta alla rilevazione della causa accorsa, si è poi suddiviso l'impatto derivante per area di competenza aziendale: in sostanza ognuna delle cause ha uno specifico referente che è stato contattato per valutare insieme le azioni più opportune da attuare. Le cause schematizzate sono state:

- **Overproduction:** è una problematica legata al non rispetto del PDP giornaliero/settimanale che ha portato ad eccessi di produzione per un particolare prodotto;
- **Assenteismo:** è una problematica legata alla mancanza di personale in reparto produttivo;
- **Guasto stampo:** è una problematica legata al mancato funzionamento di uno stampo che è stato trovato in non adeguate condizioni operative;
- **Mancanza attrezzature:** è una problematica legata alla mancanza di elementi di supporto alle operazioni di stampaggio, finitura o imballaggio;
- **Qualità:** è una problematica legata a problemi sulla qualità dei pezzi riscontrata sulla linea;
- **Mancanza WIP:** è una problematica legata all'impossibilità in finitura di lavorare i pezzi stampati in quanto è avvenuto uno sbilanciamento a monte, nella fase di stampaggio, o nella fase di programmazione di produzione settimanale;
- **Mancanza Componenti in RPC:** esistenza di un problema inventariale o di posizionamento in produzione
- **Ufficio tecnico:** è una problematica legata a disposizioni tecniche che creano difficoltà a stampare;
- **AX bloccato:** è una problematica legata al non funzionamento del SI aziendale;
- **Manutenzione:** è una problematica legata al blocco dell'attività produttiva causata da necessità di interventi manutentivi imprevisti su taluni macchinari;
- **Metodi:** è una problematica legata al non verificarsi di nessuna delle altre specifiche cause e che quindi rientra in inefficienza della postazione di lavoro rispetto alla produttività che si sarebbe potuta ottenere sullo specifico macchinario.

In base ai risultati settimanali ottenuti e attraverso opportuni diagrammi di Pareto, al fine di valutare le cause più impattanti e le funzioni aziendali più frequenti su cui intervenire, ci si è accorti che una problematica ricorrente è l'assenza di componenti in linea di produzione.

Questo dato tuttavia è stato inglobato all'interno dell'indice aziendale del **Livello di servizio interno** che verifica realmente l'efficienza dell'area di produzione e viene definito dal rapporto pezzi prodotti nel rispetto del mix e pezzi richiesti dal PDP.

$$LSI = \frac{\text{Pezzi prodotti nel rispetto del mix}}{\text{Pezzi richiesti dal piano di produzione}}$$

Per valutare l'efficienza di questo indice aziendale e studiare le problematiche annesse, ci si è riuniti in team inter-operazionali affrontando la situazione e seguendo un approccio che si è basato sul diagramma di Ishikawa.

In tal modo sono stati osservati gli elementi che hanno portato a questa problematica di rendimento e, in particolare, si è constatato che molte delle cause abbiano svariati punti in comune che, suggeriscono di realizzare un intervento omnicomprensivo.

Dal punto di vista logistico si è intervenuto iniziando a lavorare su specifici file interni all'azienda per tenere sotto controllo gli arrivi e le partenze dei componenti andando a realizzare un Plan For Every Part (PFEP) (Allegato 2).

Con questo strumento si riescono ad avere le informazioni essenziali di un componente/prodotto ed è un database, un piano, che raccoglie indicazioni caratterizzanti ciascun elemento che entra in stabilimento. È il primo passo necessario alla realizzazione degli obiettivi di ottimizzazione e regolarizzazione di un flusso produttivo e logistico.

Il PFEP contiene, di fatto, tutti i dati utili alla gestione del componente, come ad esempio la descrizione, i consumi storici, le aree di utilizzo, o informazioni di possibile interesse legate al fornitore.

In particolare, nel PFEP vengono inserite le informazioni in merito ai contenitori utilizzati. Questo dato è tipicamente critico nella gestione dei materiali e spesso non tenuto sotto controllo nei processi aziendali.

Una volta accuratamente raccolti tutti i dati, il Plan For Every Part permette:

- Di iniziare la creazione del proprio sistema Lean di gestione dei materiali;
- Lo sviluppo del supermarket per i componenti di acquisto, dei percorsi di consegna e dei segnali pull;

- La registrazione di tutti i dati pertinenti ai vari componenti in un database centrale ed accessibile;
- Ordinare i dati secondo differenti categorie e permettere analisi immediate ed efficaci per prendere le decisioni;
- Offrire una risposta rapida ai reparti di produzione in merito ai componenti.

Come si evidenzia nella Figura 3.22, il PFEP riesce ad integrare misure degli imballi, ubicazioni dei pezzi in azienda, trend delle richieste e dei consumi medi di componenti e prodotti finiti, informazioni sui trasporti e sui pesi e, infine, indicazioni sulle unità d'imballo.

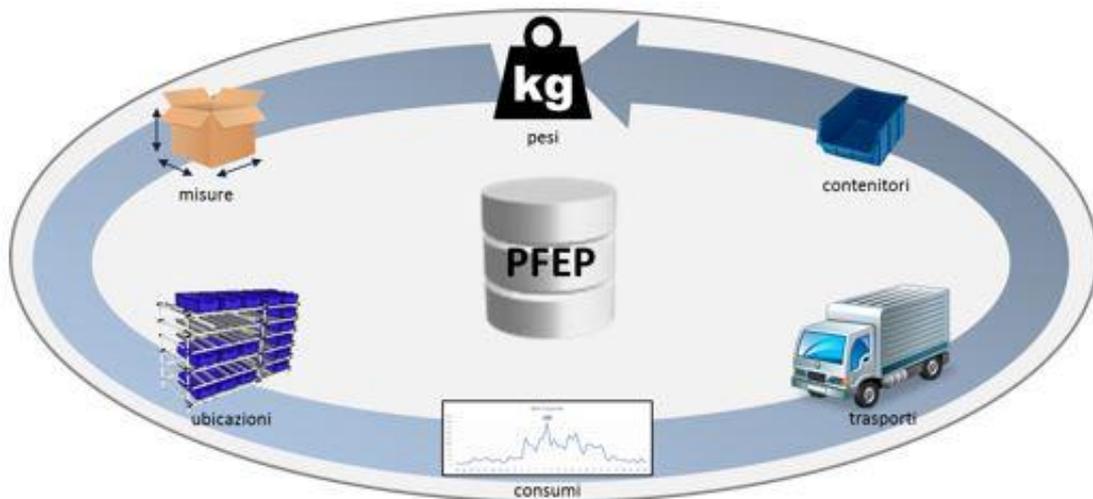


Figura 3.22 Il PFEP (TopSupplier, 2016)

Successivamente al PFEP si è operato con la funzione aziendale di Tempi e Metodi e con l'ausilio di IT per riconfigurare i centri di lavoro sul sistema informativo.

In sostanza si sono reinserite le linee di produzione con i relativi codici circolanti e le rispettive distinte base in un nuovo raccoglitore di informazioni che andasse a ristrutturare il preesistente modello utilizzato.

Questa attività di riconfigurazione di AX è partita da un'iniziale necessità di modifica dell'attuale layout.

I principali cambiamenti hanno riguardato una migliore gestione degli spazi ripulendo da ciò che attualmente è spreco; una nuova nomenclatura delle linee più intuitiva e più facilmente visibile dai carrellisti; una miglior predisposizione delle zone adibite alla componentistica ed una nuova divisione in "domini" che separi, al meglio, le aree produttive all'interno del reparto di produzione.

Per realizzare quest'attività si è anche tenuto in considerazione l'importante concetto della *Golden Zone* di una postazione di lavoro.

La Golden Zone è l'area della postazione strettamente necessaria all'operatore per eseguire la fase di processo.

Tutti i materiali necessari alla fase devono pervenire o devono già essere presenti in tale area "gialla" (Figura 3.23), al fine di minimizzare tempi di ricerca e spostamenti non necessari evitando quindi le attività a non valore aggiunto.

La logica è quella di avere i materiali a portata di mano semplicemente allungando le braccia e soprattutto senza doversi alzare, girare o fare altri movimenti non ergonomici.

Per elevare l'efficienza di una linea produttiva è fondamentale considerare l'ergonomia in quanto essa riduce i rischi di sfrido nonché i tempi necessari per la ricerca dei diversi componenti. Eccedere in movimentazioni comporta costo di non valore aggiunto.

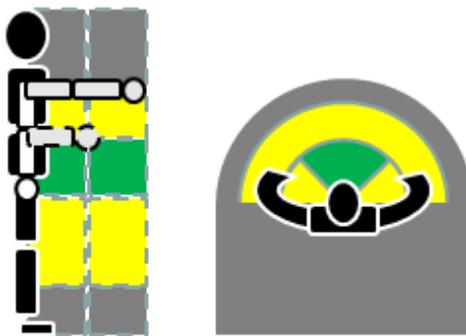


Figura 3.23 La "Golden zone" (Meseses-4Lean, 2010)

### 3.7.2 Progetto "miglioramento continuo"

L'attività intrapresa in azienda ha come scopo quello di riunire in un team membri appartenenti a diverse funzioni aziendali al fine di individuare problematiche e proporre idee risolutive sugli elementi critici in area produzione.

Il team inizialmente prevedeva la partecipazione di 6 membri : 2 appartenenti all'area della produzione, 2 appartenenti all'area dei Tempi e Metodi e 2 appartenenti all'area della logistica. Con l'avanzamento dell'attività si è andato a coinvolgere altri componenti di riferimento del reparto di produzione, come ad esempio i team leader, e tutti coloro che quotidianamente affrontano le criticità dell'area analizzata.

L'area di interesse è stata inizialmente quella relativa al dominio 3 (D3). Come si vede dalla Figura 3.24, e dalle successive Figure 3.25, e 3.26, questa zona molto vasta dell'impianto è stata presa come iniziale punto di riferimento a causa di un elevata criticità riscontrata nel materiale processato e non tempestivamente completato.

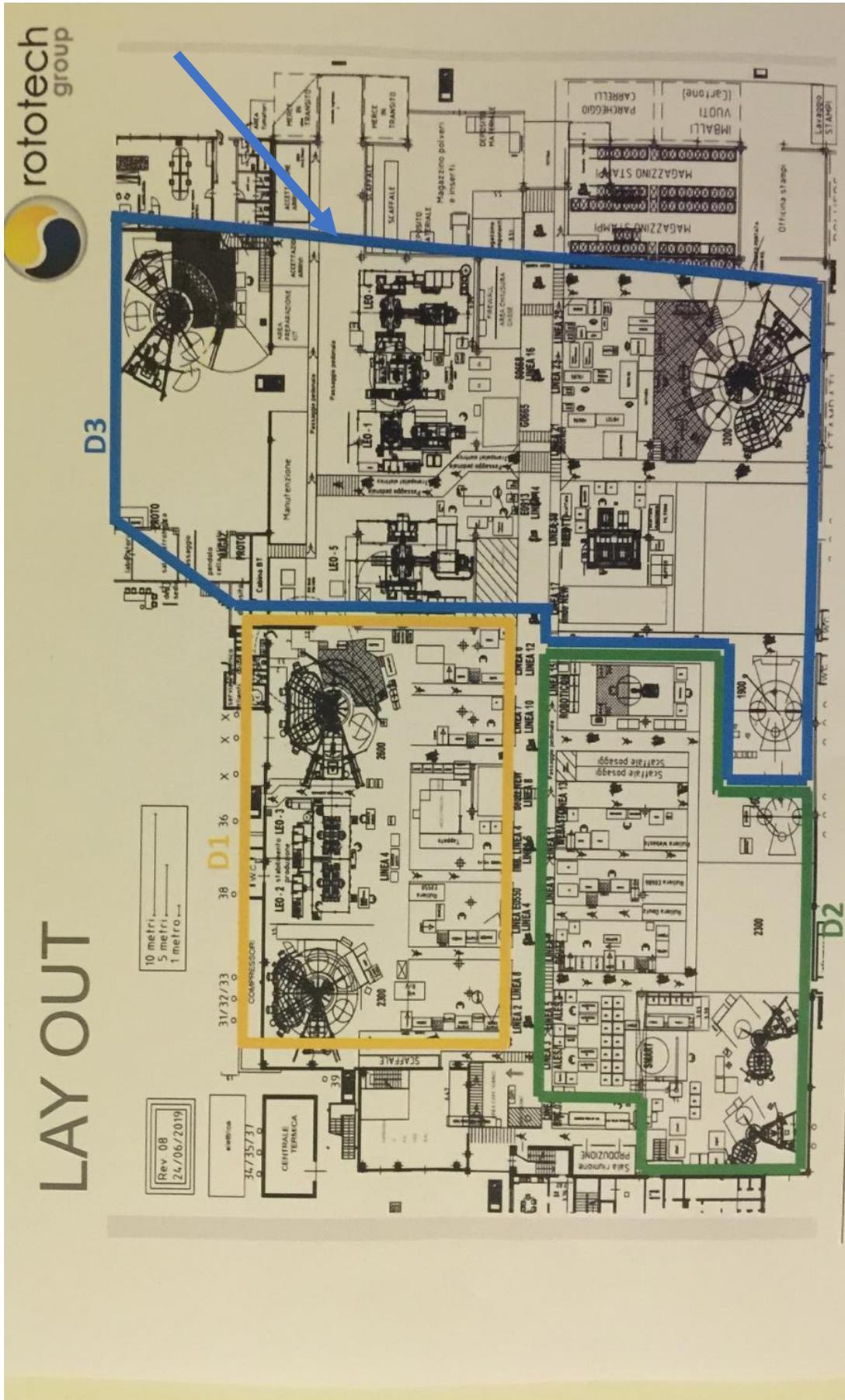


Figura 3.24 Layout suddiviso per domini: in blu il dominio 3



*Figura 3.25 Eccesso di wip accatastato*



*Figura 3.26 Sovrapproduzione di stampato che intralcia gli spazi produttivi*

Partendo da questa traccia di problematica si è poi andato a fare un ampio discorso di analisi delle difficoltà riscontrate che potessero aver causato questa situazione aziendale.

La criticità dell'eccessivo numero di ceste di WIP in produzione e, del disordine, più in generale, sono risultati soltanto dei sintomi dell'attuale inefficienza della gestione degli spazi. Innanzitutto l'idea iniziale con cui è nato questo team è stata quella di voler intervenire, in maniera diretta, alla liberazione dell'area da tutti gli elementi esterni e non finalizzati all'operatività di quell'ambiente di lavoro. Si è quindi catalogato, impacchettato e, momentaneamente spostato, ciò che era di troppo, consentendo all'intero team di poter prendere coscienza degli spazi effettivi disponibili e di quelli che richiedevano un intervento alternativo rispetto all'esistente (Figura 3.27 e Figura 3.28).



*Figura 3.27 Nuova organizzazione del dominio 3*



*Figura 3.28 Zone di transito carrelli libere da ingombri*

L'intervento non si è limitato ad una attenta e risoluta attività di riqualificazione e pulizia della zona, ma, ha avuto lo scopo di affiancare un'attività parallela di documentazione delle operazioni svolte e studio concreto dell'andamento dei flussi.

A tal fine è stato ridisegnato il layout in un primo step all'interno del reparto produttivo stesso e, successivamente, si è schematizzato al computer la situazione AS IS come evidenziato in Figura 3.29 e 3.30.

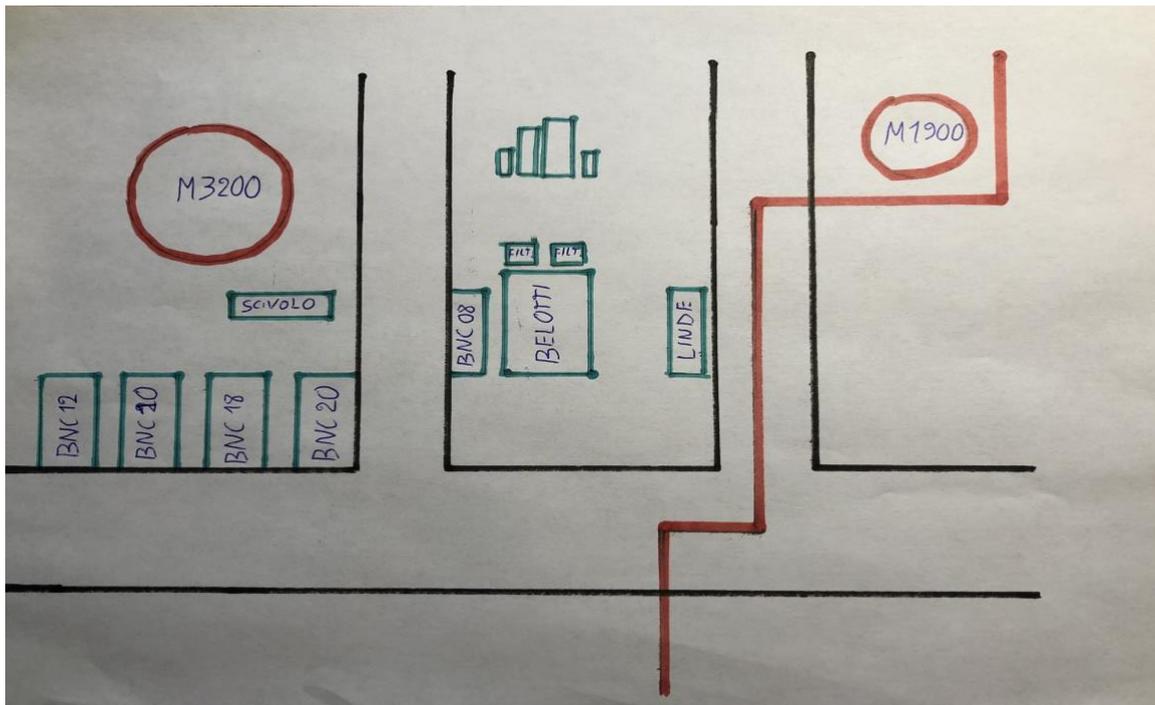


Figura 3.29 Schematizzazione del dominio 3 realizzata in reparto

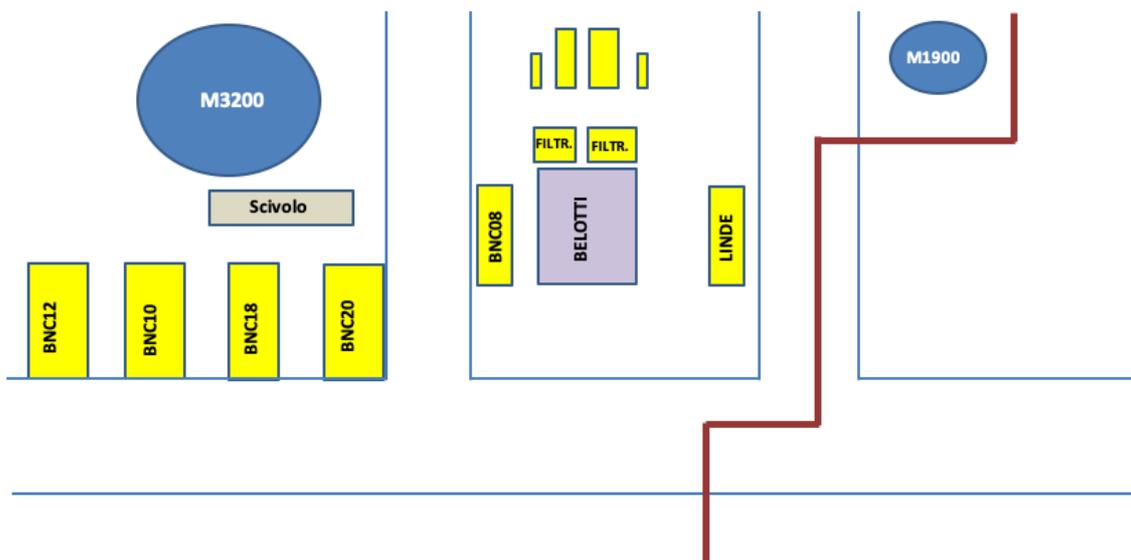


Figura 3.30 Schematizzazione del dominio 3

In seconda battuta è stato redatto un documento in cui si è andato a separare i macchinari ed i banchi di finitura in riferimento al dominio di appartenenza (Tabella 3.4) e, in relazione ai tre macchinari di principale interesse nell'area analizzata (M3200, M1900 e M2800), si è lavorato sui codici effettivamente circolanti tra i banchi.

Tabella 3.4 Assegnazione di macchinari e banchi di finitura agli specifici domini

		LINEE RTT	
#	LINEA AS IS	LINEA TO BE	DOMINIO
1	BNC7	LINEA1	D2
2	LINEA 8 VOLVO 655	LINEA2	D1
3	BNC15	LINEA3	D2
4	LINEA5	LINEA4	D1
5	BNC14	LINEA5	D2
6	LINEA 550	LINEA6	D1
7	LINEA 8 DEUTZ	LINEA7	D2
8	LINEA 1 DEUTZ E1100	LINEA8	D1
9	LINEA2 E0668	LINEA9	D2
10	LINEA 4	LINEA10	D1
11	WEBASTO	LINEA11	D2
12	LINEA7	LINEA12	D1
13	BNC16+17	LINEA13	D2
14	LINEA3	LINEA14	D1
15	ROBOTICOM	LINEA15	D2
16	LINEA6	LINEA16	D1
17	BNC9 G0655	LINEA17	D3
18	E0913	LINEA18	D3
19	BELOTTI	LINEA19	D3
20	S0668	LINEA20	D3
21	BNC18	LINEA21	D3
22	BNC12	LINEA23	D3
23	BNC10	LINEA25	D3
24	AUSTRALIA	LINEA26	D3
25	SNORKEL	LINEA27	D3
26	M2300A	M2300_A	D1
27	M2600A	M2600_A	D1
28	MLEO2	MLEO_2	D1
29	MLEO3	MLEO_3	D1
30	M1850A	M1850_A	D2
31	M1850B	M1850_B	D2
32	M1600B	M1600_B	D2
33	M2300B	M2300_B	D2
34	MSMART	SMART	D2
35	M1900A	M1900_A	D3
36	M3200A	M3200_A	D3
37	M2800A	M2800_A	D3
38	MLEO1	MLEO_1	D3
39	MLEO4	MLEO_4	D3
40	MLEO5	MLEO_5	D3

Dall'analisi è emerso che molti erano i codici obsoleti o non più gestiti da Rototech ma da altre aziende del gruppo come Rotofrance (RTF) o Rototech-KAMA (RTK).

A quel punto è stato ritenuto fondamentale considerare i codici più importanti in termini di volumi annui e fatturato e si è cercato, per quei codici specifici, di rafforzare lo spazio a loro dedicato sul layout. Critica inoltre era anche la gestione delle macchine di stampaggio che non erano programmate settimanalmente in funzione di uno studio paretiano.

Si è infatti sottolineato come, molti pezzi stampati, dovessero avere un braccio apposito del macchinario dedicato, in quanto, gli elevati volumi settimanali ordinati dai clienti richiedevano una riorganizzazione in tal senso.

Programmare la produzione richiede infatti il coordinamento di quattro aspetti molto importanti:

- A. Il caricamento delle macchine;
- B. La saturazione degli stampi;
- C. La saturazione delle macchine;
- D. Il fabbisogno di manodopera.

#### **A: Il caricamento delle macchine**

L'assegnazione degli stampi alle macchine è un'attività fondamentale. È necessario per un buon funzionamento delle macchine, per il loro mantenimento e per la qualità dei prodotti che i bracci siano equilibrati come peso e che non vi siano sbilanciamenti che possano penalizzare, durante la rotazione, la distribuzione omogenea della polvere. In assenza di stampi su alcuni bracci, vengono posizionati dei pesi adatti al bilanciamento della macchina.

Attualmente in Rototech la programmazione della produzione e, in particolare, la gestione del caricamento delle macchine, viene svolta manualmente dal programmatore con l'aiuto di fogli di calcolo aggiornati settimanalmente.

Ogni foglio di calcolo è riferito ad una macchina di stampaggio ed è suddiviso in tabelle contenenti i dati di ogni braccio della pressa per ogni giorno lavorativo della settimana.

Ad esempio, per la macchina 1900, avente tre bracci, sono necessari, per la settimana 50, due operatori per lavorare in maniera ottimale (Tabella 3.5).

*Tabella 3.5 Indicazione presente sul foglio di calcolo contenente nome macchina di stampaggio, settimana di produzione programmata e il numero di persone necessarie a lavorare su quella macchina in quella settimana di lavoro*

<b>Pers. necessarie: 2</b>	<b>Macchina 1900</b>	<b>Week 50</b>
----------------------------	----------------------	----------------

Come mostrato nelle Tabella 3.6 e 3.7, su ogni braccio disponibile vengono programmati i codici da produrre per ogni giorno lavorativo della settimana, tenendo in considerazione:

- Il tempo uomo dedicato allo stampaggio, che indica il tempo fisico in cui gli operatori caricano e scaricano lo stampo in postazione. La somma dei tempi totali uomo per ogni braccio, già diviso per il numero di persone che lavorano sulla macchina, darà il tempo totale che ogni addetto dedica all'operazione di stampaggio (in questo caso 48,4 minuti);
- Il tempo forno, che indica il tempo di cottura dello stampo, utile a dare la cadenza alla macchina. Bisogna, inoltre, verificare che gli stampi posizionati sullo stesso braccio non abbiano tempi e temperature di cottura molto diversi tra loro. Per i tempi il range tollerabile è  $t - 1 \leq t \leq t + 1$  [min], mentre per le temperature la tolleranza è  $T - 15 \leq T \leq T + 15$  [°C];
- Il tempo uomo di finitura, che indica il tempo impiegato dall'operatore per le operazioni di pre-finitura (sbavatura e pulizia) e finitura (alesatura, taglio, foratura, collaudo, lucidatura e imballo) del codice stampato, per ottenere il prodotto finito. La somma dei tempi totali di finitura darà il tempo totale necessario per trasformare i codici stampati in prodotti finiti (in questo caso 57 minuti circa).
- La saturazione dell'uomo ottenuta dividendo il tempo uomo (dedicato allo stampaggio) per il tempo macchina.

$$\text{Saturazione uomo} = \frac{T_{\text{uomo di carico/scarico}}}{T_{\text{macchina}}} \times 100$$

(In questo caso  $(48/71,5) \times 100 = 68\%$ ).

Il valore di saturazione uomo non deve superare mai il 90%, in quanto in questo calcolo non vengono tenute in considerazione alcune variabili umane. Bisogna, inoltre, verificare per ogni braccio che il tempo uomo di carico/scarico sia sempre minore del tempo forno. Se così non fosse il braccio sarebbe soprassaturo e la cadenza della macchina sarebbe dettata dal tempo uomo. In questo caso è la macchina che aspetta l'uomo e non viceversa, l'operatore detta i tempi della pressa, causando rallentamenti e quindi inefficienza;

- Giri previsti per ogni turno, ovvero quante volte i bracci (tre in questo caso) riescono a compiere un giro completo in un turno da otto ore lavorative. Ogni bracciata corrisponde ad un pezzo stampato del codice assegnato.

$$Giri\ previsti = \frac{480}{\max(T_{uomo}; T_{macchina})} \times 90\%$$

Dove 90% è la saturazione della macchina impostata per ogni turno e imposta come obiettivo minimo di lavorazione.

Il tempo totale di lavoro per due operatori dedicati, in questo caso, alla macchina 1900, sarà di 923 minuti in cui è compreso sia il tempo di stampaggio che quello di finitura dei codici assegnati.

Tabella 3.6 Programmazione della produzione giornaliera per una macchina di stampaggio (es. Macchina 1900)

		Lunedì				
Braccio	TFmax	Codice	T.Uomo	T.Forno	T.Finitura	N.Pezzi
<b>1</b>	20		0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034620	16,4	20	11,3	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		G060620	8,1	20	4	6
		G040620	9,1	20	4,6	6
			0	0	0	0
<b>Totale Tempo Uomo</b>			<b>17</b>		<b>20</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	20		0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034529	16,4	20	11,4	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		F034520	16,4	20	11,3	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
<b>Totale Tempo Uomo</b>			<b>16,4</b>		<b>23</b>	<b>0</b>
<b>3</b>	30		0	0	0	0
			0	0	0	0
		G073929	7	20	2,4	6
		G119220	7,2	30	5,06	6
			0	0	0	0
			0	0	0	0
		G073929	7	20	2,4	6
		G060620	8,1	20	4	6
			0	0	0	0
<b>Totale Tempo Uomo</b>			<b>15</b>		<b>14</b>	<b>0</b>

Tabella 3.7 Risultati derivanti dall'elaborazione dei dati presenti in Tabella 3.5, utili per il calcolo del carico macchina e della saturazione dell'operatore assegnato

<b>Tempo uomo</b>	<b>48,4 min</b>
<b>Tempo macchina</b>	<b>71,5 min</b>
<b>Tempo finitura</b>	<b>57 min</b>
<b>Saturazione uomo</b>	<b>68%</b>
<b>Giri previsti</b>	<b>6</b>
<b>Tempo tot. finitura</b>	<b>342 min</b>
<b>Tempo totale per turno</b>	<b>923 min</b>

### **B: La saturazione degli stampi**

Gli stampi per Rototech rappresentano la capacità produttiva di stabilimento. Grazie ad essi, infatti, è possibile realizzare il prodotto richiesto dal cliente. La creazione degli stampi è affidata a fornitori esterni e, oltre ad essere costosa per l'azienda, ha tempi di realizzazione lunghi (dai 6 ai 12 mesi). Diventa, dunque, fondamentale in fase di programmazione della produzione intercettare i picchi e utilizzare in maniera ottimale gli stampi, senza ricorrere alla creazione di un nuovo stampo per aumentare la capacità produttiva. Bisogna, inoltre, controllare periodicamente gli stampi per evitarne l'usura che potrebbe portare rallentamenti in fase di estrazione del pezzo e un peggioramento sulla qualità degli stampati.

### **C: La saturazione delle macchine**

La saturazione delle macchine è il risultato della somma dell'occupazione di ogni stampo sui bracci disponibili del macchinario di stampaggio. Ogni stampo ha il suo valore di occupazione (0,08; 0,125; 0,16; 0,25; 0,33; 0,50) e la somma di questi non deve mai superare 3, se la macchina presa in considerazione è dotata di tre bracci, 4 se i bracci della pressa analizzata sono quattro.

$$0 \leq \text{Saturazione macchina} \leq 4$$

## **D: Il fabbisogno di manodopera**

In Rototech la manodopera è fondamentale sia per la fase di stampaggio (sbavatura, carico/scarico macchina, cambio stampi, gestione dei bracci in fase di riscaldamento e raffreddamento) che per quella di finitura (alesatura, foratura, taglio, collaudo, pulizia, lucidatura e imballo).

Il programmatore e il responsabile delle risorse umane utilizzano un foglio di calcolo per valutare il fabbisogno di manodopera.

Vengono inizialmente calcolate, per ogni mese, le ore necessarie per completare gli ordini richiesti dai clienti (Ore portafoglio ordini) utilizzando la formula:

$$\text{Ore portafoglio ordini (h)} = Q. \text{tà pezzi richiesti} \cdot T \text{ciclo per pezzo}$$

Le ore dedicate allo stampaggio e alla finitura, inoltre, sono trattate separatamente. Per ottenere il fabbisogno di ore giornaliere (per lo stampaggio e per la finitura), le ore mensili vengono suddivise per i giorni lavorativi presenti nel mese considerato. Il fabbisogno di MDO giornaliera, sia per lo stampaggio che per la finitura, si ottiene dividendo il fabbisogno di ore giornaliere per 7,25 (il netto delle ore lavorate per ogni turno).

$$\text{Fab. MDO tot. giorno} = \frac{\text{Fab. MD Ost. giorno}}{7,25} + \frac{\text{Fab. MD Ofin. giorno}}{7,25}$$

Una volta valutata questa situazione a monte, ci si è spostati ad analizzare i banchi di finitura a valle. In particolare, il robot Belotti, dopo una valutazione dell'efficienza mensile effettiva, ed un riscontro puntuale di ceste di WIP non smaltite, è risultato essere una risorsa fortemente collo di bottiglia della zona.

Per cui partendo dallo stampato, dalla pulizia del layout e, dalla riorganizzazione di ciò che dovesse e non dovesse rimanere nel dominio, si è potuto evidenziare un problema concreto che impatta negativamente sui risultati aziendali e, più in generale, sulle vendite possibili e potenziali dell'azienda.

È stato inoltre importante cominciare dall'analisi delle caratteristiche tecniche dei macchinari per valutare la compatibilità dei cicli di lavoro sui rispettivi bracci meccanici in funzione del tipo di stampato circolante.

Il tema fondamentale è legato al fatto che alcuni pezzi realizzati su certi macchinari ne diminuivano il numero di giri realizzabili giornalmente. Modificando il mix di prodotti sui macchinari del dominio e riconfigurando i lotti in maniera più omogenea, è stato possibile

ottenere degli stampi qualitativamente migliori rispettando la logica del “*Se stampo bene, taglio meglio*”.

L’attività del pianificatore e del tecnologo è cruciale anche per l’attività di pulizia del sistema AX in quanto risultavano a sistema ancora codici di prodotti ormai non più gestiti o obsoleti. Si è inoltre valutata la possibilità di gestire diversamente i prodotti che presentano una richiesta da parte del cliente sporadica, in modo da avere un sistema di previsione dell’attività produttiva più strutturato e tale da consentire a Rototech di concentrare queste produzioni in intervalli concordati, non dovendo rincorrere ed adeguarsi sempre alle esigenze del cliente.

Come si vede dalla Figura 3.31, rielaborazione del dominio 3 con annessi i soli codici circolanti su di esso, si evidenzia un grosso afflusso di codici al robot Belotti che creano congestione ed inefficienza. Nello specifico sono stati evidenziati con il rosso i codici ed i flussi relativi agli stampati altorotanti in funzione del fabbisogno previsto nell’arco di 5 mesi. Tali stampati presentano, in base alla classificazione ABC realizzata a monte, l’80 % dei codici che creano volumi produttivi sul robot. È questa l’informazione di partenza che si è usata per poi valutare come modificare i flussi e come valutare il grado di saturazione attuale del macchinario.

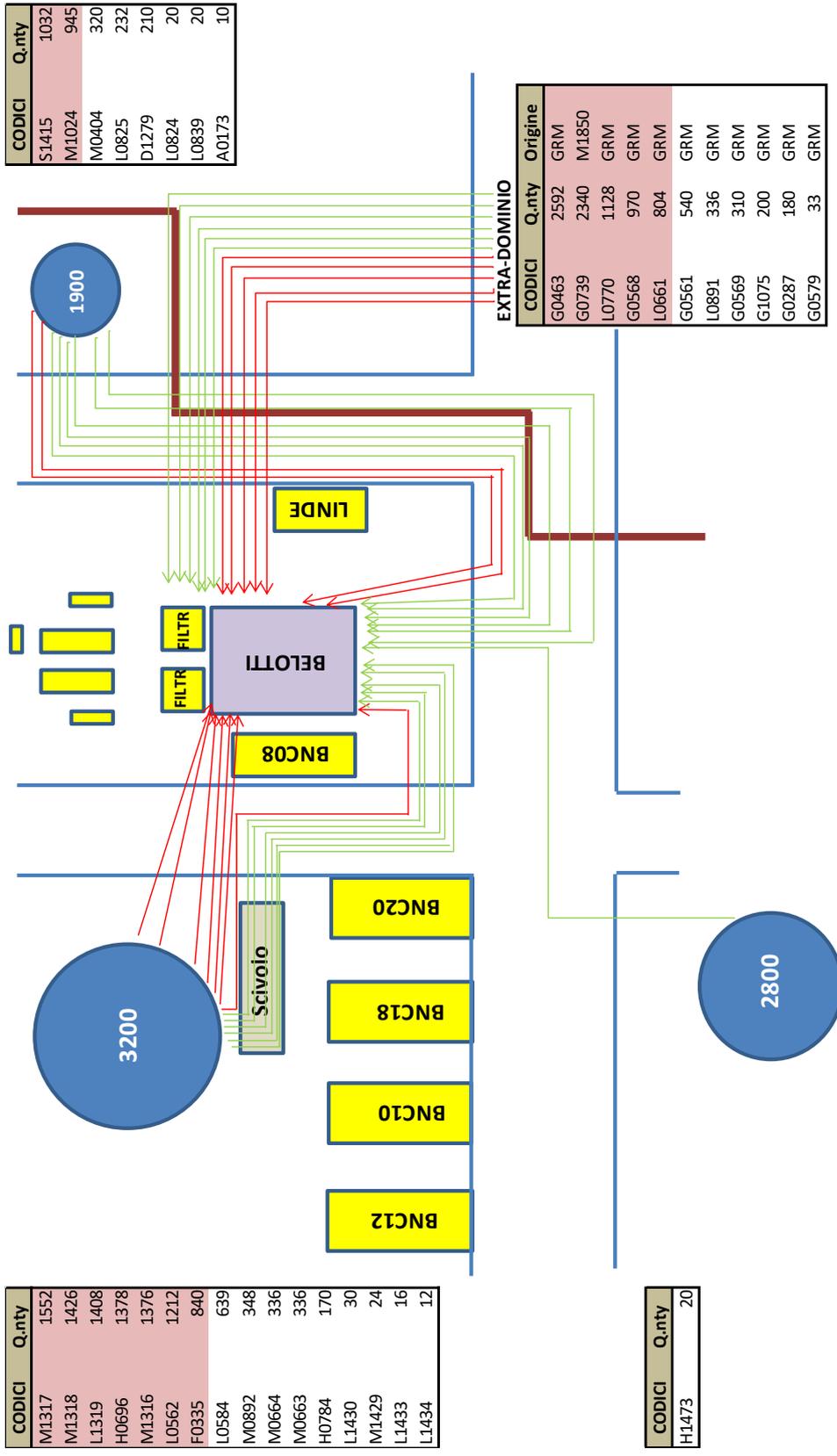
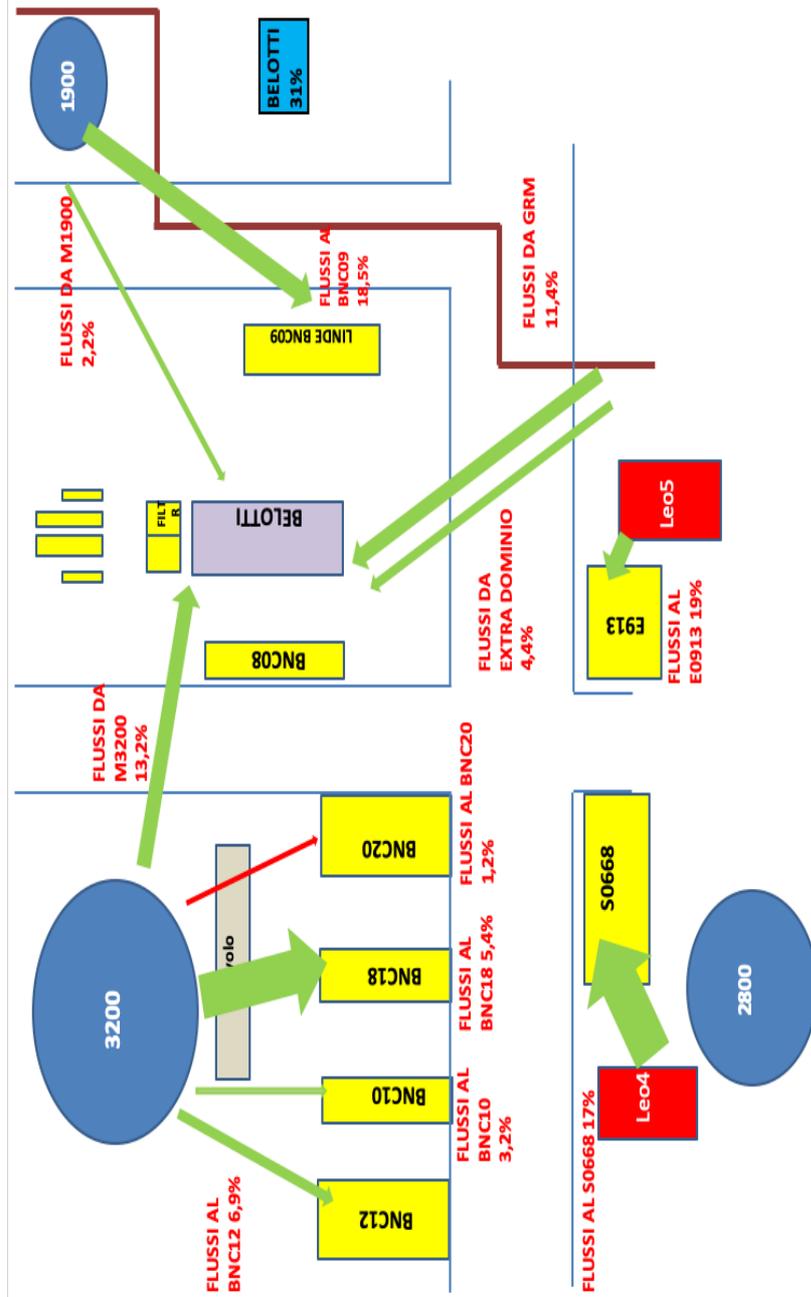


Figura 3.31 Flusso degli stampati lavorati sul robot Belotti nello step 1 di partenza

Partendo dai risultati ottenuti ed espressi nello step 1 sono stati poi osservati, all'interno del dominio 3, i flussi uscenti dai macchinari ed entranti ai banchi di finitura. Si sono evidenziati quali fossero, nel dettaglio, i codici di prodotti gestiti, la provenienza dello stampato e la destinazione per la finitura. Si è inserita in aggiunta la percentuale di flussi per macroarea e la percentuale relativa all'interno di ogni banco di finitura (Figura 3.32).

L'analisi ha confermato la criticità del dominio 3 in relazione al robot Belotti, che si trova a gestire non solo pezzi provenienti da macchinari appartenenti al dominio di pertinenza (M1900, M2800, M3200), ma, anche altri, provenienti da aziende in conto lavoro (GRM) o, da altri macchinari interni (M1850, M1600 etc).

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
E12440001	M3200A	0,8%	366
E12440100	M3200A	0,2%	93
E12440190	M3200A	0,0%	0
E12440990	M3200A	0,0%	0
E12440991	M3200A	0,0%	0
F03350991	M3200A	3,3%	1566
G02080100	M1900A	0,0%	0
G02510100	MRBT3	0,0%	0
G02870001	MRBT3	0,4%	180
G04630000	MRBT3	2,7%	1248
L05620000	M3200A	5,3%	2468
L05840000	M3200A	2,6%	1239
L06610000	MRBT3	2,4%	1128
L07700000	MRBT3	4,9%	2316
G04630100	MRBT3	2,7%	1248
G04690100	M1600B	0,4%	200
G05610001	MRBT3	2,0%	920
G05680000	MRBT3	3,6%	1710
G05690000	MRBT3	1,1%	530
G07390991	M1850A	8,8%	4122
G10750000	MRBT3	0,8%	390
G14220000	M1900A	1,4%	647
G14350000	M1600B	0,0%	12
G14360000	M1600B	0,0%	12
G14370000	M1600B	0,2%	78
G14380000	M1600B	0,1%	48
H06960000	M3200A	5,5%	2596



Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
H04250000	M3200A	0,3%	32
H04250100	M3200A	0,9%	92
H13860000	M3200A	52,6%	5412
H13870000	M3200A	12,5%	1290
L05270000	#N/D	1,9%	194
L13150001	M3200A	30,9%	3184

Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
S06680003	ROB04	99,9%	26148
S06689003	ROB04	0,1%	24

Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
G06650991	M1900A	3,7%	1060
G06650992	M1900A	88,1%	24960
G06659991	M1900A	8,2%	2320

Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
H02770990	M3200A	67,2%	3135
H02780990	M3200A	31,0%	1448
S04550000	#N/D	0,7%	32
S04550990	#N/D	1,1%	50

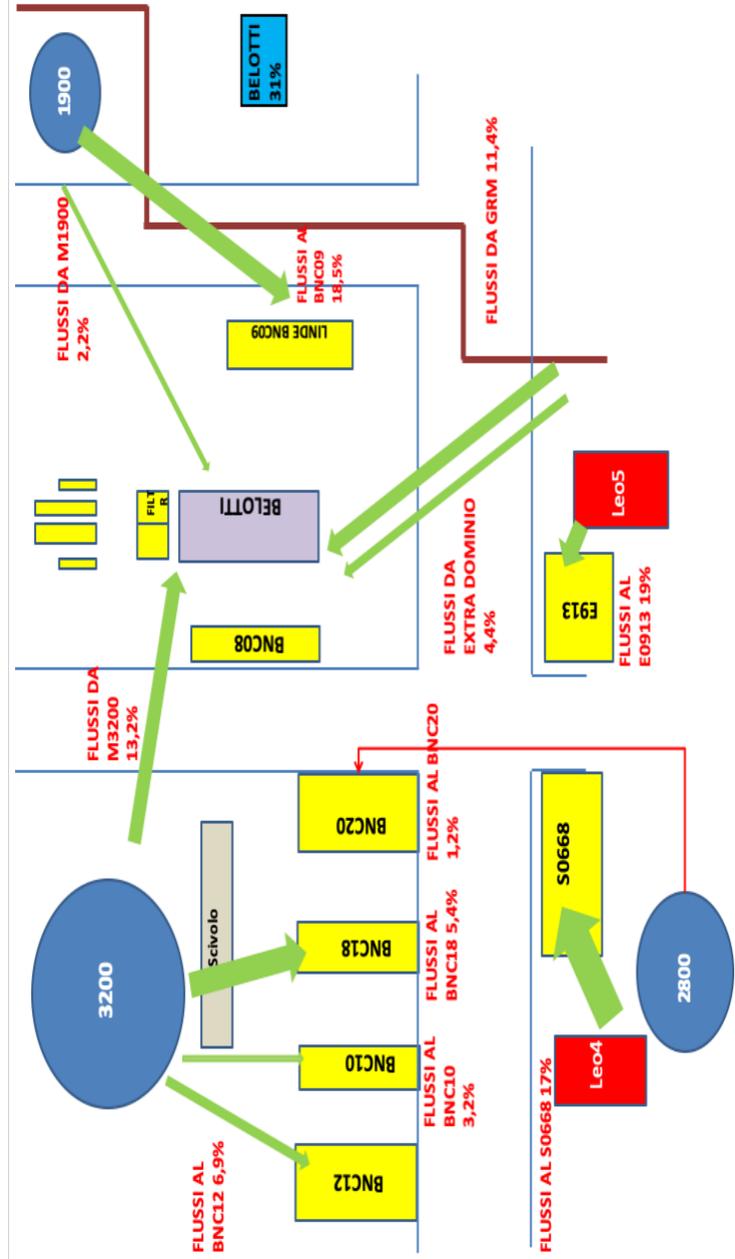
Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
H06960000	M3200A	31,8%	2596
H07270991	M3200A	11,4%	930
H07279991	M3200A	28,0%	2290
H07620002	M3200A	9,6%	786
H07630001	M3200A	9,6%	786

Cod.Prod	Origine	Percent	Quantità
E09130160	MLEO5	0,3%	80
E09130170	MLEO5	91,6%	26024
E09130180	MLEO5	8,1%	2306

Figura 3.32 Flussi di stampati interni al dominio 3 prima dello spostamento

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
E12440001	M3200A	0,8%	366
E12440100	M3200A	0,2%	93
E12440190	M3200A	0,0%	0
E12440990	M3200A	0,0%	0
E12440991	M3200A	0,0%	0
F03350991	M3200A	3,3%	1566
G02080100	M1900A	0,0%	0
G02510100	MRBT3	0,0%	0
G02870001	MRBT3	0,4%	180
G04630000	MRBT3	2,7%	1248
L05620000	M3200A	5,3%	2468
L05840000	M3200A	2,6%	1239
L06610000	MRBT3	2,4%	1128
L07700000	MRBT3	4,9%	2316
G04630100	MRBT3	2,7%	1248
G04690100	M1600B	0,4%	200
G05610001	MRBT3	2,0%	920
G05680000	MRBT3	3,6%	1710
G05690000	MRBT3	1,1%	530
G07390991	M1850A	8,8%	4122

CODICI SPOSTATI NEL DOMINIO 3		
Cod	Q.nt	Spostamento effettuato
B0248	4	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
B0249	355	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
B0326	1	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
B0442	156	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
B0793	2	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
B1272	0	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
E1206	3	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20
E1244	0	dalla 3200 alla 2800 finitura BNC20



Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
H04250000	M3200A	0,3%	32
H04250100	M3200A	0,9%	92
H13860000	M3200A	52,6%	5412
H13870000	M3200A	12,5%	1290
L05270000	#N/D	1,9%	194
L13150001	M3200A	30,9%	3184

Banco12 6,9%

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
S06680003	ROB04	99,9%	26148
S06689003	ROB04	0,1%	24

S0668 17%

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
G06650991	M1900A	3,7%	1060
G06650992	M1900A	88,1%	24960
G06659991	M1900A	8,2%	2320

BNC 09 18,5%

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
H02770990	M3200A	67,2%	3135
H02780990	M3200A	31,0%	1448
S04550000	#N/D	0,7%	32
S04550990	#N/D	1,1%	50

Banco10 3,2%

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
H06960000	M3200A	31,8%	2596
H07270991	M3200A	11,4%	930
H07279991	M3200A	28,0%	2290
H07620002	M3200A	9,6%	786
H07630001	M3200A	9,6%	786

Banco 18 5,4%

Cod.Prod	Origine	Percent.	Quantità
E09130160	MLE05	0,3%	80
E09130170	MLE05	91,6%	26024
E09130180	MLE05	8,1%	2306

E0913 19%

Figura 3.33 Flussi di stampati interni al dominio 3 dopo lo spostamento

Dalle Figure 3.32 e 3.33 si è evidenziato come, la capacità produttiva giornaliera della macchina M3200 sia aumentata dopo aver realizzato uno spostamento di alcuni codici di stampati, rifiniti al BNC20, dal macchinario suddetto alla macchina M2800. Questo intervento ha permesso di aumentare il numero di giri di pezzi producibili per turno lavorativo.

Il risultato è stato quello di passare dai quattro giri per turno a sei, con un incremento nel rendimento riscontrato del macchinario del 20% (dal 61% al 81%).

Contestualmente al lavoro di ridefinizione dei codici circolanti per macchinario, si è intervenuto sul robot Belotti. L'attività ha cercato di rendere il robot sempre operativo organizzando il miglior mix di sequenziamento giornaliero dei prodotti, per ridurre i tempi di riattrezzaggio stampo o maschera su pedana. Nello specifico il robot presenta due pedane caricabili e lavorabili contemporaneamente ma, spesso, a causa dell'ingombro dei pezzi, può essere macchinoso l'inserimento di un certo tipo di stampato rispetto a quello di tipologie diverse. La presenza di questi vincoli ha perciò richiesto l'attivazione di un lavoro giornaliero di programmazione (Figura 3.34) in collaborazione con i responsabili dei programmi inseriti sui robot, presenti in azienda, al fine di definire il miglior mix di prodotti da lavorare ogni giorno, in base alla quantificazione del WIP presente in azienda ed in attesa di essere completato su tale macchina.

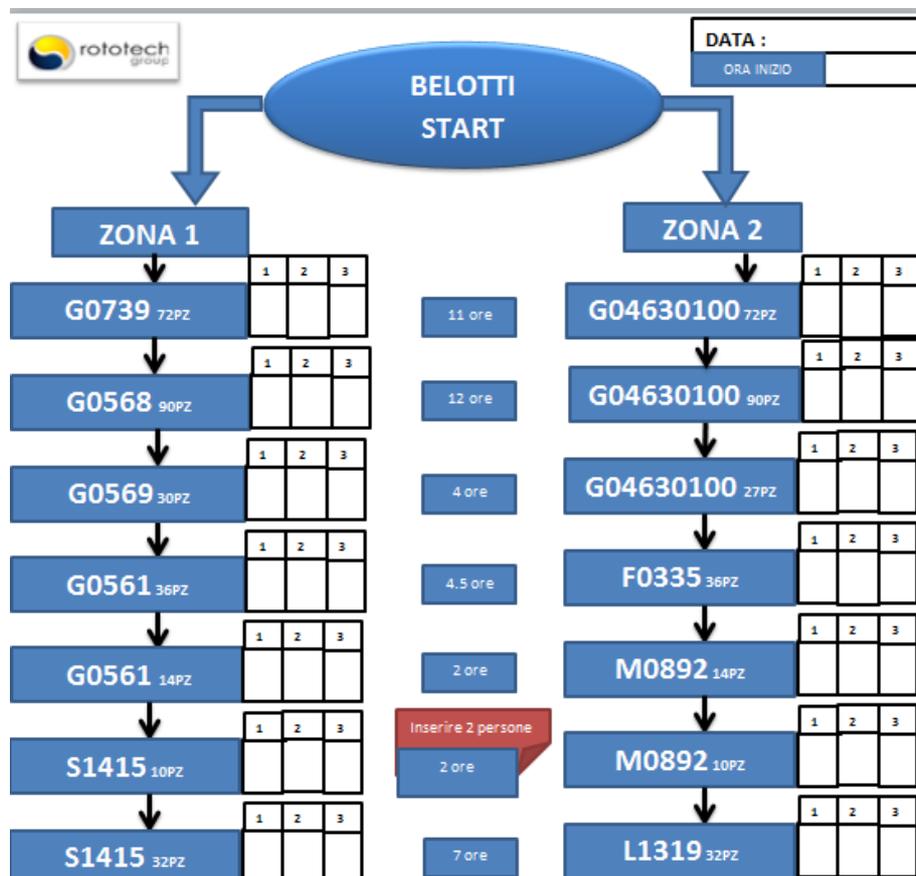
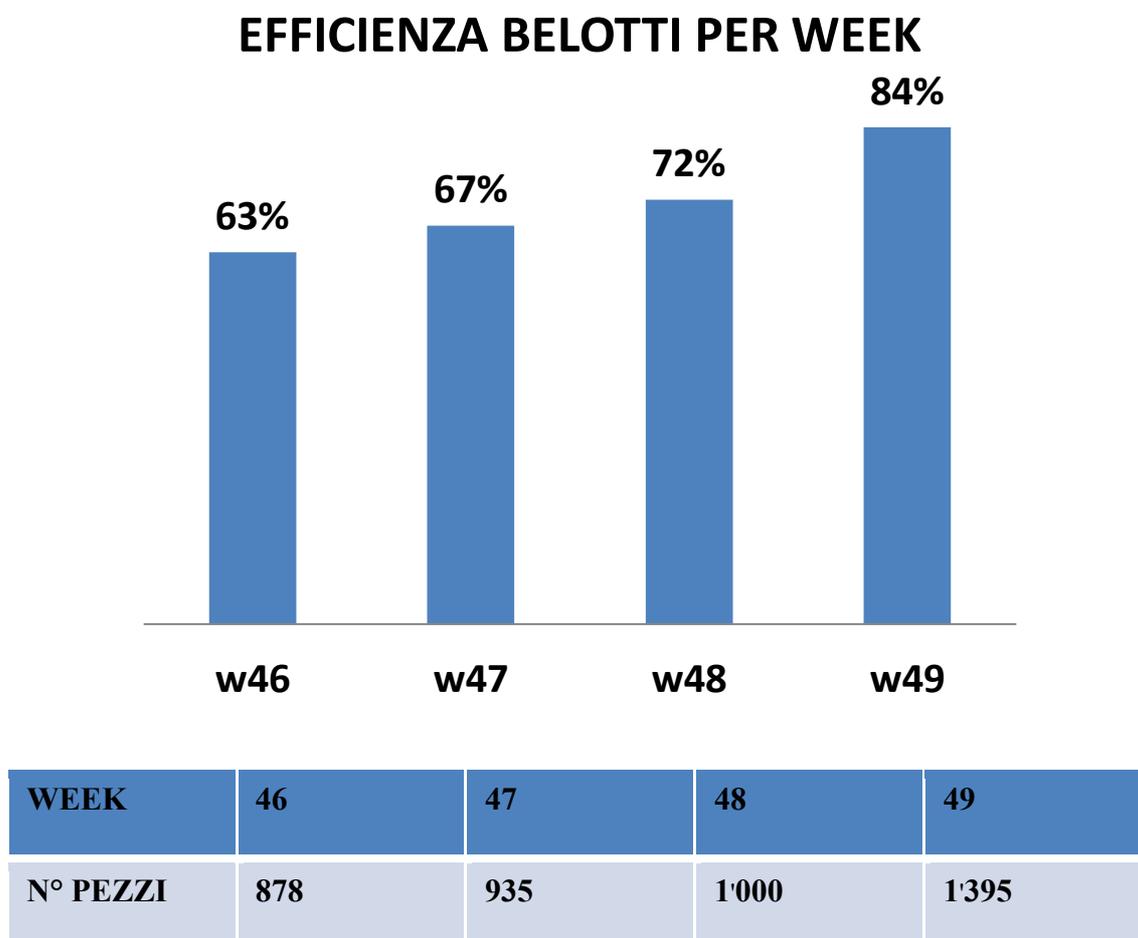


Figura 3.34 Foglio di programmazione giornaliero di smaltimento del WIP sul collo di bottiglia "Robot Belotti"

L'attività ha portato ottimi risultati già dopo un paio di settimane di applicazione, in quanto l'efficienza media di tale robot è passata da un valore pari al 63% settimanale, a valori prossimi al 84% (Figura 3.35).



*Figura 3.35 Andamento settimanale delle prestazioni del robot BELOTTI*

L'efficacia del lavoro in team che è stato condotto in queste settimane in azienda nel dominio 3, ha la grande potenzialità di poter offrire, a chi lo attua, un immediato strumento per raccogliere idee, spunti e per realizzare attività sul campo senza dover richiedere particolari autorizzazioni a specifici soggetti.

### 3.8 Dimensionamento Supermarket

Una volta concluse tutte le precedenti operazioni si è poi intervenuto con la predisposizione e l'allestimento di un nuovo magazzino strutturato secondo i principi del supermarket che è stato inserito in prossimità della produzione come si evince dalla Figura 3.36.

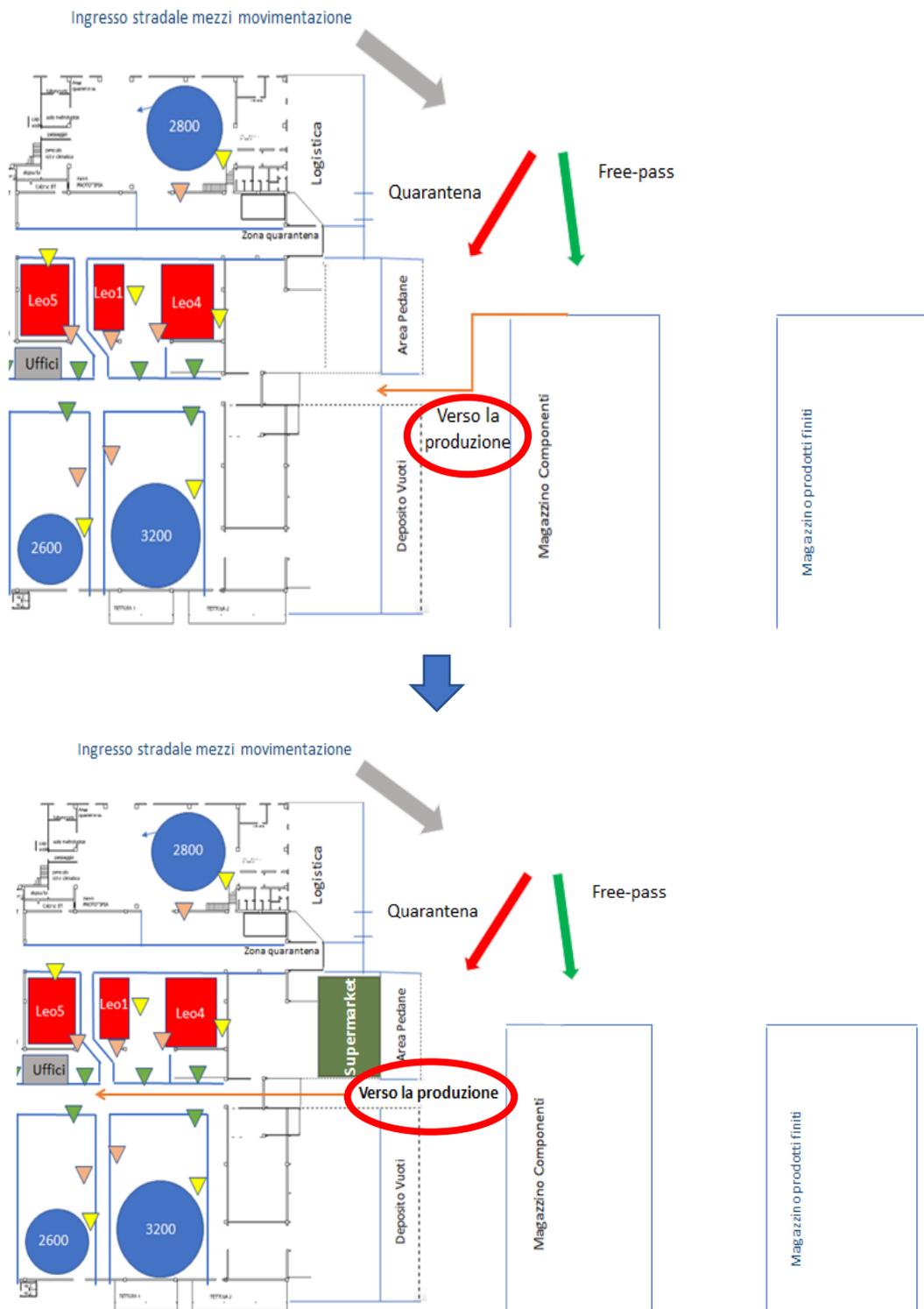


Figura 3.36 Layout prima e dopo l'inserimento del magazzino Supermarket tra il magazzino componenti (CMP) e i magazzini di linea (RPC)

Per la realizzazione di questo spazio scaffalato si sono considerati numerosi aspetti. Innanzitutto, si è andata a compiere un'attenta mappatura dei componenti, distinguendoli per tipologia e per luogo di destinazione (linea di finitura o macchinario). Successivamente si è nominata ogni unità d'imballo con apposite targhette identificative e si è valutato il quantitativo di cassette e cassetine necessarie. Per ottenere un sistema produttivo "pull", in cui la produzione "tira" le richieste di componenti solo quando necessario, si è adoperata la tecnica di sostituzione visiva "Vuoto per Pieno". In questo modo si è puntato a ridurre drasticamente la quantità di componenti presenti in linea e rafforzare la tecnica di asservimento linee, evitando la possibilità di non avere traccia del consumo giornaliero dei materiali utilizzati in produzione. Precedentemente, infatti, nel magazzino RPC era frequente riscontrare gravosi disallineamenti tra materiali disponibili ed effettivamente utilizzati. Spesso è capitato che fossero allocati in posizioni diverse da quelle previste ed, altre volte, erano stati danneggiati. A volte, in produzione, erano stati utilizzati componenti risultati di scarto dopo un controllo qualità. Inoltre non veniva informato prontamente il SI e, di conseguenza, nemmeno il responsabile della logistica addetto al ripristino dei materiali e all'interfacciamento con i fornitori.

### **3.8.1 Posizionamento e struttura del supermarket**

La scelta di inserire il magazzino in una zona adiacente la produzione, come rappresentato in Figura 3.35, rispecchia la necessità di avere una minor distanza tra il cliente (in questo caso la produzione) e il magazzino (cioè il fornitore).

Il supermarket è stato costruito per rispettare la logica FIFO e presenta una struttura a gravità con alcune locazioni lasciate esclusivamente alle cassetine per realizzare la fase di rifornimento.

Tale fase risulta infatti necessaria in quanto, specialmente per le minuterie, i fornitori utilizzano le casse in legno precedentemente viste nella Figura 3.18, che contengono quantitativi molto superiori a quelli necessari per la produzione di una settimana. Ciò è causato da un vincolo sull'ordine realizzabile e ricevibile. In azienda ci si è attrezzati in tale magazzino, per creare degli appositi spazi in cui travasare, da questa unità d'imballo esterna, alle rispettive unità d'imballo di utilizzo interno.

Come si vede dallo schema in Figura 3.37, il magazzino supermarket è stato pensato per avere 94 locazioni disponibili per cassette e 30 per il posizionamento delle casse in legno nella zona

inferiore della scaffalatura. Questi valori sono riferiti ai lati A, B e C, in quanto per le minuterie è stata adottata una logica differente.

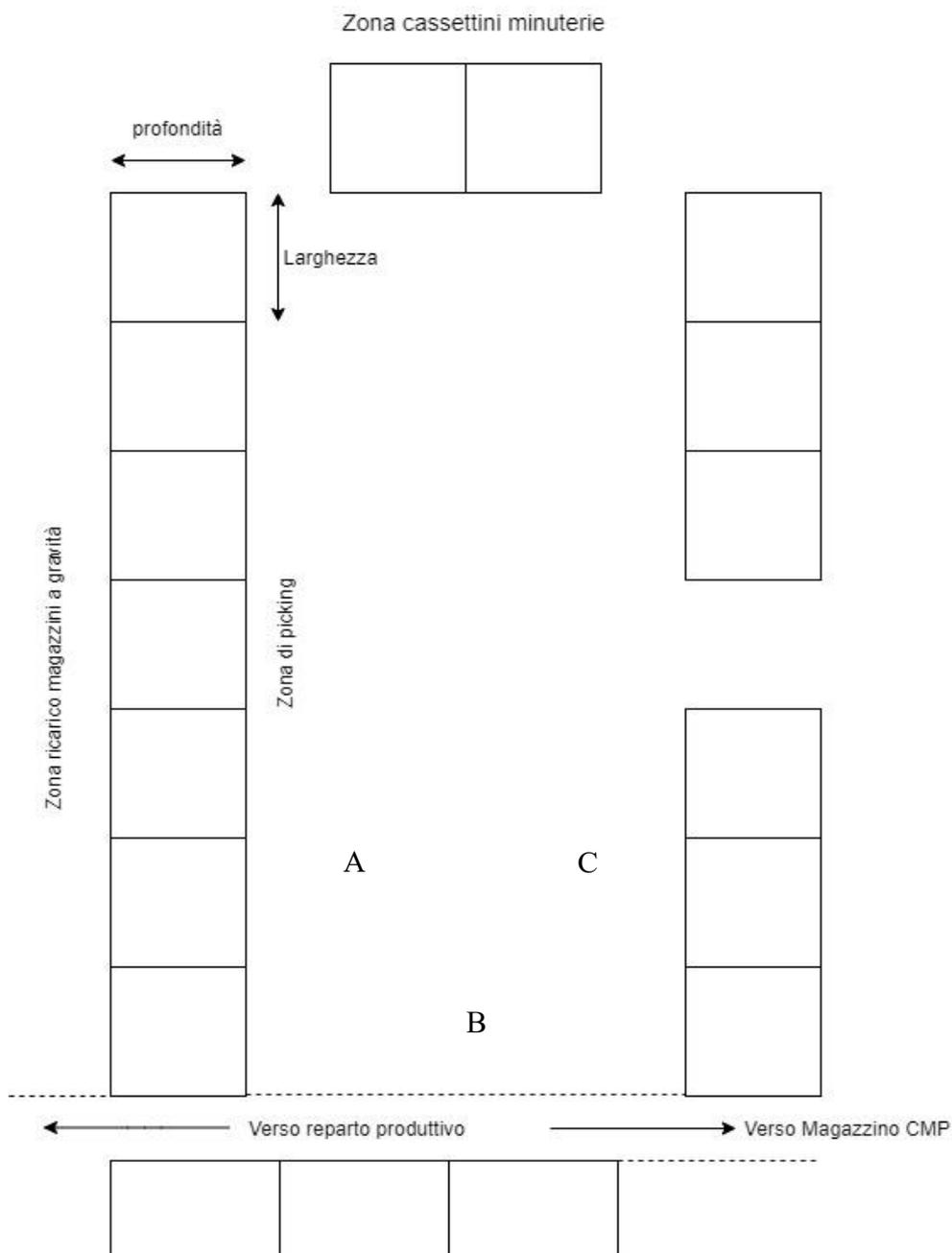


Figura 3.37 Schematizzazione del magazzino Supermarket

Per le minuterie (Figura 3.38) si è proceduto con la suddivisione dei vani disponibili in relazione al macchinario cui sono destinate.

Sugli altri lati (Figura 3.39), sono stati concepite 94 locazioni per cassette e 30 per casse in legno poiché, dopo un'attento studio sul fabbisogno delle diverse tipologie merceologiche

necessarie alla produzione, si è constatato che in tal modo si riesce ad avere in uno spazio attiguo alle linee di produzione circa l'85% dei componenti.

Tale scelta è stata ritenuta necessaria in quanto vincoli di spazio impedivano di inserire il massimo assortimento di elementi in questa zona. Tuttavia questa suddivisione riesce ad alimentare gran parte della produzione settimanale, riducendo al minimo le difficoltà di approvvigionamento.

Sono scaffalature a doppia profondità organizzate in funzione delle dimensioni delle cassette e consentono l'inserimento di quattro di queste affiancate per ogni vano. La doppia profondità garantisce l'immediata presenza di un'unità di imballo pronta all'uso della stessa tipologia di quella posta anteriormente.



*Figura 3.38 Scaffalatura supermarket dedicata alle minuterie*



*Figura 3.39 Scaffalatura supermarket dedicata ai restanti componenti*

In concomitanza con l'allestimento del supermarket, è stato eseguito uno studio sull'attuale layout per valutare il numero esatto di posizioni e locazioni da destinare ad ogni linea produttiva nell'ottica di una corretta riconfigurazione dei domini come evidenziato in Tabella 3.8

Tabella 3.8 Estrapolazione di un file indicante il nome della linea vecchia, quello della linea nuova (prevista da layout) e delle posizioni necessarie di componenti da prevedere in funzione dei codici prodotto realizzati

CODICI PRODOTTI	LINEE NUOVE	LINEE VECCHIE	CODICI CON PREVISIONE (Fabb)	DESCRIZIONE ARTICOLO	POSIZIONI NECESSARIE
E09800003	LIN7	LINDEUTZ	4396	SERBATOIO UREA 10L BOCCH FRONTALE QS DEUTZ (LTA sensori TE)	31
E09800921	LIN7	LINDEUTZ	225	SERBATOIO UREA 10L BOCCH LAT STAFFE DEUTZ (NO QS)	
E09800931	LIN7	LINDEUTZ	1056	SERBATOIO UREA 10L BOCCH LAT NO STAFFE DEUTZ (NO QS)	
E09800941	LIN7	LINDEUTZ	143	SERBATOIO UREA 10L BOCCH FRONT NO STAFFE DEUTZ (NO QS)	
E09800951	LIN7	LINDEUTZ	840	SERBATOIO UREA 10L BOCCH FRONTALE DEUTZ	
E09800962	LIN7	LINDEUTZ	55	SERBATOIO UREA 10L BOCCH FRONT NO STAFFE DEUTZ QS (LTA TE)	
E09800973	LIN7	LINDEUTZ	2223	SERBATOIO UREA 10L BOCCH LAT STAFFE AUS DEUTZ (LTA TE)	
E09800982	LIN7	LINDEUTZ	143	SERBATOIO UREA 10L BOCCH LAT NO STAFFE DEUTZ QS (LTA TE)	
E09800992	LIN7	LINDEUTZ	135	SERBATOIO UREA 10L BOCCH FRONT STAFFE AUS DEUTZ QS (LTA TE)	
E09810002	LIN7	LINDEUTZ	3899	SERBATOIO UREA 20L DEUTZ - FISS ORIZZ / BOCCH FRONT (LTA TE)	
E06860005	LIN9	LIN 2	2874	SERBATOIO UREA 30L IVECO - UQS	13
E06860102	LIN9	LIN 2	18	SERBATOIO UREA 30L	
E06860995	LIN9	LIN 2	1998	SERBATOIO UREA 30L -SENSORE UQS	

In funzione delle valutazioni fatte e della domanda prevista nei mesi a venire, è stata poi dimensionata ed ipotizzata una nuova tipologia di scaffalatura a gravità da inserire opportunamente in produzione per rifornire i banchi di finitura. Come si vede dallo schema in Figura 3.40, è una scaffalatura che può modificare la propria capienza in funzione del reparto produttivo in cui viene inserita, con il vantaggio di un ridotto ingombro (165cm di larghezza, circa 200cm in altezza e 130cm in profondità).

Tale scaffalatura dovrebbe contenere 12 spazi predisposti per le cassette e 20 postazioni per le cassettoni necessarie per le minuterie. Il numero degli spazi e delle cassette progettati è stato ottenuto osservando il consumo degli stessi componenti in linee attigue, al fine di poter utilizzare la stessa scaffalatura per più banchi di finitura evitando duplicazioni.

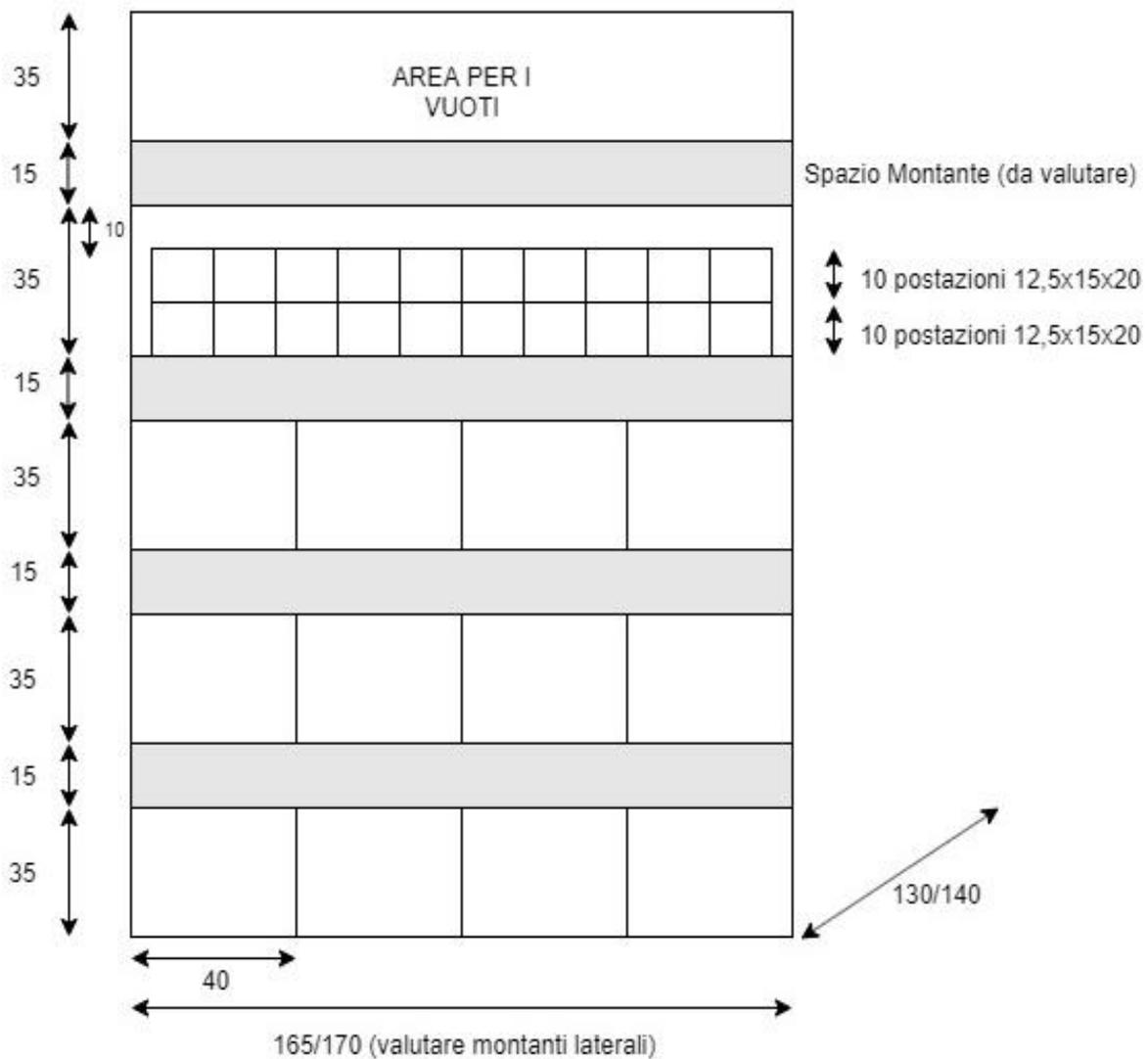


Figura 3.40 Progettazione della nuova scaffalatura a gravità da inserire in produzione

È ovviamente prevista una doppia profondità in modo da garantire la possibilità alle linee produttive di non rimanere mai senza componenti e, allo stesso tempo di non dover andar a cercare materiale in giro per il reparto.

L'area destinata ai vuoti consente di verificare immediatamente:

- Effettivo consumo dei componenti;
- Corrette tempistiche per la realizzazione del Milk-run;
- Valutazione e distinzione dei componenti alto rotanti da quelli basso rotanti.

In questo modo oltre a regolarizzare il flusso entrante nel magazzino di linea produttiva, si avrà la possibilità di avere una migliore capacità di monitorare i flussi entranti ed uscenti dal

magazzino, e/o produzione nel rispetto del FIFO e dell'eliminazione degli sprechi (Muda) potenziando solo le attività a valore aggiunto.

Proprio per tenere in considerazione questo elemento è stato impostato un opportuno foglio elettronico dedicato al monitoraggio dei carrellisti per avere contezza delle situazioni critiche che si stanno per verificare in produzione (Figura 3.41).

Nello specifico si va a monitorare il coefficiente di copertura esistente in magazzino, mettendo in ordine di criticità lo specifico articolo che presenta un certo fabbisogno ma che non riscontra stock a sufficienza nei magazzini componenti e supermarket.

Nelle colonne all'interno del file si inseriscono tutte le principali informazioni necessarie per governare l'attività di ripristino scorte e l'attività di movimentazione e tracciatura interna della merce. È presente l'informazione relativa al codice e al nome del componente, la postazione di lavoro o il macchinario su cui dovrà essere collocato, il fabbisogno medio al giorno, la data e le quantità di merce attesa durante il prossimo arrivo in azienda, l'etichetta di accompagnamento e, infine, l'ubicazione, il tipo di magazzino e la disponibilità fisica presente. Fondamentale è "l'Alert" presente nella colonna "mancante" che si attiva con uno sgargiante color rosso ogni qual volta il coefficiente di copertura risulta insufficiente a coprire il fabbisogno richiesto in produzione e rappresenta un'indicazione fondamentale per tutti gli addetti che, giornalmente, lavorano.

È in sostanza un documento che permette di interfacciare l'attività dei riordini dei componenti dei fornitori con quelle dell'asservimento delle linee e del ripristino dei componenti in magazzino.

Cod. Articolo	Nome articolo	Stock CMP	Stock RPC	Wrk Ctr	Wrk Bench	Fabb medio giorno [unità]	Coeff. Copertura	Fabb Periodo [unità]	Mancante	Data Prossimo Arrivo	Qta Arrivo	Nr. Etichetta	Magazzino	Ubicazione	Fisico Disponibile
70M008200	VITE TSP EI M6 L=14 AISI 303	0	0	M2800A	BNCPROT	25	0,00 %	126	SI		0				
75M001800	RIVETTO PLASTICA	0	0			400	0,00 %	2000	SI		0				
52P001300	INSERTO ANELLO 5xM5 LAM DD11 DEC ZNT BIANCO (RTF)	22	13	M3200A	LIN7	97	13,35 %	487	SI	11/11/2019	500	19C026152	CMP	CS-H-10	22
63P030500	SENSORE DI LIVELLO UCLS SSI 32610.6_23343314 x VOLVO	0	8	M2300A		38	21,28 %	188	SI	11/11/2019	392				
63P027502	SENSORE DI LIVELLO SSI 28833 - DAF2134684	16	14	M2600B	LIN6	31	45,45 %	154	SI	11/11/2019	96	19C030739 19C030741	CMP CMP	CP-A-00 CP-A-00	8 8
69P019500	TAPPO SCARICO CON GUARNIZIONE x UREA (CINA)	0	6	M3200A	BNC1272	7	88,24 %	34	SI		0				
01V002902	GR. TUBI ALIM./RISC. x 20L E470	263	0			0	0,00 %	2	NO		0	16F020310	CMP	CS-E-25	121
01V004900	GR. TUBI ALIM./RISC RACC. SAE DIRITTI	20	0	LINRIV		1	0,00 %	6	NO		0	18F022533	CMP	CS-F-17	20
01V005200	GR. TUBI ALIM. RACC. SAE DIRITTI S/FILTRO	152	0	LINRIV		2	0,00 %	9	NO		0	18F022840	CMP	CS-E-06	36
50P004400	INSERTO SEDE SONDA D.15,6 - OTTONE ES.22	1962	0	M1850B		5	0,00 %	25	NO		0	18C015874	CMP	CS-M-03	41
50P004900	INSERTO M10*1 INOX (PER UREA TANK ES25)	90	0	M2300A	LIN1	0	0,00 %	2	NO		0	19C028942	CMP	CS-H-03	90
51P002101	INSERTO SPECIAL M6 C/PIASTRINA 40x60	1662	0			50	0,00 %	249	NO	25/11/2019	1662	19C023268	CMP	CS-E-13	1662
52P000400	INSERTO ANELLO D50 492 ZNT (RTF)	596	0	M3200A	LIN7	8	0,00 %	40	NO		0	19C019324	CMP	CS-E-13	556
53P001900	BOCOLA SCHIAC. AL 13x33 H43	532	0	M1600B	BNC15	4	0,00 %	22	NO		0	18F022319	CMP	CS-H-03	44
56P001600	ETICHETTA ADESIVA ADBLUE QR	800	0	PIDIKEI2	BNC08	51	0,00 %	256	NO		0	19C023752	CMP	CS-M-14	800

Figura 3.41 File lista carrellisti

Si è inoltre intervenuto sulla tematica del fine linea dove già in precedenza abbiamo inserito la problematica della gestione degli imballi.

L'imballo è un tema importante per tale azienda, in quanto gli elementi presentano ingombri considerevoli. Esso deve assicurare la comodità di trasporto nei vari mezzi inviati verso il cliente oltre che garantire l'integrità dei pezzi realizzati (i quali presentano forme ed elementi delicati).

Attualmente la fase di chiusura imballo è realizzata in una zona prossima all'attuale magazzino Supermarket e concentra in quell'area tutti i lotti pronti per essere depositati successivamente nel magazzino prodotti finiti. Analizzando il flusso medio percorso da un imballo completo di prodotti dal fine linea verso tale magazzino PF, è stato calcolato un tempo non inferiore agli 8 minuti per il transito completo di chiusura.

Tale situazione diveniva poco gestibile specialmente nei fine turno quando andavano ad accumularsi in questa area ristretta un numero di imballi superiore al tempo di gestione e chiusura degli stessi, evidenziando un vero e proprio collo di bottiglia del processo produttivo. La soluzione individuata ha richiesto la necessità di trovare un punto d'incontro con la funzione aziendale degli acquisti, in quanto è stato individuato un sistema che eviti di movimentare in eccesso gli elementi per posizionarli in questa stazione intermedia di chiusura.

In sostanza si tratta di un oggetto capace di chiudere l'imballo direttamente sul fine linea ed in tempi piuttosto ridotti (Figura 3.42).



*Figura 3.42 Reggiatrice manuale*

Con questo strumento, non è necessario spostare i colli completati: è sufficiente l'utilizzo di un operatore che provveda alla chiusura dell'imballo mentre passa lungo il corridoio centrale. Con tale sistema si è osservata una drastica riduzione del tempo di attraversamento dalla produzione al magazzino prodotti finiti (90 secondi di media).

I vantaggi ottenuti sono quindi riscontrabili, non solo nella riduzione di movimentazioni a non valore aggiunto dei pezzi, e, nella riduzione del tempo di attraversamento, ma anche per quanto

riguarda la più agevole organizzazione degli spazi interni che sono risultati molto meno disordinati e hanno consentito un asservimento delle linee produttive sempre tempestivo ed efficace.

Tornando agli 8 codici che generano maggior fatturato in azienda sottolineati nel paragrafo 3.5, è stato fatto uno studio più approfondito sul consumo settimanale dei componenti.

Si è partiti dal valutare il tipo di componente ed il relativo utilizzo andando ad individuare sulle 8 distinte base, il coefficiente d'impiego, i codici richiedenti il componente sulla specifica linea/macchinario e identificando quindi i quantitativi necessari per la produzione di una singola unità di prodotto.

È stato importante distinguere il tipo di linea produttiva in quanto, ogni famiglia (delle tre considerate), presenta un consumo di componenti piuttosto simile.

Sull'allegato 3 è stata evidenziata un'altra differenza riguardante il tipo di banco di lavoro in cui il componente deve essere posizionato. Infatti, si è distinto in base al macchinario (LEO 4, LEO 5, M1900) e al banco di finitura poiché ognuna delle due postazioni presenta una diversa necessità di elementi di lavoro.

Grazie al file del Plan For Every Part precedentemente discusso e realizzato, è stato possibile ottenere il dato sulle richieste settimanali medie per ognuno degli otto prodotti e si è potuto così ottenere una stima sul consumo settimanale medio dei componenti (Tabella 3.9).

*Tabella 3.9 Schema riassuntivo dei fabbisogni medi settimanali e delle posizioni necessarie per i componenti*

CODICI PRODOTTI	LINEE VECCHIE	CODICI CON PREVISIONE (Fabb)	DESCRIZIONE ARTICOLO	POSIZIONI NECESSARIE	FABBISOGNI MEDI SETTIMANALI [Unità]
E09130160	<b>BNC913</b>	<b>96</b>	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17	<b>14</b>	<b>50</b>
E09130952	<b>BNC913</b>	<b>28158</b>	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17		<b>525</b>
E09139952	<b>BNC913</b>	<b>2308</b>	STP SERBATOIO UREA 90L DAF XF-M (DOWLEX) MY17		<b>25</b>
S06680003	<b>BNC668/CASTIGLIONI</b>	<b>28168</b>	SNORKEL - ELEMENTO SUPERIORE	<b>7</b>	<b>180</b>
S06689003	<b>BNC668/CASTIGLIONI</b>	<b>24</b>	SNORKEL - ELEMENTO SUPERIORE		<b>6</b>
G06650991	<b>BNC09</b>	<b>3500</b>	CONDOTTO ARIA DAF	<b>4</b>	<b>50</b>
G06650992	<b>BNC09</b>	<b>25837</b>	CONDOTTO ARIA DAF		<b>540</b>
G06659991	<b>BNC09</b>	<b>2320</b>	CONDOTTO ARIA DAF - BRASILE		<b>30</b>

In aggiunta all'attività svolta, è stato poi utilizzato il lavoro del progetto precedentemente descritto nel paragrafo 3.7.2 per riorganizzare le scaffalature del supermarket al fine di renderle ancor più intuitive e immediate per la cruciale attività dell'asservimento linea. Come si vede dalla Figura 3.43, è stato riutilizzato il colore relativo al dominio 3 (il blu) per realizzare i

cartellini descrittivi delle cassette e cassetine che andranno poi posizionate e portate sulla linea produttiva.



*Figura 3.43 Scaffalatura predisposta con il colore identificativo del D3 per una facile identificazione da parte dei carrellisti interni*

Un'attenzione particolare merita la tematica dell'imballo. Come precedentemente detto le unità sono di tre tipologie e due di queste sono state definite "interne". Questa sotto-classificazione è legata al fatto che le casse in legno (denominate nell'allegato 3 "cassa") non sono movimentate internamente alla zona produttiva e, per tale motivo, l'indagine sull'effettivo contenuto di elementi di questi oggetti, è stata in parte non approfondita. Uno dei motivi della "non trattazione" è legato al fatto che questi imballi, una volta arrivati in azienda, sono controllati in funzione del peso e, rarissimamente (se non per alcuni elementi più costosi o voluminosi) sono controllati per il numero effettivo.

Nello specifico è stato quindi valutato più attentamente il consumo che si realizza nelle cassetine e nelle cassette che sono solitamente movimentate tra Supermarket e linea produttiva e si è stimata una capacità media di elementi contenuti in ognuna delle due unità d'imballo.

Tali unità, infatti, sono state pensate per accogliere i componenti in funzione delle loro caratteristiche volumetriche e d'ingombro. Per le minuterie ed i pezzi piccoli, sono state usate le cassetine, che in media possono contenere 1'000 pezzi. Per le cassette la stima si è attestata intorno alle 500 unità.

A questo punto si è preso in considerazione il numero di pezzi necessari per realizzare un'unità di prodotto finito e, si è verificato il consumo atteso settimanale di pezzi. Tale valore è stato

confrontato con il valore medio contenibile in una SKU interna, ottenendo il numero di unità realmente utilizzate settimanalmente.

Dai valori ottenuti si evince che alcuni componenti presentano un utilizzo maggiore e altri inferiore o, addirittura, molto ridotto. Questo ha portato l'azienda a preferire maggiori postazioni per quei componenti "alto rotanti" che dovranno essere tempestivamente riforniti durante l'attività di Milk-Run, in cui si andranno a sostituire i contenitori vuoti con altri pieni. Quest'attività si verificherà anche più di una volta all'interno della stessa giornata, come per l'inserito 51P003100 che va utilizzato per gli stampati realizzati sul macchinario LEO 05.

Tale studio ha avuto come obiettivo quello di analizzare questi consumi medi settimanali al fine di realizzare la scaffalatura opportuna per contenere i componenti necessari, garantendo un costante rifornimento della linea produttiva. È servito, inoltre, anche per monitorare l'effettivo consumo dei materiali utilizzati in produzione al fine di assicurare un più corretto approvvigionamento dei materiali in sede di pianificazione degli acquisti.

### 3.9 Analisi dei benefici ottenuti

I principali interventi attuati durante l'attività di riorganizzazione del layout e dimensionamento del supermarket sono stati:

- A. Realizzazione e dimensionamento del Supermarket;
- B. Inserimento di nuove scaffalature in linea di produzione;
- C. Riduzione movimentazioni dei componenti e asservimento linea solo quando serve;
- D. Esatta conoscenza del numero di posizioni di componenti necessarie per ogni linea;
- E. Incremento del livello di servizio interno (LSI).

A. L'inserimento di un magazzino Supermarket in prossimità della linea produttiva ha portato a una drastica diminuzione del tempo medio di attraversamento dei componenti dal magazzino CMP al reparto produttivo.

Recuperare una cassa dal magazzino, predisporre la richiesta di rifornimento in funzione dell'unità d'imballo interna movimentabile (è l'unica movimentabile internamente) e, consegnare la cassa nel luogo previsto, richiede un tempo medio di circa 11 minuti e 45 secondi.

Il tempo di risposta ad un input derivante dalla produzione è risultato pari a 7 minuti e 30 secondi; ciò ha consentito di aumentare l'efficienza dei risultati settimanali.

La misurazione dei tempi precedentemente inseriti nel loro valore medio, si riferisce ad un periodo di osservazione di quattro settimane svolto in produzione: due settimane dedicate all'osservazione dello stato iniziale e due settimane dedicate, invece, alla misurazione dello stato modificato con l'inserimento del supermarket.

L'intervento ha consentito, inoltre, di risolvere problematiche di logistica come ad esempio la facilità di individuazione di un componente su uno scaffale, o, la possibilità di predisporre tempestivamente una cassetta/cassettina di minuterie o altri elementi. Anticipando questo lavoro di predisposizione delle unità movimentabili internamente, si riesce a rispondere in maniera più agevole anche alle eventuali emergenze di rifornimento di linea, in quanto sono sempre pronte e disponibili per il carrellista di turno. Si è ottenuto, inoltre, un risparmio in termini di personale logistico necessario per il rifornimento dell'area produttiva in quanto con tale sistema di immagazzinamento è stato possibile ridurre di due unità gli addetti necessari a quest'attività con un risparmio di oltre 70'000€. Tale valore è stato ottenuto considerando il costo aziendale unitario di un operaio all'interno di un contesto industriale che è stimato intorno ai 35'000€ annui (Staff & Line KG/sas).

- B. La realizzazione di una scaffalatura come visto in Figura 3.40, consentirà all'azienda di ridurre gli ingombri interni all'impianto garantendo, per ogni linea, solo i componenti necessari al tempo e nel quantitativo giusto. Questa scaffalatura è stata attualmente inserita nel dominio 3 e ha riscontrato risultati positivi in termini di assenza di "rotture di stock" dei componenti. Si è inoltre riuscito a monitorare più attentamente il consumo, riducendo lo spazio occupato per ogni postazione di lavoro dell'8% e rendendo più facile l'identificazione di un potenziale esaurimento inatteso di scorte nel magazzino CMP. Si è misurato che mediamente ogni postazione occupa uno spazio di 15m<sup>2</sup> e, con l'inserimento di tale scaffalatura la postazione si è ridotta ad un valore medio di 13,8m<sup>2</sup>.

*Riduzione occupazione spaziale = Valore iniziale occupato – Valore finale occupato*

$$= 15\text{m}^2 - 13,8\text{m}^2 = 1,2\text{m}^2 = \frac{1,2\text{m}^2}{15\text{m}^2} = 8\%$$

- C. Lo studio fatto sul dominio 3 ha consentito all'azienda di utilizzare al meglio la propria area di magazzino in maniera tale da avere ogni componente disponibile e facilmente reperibile da parte degli operatori. Con l'attività di identificazione dello spazio del supermarket per area di competenza, come visto in Figura 3.43, Rototech è stata in grado di gestire l'asservimento delle linee produttive secondo una logica pull, riducendo drasticamente le scorte in produzione.
- D. Come già riassunto in Tabella 3.8, il lavoro svolto sul numero di posizioni necessarie in funzione delle linee di stampaggio e di finitura ha consentito di agevolare le attività descritte nei punti precedenti e di rendere più intuitiva l'attività degli operai durante la fase di prelievo dei materiali necessari sul proprio banco di lavoro. Siccome le locazioni degli spazi interni alla produzione sono state riorganizzate in funzione del codice di materiale, l'attività degli operai è diventata più ergonomica ed intuitiva.
- E. Il livello di servizio interno, anche per merito delle quattro attività precedentemente descritte ed analizzate, è salito in maniera graduale durante le settimane di applicazione degli interventi correttivi come rappresentato in Figura 3.44.

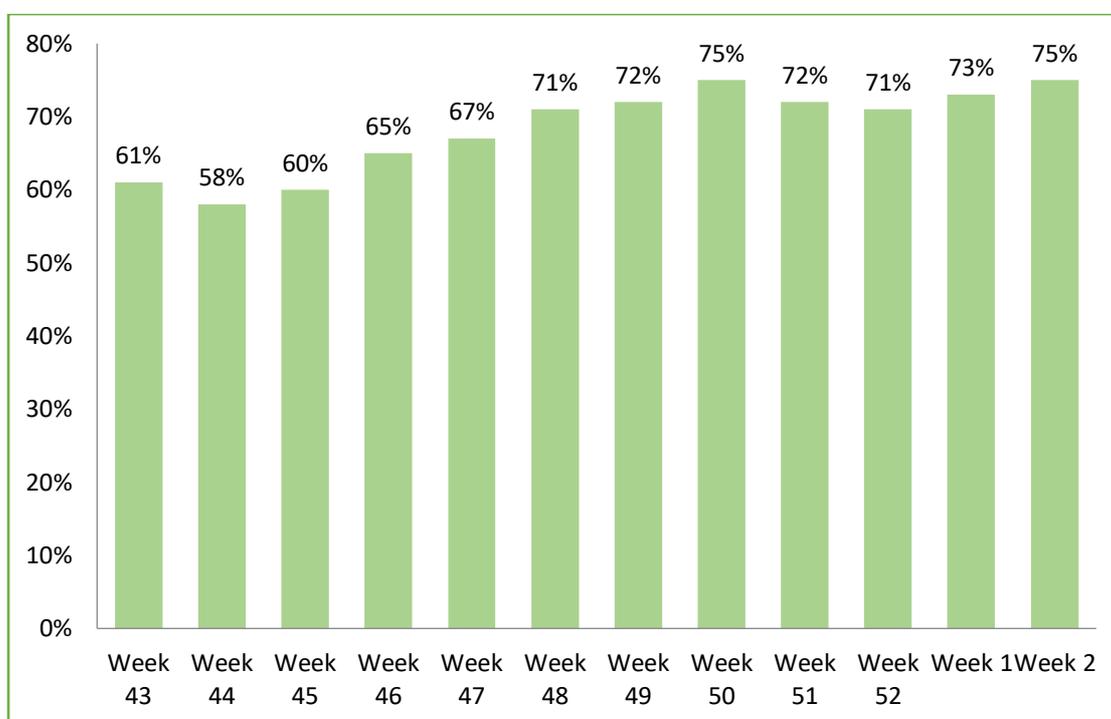


Figura 3.44 Andamento del LSI di stabilimento durante gli interventi attuati sul dominio 3 tra il 2019 e il 2020

Due degli elementi più importanti che hanno condotto a questo risultato, sono stati l'alimentazione controllata e tempestiva dei reparti produttivi e l'ottimizzazione del principale collo di bottiglia aziendale rappresentato dal robot Belotti.

Un'attenzione particolare merita l'attività svolta sul robot Belotti. Questo braccio robotizzato è utilizzato per la finitura di pezzi di diversa natura e, solitamente, difficilmente eseguibili a mano dagli operatori. Il robot Belotti presenta dei tempi operativi di taglio prestabiliti da un programma di lavorazione. Poiché questi tempi di lavorazione non sono riducibili, si è intervenuto per garantire che l'inattività di tale robot sia pressoché nulla. Per fare ciò si è impostato il macchinario in modo da processare il miglior mix produttivo possibile e si è lavorato sul miglioramento in termini di qualità degli stampati entranti in tale braccio robotizzato. In sostanza si è rivalutato il processo di stampaggio dei macchinari che alimentano il robot e si è fatto un lavoro di riduzione degli scarti in ingresso al Belotti ottenendo un'importante riduzione in termini numerici come evidenziato in Figura 3.45.

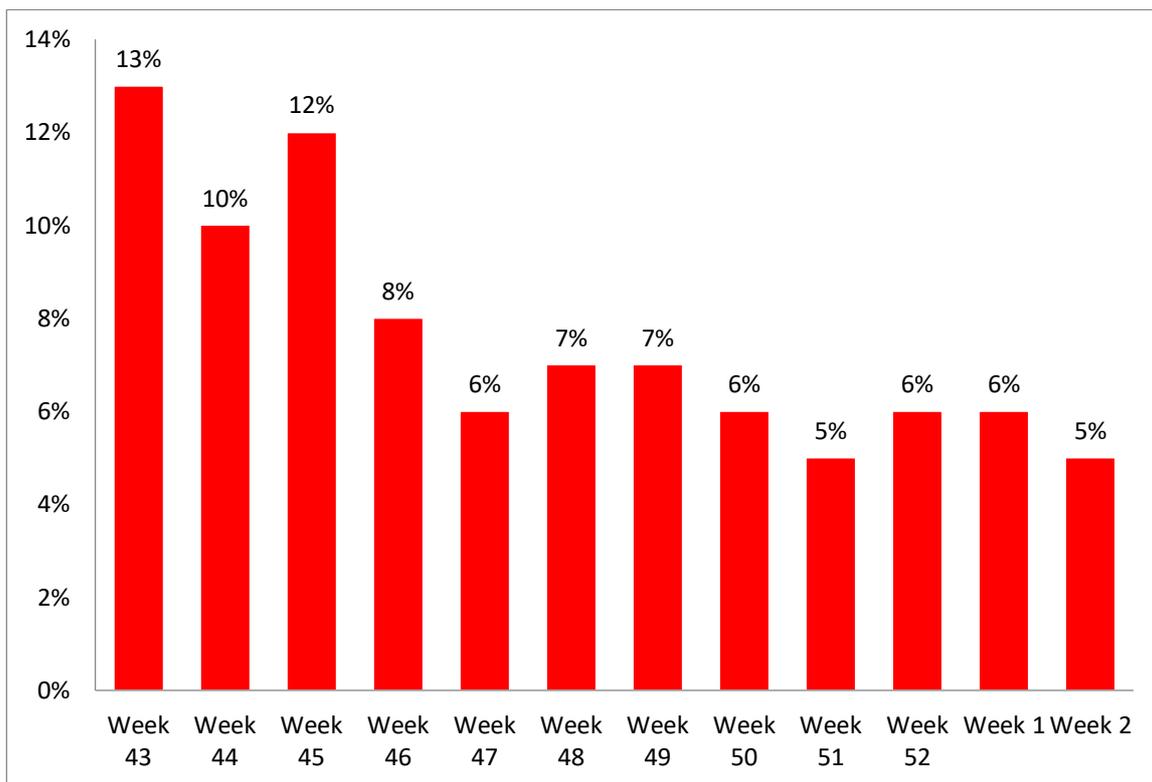


Figura 3.45 Andamento degli scarti in ingresso al robot Belotti tra il 2019 e il 2020

I risultati ottenuti sul robot sono stati notevoli già dopo poche settimane come evidenziato precedentemente in Figura 3.35 e buona parte di questi risultati si sono riversati nei miglioramenti ottenuti sul LSI.

Prendendo nuovamente ad esempio gli otto codici evidenziati in paragrafo 3.5, è possibile evidenziare alcuni dei risultati più caratteristici ottenuti sui relativi componenti di Tabella 3.3. Per quanto riguarda le minuterie e gli elementi necessari per la composizione dell'imballo, il principale beneficio è stato riscontrato in termini organizzativi nella più facile gestione degli spazi interni ai magazzini e nella riduzione di tempi e spostamenti per rifornire le linee produttive come già evidenziato in Figura 3.36.

Prendiamo in considerazione i seguenti quattro codici di componenti in quanto, su di essi, è stato riscontrato il maggior beneficio in termini di riduzione degli ingombri e risparmio economico dopo l'applicazione dei cinque interventi elencati in precedenza.

- **Soffietto con anello Donaldson (01V010400):** tale componente è fornito in maniera pressoché settimanale con quantitativi medi per ordine pari a 900 unità. L'elemento ha un prezzo unitario di 11,4€ ed il quantitativo di pallet ricevuti in funzione delle 900 unità medie è pari a 20 unità.

A seguito dell'intervento di riduzione degli scarti e di monitoraggio costante del consumo di componenti, si è passati ad ordinativi settimanali medi di 770 pezzi ottenendo un risparmio settimanale netto di 1'482€. In linea con la riduzione dei pezzi necessari settimanalmente, è stato possibile ridurre il numero di pallet da stoccare, divenendo pari a 17 pallet, a cui è seguito anche un recupero di spazio all'interno del magazzino CMP.

- **Sensore di livello SSI 28541 - DAF2134681 (63P027202):** i sensori sono elementi essenziali per il completamento dei serbatoi e quelli specifici che si utilizzano per questi codici sono provenienti dalla Repubblica Ceca. Siccome la sede del fornitore non è nei pressi della Rototech, si attua un rifornimento settimanale di questi pezzi per un quantitativo medio per ordine pari a 870 pezzi con prezzo unitario di 94,52€.

Il nuovo quantitativo medio settimanale ordinato è sceso stabilizzandosi intorno ad un valore di 790 pezzi settimanali ottenendo un risparmio settimanale di 7'560€. La

gestione di questi componenti molto costosi ha portato ad un sostanzioso risultato anche in termini di ridotto immobilizzo presente in magazzino.

- **Caschetto Clipsato per Elbow Donaldson (69P013301):** è un componente che va inserito per comporre l'imballo finale da spedire al cliente. Essendo un elemento molto voluminoso, risulta importante valutare gli ordinativi settimanali/mensili per non congestionare eccessivamente gli spazi in magazzino. In origine gli ordini erano in media di 830 pezzi ogni due settimane con un costo unitario pari a 8,22€. Il numero di pallet ricevuti è mediamente di 33 pallet per carico. La nuova procedura di gestione degli spazi e le nuove scaffalature proposte hanno portato ad un risparmio mensile pari a 1'315€ con una riduzione in magazzino di ben 4 pallet per ordine ricevuto.
- **Polvere PE MD ICORENE 1613BK85 (10N001000):** un elemento essenziale per l'attività dell'azienda è la fornitura della polvere da utilizzare all'interno degli stampi per realizzare gli svariati prodotti plastici descritti nel paragrafo 2.3. Per i prodotti analizzati in questo esempio pratico, si utilizza questa particolare polvere che arriva in azienda in grandi sacchi ogni 10 giorni. Il prezzo al chilogrammo è pari a 1,69€ e per ogni singolo ordine si riceve in azienda in media un quantitativo di 22'000kg. Con una revisione degli effettivi consumi mensili e con la riduzione degli scarti riscontrata in Figura 3.45, si è potuti passare ad un quantitativo ordinato medio per ordine di 21'000kg, garantendo all'azienda un risparmio di 1'600€ per ordine.

In Tabella 3.10 si riassumono i benefici ottenuti e descritti nel presente paragrafo.

Tabella 3.10 Schema riassuntivo dei benefici ottenuti in Rototech

<b>INTERVENTO</b>	<b>RISULTATO</b>	<b>IMPATTO</b>	<b>AREA DI INTERESSE</b>
Inserimento e dimensionamento supermarket	Riduzione tempo asservimento linee produttive	26% tempo risparmiato	Produzione/Logistica
Riposizionamento dei componenti nelle locazioni in magazzino	Riduzione del personale necessario alla movimentazione interna	2 unità in meno e 70'000 €/anno risparmiati	Risorse umane
Progettazione nuova scaffalatura di linea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione rischio “stock-out”</li> <li>• Monitoraggio sul consumo reale in produzione</li> </ul>	8% di spazio risparmiato su ogni postazione di lavoro	Produzione
Analisi del numero esatto di locazioni da destinare per ogni componente	Lavoro più intuitivo per gli operatori interni	Ottenimento di postazioni di lavoro maggiormente ergonomiche con ridotti movimenti a “non valore aggiunto”	Risorse umane
Inserimento e dimensionamento supermarket e ottimizzazione dell'elemento “collo di bottiglia”	Incremento nei valori di Livello di Servizio Interno	Dal 60% al 75% di media	Produzione
Miglioramento delle tecniche di stampaggio	Riduzione degli scarti sull'elemento stampato	Dal 12% al 6% di media	Qualità
Inserimento e dimensionamento supermarket e riorganizzazione del layout	Riduzione degli ingombri in magazzino	8 posti pallet e 1'000kg di polvere polimerica in meno	Logistica
Inserimento e dimensionamento supermarket e riorganizzazione del layout	Riduzione dei componenti ordinati settimanalmente e relativo risparmio economico	10'171 €/settimana spesi in meno	Logistica

## 4. Conclusioni e sviluppi futuri

L'obiettivo del capitolo è quello di analizzare e riassumere tutte le attività svolte e descritte all'interno dell'elaborato. Ci si soffermerà sui risultati principali conseguiti internamente all'azienda e i limiti riscontrati, cercando, al contempo, di offrire uno spunto per quelle che saranno delle possibili vie percorribili dall'azienda per proseguire il lavoro realizzato.

### 4.1 Benefici generali dell'intervento

Dimensionare ed inserire all'interno dell'area produttiva una scaffalatura supermarket, ha permesso all'azienda di ottenere svariati risultati operativi ed organizzativi.

Innanzitutto, si sono potuti utilizzare in maniera più appropriata gli spazi disponibili all'interno del layout. In tal modo è stato possibile ripulire l'ambiente dagli elementi di disturbo o, in generale, non più gestiti, lasciando spazio per l'impiego di una corretta applicazione delle tematiche Lean, in primis il miglioramento continuo.

La Lean, in base ai risultati ottenuti nel capitolo 3, ha evidenziato una particolare efficacia applicativa all'interno di questo ambito manifatturiero, in quanto ha consentito una drastica riduzione degli sprechi. Tale riduzione ha avuto maggior valore se si considera che con questa applicazione si è ottenuto anche una diminuzione del "rischio di invenduto" e dei relativi costi di immobilizzazione. Ciò per effetto di una spinta maggiore verso una politica pull, in cui il flusso teso dei prodotti presenti in impianto segue le richieste del cliente a valle.

Il supermarket ha consentito di ridurre i percorsi ed i tempi per rifornire le linee produttive dei componenti di cui necessitano. Questo ha portato l'azienda ad una diversa considerazione del lavoro dei propri dipendenti e delle modalità con cui viene realizzato.

In particolar modo è stata riorganizzata la postazione dei banchi di lavoro per garantire una corretta ergonomia nel rispetto del concetto di golden zone (paragrafo 3.7.1).

Successivamente sono state analizzate le figure degli operatori e dei carrellisti riuscendo ad ottenere particolari benefici. È stato evidenziato, infatti, che alcuni componenti del personale risultavano poco formati e inconsapevoli dell'importanza del lavoro che quotidianamente realizzavano. L'analisi eseguita in questo elaborato ha permesso di riconsiderare i ruoli interni all'azienda, evidenziare talune duplicazioni da eliminare e, infine, consentire una riassegnazione delle mansioni in funzione delle specifiche competenze di ciascun dipendente aziendale.

Come precedentemente esposto nel paragrafo 3.9, sono considerevoli i risparmi settimanali di cui Rototech potrà godere dopo la riduzione dei componenti ordinati ed allocati nei propri magazzini. Questo risultato si è ottenuto attraverso una valutazione ed un conteggio preciso ed effettivo del numero di pezzi effettivamente consumati in una settimana. Ciò ha portato ad ordinativi verso i fornitori molto ponderati e ridotti, allineando la necessità di avere i componenti sempre disponibili in produzione con quella di avere un rischio di obsolescenza dei magazzini quanto più basso possibile.

La somma di tutti questi interventi porterà ad un incremento sia in materia di produttività in termini assoluti che di potenzialità; poiché i macchinari resi più efficienti e performanti dalla riduzione del grado di saturazione, permetteranno l'individuazione di nuovi clienti possibili e, quindi, l'acquisizione di ulteriori fette di mercato.

## 4.2 Limitazioni tesi

L'elaborato ha riscontrato alcune limitazioni relative in particolar modo ai vincoli temporali e tecnici riscontrati in azienda.

Innanzitutto, non è stato possibile monitorare, per un consistente numero di settimane, i grafici delle Figure 3.44 e 3.45 che rappresentano, rispettivamente, l'andamento del livello di servizio interno e l'andamento degli scarti in ingresso al Belotti. Tuttavia l'indagine, seppur parziale, risulta verosimilmente attendibile in quanto si è evidenziato un repentino cambiamento nei risultati ottenuti proprio in concomitanza delle attività compiute in reparto. In particolare è stato possibile identificare anche una forma di stabilizzazione del trend registrato. Ciò consente di affermare che l'impatto che tali risultati hanno portato sul processo ne certificano l'efficacia. Una seconda problematica è stata riscontrata a causa del periodo in cui l'analisi è stata svolta. È infatti stato analizzato un periodo a cavallo tra la fine dell'anno 2019 e l'inizio dell'anno 2020 ed in Rototech, come in molte altre aziende, è tempo di chiusura dei bilanci.

Questo elemento ha avuto impatto sull'elaborato in quanto è stato difficoltoso avere a disposizione la totalità dei dati economici aggiornati, oltre che, la possibilità di intervenire tempestivamente su alcune manovre aziendali di re-disegnazione del layout.

Per politiche di bilancio, infatti, si è limitata la possibilità di realizzare investimenti nella fase finale del 2019 e, molte delle attività sono state realizzate riutilizzando ed adattando in buona parte i mezzi già presenti in azienda. Anche per questa problematica si è arrivati alla realizzazione del progetto di "miglioramento continuo" (paragrafo 3.7.2), focalizzandosi esclusivamente sul dominio 3 e sui codici che attualmente circolano in esso.

Infine, un'altra limitazione della tesi, riguarda lo studio fatto sui risparmi che l'intervento di inserimento del supermarket e riorganizzazione del layout hanno consentito. Come già precedentemente accennato è stato ristretto il campo dell'analisi sui risparmi reali ottenuti in azienda a otto codici prodotto, per una difficoltà a reperire i dati tecnici ed economici di tutti i numerosissimi componenti che Rototech gestisce quotidianamente.

La scelta è stata, tuttavia, ponderata, prendendo in considerazione quei codici che, percentualmente, partecipano in modo principale al fatturato annuale dell'azienda. La classificazione fatta in Tabella 3.1, ha infatti evidenziato come questi codici risultino fondamentali per le vendite dell'azienda, per cui è stata sottolineata la gestione ed i risparmi che si sarebbero potuti ottenere soffermandosi sulla loro amministrazione.

L'estensione dell'analisi ai restanti codici ed ai restanti domini aziendali consentirà all'azienda di incrementare il risparmio settimanale sui codici di componenti richiesti ai fornitori e di avere un minor immobilizzo all'interno dei propri magazzini.

#### 4.3 Passi futuri realizzabili in azienda partendo dalle attività compiute

Rototech potrà migliorare nei mesi che verranno intensificando il lavoro realizzato sul dominio 3 ed estendendolo ai restanti domini aziendali al fine di individuare altri elementi "collo di bottiglia".

È ipotizzabile, infatti, che così come il robot Belotti risultava una risorsa fortemente critica ai fini dei risultati aziendali, anche altri banche di lavoro potrebbero risultare scarsamente efficienti.

Un'attenta attività di monitoraggio estesa a livello complessivo potrebbe far emergere gli elementi di criticità che non consentono, ad oggi, di ottenere valori di livello di servizio interno superiori al 90%.

Un'altra attività che potrebbe essere inserita in azienda è la realizzazione di una procedura di governo e di controllo dei pezzi stampati. Attualmente, infatti, sono numerosi i pezzi che vengono scartati al termine del processo di finitura e, spesso, il difetto risulta provenire dal precedente processo di stampaggio. Potrebbe quindi essere molto importante realizzare un check ispettivo accurato appena il pezzo stampato fuoriesce dal forno.

Tale operazione, che si ricollega a quella già iniziata e descritta nel paragrafo 2.5, richiederebbe ulteriori approfondimenti specialmente in un'ottica di continua attività di riduzione degli sprechi interni alla produzione. Attualmente, infatti, il "difetto" non identificato su di uno stampato, risulta essere una delle principali problematiche produttive dell'azienda.

Infine, potrebbe essere consigliato un sistema di tipo Andon per rendere ancor più intuitive e visibili le linee produttive. L'Andon è un termine giapponese usato in ambito manifatturiero per riferirsi ad un modo di informare gli operatori che si occupano di gestione, manutenzione ed altro, della presenza di un problema di qualità o di processo. L'elemento principale che caratterizza il sistema Andon è un tabellone costituito da segnali luminosi che indicano quale stazione ha il problema. Il segnale di allerta può essere attivato manualmente da un operatore mediante una cordicella o un pulsante. Il sistema può includere anche un mezzo per fermare la produzione in modo che possa essere risolto il problema immediatamente (Figura 4.1).



Figura 4.1 Esempio di una schermata Andon all'interno di un impianto produttivo (Carbone-MyNext)

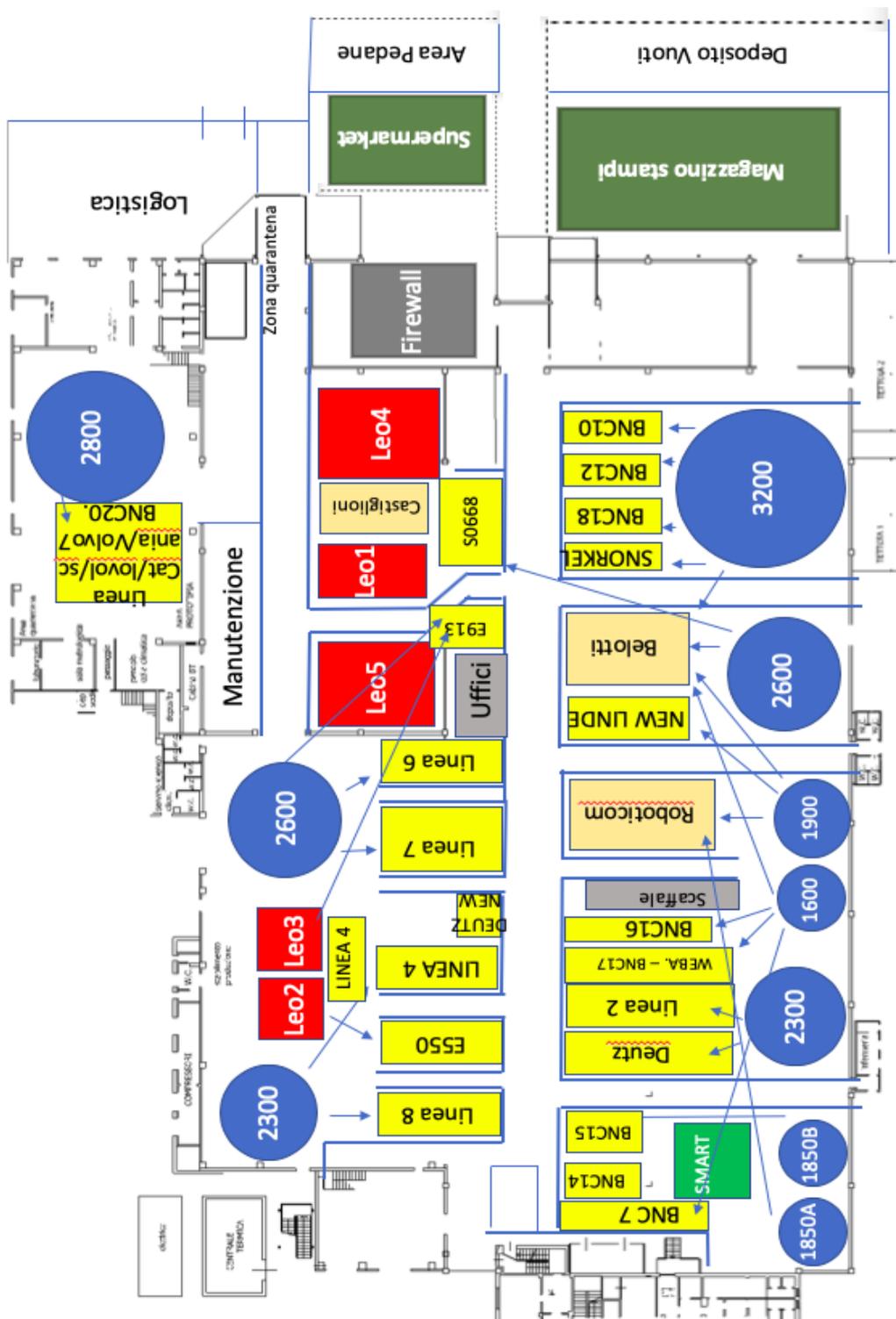
Tale sistema, oltre a consentire una rapida visualizzazione dei parametri critici della produzione, potrebbe essere integrato per farne un utilizzo di raccolta dati per monitorare gli andamenti settimanali di ogni linea produttiva e per segnalare ad ogni operatore la pericolosità dell'ambiente (tasso di infortuni verificatisi).

Questo strumento consentirebbe un controllo delle performance e delle problematiche in tempo reale e, inoltre, ridurrebbe i tempi di risposta a particolari eventi che si evidenziano in produzione.



Allegato 1: Layout d'impianto

Magazzino Componenti



## Allegato 2: Plan For Every Part

Codice articolo	Nome articolo	Gruppo Articolo	Stato	Coef. impiego	Fornitore	Nome fornitore	Costo STD	Ordinato	Consegnato	Riardo	Ultimo DDT	Data ultimo DDT	Tipo ordine	Stock CMP	Stock RPC	Stock QRT	Stock COQ	Stock PFW	Scorta imp. CMP	Scorta imp. RPC	Scorta imp.	Giorni copertura	Giorni copertura pezzi	Packing qty	Wk ctr	Wk bench	Minimum Order Qty	Data Prossimo Arrivo	Qty Prossimo Arrivo	31/10/19	01/11/19	
01S000101	RISONATORE 120HZ -MAN	PF05	R	0,00	F51600	SEVENPLAST S.R.L.	1,98	0	0	0	19DRF00044	17/04/19	OA	0	0	0	170	0	0	0	0	0	615	196			1372					
01S000201	RISONATORE 175HZ -MAN	PF05	R	0,00	F51600	SEVENPLAST S.R.L.	1,95	0	0	0	19DRF00044	17/04/19	OA	0	0	0	283	0	0	0	0	0	351	280			840					
01S000400	SERBATOIO ACQUA SENZA	PF05	S	0,00	F51600	SEVENPLAST S.R.L.	3,89	0	0	0				0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	50			50					
01S000600	DUCT. AIR ASSY, FLOOR	PF05	P	0,00	F51600	SEVENPLAST S.R.L.	10,46	0	0	0				0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0			0					
01S001400	DUCT. AIR REAR SPLITTER	PF05	P	0,00	F51600	SEVENPLAST S.R.L.	1,96	0	0	0				0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0			0					
01V001200	ANELLO TORNITO SCANIA	PF02	S	0,00	F11275	FASTLOC s.p.a.	1,99	6000	5397	603	3902	04/10/19	OA	1926	224	0	0	0	0	344	0	0	344	0	LINRIV		2000	07/10/19	2000			
01V001300	GUARNIZIONE NEOPRENE D. 64 x 54 SF. 2mm	PF02	S	0,00	F00331	CATTI SPA	0,18	7000	7000	0	185931	03/10/19	OA	1000	600	0	0	0	0	147	0	0	147	200	LINRIV		1000					
01V005200	GR. TUBI ALIM. RACC. SAE DIRITTI SIFILTRO	COXX	S	0,00	F12321	MONTEMA S.R.L.	23,00	0	0	0	7181	25/10/18	OA	152	0	0	0	0	0	0	9	0	9	250	LINRIV		250					
01V008002	FILTRO UREA TANK (NERO-DNR)	PF02	S	0,00			2,60	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0		0						
01V008401	FILTRO UREA TANK RT/VOLVO RIC. NERO DNR	PF02	S	0,00			2,87	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0		0			180			
01V008600	63P0083 FILTRO UREA 100 MICRON - VOLVO RICAMBI	PF02	S	0,00			5,21	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50		0						
01V009302	KIT RICAMBI GOLLOTTE CPL DAF	PF02	S	0,00			1,33	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0						
01V010100	KIT RACCORDO 3/4" BSP x SCANIA	PF02	S	0,00			1,95	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0						



## Bibliografia

- Alnahhal, M. and Noche, B.** (2013). "Efficient material flow in mixed model assembly lines", *Springer Plus*, Vol. 2 No.22 , pp. 415-427.
- AlvarezI, R. d. R. and Antunes Jr., J. A. V.** (2001). "Takt-time: concepts and context in Toyota Production System", *Gestão e Produção*, Vol. 8 No. 1, pp. 1-18.
- Antunes, D. L. and Sousa, S. D.** (2013). "Using Project Six Sigma and Lean Concepts in Internal Logistics", *World Congress on Engineering* , Vol. 1 No. 1, pp. 414-419.
- Baller, R., Hage, S., Fontaine, P. & Spinler, S.** (2019). "The assembly line feeding problem: An extended formulation with multiple line feeding policies and a case study", *International Journal Production Economics*, Vol. 222 No.5, pp.354-373.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A. & Sgarbossa, F.** (2010). "Supermarket warehouses:stocking policies optimization in an assembly-to-order enviroment", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 50 No. 5-8, pp. 775-788.
- Bicheno, J. & Staudacher, A. P.** (2009), *Metodologie e tecniche per la Lean*, Pitagora Editrice, Bologna, IT.
- Binninger, M., Dlouhy, J., Oprach, S. & Haghsheno, S.** (2016), "Methods for production leveling-transfer from lean production to lean construction", in *24<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2016 proceedings of the international conference in Boston, United States, 2016*, National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan, pp. 53-62.
- Boysen, N., Fliedner, M. and Scholl, A.** (2007), "A classification of Assembly Line Balancing Problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 33 No. 1, pp. 674-693.
- Cagliano, A. C.** (2017), *Materiale del corso di "Impianti Industriali"*, corso di Laurea in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino.
- Caputo, A. C., Pelagagge, P. M. & Salini, P.** (2016), "Selection of assembly lines feeding policies based on parts features", *International Federation of Automatic Control*, Vol. 1 No. 4, pp. 185-190.
- Chesterton, G. K.**, 1930.
- Christopher, M.** (2004), *Logistics and Supply Chain Management*, FT Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Deming, W.** (1982), *Out of the Crisis, 2<sup>nd</sup> Edition*, MIT Press, Washington, Maryland.
- Dyer, J. H.** (2000), *Collaborative Advantage: Winning through Extended Enterprise Supplier Networks*, Oxford University Press, Oxford, England.

- Emde, S. and Boysen, N.** (2012), “Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 217 No. 3, pp. 287-299.
- Faccio, M., Gamberi, M., Persona, A. and Sgarbossa, F.** (2013), “Design and simulation of assembly line feeding systems in the automotive sector using supermarket, kanbans and tow trains: a general framework”, *Journal of Management Control*, Vol. 24 No. 1, pp. 187-208.
- Festa, C.** (2019), “Il fondo Industry 4.0 rileva il controllo di Rototech”, *il Sole24Ore*, 31 Luglio, pp 3.
- Goldratt, E. M. and Cox, J.** (1984), *The goal: a process of ongoing improvement*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY.
- Goyal, G. and Verma, D. S.** (2019), “Optimization of Plant Layout in Manufacturing Industry”, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, Vol.8 No. 1, pp. 3115-3119.
- Hyde, D. C., Gay, B. D. and Utter, D.** (1979), “The integration of a Problem Solving Process in the first course”, *SIGCSE Bulletin*, Vol. 14 No. 1, pp. 54-59.
- Imai, M.** (1986), *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, McGraw-Hill Education, New York, NY.
- Juran, J.** (1951). *Directions for ASQC*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Klug, F.** (2010), *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*, Springer-Verlag, Berlin, Germany
- Kumar, S., Dhigra, A. and Singh, B.** (2018), “A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise”, *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol.16 No. 1, pp. 143-160.
- Kutz, M. and Andrew, W.** (2011), *Applied plastics engineering handbook*, Elsevier, Delmar, NY.
- Laganà, F.** (2019), “*Il Manufacturing Execution System. L’inserimento in azienda per la tracciabilità dei semilavorati*”, Politecnico di Torino.
- Limère, V., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E. and McGinnis, L.** (2012), “Optimising Part Feeding in the Automotive Assembly Industry”, *International Journal of Production Research*, Vol. 50 No. 15, pp. 4046-4060.
- Meller, R. and Gau, K.** (1995), “The facility layout problem: Recent and emerging trends and perspectives”, *Journal Manufacturing System*, Vol.15 No.1, pp. 351-366.
- Muther, R.** (1973), *Systematic Layout Planning, 2nd Edition*, Cahnern Books, Boston, MA.

- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N. and Hayati, N.** (2012), “Development of Kanban system at local manufacturing company in Malaysia – case study”, *Procedia Engineering*, Vol. 41 No.1, pp. 1721-1726.
- Nourmohammadi, A., Eskandari, H. and Fathi, M.** (2018), “Design of stochastic assembly lines considering line balancing and part feeding with supermarkets”, *Engineering Optimization*, Vol. 51 No. 2, pp. 1-21.
- Oeltjenbruns, H.** (2000), *Organization of production after example of Toyota*, Shaker-Verlag, Düren, Germany.
- Ōno, T.** (1978), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon.
- Rother, M. and Shook, J.** (1998), *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, England.
- Rototech** (2019), *Materiale di presentazione azienda*.
- Savino, M. and Mazza, A.** (2014), “Kanban-driven parts feeding within a semi-automated O-shaped assembly line: a case study in the automotive industry”, *Assembly Automation*, Vol.35 No. 1, pp. 3-15.
- Schonberger, R. J.** (1982), *Japanese Manufacturing Techniques, Nine Hidden Lessons in Simplicity*, Free Press, New York, NY.
- Selçuk, B.** (2013), “Adaptive lead time quotation in a pull production system with lead time responsive demand”, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 32 No. 1, pp. 138-146.
- Shou, W. et al.** (2017), *Application of Lean Production With VSM to the Blasting and Coating Industry*, in *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2017 proceedings of the international conference in Heraklion, Greece, 2017*, Elsevier, Crete, pp. 217-224.
- Spath, D.** (2003), *Holistic producing-innovative organization and leadership*, LOG\_X Verlag, Stuttgart, Germany.
- Sugimori, Y., Kasunoki, K., Cho, F. and Uchikawa, S.** (1977), “Toyota production system and Kanban system materialisation of just-in-time and respect-for-human system”, *International Journal of Production Research*, Vol. 15 No. 6, pp. 553-564.
- Tardif, V. and Maaseidvaag, L.** (2001), “An adaptive approach to controlling kanban systems”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 132 No. 2, pp. 411-424.
- Womack, J. and Jones, T.** (2003), *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Free Pass, New York, NY.

- Womack, J. P., Jones, D. T. and Daniel, R.** (1991), *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Harper Perennial, Boston, MA.
- Yadav, V. et al.** (2019), “The propagation of Lean thinking in SMEs”, *Production Planning & Control*, Vol. 30 No.10-12, pp. 854-865.
- Yang, T. and Jiunn-Chenn, L.** (2010), “The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem”, *International Journal of Production Research*, Vol. 49 No. 6, pp. 2793-2817.
- Yang, T., Su, C.-T. and Hsu, Y.-R.** (2000), “Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities”, *International Journal of Operations Production Management*, Vol. 20 No. 11, pp. 1359-1371.
- Yener, F. and Yazgan, H.** (2019), “Optimal warehouse design: Literature review and case study application”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 129 No. 1, pp. 1-13.

## Sitografia

**4Lean** (2010), Available at: <http://www.4lean.net/it/>

**British Plastic Federation** Available at: [https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/rotational\\_moulding.aspx](https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/rotational_moulding.aspx)

**Diagrams** (2004), Available at:

<https://online.visualparadigm.com/es/diagrams/templates/value-stream-mapping/value-stream-mapping-template-3/>

**E6S Industries** (2015), Available at: <http://e6s-methods.com/e6s-methods-podcast/2015/2/19/e6s-062-process-load-and-spaghetti-value-stream-essentials-part-4>

**Lean Company - Q&O consulting** (2018), Available at: <http://www.valuestreammapping.it>

**MyNext**, Available at: <https://mynext.it/2016/05/che-cosa-e-l-andon/>

**Persico Group**, Available at: <https://www.persico.com/>

**Rhamel, M. R.** (2013), *Lean Math-Figuring to improve*. Available at:

<http://www.leanmath.com/blog-entry/every-part-every-interval-epei>

**Rototech**, Available at: <http://www.rototech.it/>

**Santucci, U.** (2012), Available at: <http://www.umbertosantucci.it/atlante/kairyo/>

**Staff & Line KG/sas**, *staff-line PERSONNEL MANAGEMENT STRATEGIES*

Available at: <https://www.staff-line.it/it/calcolo-stipendio>

**TopSupplier** (2016), Available at: <https://www.topsupplier.com/>

**Xpolymers**, Available at: <https://www.xpolymers.it/rotazionale.html>

## Ringraziamenti

Desidero ringraziare innanzitutto la professoressa Anna Cagliano, relatrice di questa tesi, per la grandissima disponibilità ed i preziosi insegnamenti che hanno reso possibile la realizzazione di questo elaborato.

Ringrazio di cuore tutte le persone che mi hanno affiancato in questi mesi in Rototech. Mi piace sottolineare che senza il loro appoggio e la loro costante presenza probabilmente non sarei stato in grado di giungere al termine di questo importante percorso.

A Marco G. , che dal Liceo all'Università è stata un importante figura, specie nei primi mesi di corsi, quando tutto sembrava impervio come una ripida scalata.

A Marco, che è diventato, con il passare del tempo, un elemento imprescindibile di questi anni, in quanto è sempre stato lì a rincuorarmi, quando i momenti erano difficili, e lì ad incoraggiarmi quando invece c'era bisogno di far vedere la grinta che spesso mantengo troppo assopita.

Un sentito ringraziamento va ai miei genitori, zia Teresa, zio Pino, i miei cugini Luca e Sara, che mi hanno sempre sostenuto nel raggiungimento di questo traguardo, hanno sempre appoggiato le mie scelte, mi hanno sempre difeso quando gli ostacoli sembravano insormontabili e hanno sempre cercato di ridurre il peso delle cose che quotidianamente sono accadute, eccedendo forse, ma sempre con il pensiero di proteggermi e portare serenità e felicità in tutto quello che facevo.

Un ringraziamento speciale va a Luisa, "La mia persona", LA persona insostituibile di questo percorso e di quelli futuri.

Ringrazio inoltre tutte le persone che non ho potuto citare singolarmente ma che sanno quanto sono state e quanto siano importanti per me, avendo reso piacevole ogni giorno di lezione, ogni corso, ogni semestre.