

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

---

**Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali**

**Corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale**

***Tesi di Laurea***

*Applicazione di logiche di asservimento pull ad una linea di  
assemblaggi meccanici. Il caso Unimec Srl.*

**Relatore**

*Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo*

**Laureando**

*Alessandro Grigolin*

**Correlatore**

*Dr. Rer. Nat. Tommaso Pellizzer*

---

**Anno Accademico 2023-2024**



## SOMMARIO

Il seguente elaborato deriva dall'esperienza di tirocinio presso Sintesia Srl, società di consulenza organizzativa specializzata nella trasformazione dei processi produttivi ed informativi sulla base delle metodologie e degli strumenti specifici della *Lean Organization*. In particolar modo, la trattazione si concentra sull'implementazione del *pull flow* per la gestione dell'asservimento di due linee dedicate all'assemblaggio meccanico di macchinari di taglio laser, attività chiave del progetto condotto presso l'azienda veronese Unimec Srl, leader nel settore.

L'esigenza di rendere i propri processi più snelli, limitando l'accumulo di materiale tra le fasi di lavorazione, al fine di ridurre lo spazio occupato ed il valore del magazzino, ha spinto l'azienda ad introdurre un sistema di gestione dei materiali di tipo *pull*. Tale approccio prevede che la produzione sia innescata esclusivamente dalle necessità del cliente, abbattendo il tradizionale modello *push*, basato su previsioni. Ai principi fondanti della *Lean Production* e del *pull system* verrà dedicato uno spazio particolare all'interno dei primi due capitoli dell'elaborato, per poi eseguire un focus sul caso studio.

La fase preliminare del progetto è costituita dall'analisi della situazione di partenza, che ha permesso di portare alla luce le principali criticità e di definire un piano d'azione per il miglioramento. In primis è stato implementato il metodo *kanban* per il ripristino dei materiali soggetti a premontaggio, per poi proseguire con l'introduzione del sequenziatore di produzione per la pianificazione degli ordini ed il controllo dei flussi produttivi. Inoltre, al fine di garantire il reintegro dei materiali ingombranti verso la linea in modalità *just-in-sequence*, è stata applicata la tecnica del *pull* sequenziale, che ha consentito di sincronizzare la preparazione dei componenti tra i vari reparti.

I risultati ottenuti hanno confermato che il passaggio da un sistema di tipo *push* ad uno *pull* ha contribuito significativamente all'ottimizzazione dei flussi di produzione, permettendo di aumentare in modo tangibile l'efficienza e la produttività della linea, confermando il valore della *Lean Production* nell'ottimizzazione dei processi industriali.



# INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUZIONE .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1. <i>Lean thinking</i>.....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1 I sistemi produttivi: cenni storici .....                               | 6         |
| 1.1.1 Dalla produzione artigianale alle prime rivoluzioni industriali ..... | 7         |
| 1.1.2 Il Taylorismo: l'organizzazione scientifica del lavoro .....          | 8         |
| 1.1.3 Ford e la produzione di massa .....                                   | 9         |
| 1.1.4 I bisogni cambiano .....  | 11        |
| 1.1.5 Arrivano i giapponesi .....   | 12        |
| 1.2 L'evoluzione di Toyota: la <i>Lean Production</i> .....                 | 13        |
| 1.2.1 Da Sakichi a Kiichiro Toyoda .....                                    | 13        |
| 1.2.2 Il contesto giapponese del dopoguerra: da crisi a possibilità .....   | 14        |
| 1.2.3 Lo sviluppo del <i>Toyota Production System</i> .....                 | 15        |
| 1.2.4 I fattori " <i>country specific</i> " .....                           | 16        |
| 1.2.5 Gli studi americani .....   | 17        |
| 1.3 I principi guida del <i>Lean Thinking</i> .....                         | 18        |
| 1.3.1 I cinque pilastri.....  | 18        |
| 1.3.2 I sette sprechi di Taiichi Ōhno.....                                  | 20        |
| 1.3.3 Muda, Muri, Mura.....   | 23        |
| <b>2. Il 4° pilastro.....</b>   | <b>25</b> |
| 2.1 Produzione <i>push</i> e <i>pull</i> .....                              | 26        |
| 2.1.1 Flusso <i>push</i> - MRP .....  | 26        |
| 2.1.2 Flusso <i>pull</i> dei materiali .....                                | 28        |
| 2.1.3 L'operazione <i>pacemaker</i> .....                                   | 30        |
| 2.1.4 <i>Heijunka</i> .....   | 30        |
| 2.2 La classificazione dei sistemi <i>pull</i> .....                        | 32        |
| 2.2.1 Da <i>push</i> a <i>pull</i> .....                                    | 32        |
| 2.2.2 <i>Pull</i> con supermarket.....                                      | 34        |
| 2.2.3 <i>Pull</i> sequenziale.....  | 35        |
| 2.2.4 FIFO sequenziale.....   | 37        |
| 2.2.5 Flusso continuo .....   | 38        |
| 2.3 Il <i>kanban</i> .....  | 39        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 2.3.1     | L'origine .....  | 39        |
| 2.3.2     | Il cartellino <i>kanban</i> .....                                    | 39        |
| 2.3.3     | Il funzionamento del <i>kanban</i> fisico.....                       | 40        |
| 2.3.4     | I vantaggi del <i>kanban</i> .....                                   | 42        |
| 2.3.5     | Le tipologie di <i>kanban</i> .....                                  | 42        |
| 2.4       | Politiche di gestione <i>kanban</i> ed il loro dimensionamento ..... | 43        |
| 2.4.1     | Il <i>kanban</i> tradizionale.....                                   | 43        |
| 2.4.2     | Il <i>kanban</i> a lotto di cartellini .....                         | 44        |
| 2.4.3     | Il <i>kanban</i> segnale.....  | 45        |
| 2.4.4     | Le politiche a confronto .....                                       | 46        |
| 2.5       | Implementazione del metodo <i>kanban</i> .....                       | 46        |
| 2.5.1     | Scelta degli articoli da gestire a <i>kanban</i> .....               | 47        |
| 2.5.2     | Il <i>lead time</i> di fornitura.....                                | 49        |
| 2.5.3     | Valutare i consumi .....   | 50        |
| 2.5.4     | Dimensionare il contenitore .....                                    | 51        |
| 2.5.5     | Vincoli fisici del processo .....                                    | 52        |
| 2.5.6     | Il cartellino <i>kanban</i> .....                                    | 52        |
| <b>3.</b> | <b>KanbanBOX.....</b>  | <b>53</b> |
| 3.1       | L'azienda.....   | 54        |
| 3.2       | La piattaforma.....  | 54        |
| 3.3       | Il <i>kanban</i> elettronico .....                                   | 55        |
| 3.4       | Vantaggi del <i>kanban</i> elettronico.....                          | 56        |
| 3.5       | Il processo <i>e-kanban</i> .....                                    | 58        |
| 3.6       | La lavagna KanbanBOX.....  | 59        |
| 3.7       | Stati del <i>kanban</i> elettronico .....                            | 60        |
| 3.8       | Gli ordini <i>Synchro</i> .....                                      | 63        |
| 3.9       | Il sequenziatore .....   | 64        |
| 3.10      | Il multiprocesso.....  | 66        |
| <b>4.</b> | <b>Unimec S.r.l.: l'azienda .....</b>                                | <b>69</b> |
| 4.1       | Core business .....  | 70        |
| 4.2       | La storia .....  | 71        |
| 4.3       | Fatturato .....  | 73        |
| 4.4       | Mercato .....  | 74        |
| 4.5       | Clienti.....   | 76        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 4.5.1     | Principali clienti e prodotti.....  | 76         |
| 4.5.2     | Il gruppo BLM S.p.a. ....   | 77         |
| 4.5.3     | Tecnologia Laser Tube - BLM Group.....  | 77         |
| 4.6       | Gli stabilimenti produttivi.....  | 79         |
| <b>5.</b> | <b>Introduzione al caso studio Unimec S.r.l. ....</b>                                   | <b>81</b>  |
| 5.1       | L'analisi dello stato <i>As-Is</i> .....  | 82         |
| 5.1.1     | La metodologia adottata: <i>VSM</i> .....   | 82         |
| 5.1.2     | <i>Current State Map</i> .....  | 83         |
| 5.2       | Il processo.....  | 84         |
| 5.2.1     | La gestione degli ordini.....   | 84         |
| 5.2.2     | La pianificazione della produzione.....   | 85         |
| 5.2.3     | Il processo di assemblaggio.....  | 86         |
| 5.2.4     | L'approvvigionamento e la verniciatura.....   | 88         |
| 5.3       | L'analisi degli sprechi.....  | 89         |
| 5.3.1     | Criticità riscontrate.....  | 89         |
| 5.3.2     | L'analisi delle cause radice.....   | 91         |
| 5.4       | L'analisi dello stato <i>To-Be</i> .....  | 93         |
| 5.4.1     | <i>Future State Map</i> .....   | 93         |
| 5.5       | Piano di azione del miglioramento.....  | 95         |
| 5.5.1     | Implementazione del <i>kanban</i> di produzione per i preassemblaggi.....               | 95         |
| 5.5.2     | Implementazione del sequenziatore.....  | 96         |
| 5.5.3     | <i>Pull</i> sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio.....  | 97         |
| 5.5.4     | Implementazione del <i>kanban</i> di acquisto.....                                      | 98         |
| <b>6.</b> | <b>Implementazione del <i>kanban</i> di produzione nel reparto preassemblaggi .....</b> | <b>101</b> |
| 6.1       | Scelta degli articoli da gestire a <i>kanban</i> .....                                  | 102        |
| 6.2       | Il <i>lead time</i> di fornitura.....   | 103        |
| 6.3       | L'analisi dei consumi.....  | 104        |
| 6.4       | Dimensionamento dei contenitori e delle quantità per ciascun <i>kanban</i> .....        | 108        |
| 6.5       | Dimensionamento del sistema <i>kanban</i> .....   | 110        |
| 6.6       | Implementazione del <i>kanban</i> elettronico.....                                      | 111        |
| 6.7       | Il cartellino <i>kanban</i> .....   | 119        |
| 6.8       | La lavagna <i>kanban</i> dei preassemblaggi.....  | 120        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>7. Implementazione del sequenziamento degli ordini di produzione e del <i>pull</i> sequenziale.....</b> | <b>123</b> |
| 7.1 Il sequenziamento degli ordini di produzione.....  | 124        |
| 7.1.1 Il sequenziatore .....   | 124        |
| 7.1.2 Il sequenziatore per il reparto premontaggi.....   | 125        |
| 7.1.3 L'implementazione operativa .....  | 126        |
| 7.1.4 Personalizzazione dell'aspetto della sequenza .....  | 127        |
| 7.1.5 Procedura operativa.....   | 129        |
| 7.2 La gestione degli ordini di produzione delle linee Lasertube .....                                     | 129        |
| 7.2.1 Il processo di pianificazione.....   | 129        |
| 7.2.2 La creazione dei legami <i>synchro</i> .....   | 130        |
| 7.2.3 Il caricamento degli ordini di produzione in KanbanBOX .....   | 132        |
| 7.2.4 Sequenziatore per le linee di produzione .....   | 133        |
| 7.2.5 Il cartellino <i>kanban</i> delle macchine .....   | 135        |
| 7.2.6 Procedura operativa.....   | 135        |
| 7.3 <i>Pull</i> sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio ..                   | 136        |
| 7.3.1 La verniciatura dei materiali e l'asservimento delle linee di assemblaggio                           | 137        |
| 7.3.2 La riprogettazione del processo in ottica <i>pull</i> sequenziale.....                               | 138        |
| 7.3.3 Implementazione del <i>pull</i> sequenziale .....  | 139        |
| 7.3.4 Procedura operativa.....   | 143        |
| <b>8. Conclusioni.....</b>   | <b>145</b> |
| 8.1 Risultati ottenuti.....  | 146        |
| 8.1.1 Il <i>kanban</i> di produzione per i preassemblaggi .....  | 146        |
| 8.1.2 Il sequenziatore di produzione .....   | 149        |
| 8.1.3 <i>Pull</i> sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio .....              | 150        |
| 8.1.4 L'efficienza della linea di produzione .....   | 152        |
| 8.2 Sviluppi futuri.....   | 154        |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>  | <b>157</b> |
| <b>SITOGRAFIA .....</b>  | <b>159</b> |



## LISTA DELLE TABELLE

|   |     |
|---|-----|
| Tabella 2.1 - Prerequisiti dei metodi <i>pull</i> .....   | 39  |
| Tabella 2.2 - Pro e contro delle politiche <i>kanban</i> .....  | 46  |
| Tabella 2.3 - Matrice ABC-RRS.....  | 48  |
| Tabella 4.1 - Analisi SWOT per la valutazione dell'ambiente interno ed esterno dell'organizzazione.....   | 75  |
| Tabella 4.2 - Confronto tra famiglie di prodotto LT7 e LT8.20.....  | 78  |
| Tabella 6.1 - Lista dei premontaggi gestiti mediante <i>kanban</i> per famiglia di prodotto LT7 .....     | 102 |
| Tabella 6.2 - Lista dei premontaggi gestiti mediante <i>kanban</i> per famiglia di prodotto LT8.20.....   | 103 |
| Tabella 6.3 - <i>Lead time</i> di fornitura dei premontaggi per le famiglie di prodotto LT7 e LT8.20..... | 104 |
| Tabella 6.4 - Calcolo del consumo massimo giornaliero sulla serie storica dei consumi .....               | 106 |
| Tabella 6.5 - Analisi del Cmax al variare del <i>lead time</i> .....                                      | 108 |
| Tabella 6.6 - Calcolo del Consumo massimo giornaliero con algoritmo della media mobile .....              | 108 |
| Tabella 6.7 - Contenitore e quantità.....   | 110 |
| Tabella 6.8 - Dimensionamento del sistema <i>kanban</i> .....   | 111 |
| Tabella 7.1 - Creazione dei legami <i>synchro</i> per i codici macchina .....                             | 131 |
| Tabella 7.2 - Importazione ordini di produzione .....   | 133 |
| Tabella 7.3 - Relazioni multiprocesso .....   | 140 |
| Tabella 8.1 - Indici di performance del <i>kanban</i> di produzione.....                                  | 147 |
| Tabella 8.2 - <i>Saving</i> apportato dall'introduzione del sequenziatore di produzione.....              | 150 |
| Tabella 8.3 - Analisi flussi dei materiali, spostamenti e ripetitività .....                              | 151 |
| Tabella 8.4 - Risparmio generato dalla standardizzazione della logistica .....                            | 151 |
| Tabella 8.5 - Superficie occupata dalle aree produttive.....  | 152 |
| Tabella 8.6 - Analisi tempi di attraversamento e indici di flusso .....                                   | 153 |

## LISTA DELLE FIGURE

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 - Storia dei sistemi produttivi (Sintesia S.r.l.) .....                 | 6  |
| Figura 1.2 - Frederick Taylor.....   | 8  |
| Figura 1.3 - Henry Ford.....   | 9  |
| Figura 1.4 - Piramide dei bisogni di Maslow (1954).....                            | 11 |
| Figura 1.5 - Alfred Sloan .....  | 12 |
| Figura 1.6 - Eiji Toyoda.....  | 14 |
| Figura 1.7 - Taiichi Ōhno.....   | 15 |
| Figura 1.8 - Il tempio della <i>Lean Production</i> (Sintesia S.r.l.) .....        | 20 |
| Figura 1.9 - Distinzione tra attività a valore e a non valore aggiunto .....       | 21 |
| Figura 1.10 - I sette <i>Muda</i> di Taiichi Ōhno (Panizzolo, 2022).....           | 23 |
| Figura 1.11 - <i>Muda, Muri, Mura</i> (Sintesia S.r.l.).....                       | 24 |
| Figura 2.1 - Logica di pianificazione <i>push</i> (Sintesia S.r.l.) .....          | 26 |
| Figura 2.2 - Logica di pianificazione <i>pull</i> (Sintesia S.r.l.) .....          | 28 |
| Figura 2.3 - L'operazione " <i>Pacemaker</i> " (Sintesia S.r.l.).....              | 30 |
| Figura 2.4 - Classificazione dei sistemi <i>pull</i> .....                         | 33 |
| Figura 2.5 - Impatto sulle scorte dei diversi metodi di gestione <i>pull</i> ..... | 33 |
| Figura 2.6 - Flusso <i>pull</i> tramite <i>supermarket</i> .....                   | 35 |
| Figura 2.7 - Ripristino dei materiali mediante logica <i>pull</i> sequenziale..... | 36 |
| Figura 2.8 - Sincronizzazione tra processi con logica FIFO sequenziale.....        | 38 |
| Figura 2.9 - Cartellino <i>kanban</i> .....  | 40 |
| Figura 2.10 - Funzionamento del <i>kanban</i> fisico .....                         | 41 |
| Figura 2.11 - Step implementativi del metodo <i>kanban</i> .....                   | 47 |
| Figura 2.12 - Classificazione di Pareto.....                                       | 48 |
| Figura 2.13 - Individuazione di $C_{max}$ dalla curva di consumo .....             | 51 |
| Figura 3.1 - Il processo <i>e-kanban</i> .....                                     | 58 |
| Figura 3.2 - La lavagna elettronica KanbanBOX.....                                 | 59 |
| Figura 3.3 - Gli stati dei cartellini <i>kanban</i> .....                          | 61 |
| Figura 3.4 - Lo stato di "accumulo" .....  | 61 |
| Figura 3.5 - Il cartellino <i>kanban</i> nella lavagna elettronica .....           | 61 |
| Figura 3.6 - Cartellino <i>kanban</i> "scaduto" .....                              | 62 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.7 - Cartellino <i>kanban</i> con modifica dati.....  | 62  |
| Figura 3.8 - Cartellino <i>kanban</i> bloccato .....  | 62  |
| Figura 3.9 - Cartellino <i>kanban</i> in rottura di stock .....   | 63  |
| Figura 3.10 - Cartellino <i>kanban</i> con urgenza .....  | 63  |
| Figura 3.11 - Cartellino <i>kanban Synchro</i> .....  | 64  |
| Figura 3.12 - Sequenziatore di produzione.....  | 64  |
| Figura 3.13 - Sistema <i>drag and drop</i> per modificare la vista del sequenziatore .....                    | 65  |
| Figura 3.14 - Logica <i>kanban</i> in un processo con più fasi di lavorazione .....                           | 66  |
| Figura 3.15 - <i>Kanban</i> in attesa .....   | 67  |
| Figura 3.16 - <i>Kanban</i> pronto .....  | 67  |
| Figura 4.1 - Logo di Unimec S.r.l.....  | 70  |
| Figura 4.2 - Timeline degli eventi salienti della storia di Unimec S.r.l. ....                                | 73  |
| Figura 4.3 - Andamento del fatturato aziendale dal 1992 ad oggi.....  | 74  |
| Figura 4.4 - Tecnologia <i>Lasertube</i> , famiglia di prodotto LT7 .....                                     | 77  |
| Figura 4.5 - Layout in pianta dello stabilimento produttivo di via Meucci 22.....                             | 80  |
| Figura 5.1 - <i>Current State Map</i> , famiglia di prodotto <i>Lasertube</i> scarico LT7.....                | 84  |
| Figura 5.2 - VSM <i>As-Is</i> : processo di assemblaggio.....   | 86  |
| Figura 5.3 - Linea di assemblaggio <i>Lasertube</i> LT7.....  | 87  |
| Figura 5.4 - VSM <i>As-Is</i> : processo di preparazione e verniciatura dei materiali.....                    | 89  |
| Figura 5.5 - Analisi dei "5 Perché" .....   | 92  |
| Figura 5.6 - <i>Future State Map</i> , famiglia di prodotto <i>Lasertube</i> scarico LT7.....                 | 93  |
| Figura 5.7 - Introduzione del sistema <i>kanban</i> nel reparto preassemblaggi .....                          | 94  |
| Figura 5.8 - Il sequenziamento degli ordini di produzione tramite KanbanBOX e il <i>pull</i> sequenziale..... | 95  |
| Figura 6.1 - Piano inclinato assemblato destro.....   | 105 |
| Figura 6.2 - Curva dei consumi articolo UN9310056887_D per l'anno 2022 .....                                  | 105 |
| Figura 6.3 - Consumo medio, massimo e Cmax .....  | 107 |
| Figura 6.4 - Esempio dimensionamento contenitore per codice UN9310056887_D...                                 | 109 |
| Figura 6.5 - Informazioni di base anagrafica componenti.....  | 112 |
| Figura 6.6 - Informazioni di base anagrafica partner fornitore .....  | 113 |
| Figura 6.7 - Informazioni di base anagrafica partner cliente.....   | 114 |
| Figura 6.8 - Informazioni generali legame <i>kanban</i> .....   | 116 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 6.9 - Informazioni di processo legame <i>kanban</i> .....   | 117 |
| Figura 6.10 - Dimensionamento <i>kanban</i> .....  | 118 |
| Figura 6.11 - Calcolatrice <i>kanban</i> e prestazioni attese .....  | 119 |
| Figura 6.12 - Cartellino <i>kanban</i> .....   | 120 |
| Figura 6.13 - Lavagna <i>kanban</i> premontaggi.....   | 120 |
| Figura 6.14 - Esempio legame <i>kanban</i> codice articolo UN9310056887_D.....   | 121 |
| Figura 7.1 - Impostazione delle risorse per configurazione sequenziatore .....   | 127 |
| Figura 7.2 - Impostazione dei legami per configurazione sequenziatore .....  | 127 |
| Figura 7.3 - Sequenziatore di produzione per la risorsa "Premontaggio LT7" .....   | 128 |
| Figura 7.4 - Sequenziatore di produzione per la linea "Montaggio LT7" .....  | 134 |
| Figura 7.5 - Cartellino <i>kanban</i> per i macchinari di taglio laser.....  | 135 |
| Figura 7.6 - Processo di verniciatura ed asservimento delle linee di assemblaggio <i>As-Is</i><br>.....                      | 137 |
| Figura 7.7 - Processo di verniciatura ed asservimento delle linee di assemblaggio <i>To-Be</i><br>.....                      | 139 |
| Figura 7.8 - Impostazioni aziendali di licenza per configurazione multiprocesso .....  | 141 |
| Figura 7.9 - Impostazione delle risorse per configurazione del <i>pull</i> sequenziale.....                                  | 142 |
| Figura 7.10 - Esempio di esplosione .....  | 142 |
| multiprocesso per il prodotto LT7 4500 .....   | 142 |
| Figura 7.11 - Multiprocesso nel sequenziatore di produzione per la linea "Montaggio LT7"<br>.....                            | 143 |
| Figura 8.1 - Riempimento del <i>supermarket</i> Premontaggio LT7.....  | 147 |
| Figura 8.2 - Confronto delle planimetrie della linea LT7 tra situazione iniziale (sinistra) e<br>stato attuale (destra)..... | 154 |

# INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi nasce dalla collaborazione tra Sintesia Srl, società di consulenza organizzativa, e Unimec Srl, azienda specializzata nell'ambito degli assemblaggi meccanici. La prima si occupa, in qualità di partner delle aziende in cui subentra, di supportare i propri clienti nella trasformazione dei processi produttivi ed informativi in ottica *Lean*. La seconda, da oltre trent'anni offre i propri servizi a tutte le organizzazioni che intendono esternalizzare la loro produzione. Il sodalizio lavorativo tra le due società nasce nel 2022, quando Sintesia entra in Unimec con un progetto di consulenza, condotto nello stabilimento produttivo di San Martino Buon Albergo, in provincia di Verona. In particolare, il focus è stato indirizzato alle due linee di produzione dedicate all'assemblaggio di macchinari per il taglio laser per il cliente Adige Spa.

La fase iniziale del progetto è consistita nell'individuazione delle problematiche presenti all'interno del processo di assemblaggio di Unimec Srl.. L'approccio adottato per fare ciò è quello del *Value Stream Mapping*, che ha permesso di mappare visivamente il flusso dei materiali e delle informazioni, a partire dalla fase di ricezione degli ordini di conto lavoro, fino all'approvvigionamento dei materiali necessari alla realizzazione del prodotto. La fase preliminare di redazione della mappatura *As-Is* ha consentito di portare alla luce gli sprechi presenti nel processo - ovvero tutto ciò che ostacola il raggiungimento del valore - e di identificare opportune soluzioni.

Diverse sono le criticità che si sono riscontrate mediante questa prima analisi. In primo luogo, nell'ambito informativo, si è evidenziata l'onerosità delle attività di programmazione e coordinamento delle diverse fasi di lavoro. Inoltre, si sono rilevate ulteriori criticità nello scambio di informazioni ridondanti tra gli attori coinvolti nel flusso produttivo, difficoltà di comunicazione della corretta pianificazione delle sequenze di picking al magazzino ed un'assenza di visibilità, da un lato sullo stato di preparazione dei materiali, e dall'altro sullo stato di avanzamento delle attività produttive in linea di montaggio. In secondo luogo, nell'ambito produttivo, il vero ostacolo al flusso del valore è causato dai continui fermi linea, generati dalla mancanza di componenti per l'assemblaggio dei prodotti finiti. Questo comporta ritardi ed aumenti dei costi della produzione, ed il conseguente rischio di insoddisfazione della domanda di mercato. Alla base del fermo produttivo si possono distinguere due criticità principali: l'assenza della

materia prima necessaria all'assemblaggio e la mancanza dei semilavorati, quali gli assiemi soggetti a premontaggio fuori linea. Infine, proprio per quanto concerne questi ultimi, la mancanza di controllo sulle giacenze e le logiche produttive previsionali, ne generano una sovrapproduzione.

Per risolvere tutte le problematiche identificate fino ad ora, si è deciso di individuare degli obiettivi chiari e precisi da raggiungere, che sono stati condivisi con il cliente. Primo tra tutti si è scelto di indirizzare gli sforzi di miglioramento verso l'efficientamento della produzione, creando un sistema di gestione dei materiali che vada a semplificare il coordinamento delle diverse fasi produttive. Il raggiungimento di questo traguardo, permette non solo di eliminare gli sprechi presenti nel processo, ma anche di limitare la quantità di materiale circolante tra le operazioni produttive, che rappresentava tra le altre un'annosa criticità.

Per il raggiungimento degli obiettivi si è scelto di applicare le metodologie e gli strumenti specifici della *Lean Organization*, agendo sia sul flusso fisico che sul flusso delle informazioni. Ma, come l'esperienza insegna, essere *Lean* non significa meramente applicare in maniera meccanica un insieme di tecniche, per quanto valide ed efficaci. L'approccio corretto è piuttosto quello di voler diventare un'azienda *Lean*, dove gli sforzi dell'intera organizzazione, a partire dal top management fino agli operatori, sono costantemente tesi al miglioramento continuo. Pertanto, si è seguito un percorso di trasformazione mediante il quale la società ha potuto approcciarsi a quella che, a tutti gli effetti, viene definita una filosofia. A guida di tale viaggio, si possono ritrovare i 5 pilastri della *Lean Production*, che vanno a costituire le fondamenta sul quale costruire la propria organizzazione. L'intervento di Sintesia in Unimec è stato svolto nell'ottica di trasferire delle conoscenze e delle competenze all'azienda, che le permettessero di porre le basi per la costruzione di un'organizzazione snella, efficiente ed in grado di reagire alle richieste di un mercato sempre più dinamico, imprevedibile e competitivo.

Proprio per questo motivo si è scelto di accompagnare l'azienda verso l'applicazione di metodi *pull* per la gestione dei materiali, che sono andati a sovvertire completamente le logiche produttive previsionali adottate fino a quel momento in Unimec Srl. Infatti, le tecniche implementate, mirano alla gestione del processo produttivo in risposta alla domanda effettiva del mercato e non più sulla base delle previsioni e sull'ottimizzazione

delle singole fasi del processo. Si minimizzano così gli sprechi e si migliora l'efficienza dell'intera azienda, andando ad avviare la produzione solo quando è specificamente richiesta dal cliente interno, ossia la linea di assemblaggio. In particolar modo sono state applicate due differenti modalità di ripristino del materiale: un *pull* dei componenti, realizzato mediante l'utilizzo del *kanban* di produzione, per gestire i processi di realizzazione dei semilavorati utilizzati sulla linea di assemblaggio principale ed un *pull* di capacità per garantire la sincronizzazione delle attività di asservimento e verniciatura, antecedenti l'assemblaggio finale, dei componenti per i quali non è attuabile una gestione a *kanban*.

Il primo capitolo ha lo scopo di introdurre il lettore ai principi della filosofia *Lean*, esaminando il contesto storico e culturale che ha favorito la sua nascita e diffusione. Si entrerà poi nel dettaglio delle metodologie proprie della *Lean Production*, seguendo il percorso dettato dai suoi cinque principi fondanti. Questo studio è necessario per comprendere come il modello sviluppato dall'azienda automobilistica Toyota, a partire dal secondo dopoguerra, ricopra ancora oggi un ruolo fondamentale nel rispondere alle sfide competitive imposte dal mercato.

Il secondo capitolo entra nel vivo del quarto principio della *Lean Production*: il *pull*. La produzione di tipo *pull*, termine inglese con il significato di “tirare”, si contrappone alle più tradizionali tecniche di pianificazione della produzione basate su logiche *push*, ossia “spingere”, dove la produzione è guidata dalle previsioni della domanda futura. Nel capitolo, vengono confrontati i due sistemi produttivi, evidenziando i passaggi necessari per passare da un sistema *push* allo stato ideale *Lean* del *one-piece-flow*; sono inoltre presentate le principali tecniche di gestione *pull* e un approfondimento sul metodo *kanban*.

Il terzo capitolo è dedicato alla presentazione di KanbanBOX, l'applicativo web specializzato nella gestione dei materiali con *kanban* elettronico, impiegato in Unimec Srl per dimensionare ed implementare il sistema *kanban* e le logiche di sincronizzazione dei processi produttivi in ottica *pull*. Verrà illustrato il funzionamento del software e le caratteristiche principali che lo rendono uno strumento tecnologicamente avanzato ma semplice da usare al tempo stesso.

All'interno del quarto capitolo è presentata nel dettaglio l'azienda oggetto del progetto di consulenza organizzativa: Unimec S.r.l.. Viene analizzato il core business, segue un approfondimento sulla sua storia, il fatturato, il mercato in cui opera e i principali clienti e prodotti, per concludere con la presentazione dei tre stabilimenti produttivi.

Nel quinto capitolo è descritta in maniera approfondita la situazione iniziale, meglio nota come *As-Is* in un processo di miglioramento. Tale analisi è stata condotta mediante l'approccio del *Value Stream Mapping*, che ha permesso di portare alla luce gli sprechi presenti nei processi, successivamente analizzati con la metodologia dei "5 perché". Terminata la prima fase di mappatura del processo vengono presentate le azioni di miglioramento proposte necessarie al raggiungimento dello stato obiettivo *To-Be*.

Il sesto capitolo illustra l'implementazione del *kanban* di produzione nel reparto preassemblaggi per la gestione del ripristino dei semilavorati. Vengono descritti tutti i passaggi effettuati per arrivare ad un corretto dimensionamento del sistema al fine di rendere disponibile in ogni momento agli operatori di linea tutti gli assiemi necessari al montaggio dei macchinari.

Il capitolo sette affronta infine la tematica cruciale del sequenziamento degli ordini di produzione. Il focus è posto sull'implementazione del sequenziatore di produzione nel reparto premontaggi e per la linea di produzione, effettuata mediante il supporto della piattaforma KanbanBOX. Successivamente, il capitolo si estende all'implementazione del *pull* sequenziale per la gestione ottimizzata di materiali ingombranti destinati a verniciatura ed assemblaggio. Si illustra l'attività di riprogettazione del processo e le considerazioni strategiche per coordinare efficacemente le fasi di asservimento e produzione di tali componenti.

Il capitolo finale presenta le criticità riscontrate nelle fasi operative e le attività future di progetto pianificate per venire incontro alle ulteriori esigenze emerse; infine, sono riportati i risultati numerici ottenuti al termine del progetto a dimostrazione del miglioramento apportato.



# ***1. Lean thinking***

Il capitolo ha lo scopo di accompagnare il lettore alla scoperta dei principi guida della filosofia *Lean*. Per far ciò verrà analizzato il retroscena storico e culturale che ne ha permesso la nascita e la successiva diffusione, ripercorrendo gli eventi storici che hanno portato il modello produttivo Toyota ad imporsi nel mondo.

Studiare quelli che sono stati i modelli produttivi più diffusi e le loro caratteristiche è essenziale per capire come si è giunti a parlare oggi di *Lean production* e di come il modello Toyota, sviluppatosi a partire dalla seconda metà del XX secolo, ricopra ancora oggi un ruolo fondamentale nel rispondere ai cambiamenti che il mercato attuale impone alle organizzazioni per essere competitive.

## 1.1 I sistemi produttivi: cenni storici

La *Lean production* non è un modello organizzativo comparso all'improvviso all'interno del panorama industriale, ma è il risultato dell'evoluzione di modelli organizzativi precedenti. Si può certamente affermare che il metodo Toyota si sia sviluppato in Giappone a partire dal secondo dopoguerra, ma si deve attendere fino alla fine degli anni 80 prima che in occidente si senta parlare di *Lean Production*.

Fu proprio lo studente John Krafcik a coniare il termine "produzione snella" nel 1988 nel suo articolo *Triumph of the Lean production system*; termine che venne successivamente ripreso dagli studiosi James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos nel libro *The Machine That Changed the World*, datato 1990.

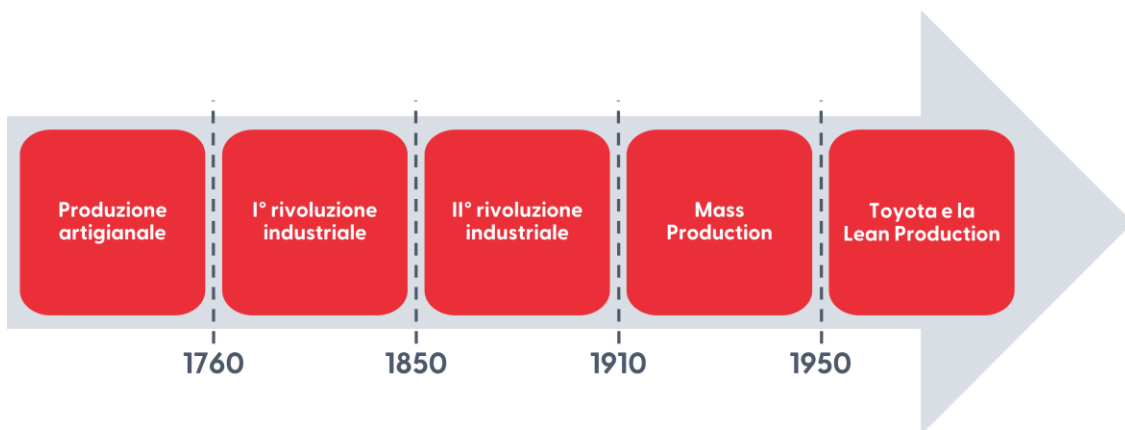


Figura 1.1 - Storia dei sistemi produttivi (Sintesia S.r.l.)

Tracciando una linea del tempo (Figura 1.1), tornando indietro fino a quando l'unica modalità di organizzazione produttiva era quella della produzione artigianale, si può vedere come, nel corso dei secoli, i sistemi di organizzazione aziendale abbiano subito una rapida e continua evoluzione.

Fino alla metà del 700, il modello produttivo prevalente era quello artigianale, sostituito a seguito della prima rivoluzione industriale, originatasi in Inghilterra, prevalentemente nel settore tessile e metallurgico.

Un secolo dopo fece la sua comparsa la seconda rivoluzione industriale, caratterizzata dall'avvento nel panorama industriale di nuove tecnologie, che portarono progressivamente all'aumento della concentrazione di capitale e delle dimensioni delle aziende, nonché della complessità delle organizzazioni.

Tra la fine dell'800 e l'inizio del 900 cominciò ad affermarsi il metodo di produzione di massa, altresì detto *mass production*, che vede come capisaldi lo sfruttamento delle

economie di scala mediante elevati volumi di produzione, l'estrema standardizzazione dell'offerta ed un'impostazione rigorosa del lavoro.

Tale modello organizzativo non è ad oggi scomparso; anzi, è ancora largamente presente all'interno delle organizzazioni e il modello *Lean*, di fatto, vi si affianca.

### **1.1.1 Dalla produzione artigianale alle prime rivoluzioni industriali**

La produzione artigianale, caratterizzata da un numero limitato di pezzi, rigorosamente fatti a mano o attraverso particolari macchinari, è stata fino a metà del 700 pressoché l'unica forma di sistema produttivo. Diversi sono gli attributi che rendono un prodotto artigianale, tra questi annoveriamo sicuramente l'unicità e la tiratura limitata, che rendono ogni pezzo singolare, ed i lunghi tempi di produzione.

Ma a rendere singolare e fragile tale modello produttivo è sicuramente la figura dell'artigiano: dotato di elevatissima competenza tecnica, acquisita con anni di esperienza, è in grado di eseguire il processo produttivo dall'inizio alla fine ed è competente su tutte le fasi del processo. Tendenzialmente le botteghe artigiane erano organizzazioni costituite da una o poche persone, dotate di mezzi finanziari limitati, dove il lavoratore era al tempo stesso imprenditore.

Tale modello, poco efficiente e caratterizzato da costi di produzione elevati e difficili da ridurre, non è adatto ad un mercato che chiede prodotti economici e in grande quantità. Si deve attendere la prima rivoluzione industriale per assistere alla nascita di un nuovo modello produttivo in grado di superare i limiti intrinseci della produzione artigianale.

L'introduzione delle macchine a vapore e dei combustibili fossili portano all'affermarsi della prima rivoluzione industriale che si sviluppa in Inghilterra intorno alla seconda metà del '700. Sono principalmente i settori tessile e metallurgico a essere interessati da questa profonda trasformazione del tessuto economico e sociale. Nasce la fabbrica così come la conosciamo oggi, dotata di macchinari specializzati azionati dal vapore come forza motrice. La classe operaia si separa dalla classe imprenditoriale: l'imprenditore, colui che possiede il capitale e le risorse economiche, non è più colui che mette la forza lavoro; è proprietario della fabbrica e dei mezzi di produzione e mira ad incrementare il profitto della propria attività. Adam Smith, considerato uno dei padri delle teorie economiche moderne, introduce i concetti di economie di specializzazione, secondo le quali l'aumento della produttività è da ricercarsi tramite la specializzazione degli operatori su attività sempre più focalizzate, fino al punto da non essere più tecnicamente divisibili. La forte

divisione del lavoro favorisce una sempre maggiore meccanicizzazione delle fasi dei processi produttivi, portando inevitabilmente ad un notevole efficientamento dei processi, alla riduzione dei tempi di lavorazione e ad una complessiva efficienza di costo.

La seconda rivoluzione industriale vede convenzionalmente il suo inizio a partire dal 1870 con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio. È l'avvento di tali nuove tecnologie a permettere un progressivo sviluppo del panorama industriale, favorendo l'aumento delle dimensioni e della complessità delle organizzazioni e la concentrazione di capitale.

### **1.1.2 Il Taylorismo: l'organizzazione scientifica del lavoro**

Tra le personalità cruciali nello sviluppo dei sistemi produttivi non si può non annoverare Frederick Taylor (1856-1915), in Figura 1.2, ingegnere e imprenditore statunitense, da tutti considerato l'ideatore dell'organizzazione scientifica del lavoro.

Egli sosteneva che l'organizzazione del lavoro era a tutti gli effetti una scienza e che, al pari delle altre, potesse essere regolata da leggi. L'obiettivo del suo lavoro fu proprio quello di individuare dei metodi strutturati per rendere ripetibile l'aumento di produttività necessario per le organizzazioni che stavano progressivamente assumendo dimensioni sempre maggiori, superare l'"amatorialità" del management dell'epoca e soprattutto individuare contromisure efficaci alla dequalificazione del personale.



Figura 1.2 - Frederick Taylor

Tra la fine dell'800 e gli inizi del '900 l'America fu caratterizzata da giganteschi flussi migratori di persone provenienti da paesi in cui l'industrializzazione era pressoché inesistente e che non conoscevano la lingua. Questo rappresentò un problema per le aziende americane, che si trovarono a combattere con l'inadeguatezza della forza lavoro.

Taylor raccolse i risultati raggiunti con anni di studi ed esperienza sul campo nel suo saggio *The Principles of Scientific Management* nel quale espose la teoria del "one best way".

Egli supponeva, attraverso un approccio estremamente rigoroso, che ciascuna attività umana e qualsiasi lavoro dovessero essere svolti in uno ed un solo modo: quello più efficiente, nonché quello che potesse portare ad avere il costo più basso.<sup>1</sup>

Il suo metodo di organizzazione scientifica del lavoro si basa sulla razionalizzazione del ciclo produttivo, attraverso la scomposizione dei processi di lavorazione nei singoli movimenti costitutivi, i quali vennero studiati e misurati al fine di assegnarvi tempi standard di esecuzione.

Sempre al lavoro dello studioso è possibile far risalire la nascita dell'organigramma aziendale, l'ideazione dei ruoli e la suddivisione dell'organizzazione in funzioni; così come l'istituzione di un sistema di incentivi e penalizzazioni salariali basato sui risultati. Il metodo elaborato da Taylor è oggi definito taylorismo e sancì un profondo cambiamento nel panorama industriale dell'epoca. Molti furono gli esponenti che studiarono i principi cardine della sua opera, ma fu grazie ad Henry Ford che i metodi tayloristici videro una prima applicazione su vasta scala.

### 1.1.3 Ford e la produzione di massa

Henry Ford (1863-1947), in Figura 1.3, imprenditore statunitense, fu uno dei primi a credere nelle teorie di Taylor, che trovano applicazione negli stabilimenti della casa automobilistica da lui fondata nel 1903: la Ford Motor Company. Egli si pose l'ambizioso obiettivo di rendere l'automobile un bene democratico, disponibile ad una grande massa di clienti e non più solamente ad un pubblico limitato con alto reddito. Per far ciò mirò ad un'estrema standardizzazione dell'offerta: di fatto l'unico modello prodotto era la "Model T" che venne realizzata per più di vent'anni con numeri di vendita oltre i 15 milioni di esemplari.

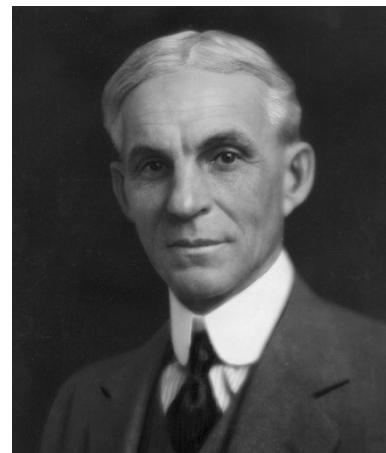


Figura 1.3 - Henry Ford

*"You can have it in any color you want, as long as it is black."*<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> TAYLOR, Frederick. *The Principles of Scientific Management*. New York, Harper and Brothers Publishers, 1911.

<sup>2</sup> FORD, Henry. *My Life and Work - an Autobiography of Henry Ford*. Auckland, Floating Press, 1922. "Diamo al mercato qualsiasi auto il mercato voglia, purchè sia modello T, colore nero.", [trad. It.].

Lo stabilimento di River Rouge, costruito ex novo in Michigan tra il 1917 e il 1928, considerato ad oggi la più grande fabbrica integrata al mondo, rivoluzionò completamente l'industria automobilistica dando vita ad un nuovo modello organizzativo e produttivo: la *mass production*.

Tra le novità introdotte vi fu la creazione della prima catena di montaggio, dove l'assemblaggio non avveniva più a postazione fissa ma erano i pezzi ad andare verso gli operatori, i quali rimanevano fermi nelle proprie postazioni di lavoro.

La produzione in linea, l'estrema standardizzazione dei processi produttivi e delle componenti portarono ad una fortissima riduzione dei costi e dei tempi di produzione, con conseguente diminuzione del prezzo di vendita del prodotto.

La produzione a catena registrò prestazioni mai viste prima nel settore, portando il tempo di assemblaggio di un'automobile dalle 12 ore del 1903 a 93 minuti nel 1913, con una cadenza produttiva costante al di sotto del minuto.<sup>3</sup>

Queste caratteristiche permisero di far aumentare esponenzialmente le vendite e rendere l'automobile un bene per tutti, consentendo all'azienda di stabilirsi come leader indiscussa di mercato per moltissimo tempo. Tra i tratti distintivi della produzione fordista, ad oggi maggiormente nota come produzione di massa troviamo:

- La scomposizione del processo produttivo in singole operazioni elementari, al fine di perseguire la specializzazione del lavoro e l'autonomia dei lavoratori in poco tempo;
- Lo sfruttamento delle economie di scala grazie agli elevati volumi produttivi che hanno portato ad una conseguente diminuzione del costo fisso unitario e dei costi unitari complessivi e diminuzione del prezzo;
- Una forte standardizzazione dei prodotti e dei componenti, mediante un'offerta di mercato basata su prodotti standard ed una bassa varietà;
- Elevati investimenti in macchinari specializzati;
- Elevate scorte di sicurezza a copertura di guasti imprevisti o ritardi nella fornitura;
- Forbice marcata tra management, coloro "che pensano", e classe operaia, "chi esegue".

---

<sup>3</sup> WOMACK, James P., JONES, Daniel T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London, Simon & Schuster, 1996, p.26.

#### 1.1.4 I bisogni cambiano

In breve tempo, tra la fine dell'800 e l'inizio del XX secolo, la *mass production* si affermò come modello produttivo predominante e ancora oggi continua a plasmare centinaia di migliaia di aziende in tutto il mondo.

Ma il successo della produzione di massa non fu eterno e, a partire dagli anni '70, entrò in crisi. Due furono i principali fattori che minarono il sistema organizzativo: lo sviluppo di un mercato sempre più esigente che richiede varietà e l'esplosione della conflittualità industriale.

Per anni, infatti, la Ford Motor Company beneficiò di un mercato pressoché illimitato, caratterizzato da una domanda altamente prevedibile e controllabile da parte dell'offerta. A partire dagli anni '60 negli Stati Uniti, il mercato dell'automobile cominciò a differenziarsi, frammentandosi in segmenti distinti, ciascuno dei quali caratterizzato da una specifica fascia di consumatori con esigenze e bisogni differenti.

Il celebre "Model T" della Ford, simbolo della produzione di massa, presente sul mercato in un'unica variante nera, non fu più sufficiente a soddisfare i bisogni sempre più variegati dei clienti.

Uno dei primi a percepire tale cambiamento in atto fu il professore di marketing e psicologo Abraham Maslow, principalmente noto per la sua teoria sulla gerarchizzazione dei bisogni, esposta nell'opera "*Motivation and Personality*" del 1954.

Egli teorizzò che il comportamento del consumatore è spinto dal soddisfacimento dei bisogni, generato dall'uso o dal possesso di un determinato

bene o servizio<sup>4</sup>. Lo studioso è infatti noto per aver ideato una gerarchia dei bisogni umani, la cosiddetta piramide di Maslow, raffigurata in Figura 1.4. Il modello motivazionale sviluppato dallo psicologo afferma che i bisogni non sono tra loro



Figura 1.4 - Piramide dei bisogni di Maslow (1954)

<sup>4</sup> MASLOW, Abraham. *Motivation and Personality*. New York, Harper & Row, 1954.

equivalenti, ma è possibile definirne una gerarchia, in base alla quale la soddisfazione dei bisogni più elementari è condizione necessaria per fare emergere quelli di ordine superiore.

Ad accogliere la nascente esigenza di varietà da parte del mercato fu Alfred Sloan (1875-1966), Figura 1.5, per lunghi anni presidente e CEO di General Motors.

L'approccio adottato da Sloan fu totalmente diverso da quello proposto da Ford, egli infatti strutturò la General Motors come una holding che conteneva differenti marchi automobilistici, tra cui Buick, Cadillac, Chevrolet, Oldsmobile, Pontiac, che differenziavano la propria offerta per settore di mercato sia a livello di prezzo sia di caratteristiche tecniche ed estetiche.

Sloan fu così in grado di portare sul mercato un gran numero di modelli, riuscendo a soddisfare al meglio la richiesta dei clienti.

A Sloan è attribuito il merito di aver introdotto cambiamenti annuali nello stile delle



Figura 1.5 - Alfred Sloan

autovetture, riassunto nel concetto di obsolescenza pianificata, e l'acquisto delle automobili a rate; entrambe manovre finalizzate ad incentivare continuamente i consumi. Queste idee spinsero la General Motors a diventare leader nell'industria automobilistica dagli inizi del 1930, posizione che conservò per oltre 70 anni. Sotto la direzione di Sloan, la GM divenne la più grande e proficua impresa industriale di successo che il mondo abbia mai conosciuto.

### 1.1.5 Arrivano i giapponesi

A partire dalla metà degli anni 70 iniziano ad apparire sui mercati occidentali i prodotti di grandi aziende giapponesi, quali Yamaha, Suzuki e Honda nel settore dei motocicli, Canon ed Epson nell'industria informatica e Seiko, Citizen e Casio nell'industria degli orologi. In breve tempo queste aziende riuscirono ad acquisire grandi quote di mercato e in alcuni casi interi settori industriali caddero nelle loro mani.



A rendere vincente l'offerta dei competitor giapponesi fu un mix di:<sup>5</sup>

- Costi bassi,
- Qualità alta,
- Varietà alta.

Il mercato automobilistico non è esente da questa espansione ed in breve tempo i prodotti di case automobilistiche quali Toyota e Nissan iniziano a sottrarre ampie quote a quelle occidentali.

## **1.2 L'evoluzione di Toyota: la *Lean Production***

### **1.2.1 Da Sakichi a Kiichiro Toyoda**

La storia dell'azienda automobilistica Toyota ha un'origine diversa da quanto ci si possa aspettare. La sua nascita risale infatti al 1890 quando Toyoda Sakichi fondò la Toyoda Automatic Loom, azienda specializzata nella produzione di telai.

Solo diversi anni dopo, nel 1933, il figlio Kiichirō Toyoda aprì una nuova divisione destinata alla produzione di automobili e, nel 1937, la Toyota Motor Company fu istituita come società indipendente.

La vena innovatrice è da ricercarsi già dall'operato del padre, il quale introdusse due delle tecniche chiave del metodo Toyota. Egli apportò notevoli innovazioni nei telai, in particolare implementò un sistema che permise il cambio della spoletta in corsa senza bisogno di fermare la macchina e definì un metodo per fermare automaticamente la macchina quando il filato accidentalmente si spezzava.

La prima innovazione introdotta fa riferimento alla tecnica *Single Minute Exchange of Dies*, SMED, per la riduzione dei tempi di set up e cambio produzione.

La seconda fa riferimento allo *jidoka*, o “autonomazione”. L’“autonomazione”,<sup>6</sup> combinazione dei termini “automazione” e “autonomia” è un particolare uso delle macchine e del rapporto “uomo-macchina” diretto a permettere all'apparato produttivo di retroagire con l'ambiente, intervenendo immediatamente nel caso si producano difetti del prodotto, e autocorreggendo l'errore in tempo reale, nell'esatto momento e nell'esatto segmento del ciclo lavorativo in cui il difetto si è generato.

---

<sup>5</sup> PANIZZOLO, Roberto. *Dispense del corso di Gestione Snella dei Processi*. Padova, Università degli Studi di Padova, 2022.

<sup>6</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978.

Kiichirō Toyoda, ispirato dalle fabbriche automobilistiche visitate durante i suoi viaggi in America, intuì che il mercato dell'automobile potesse rivelarsi un mercato estremamente interessante e avviò così lo sviluppo del primo motore per autovetture, il *Type A*. La Toyota iniziò così a produrre automobili e autocarri, anche per conto dell'esercito giapponese, andando incontro ad una fase di espansione e crescita.

### 1.2.2 Il contesto giapponese del dopoguerra: da crisi a possibilità

Gli anni che seguirono la Seconda Guerra mondiale segnarono una profonda crisi nel panorama sociale ed industriale del Giappone.

Il paese uscì profondamente sconfitto ed indebolito dal conflitto bellico e le sue devastazioni si affacciarono sulla nazione giapponese, lasciando milioni di morti e un'economia statale da rifondare. Diversi furono i problemi che la Toyota si trovò ad affrontare, tra cui: un mercato interno con limitate capacità di assorbimento ma estremamente esigente in termini di varietà<sup>7</sup>; scarsità di risorse produttive in quanto a forza lavoro e spazi produttivi; mezzi finanziari limitati ed una fortissima pressione proveniente dai colossi automobilistici americani ed europei.

Per anni l'economia giapponese crollò raggiungendo un livello di "crescita zero" e l'intero panorama industriale ne risentì pesantemente. Nel 1949 Toyota fu vicina alla bancarotta e licenziò un terzo dei lavoratori. È proprio in questi anni che la guida della



Figura 1.6 - Eiji Toyoda

casa automobilistica passa nelle mani di Eiji Toyoda (Figura 1.6), cugino di Kiichirō.

Sotto la guida di Eiji la Toyota divenne una potenza planetaria e a lui, ed all'allora vicepresidente Taiichi Ōhno (Figura 1.7), è attribuito il merito di aver fondato i capisaldi del metodo produttivo Toyota. Per sua volontà nacque la Toyota Corolla, che oggi annovera il primato di macchina più venduta al mondo e sempre all'imprenditore va riconosciuto il merito di aver fondato la divisione Lexus, mediante la quale poté inserirsi nel mercato del lusso.

---

<sup>7</sup> WOMACK, James P., JONES, Daniel T., ROOS, Daniel. *The Machine That Changed the World*. London, Simon & Schuster, 1996.

### 1.2.3 Lo sviluppo del *Toyota Production System*

Pilastro della storia della casa automobilistica è il giovane ingegnere meccanico Taiichi Ōhno (1912-1990), il quale trascorse tutta la vita in Toyota, scalando la piramide gerarchica e diventando alla fine vicepresidente dell'intero gruppo.

I due manager, Eiji e Ōhno, studiarono a lungo la storia ed il metodo fordista, volarono in America per far visita ai grandi *plant* produttori di automobili, tra cui Ford e General Motors, per cercare di trarre ispirazione dal modello organizzativo, verificando presto l'inadeguatezza del modello di produzione di massa per Toyota.

È proprio quest'ultimo ad affermare che con la fine del periodo d'espansione economica, in una fase di crescita lenta, il tradizionale modello di produzione di massa americano - che si reggeva su volumi unitari elevatissimi ed un mercato che appariva pressoché "illimitato" - non sembrava più adeguato e proficuo per il sistema industriale giapponese.<sup>8</sup>

Si resero presto conto della necessità di sviluppare un nuovo modello organizzativo che permettesse di ridurre i costi di produzione senza aumentare i volumi unitari, fronteggiando così la richiesta di diversificazione, recuperando produttività senza fare ricorso a grandi investimenti in spazi e risorse.



Figura 1.7 - Taiichi Ōhno

Fu così che Taiichi Ōhno, ad oggi da tutti considerato il padre fondatore del modello *Toyota Production System* (TPS), pose le basi negli anni '50 e '60 per lo sviluppo di questo sistema produttivo, il cui principio cardine è da ritrovarsi nell'eliminazione totale degli sprechi dal sistema.

Ricadono all'interno della definizione di "spreco" tutte quelle attività a non valore aggiunto, ovvero le attività che impegnano risorse umane e capitali ma che non si tramutano in valore per il cliente.

Possiamo riassumere i tratti chiave del pensiero snello nei seguenti cardini:

- Flusso continuo: sincronizzare la produzione al fine di ridurre le attese ed i tempi di attraversamento;

---

<sup>8</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978.

- Produzione *pull*: eliminare la sovrapproduzione producendo solo ciò che è richiesto dal cliente;
- Miglioramento continuo: definire un processo di miglioramento a piccoli passi con il coinvolgimento di tutti.

La cura di Eiji Toyota e le innovazioni di Taiichi Ōhno permisero a Toyota di passare, nel giro di 50 anni, da essere un'azienda pressoché sconosciuta a diventare leader di mercato nel 2008, posizionandosi al vertice delle classifiche mondiali in termini di numero di unità vendute.

#### **1.2.4 I fattori “*country specific*”**

Il successo registrato dalla casa automobilistica suscitò incredulità e forte resistenza da parte del mondo occidentale, che considerava l'arrivo sui mercati dei prodotti giapponesi un fenomeno puramente transitorio e di breve durata.

In pochi si accorsero della vera e propria rivoluzione che stava avvenendo sotto i loro occhi. I più giustificarono invece la progressiva affermazione delle aziende giapponesi mediante quelli che vengono definiti fattori “*country specific*”.

Ogni nazione racchiude al suo interno un proprio ambiente distintivo segnato da specifici connotati geografici, economici, culturali, demografici e politici in grado di fornire condizioni di competitività, definiti appunto fattori specifici di comunità.

Tra questi troviamo:<sup>9</sup>

- Un utilizzo spinto delle tecnologie di automazione nelle fabbriche;
- La fortuna di offrire al mercato macchine di piccole dimensioni che consumano poco in un periodo di recessione economica causata dallo shock petrolifero del 1974;
- Un vantaggio di costo dovuto al basso costo della manodopera e al cambio favorevole e a bassi costi del capitale;
- Finanziamenti su larga scala da parte dello Stato;
- Fattori socioculturali, propri della cultura giapponese, ed in quanto tali non esportabili.

---

<sup>9</sup> PANIZZOLO, Roberto. *Dispense del corso di Gestione Snella dei Processi*. Padova, Università degli Studi di Padova, 2022.

Solo alcuni di essi trovano un effettivo fondamento, ma la maggior parte sono frutto del pensiero americano che porta a sottovalutare fortemente l'entità del cambiamento in atto.

### 1.2.5 Gli studi americani

Il modello di produzione Toyota suscitò l'interesse di numerosi studiosi e, verso la fine degli anni '70 e gli inizi degli anni '80, in ambito accademico si iniziò a parlare di “*new industrial competition*”.<sup>10</sup>

Fu proprio in questi anni che l'azienda automobilistica decise di aprire le porte dei propri stabilimenti al pubblico; numerosi furono i manager, accademici, consulenti e politici che si accinsero a vedere con i propri occhi le innovazioni presenti. Molti rimasero increduli di quello che si presentò loro, affermando che<sup>11</sup> i *plant* visitati non fossero fabbriche vere ma delle messinscene, in quanto completamente prive di scorte.

I più accorti fecero tesoro di quanto visto e descrissero il metodo di produzione totalmente innovativo in numerosi articoli accademici e pubblicazioni.

Nessuna di queste ricevette l'attenzione che meritava, ma, a posteriori, si possono sicuramente citare le opere del professore e consulente americano Richard J. Schonberger<sup>12</sup> e del professor Robert W. Hall<sup>13</sup>.

Lo studio che sancì irrevocabilmente la superiorità del modello produttivo Toyota sul modello fordista fu affidato dal Ministero dell'Industria americano a tre ricercatori del MIT (Massachusetts Institute of Technology) nel 1979: l'International Motor Vehicle Program.

Il giovane ricercatore John Krafcik lavorò al progetto dal 1986 al 1990. Durante questo tempo, Krafcik visitò e studiò 90 aziende manifatturiere in 20 diversi paesi, comparandone le performance di qualità e produttività.

Il confronto tra stabilimenti automobilistici rigorosamente occidentali, con manodopera e management americano e *plant* “ibridi”, caratterizzati da manodopera e fornitori locali ma management giapponese, fu rivelatore.

---

<sup>10</sup> ABERNATHY W. J., CLARK, K. B., KANTROW, A. M. *The new industrial competition*. Harvard Business Review, 1981.

<sup>11</sup> SENGE, Peter. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. New York, Penguin Random House Business, 2006.

<sup>12</sup> SCHONBERGER, Richard. *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. New York, Free Press, 1982.

<sup>13</sup> HALL, Robert. *Zero Inventories*. Hinsdale, Irwin Professional Publishing, 1983.

Ma fu in particolare lo stabilimento NUMMI (New United Motors Manufacturing), ex stabilimento produttivo di General Motors acquisito da Toyota, a sancire un confronto definitivo. La fabbrica di Fremont in California, rilevata dal management giapponese mantenendo i lavoratori del posto, raggiunse infatti prestazioni paragonabili agli stabilimenti Toyota giapponesi.

Lo studio dimostrò come quei fattori considerati specifici della cultura giapponese fossero in realtà esportabili e universalmente applicabili. I risultati della ricerca durata cinque anni vennero raccolti nel libro *The Machine That Changed the World* del 1990, di Womack, Jones e Roos, divenuto oggi il libro di riferimento della filosofia *Lean*.

### **1.3 I principi guida del *Lean Thinking***

*«In short, Lean thinking is Lean because it provides a way to do more and more with less and less human effort, less equipment, less time, and less space—while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want».*<sup>14</sup>

#### **1.3.1 I cinque pilastri**

Il modello più celebre per rappresentare la filosofia *Lean* è quello del tempio della *Lean production*. Molteplici sono le schematizzazioni note in letteratura, a partire dal modello originario proposto per la prima volta nel libro “*Lean Thinking*” di Womack e Jones, alla rappresentazione nota come casa del TPS (*Toyota Production System*) secondo Toyota, fino al modello dei 5 pilastri, proposto in Figura 1.8, rivisitato da Sintesia.

Alle fondamenta del tempio troviamo la storia della produzione industriale e i principi del TPS. Le 5 colonne rappresentano i pilastri portanti del tempio, sui quali si poggia la *Lean production*, che segnano il corretto percorso da seguire per intraprendere un processo di trasformazione in ottica snella.

Analizziamo più nel dettaglio i 5 pilastri:

1. Definire il valore. In primis è necessario identificare con precisione e condividere cosa rappresenti il *valore* per il cliente finale. Il valore è un insieme di caratteristiche del prodotto/servizio per cui il cliente è disposto a pagare.

---

<sup>14</sup> WOMACK, James P., JONES, Daniel T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London, Simon & Schuster, 1996. “In breve, il pensiero snello è snello perché indica come fare sempre di più con sempre meno, meno lavoro umano, meno attrezzature, meno tempo e meno spazio – avvicinandosi con sempre maggior precisione al fornire ai clienti esattamente quello che vogliono”, [trad. It.].

Partendo da questo fondamentale principio, occorre imparare a distinguere in ogni attività legata ad un prodotto la creazione o meno di valore ulteriore per il cliente, semplicemente domandandosi non tanto se tale attività sia necessaria o meno, quanto se il cliente sia disposto a pagarla. Tutte le attività che non ricadono all'interno di questa classificazione sono candidate all'eliminazione;<sup>15</sup>

2. Identificare il flusso di valore. Partendo dal valore, si sviluppa una fine mappatura del flusso di valore, ossia di tutte e sole quelle fasi del processo di evasione dell'ordine che progressivamente “aggregano” valore per il cliente.

La tecnica migliore per tracciare il flusso di valore è detta *Value Stream Map*, consiste nella corretta sequenzializzazione delle fasi ed aiuta a identificare, rimuovere e ridurre gli sprechi;<sup>6</sup>

3. Far scorrere il flusso. In questa fase, mediante l'ausilio di un insieme variegato di tecniche, si procede all'eliminazione di tutte le attività che non generano valore al fine di canalizzare e compattare tra loro le sole fasi a valore in un flusso ininterrotto e regolare. L'obiettivo che si vuole ottenere è quello di bilanciare il sistema produttivo, distribuendo uniformemente il carico di lavoro tra le risorse disponibili, al fine di sincronizzare tutte le attività aziendali in relazione alle vendite del cliente;
4. Implementare un sistema *pull*. Consiste nell'attivare il flusso di valore solo quando lo vuole il cliente, in logica *pull*, ossia “tirata dal cliente”. Ciò significa produrre solo ciò che serve, solo quando serve, con un battente produttivo dettato dalla domanda di mercato;
5. Ricercare la perfezione. Il principio del miglioramento continuo, in giapponese *kaizen*, mira al raggiungimento della perfezione mediante il miglioramento delle performance fondato su una serie infinita di piccoli progressi incrementali. Questo modello a piccoli passi, opposto del miglioramento radicale *kaikaku*, ricerca cambiamenti di piccola entità, i quali necessitano di una pianificazione breve, bassi investimenti ed un forte coinvolgimento di tutto il personale dell'organizzazione. L'espressione “serie infinita” fa riferimento al fatto che la

---

<sup>15</sup> GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006, p. 3 e 4.

perfezione non possa mai essere concretamente raggiunta, lasciando dunque infinito spazio alle opportunità di miglioramento.



Figura 1.8 - Il tempio della Lean production (Sintesia S.r.l.)

### 1.3.2 I sette sprechi di Taiichi Ōhno

Il primo passo verso l'applicazione del sistema di produzione Toyota consiste nell'identificare chiaramente quali sono i fattori di perdita che ostacolano il raggiungimento dell'efficienza operativa: gli sprechi.

La prima distinzione che è possibile tracciare tra le attività che caratterizzano il flusso produttivo di un'azienda è quella tra attività a valore aggiunto (VA) e attività a non valore aggiunto (NVA), Figura 1.9.<sup>16</sup> Quest'ultime possono essere suddivise in:

- Sprechi di Tipo 1, ossia attività che non conferiscono valore aggiunto ma che, alle condizioni attuali, sono necessarie e non eliminabili. L'obiettivo in questo caso è di ridurre l'impatto;
- Sprechi di Tipo 2, ovvero tutte quelle attività che non conferiscono valore aggiunto e che possono e devono pertanto essere immediatamente eliminate.

In ambito *Lean* non si usa molto la parola "spreco", ma si tende invece ad usare maggiormente il termine giapponese *Muda*, volto a identificare qualsiasi attività inutile, che non genera valore.

<sup>16</sup> GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006, p.29.





Figura 1.9 - Distinzione tra attività a valore e a non valore aggiunto

Taiichi Ōhno classificò i *Muda* in 7 tipologie<sup>17</sup>, rappresentate in Figura 1.10:

- Sovrapproduzione. Con il termine sovrapproduzione non si intende solamente produrre più di quanto richiesto dal mercato ma anche anticipare la produzione prima che sia necessaria. Ciò può portare all'accumulo di scorte e prodotti finiti in eccesso, aumentando i costi di gestione, occupando spazio prezioso e rischiando l'obsolescenza. La sovrapproduzione è perciò anche considerata l'origine di tutti gli sprechi;
- Attese. Questo spreco si riferisce al tempo perso in attesa che le persone, le macchine o i materiali siano pronti per essere utilizzati. Può essere causato da una cattiva pianificazione della produzione, un mancato bilanciamento tra le fasi di lavorazione, guasti delle macchine o ritardi nella consegna di materiali. I tempi di inattività e le continue interruzioni rallentano il flusso di lavoro e possono causare inefficienze significative;
- Trasporti. Questo tipo di spreco si verifica quando i materiali, i prodotti o le informazioni vengono spostati più del necessario. Ciò può includere spostamenti fisici e trasporti tra diverse aree di lavoro o reparti. Ogni movimento aggiuntivo comporta un costo e aumenta il rischio di danneggiamento o perdita di prodotti, nonché un rischio per la sicurezza degli operatori;
- Processi non corretti. Si verifica quando vengono eseguite attività che non aggiungono valore al prodotto o al servizio finale. In altre parole, sono attività

<sup>17</sup> WOMACK, James P., JONES, Daniel T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London, Simon & Schuster, 1996.

superflue o che potrebbero essere semplificate. Eliminare o semplificare questi processi inutili e sovrapplicati aiuta a ottimizzare il flusso di lavoro, riduce gli sprechi di tempo e risorse, abbassando i costi diretti di lavorazione ed i costi indiretti di gestione;

- **Scorte.** Mantenere livelli di inventario più alti di quanto richiesto comporta costi aggiuntivi legati alla gestione, alla conservazione e alla sicurezza delle scorte. Inoltre, le scorte eccessive possono mascherare problemi nella produzione o nel processo logistico, ritardando la scoperta di potenziali inefficienze;
- **Movimenti.** Si parla in questo caso di movimenti effettuati dalle persone. Si verificano movimentazioni inutili quando i dipendenti compiono movimenti fisici o azioni che non contribuiscono al processo produttivo o che potrebbero essere eseguiti in modo più efficiente. Ad esempio, cercare strumenti o materiali, spostarsi in modo inefficiente sul luogo di lavoro o compiere movimenti ripetitivi che possono causare fatica e inutili sforzi, che potrebbero pertanto essere semplificati;
- **Difetti.** Una grande fonte di spreco è sicuramente la produzione di articoli difettosi o servizi di scarsa qualità. I difetti richiedono correzioni o scarti, aumentando i costi di produzione, il tempo di attraversamento e riducendo la soddisfazione del cliente. Investire nella prevenzione dei difetti e nel miglioramento della qualità è un elemento fondamentale della filosofia *Lean*.

Eliminare o ridurre questi sette sprechi è il cuore del modello *Lean*, che mira ad ottimizzare il flusso di lavoro, migliorare la qualità del prodotto o del servizio e massimizzare l'efficienza complessiva dell'organizzazione.

Ad oggi è ormai riconosciuta anche un'ottava tipologia di *muda*: lo "Spreco di abilità o talento" o "Sottoutilizzo delle persone". Sebbene i primi sette sprechi siano i più comunemente riconosciuti e insegnati, Jeffrey K. Liker nel suo libro *Toyota Way*<sup>18</sup> incluse questo ottavo spreco per sottolineare l'importanza del coinvolgimento e dello sviluppo del personale. Lo "Spreco di abilità o talento" si verifica quando le competenze, le idee e

---

<sup>18</sup> LIKER, Jeffrey. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, McGraw-Hill, 2004.

il potenziale dei dipendenti non vengono adeguatamente utilizzati o valorizzati. Questo spreco può essere causato da vari fattori, tra cui:

- Mancanza di coinvolgimento diretto dei dipendenti nelle decisioni e nei miglioramenti dei processi;
- Mancanza di opportunità di sviluppo e formazione per il personale;
- Non sfruttare le idee innovative e le soluzioni proposte dai dipendenti;
- Non assegnare le persone ai ruoli in cui possano essere valorizzate al meglio le loro competenze e capacità.

Nella filosofia *Lean* i dipendenti sono considerati una risorsa preziosa e hanno una visione unica dei processi e delle attività, il che li rende essenziali per identificare gli sprechi, proporre miglioramenti e contribuire al successo dell'organizzazione.



Figura 1.10 - I sette Muda di Taiichi Ohno (Panizzolo, 2022)

### 1.3.3 Muda, Muri, Mura

Nella terminologia *Lean* il *Muda* non è l'unica forma di manifestazione dello spreco, ma ne vengono definite due ulteriori, rappresentate in Figura 1.11:

- *Muri*. Il termine indica il sovraccarico delle risorse o delle persone, che non permette di eseguire il lavoro e le attività richieste mantenendo uno standard qualitativo elevato. Il sovraccarico delle risorse può avere effetti negativi sul funzionamento del processo nel lungo termine: in particolare nel caso delle

persone può generare problemi di sicurezza e riduzione della qualità, nel caso di macchinari può causare guasti e difetti;

- **Mura.** Il termine indica l'irregolarità nel carico di lavoro e fluttuazioni eccessive dell'uso delle risorse che alternano carichi molto elevati e momenti di scarico. La variazione del carico di lavoro può essere dovuta ad una disparità nella pianificazione della produzione oppure da problemi interni come difetti, pezzi mancanti o periodi di inattività. L'irregolarità genera sia *muda* che *muri*. *Mura* significa che a volte può esserci più lavoro di quanto persone e macchinari possano svolgerne, e altre volte che non ve ne sia abbastanza.<sup>19</sup>

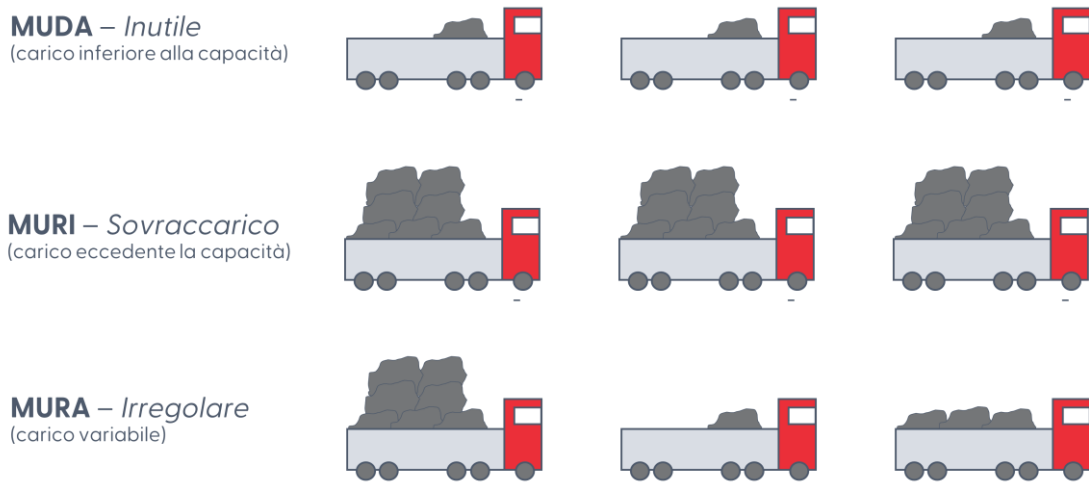


Figura 1.11 - Muda, Muri, Mura (Sintesia S.r.l.)

<sup>19</sup> LIKER, Jeffrey, ATTOLICO, Luciano. *Toyota Way per La Lean Leadership*. Milano, Hoepli Editore, 2015.

## 2. Il 4° pilastro

Il capitolo offre una trattazione dettagliata del 4° principio della *Lean Production*: il *pull*. Il quarto principio richiede alle aziende di far sì che il flusso di valore sia tirato dal cliente: si parla a tal proposito di sistema *pull*, termine inglese con il significato di “tirare”. La produzione di tipo *pull* si contrappone alle più tradizionali tecniche di pianificazione della produzione basate su logiche *push*, parola che in inglese significa “spingere”, dove la produzione è guidata dalle previsioni della domanda futura. All’interno del capitolo verranno posti a confronto i due sistemi produttivi e saranno esaminati in dettaglio i passaggi da seguire per passare da un sistema di produzione *push* allo stato ideale *Lean* del *one-piece-flow*. Mediante la classificazione dei sistemi *pull*, l’analisi delle principali tecniche di gestione *pull*, e un approfondimento sul metodo *kanban* il lettore verrà guidato alla scoperta del 4° pilastro della *Lean production*. Implementare un sistema di produzione *pull* è dunque uno step necessario nel processo di trasformazione *Lean* di un’organizzazione e rappresenta il fulcro di questo elaborato.

## 2.1 Produzione *push* e *pull*

Esistono fondamentalmente due modi con cui i materiali fluiscono all'interno di un sistema produttivo, che possiamo definire *push* e *pull*. Si tratta di due approcci contrastanti utilizzati nelle operazioni di produzione e gestione delle scorte in un'azienda manifatturiera o in un sistema di fornitura di beni e servizi. Questi due sistemi sono progettati per soddisfare le esigenze di produzione e domanda in modi diversi e possono essere applicati in differenti settori a seconda dei bisogni dell'azienda. Analizziamo nel dettaglio le caratteristiche principali di entrambi i sistemi.

### 2.1.1 Flusso *push* - MRP

Il sistema di produzione *push* si basa sulla previsione della domanda futura e sulla produzione di beni o servizi in anticipo, “spingendo” gli articoli finiti attraverso la catena di approvvigionamento. In questo sistema, la produzione viene pianificata in base alle stime di domanda e ai livelli di inventario desiderati. Pertanto, la produzione è avviata e mantenuta a un ritmo costante, indipendentemente dalla domanda effettiva.

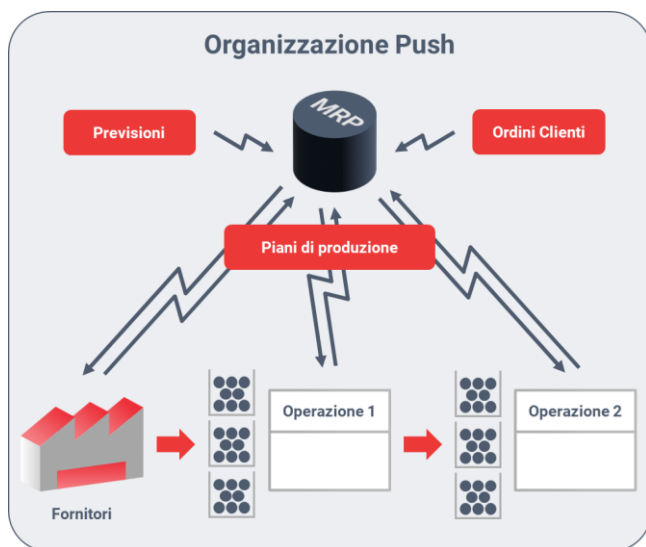


Figura 2.1 - Logica di pianificazione *push* (Sintesia S.r.l.)

In Figura 2.1 è illustrata schematicamente l'architettura e il funzionamento di un sistema *push*. Il cuore del modello è rappresentato da un elaboratore centrale, generalmente costituito da un modulo MRP, acronimo di *Material Requirements Planning*, il quale riceve in ingresso ordini clienti e previsioni di vendita sulla base dei quali elabora piani di

produzione per ogni singola fase di lavoro all'interno dell'organizzazione e, fuori dai confini della stessa, ordini di acquisto e/o di conto lavoro, al fine di realizzare il bene richiesto dal cliente. Tale sistema centralizzato, oltre ad inviare internamente le attività da svolgere alle singole fasi sotto forma di ordini di produzione ed ai processi esterni sotto forma di ordini di acquisto, ha bisogno di informazioni puntuali e dettagliate provenienti dal basso, ossia dalle singole fasi produttive dirette e indirette, per generare tali piani.

Diverse sono le informazioni necessarie al sistema per operare correttamente, in particolare.<sup>20</sup>

- Distinte base. Per ogni articolo richiamato da un ordine cliente o da una previsione deve essere presente nel sistema MRP la relativa distinta base, ovvero l'elenco di tutti i componenti e delle materie prime necessari alla realizzazione del prodotto stesso. Ciò non è sufficiente: è infatti necessario che le informazioni contenute al loro interno siano corrette e costantemente aggiornate. Se la distinta base non fosse corretta, carichi e scarichi di componenti e semilavorati a gestionale potrebbero essere sbagliati e in aggiunta il sistema potrebbe elaborare fabbisogni non aggiornati. Un elemento non banale da considerare è dato dal fatto che non sempre le distinte base sono presenti o non rispecchiano la natura del prodotto;
- Date di consegna. L'algoritmo MRP ragiona secondo logiche di *back scheduling*. La pianificazione a ritroso calcola la data di inizio e fine di ogni operazione partendo dalla data di consegna promessa al cliente, usando i *lead time* previsti, ovvero il tempo che intercorre tra l'inizio e la fine di un processo produttivo, per generare piani di produzione. Tale logica è spesso soggetta a ripianificazioni;
- Giacenze. I dati di inventario relativi alle scorte presenti sono un dato necessario al funzionamento dei moduli MRP. Non di rado però si verificano disallineamenti tra le giacenze fisiche e le giacenze a sistema. Questo può avvenire perché i dati in seno all'MRP non sono corretti e possono andare a falsare i carichi e gli scarichi di materiale provenienti da ordini verso fornitore piuttosto che versamenti di produzione;
- Scarti. È necessario tenere traccia degli scarti al fine di allineare correttamente le giacenze;
- Imprevisti. All'interno delle organizzazioni gli imprevisti sono all'ordine del giorno, questi non avvengono solamente a livello produttivo ma possono anche essere legati all'assenza di personale atto all'elaborazione dei piani di produzione e di acquisto piuttosto che a malfunzionamenti del sistema che ingesserebbero l'attività produttiva corrente.

---

<sup>20</sup> SLACK, Nigel, BRANDON-JONES, Alistair, DANESE, Pamela, ROMANO, Pietro, VINELLI, Andrea. *Gestione delle operations e dei processi*. Milano, Pearson Italia, 2013, p. 346.

Risulta dunque chiaro come in un sistema di produzione *push* il numero di informazioni da gestire e mantenere sia elevatissimo e, maggiore è tale numero, maggiore sarà la complessità del sistema e la probabilità di errore.

Inoltre, il sistema, ricevendo in input le previsioni della domanda, gestirà dati che sono intrinsecamente errati, fornendo un'elaborazione dei fabbisogni non corretta con potenziale rischio di sovrapproduzione o sottoproduzione a causa delle imprecisioni nelle previsioni di domanda. Questo sistema è stato tradizionalmente utilizzato in settori con una domanda relativamente stabile e prevedibile, dove l'efficienza della produzione di massa era prioritaria rispetto alla personalizzazione o alla risposta rapida alle esigenze del cliente.

### 2.1.2 Flusso *pull* dei materiali

Il *pull* è un metodo di gestione dei processi nel quale la fase a monte produce solo se la fase a valle ha consumato<sup>21</sup>, questo permette di mantenere il *WIP*, *Work In Progress*, ossia il materiale lavorato tra una fase e l'altra, intrinsecamente limitato.

Invece di spingere il prodotto attraverso la catena di approvvigionamento, il sistema *pull* (Figura 2.2) richiede che la produzione sia innescata dalla richiesta del cliente. In altri termini, il processo a monte non produce sulla base delle proprie logiche di ottimizzazione della produzione, che tendono a prediligere l'ottimizzazione della singola fase mediante la saturazione della capacità produttiva del centro di lavoro e le lavorazioni a lotti, bensì sulle logiche di consumo del processo cliente immediatamente a valle.

È però necessario prestare attenzione ad un aspetto in particolare: non bisogna confondere la produzione su commessa con un sistema *pull*.

Non vi è nulla di più fuorviante, poiché un'azienda che ha un

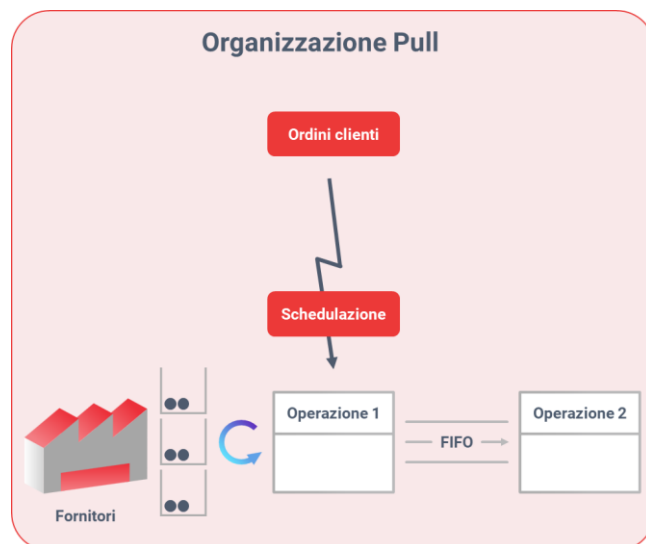


Figura 2.2 - Logica di pianificazione pull (Sintesia S.r.l.)

<sup>21</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978, p.9.



magazzino di prodotto finito può operare con un sistema *pull*; le logiche di produzione *pull* fanno riferimento a come il materiale fluisce all'interno della *supply chain*, o catena di distribuzione, e non dipende dal modello di risposta alla domanda di mercato adottato dall'organizzazione.

È un sistema semplice e robusto poiché richiede poche informazioni ed è meno affetto da errori. Di seguito sono illustrati i vantaggi che l'applicazione di tale logica ad un sistema produttivo porta nella gestione del flusso fisico ed informativo:

- Non sono necessarie previsioni accurate: il sistema si basa solamente sugli ordini clienti confermati, i quali vengono trasmessi ad un'unica fase, il processo *pacemaker*, che riceve la schedulazione evitando così la sovrapposizione di semilavorati e articoli non richiesti dal mercato;
- Tendenza favorevole ad ottimizzare il processo produttivo nel suo insieme anziché le singole operazioni;
- Si produce solo a fronte di un effettivo consumo: è proprio il consumo delle operazioni più a valle che autorizza la produzione delle fasi più a monte, se il processo *pacemaker* si ferma il processo fornitore non è autorizzato a produrre materiale fintantoché quest'ultimo non riprenderà a consumare;
- Il ritmo della produzione è cadenzato alla velocità di consumo del cliente;
- È semplificata la gestione delle piccole variazioni imprevedibili di consumo e di carico di lavoro, dovute a difetti e rilavorazioni;
- Scorte e *lead time* di sicurezza sono ridotti al minimo per evidenziare i problemi e risolverli;
- Tempi di attraversamento brevi: sono costituiti dal tempo che intercorre tra il processo *pacemaker* e la consegna al cliente finale, poiché a monte del *pacemaker* sono state adottate tecniche *pull* che permettono di avere tutto ciò che serve, nel momento in cui serve, nella quantità desiderata.

L'elevata flessibilità ed i bassi livelli di inventario rendono questo sistema particolarmente adatto a fronteggiare ambienti di mercato volatili, in cui i clienti cercano prodotti personalizzati e richiedono consegne più rapide. Ciò è particolarmente rilevante nelle industrie ad alta tecnologia o nei mercati caratterizzati da cicli di vita dei prodotti estremamente rapidi.

### 2.1.3 L'operazione *pacemaker*

Vediamo ora più in dettaglio cosa si intende per processo *pacemaker* (Figura 2.3). Il *pacemaker* è l'operazione che riceve la pianificazione basata sugli ordini del cliente. A valle del *pacemaker* si implementa una gestione FIFO, acronimo di *First In First Out*, fino al cliente mentre, a monte, il ripristino dei componenti avviene mediante tecniche *pull*.

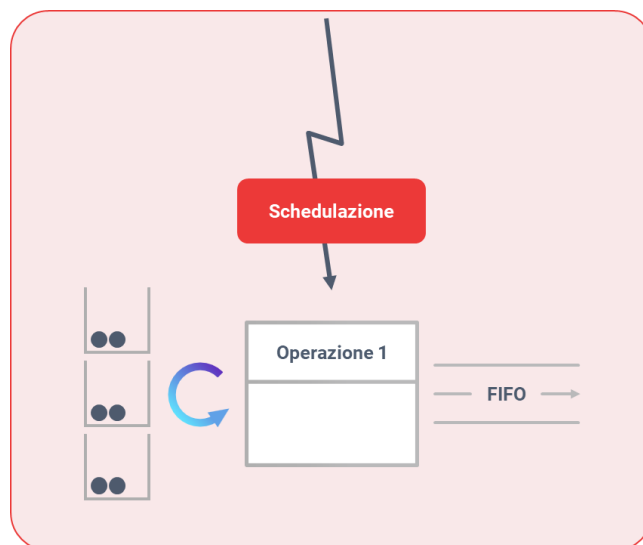


Figura 2.3 - L'operazione "Pacemaker" (Sintesia S.r.l.)

Il processo *pacemaker*, come indica il suo nome, è l'operazione lungo la linea produttiva che scandisce il ritmo della produzione: questo fa sì che il punto di schedulazione sia unico e tutte le operazioni siano ad esso sincronizzate mediante tecniche di auto-attivazione. La scelta dell'operazione *pacemaker* è strategica. Il primo fattore da tenere in considerazione è il *lead time* del cliente; è buona norma posizionare tale operazione in un punto più a valle possibile del *value stream* in maniera tale che il *lead time* a valle tenda il più possibile a quello richiesto dal cliente stesso.

Un altro criterio di scelta è dato dal fatto che l'operazione *pacemaker* non sia condivisa, questo genererebbe attese dovute alla sincronizzazione dei processi e ad una produzione a "lotti e code", con conseguente rischio di ritardo e di perdita di flessibilità. È per questo che risulta fondamentale non posizionare il *pacemaker* in un'operazione che lavora a lotti.

### 2.1.4 *Heijunka*

L'*heijunka* rappresenta un requisito fondamentale per l'applicazione dei principi descritti finora. Si tratta di un termine giapponese che fa riferimento alla programmazione della produzione tipica del TPS. Il termine può essere tradotto approssimativamente come "livellamento del carico di lavoro".<sup>22</sup>

L'*heijunka* consiste quindi nel livellamento della produzione, sia in termini di volume di produzione, sia in termini di mix produttivo. Ciò significa che la pianificazione della

<sup>22</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978, p. 55.

produzione non avviene più sulla base dell'afflusso effettivo degli ordini dei clienti, il quale può oscillare molto, ma il volume totale degli ordini di un periodo viene ripartito in modo tale che ogni giorno si produca la stessa quantità e la stessa varietà. In questo modo si riesce ad uniformare la domanda del cliente riportandola a una sequenza fissa e prevedibile, con l'obiettivo di ridurre le fluttuazioni della produzione, migliorare l'efficienza e mantenere un flusso di lavoro costante e uniforme. Al fine di una corretta applicazione di tale principio l'attività di livellamento deve essere effettuata sul processo *pacemaker*.

Mettere in pratica l'*heijunka* è dunque un metodo per ridurre l'irregolarità in un processo di produzione, anche detto *mura*, che, come precedentemente messo in evidenza nel paragrafo 1.3.3, può dare origine a *muri* e *muda*, ovvero al sovraccarico del sistema e delle risorse produttive.

Diversi sono i vantaggi che si possono ottenere con un buon livellamento della produzione:<sup>23</sup>

- Riduzione degli inventari e della merce invenduta: mantenendo una produzione uniforme e livellata e producendo solo ciò che il cliente desidera, cala drasticamente il rischio di mancata vendita dei prodotti e con esso si riducono i livelli di inventario ed i costi associati;
- Maggiore flessibilità: il sistema *heijunka* rende l'azienda più agile e in grado di adattarsi rapidamente alle variazioni della domanda e alle esigenze del mercato;
- Utilizzo più equilibrato di macchinari e forza lavoro: riducendo le fluttuazioni nella produzione, si riducono anche le variazioni di carico di lavoro per i dipendenti e per le risorse;
- Maggiore qualità: una produzione più uniforme e controllata può contribuire a ridurre i difetti e migliorare la qualità del prodotto.

L'*heijunka* porta con sé innumerevoli benefici, ma può comportare alcune difficoltà. Livellare la produzione può richiedere un aumento del numero di attrezzaggi macchina (*setup*), con conseguente diminuzione della capacità produttiva. Per tutelarsi da tali problematiche è necessario agire su più fronti, tra cui la riduzione della durata dei *setup*

---

<sup>23</sup> LIKER, Jeffrey, ATTOLICO, Luciano. *Toyota Way per La Lean Leadership*. Milano, Hoepli Editore, 2015.

tramite tecniche *SMED* e la standardizzazione dei componenti per ridurre la necessità di attrezzaggi.<sup>24</sup>

## 2.2 La classificazione dei sistemi *pull*

È possibile classificare i sistemi *pull* in due macrocategorie.

*Pull* con supermarket, o *pull* di tipo A.

Il materiale tra le operazioni collegate in *pull* è stoccato per codice articolo. Si tratta del modello più semplice di *pull*, in cui ogni processo ha un suo punto di prelievo, detto *supermarket*, nel quale è stoccata una determinata quantità di prodotto di cui l'operazione necessita per lavorare. È un modello adatto a sistemi ripetitivi, dove il consumo del processo a valle attiva il ripristino a *supermarket* della quantità consumata da parte del processo a monte. Il sistema di tipo A non è un sistema a scorta zero ma è un sistema a scorta intrinsecamente limitata: al massimo pari alla capacità del *supermarket*.

*Pull* sequenziale, o *pull* di tipo B.

Il materiale tra le operazioni collegate in *pull* è stoccato secondo la sequenza di lavoro. Il *pull* di tipo B è adatto a sistemi produttivi non ripetitivi, ossia sistemi dove il mix di prodotti realizzati è elevato e dove le quantità ordinate dai clienti sono variabili. In altre parole, tale sistema è adatto a situazioni in cui la varietà dei componenti e dei prodotti è troppo elevata; in questo caso la presenza del *supermarket* non sarebbe giustificata in termini di dimensioni, poiché risulterebbe troppo grande. Nel *pull* di tipo B la scorta è limitata e controllata e, a differenza del *pull* di tipo A, se la domanda del processo cliente si ferma le scorte tendono a zero.

### 2.2.1 Da *push* a *pull*

Diversi sono gli step implementativi temporali per passare da una logica *push* ad una *pull*; si possono vedere riassunti in Figura 2.4.

- *Push*: le attività svolte da ogni operazione sono schedulate ed il materiale è spinto avanti alla fase successiva secondo piani di produzione preordinati;
- *Pull* con *supermarket*: l'operazione a monte ripristina ciò che l'operazione a valle ha consumato;

---

<sup>24</sup> GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006, p. 76.

- *Pull* sequenziale: l'operazione a monte produce seguendo una sequenza fornitagli dall'operazione a valle, solo quando quest'ultima ha consumato;

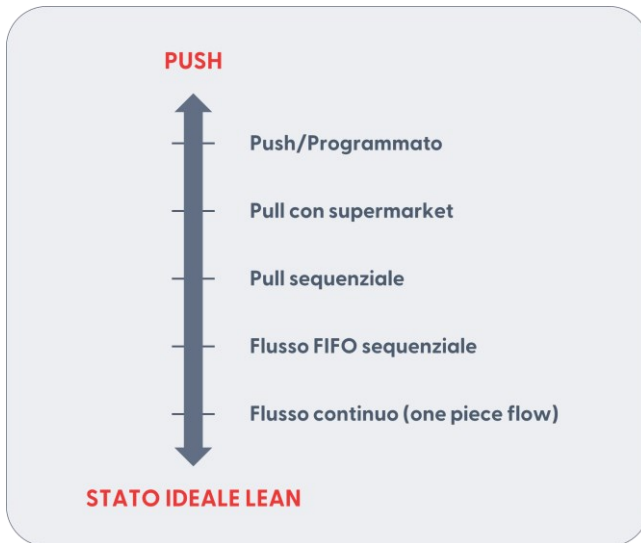


Figura 2.4 - Classificazione dei sistemi pull

- FIFO sequenziale: l'operazione a monte produce seguendo una sequenza in suo possesso, solo quando si libera uno slot nel buffer a valle;
- Flusso continuo: le operazioni a monte e a valle sono collegate fisicamente senza scorte di semilavorato, all'interno del flusso che collega le fasi di lavorazione vi sono solo e soltanto i materiali in lavorazione.

La scelta di una gestione rispetto ad un'altra ha un impatto notevole sulle scorte presenti in azienda. In Figura 2.5 è mostrato come varia l'andamento delle scorte in funzione del tipo di gestione adottata, tra quelle descritte in precedenza.

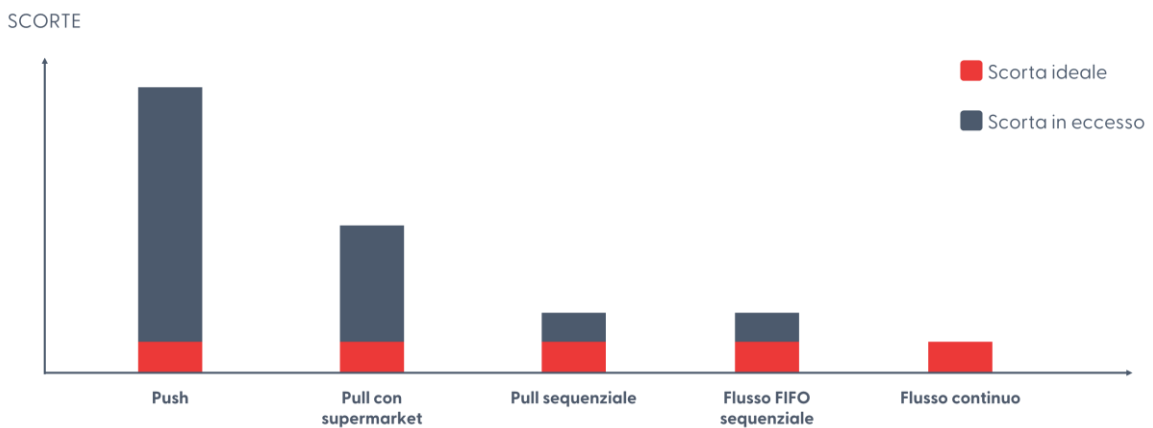


Figura 2.5 - Impatto sulle scorte dei diversi metodi di gestione pull

Con la gestione *push* all'interno del sistema è presente un notevole eccesso di materiale: ogni fase è autorizzata a produrre indipendentemente dal consumo della fase successiva; produrre sulla base di criteri di ottimizzazione dei singoli centri di lavoro porta ad avere un incremento delle scorte.

Essendo il magazzino in sé una scorta, nel *pull* con *supermarket* la scorta si riduce ma non si elimina; l'effetto che si ottiene è quello di avere un sistema dove i livelli di inventario sono mantenuti costantemente limitati e controllati. Con l'adozione di logiche di *pull* e FIFO sequenziale si può vedere come le scorte si riducano significativamente; si tratta infatti di sistemi *pull* di capacità produttiva dove il materiale in eccesso è costituito solamente dal materiale in attesa presente nei buffer interoperazionali. Nei sistemi a flusso continuo si elimina ogni possibile scorta: nei processi produttivi è presente solamente materiale in lavorazione.

### 2.2.2 *Pull* con supermarket

Come già descritto in precedenza nel paragrafo 1.2.3, negli anni '50 e '60 il management Toyota visitò i grandi *plant* americani, tra cui Ford e General Motors, per carpire i segreti del successo delle case automobilistiche. Le visite agli stabilimenti dei competitors americani non si rivelarono soddisfacenti ed i manager Toyota constatarono presto l'inadeguatezza del modello di produzione di massa per il mercato giapponese. Al contrario però rimasero fortemente colpiti da un nuovo modello di business nascente: quello offerto dalla catena di supermercati americani self-service Piggly Wiggly<sup>25</sup>. Il concetto rivoluzionario alla base di tali punti vendita era dato dal fatto che il cliente si potesse servire direttamente dallo scaffale, senza altri intermediari, innescando automaticamente il ripristino della merce effettivamente consumata sulla base del semplice svuotamento dei ripiani.<sup>26</sup>

Taiichi Ōhno fece proprio tale concetto e, nel 1953, il primo *supermarket* fu creato in Toyota per l'approvvigionamento dei lamierati dal reparto presse<sup>15</sup>. Si definisce *supermarket* un magazzino contenente una scorta di tutti i materiali che potrebbero servire all'operazione a valle, ripristinata sulla base di ciò che viene consumato.<sup>27</sup>

In Figura 2.6, è schematizzato un classico processo di gestione *pull* con *supermarket* dove il *supermarket* è collocato in prossimità del fornitore.

---

<sup>25</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978, p. 40.

<sup>26</sup> [www.kanban.it/it/supermarket/](http://www.kanban.it/it/supermarket/). Data consultazione: 13/09/23.

<sup>27</sup> SMALLEY, Art. *Creating Level Pull: A Lean Production-System Improvement Guide for Production-Control, Operations, and Engineering Professionals*. Cambridge, Lean Enterprise Institute, 2004.

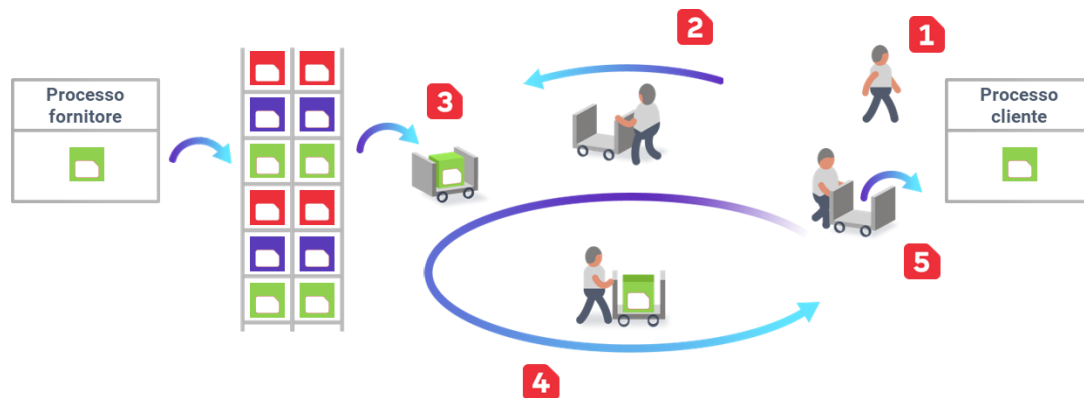


Figura 2.6 - Flusso pull tramite supermarket

Analizziamo più nel dettaglio il flusso dei materiali:

1. Il processo cliente necessita di materiali per poter avviare la produzione;
2. Il cliente si reca nel *supermarket* del fornitore per prelevare i componenti desiderati nella quantità necessaria;
3. Il cliente effettua un autoasservimento e ritorna alla propria postazione di lavoro;
4. Il consumo fisico del componente e lo svuotamento del contenitore dedicato all'articolo prelevato innesca un ordine di ripristino alla produzione;
5. Il processo fornitore si occupa di produrre ciò che manca e di risistemarlo nello scaffale in modo tale che il cliente possa trovare nuovamente ciò che gli serve.

Compresa meglio la logica ed il funzionamento di un sistema *pull* gestito tramite *supermarket*, possiamo affermare che il *pull* di tipo A rappresenti un *pull* di componenti.

Affinché il sistema funzioni correttamente è necessario istituire uno strumento in grado di segnalare visivamente un consumo fisico di un articolo nel *supermarket* e le relative informazioni per il ripristino. La comunicazione sui consumi è affidata ad uno strumento simbolo della logica *pull* introdotta da Toyota: il *kanban*. Poiché l'elaborato si concentra in maniera approfondita sull'applicazione del metodo *kanban* in un contesto produttivo, tale strumento sarà trattato più in dettaglio nei paragrafi successivi.

### 2.2.3 Pull sequenziale

I sistemi di tipo *pull* sequenziale, o di tipo B, sono anche detti *pull* di capacità produttiva. Questo perché, a differenza del *pull* di componenti, dove il cartellino *kanban* richiama la produzione di una ben determinata quantità di pezzi da produrre di un certo codice, il *pull*

sequenziale indica semplicemente la disponibilità di capacità produttiva senza specificare cosa produrre.<sup>28</sup>

Nel *pull* sequenziale, quando l'operazione a valle consuma un'unità di lavoro, l'operazione a monte è autorizzata a produrre un'unità di lavoro seguendo la stessa sequenza dell'operazione a valle. In particolare, l'operazione cliente trasmette al processo fornitore le sequenze di produzione o assemblaggio necessarie per soddisfare l'ordine del cliente e l'autorizzazione a procedere a seguito di un effettivo consumo, sempre utilizzando il sistema *kanban*. In questo specifico caso il *kanban* di capacità produttiva indica dunque la disponibilità di un certo ammontare di capacità produttiva nel sistema.

Analizziamo meglio la Figura 2.7, nella quale è riportato schematicamente il funzionamento di un sistema *pull* di tipo sequenziale.

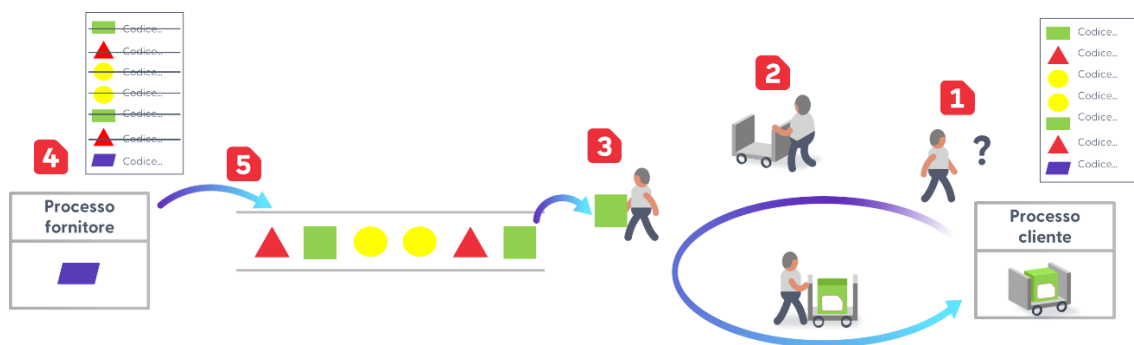


Figura 2.7 - Ripristino dei materiali mediante logica Pull sequenziale

1. L'operazione a valle produce sulla base di una sequenza di lavorazione programmata anticipatamente secondo le logiche *heijunka*;
2. Il cliente si reca dal fornitore per approvvigionarsi dei materiali necessari indicati dal piano di lavoro;
3. L'operatore effettua il prelievo dei componenti, già prodotti in anticipo dalla fase a monte sulla base della sequenza di lavoro, e ritorna alla propria postazione di lavoro;
4. Il consumo fisico libera capacità produttiva all'interno del buffer interoperazionale e innesca un segnale che autorizza il processo fornitore a riprendere la produzione;

<sup>28</sup> [www.kanban.it/it/tipi-di-kanban/](http://www.kanban.it/it/tipi-di-kanban/). Data consultazione: 13/09/23.



5. Il fornitore si occuperà di ripristinare un'unità in base alla sequenza precedentemente fornitagli.

Come si può immediatamente notare, tale sistema porta dei benefici diretti nella riduzione delle scorte mediante l'eliminazione dei disaccoppiamenti tra i processi ma al tempo stesso introduce complessità nel sistema per la gestione dei materiali e la sincronizzazione tra le operazioni.

#### **2.2.4 FIFO sequenziale**

La parola FIFO è usata per descrivere un metodo di gestione del flusso dei materiali che prevede che il primo pezzo che entra in un'operazione o in una scorta di magazzino sia anche il primo pezzo ad uscire. Tra le due operazioni consecutive nel processo viene prevista la presenza di una corsia FIFO di dimensioni ben limitate, la quale può ospitare un numero definito di pezzi in attesa di lavorazione, WIP.

Le principali differenze tra questa modalità di gestione ed il *pull* sequenziale sono date dal fatto che la sequenza di lavorazione viene comunicata direttamente al processo fornitore, e non viene ritrasmessa al cliente. Affinché tale modalità di lavoro sia applicabile è necessario che le fasi di lavoro siano fisicamente adiacenti e collegate tra loro da una corsia FIFO. Tale corsia può essere ricavata da una rulliera, una struttura a gravità o semplicemente un'apposita area delimitata.

Il processo a monte è costretto ad interrompere la produzione nel caso in cui la corsia si riempia e dovrà necessariamente attendere che la stazione a valle consumi del materiale per riprendere la produzione.<sup>29</sup> Come appare evidente, tale sistema di ripristino è caratterizzato da una complessità elevata: è necessario che tutte le fasi di lavorazione siano tra loro sincronizzate e che le velocità di avanzamento dei vari componenti siano perfettamente bilanciate; se questo non avvenisse si potrebbero generare accumuli di materiale indesiderati all'interno del sistema.

---

<sup>29</sup> GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006, p. 78.

La Figura 2.8 rappresenta una schematizzazione del flusso dei materiali con corsia FIFO.

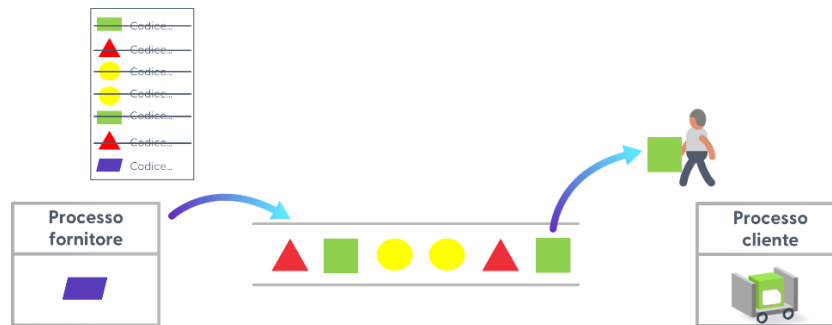


Figura 2.8 - Sincronizzazione tra processi con logica FIFO sequenziale

### 2.2.5 Flusso continuo

Il flusso continuo o è un concetto chiave all'interno della filosofia di produzione *Lean*, e rappresenta la forma ideale di *pull* verso cui tendere. In un sistema di produzione basato sul *one-piece-flow*, l'obiettivo è di produrre e far avanzare ogni singola unità di prodotto attraverso il processo di produzione in modo continuo, uno alla volta, senza interruzioni e senza accumulare grandi quantità di prodotti in lavorazione tra le operazioni.

Questo approccio contrasta con l'elaborazione a lotti, in cui i prodotti vengono realizzati in gruppi, portando spesso a ritardi, sovrapproduzione e accumulo di inventario. Il *one-piece-flow* cerca di eliminare attese dovute a ritardi, sovrapproduzione e scorte eccessive producendo e spostando ogni unità di prodotto in modo sequenziale attraverso ogni fase del processo, riducendo al minimo i tempi di attesa, migliorando la flessibilità, riducendo gli sprechi e con essi i costi associati.

È possibile passare da un sistema di gestione dei materiali di tipo *pull* con *supermarket* a logiche *pull* sequenziali sempre più spinte mediante una sequenza progressiva da affrontare gradualmente ed in momenti temporalmente distinti. Questo perché ad ogni passaggio si va ad aggiungere una complessità sempre maggiore al sistema ed in particolare, l'adozione di ciascuna metodologia, richiede dei prerequisiti via via crescenti. In Tabella 2.1 sono analizzati nel dettaglio i prerequisiti necessari all'attuazione di ciascun sistema *pull*.

Tabella 2.1 - Prerequisiti dei metodi pull

| PREREQUISITI                                | Pull con SMKT | Pull sequenziale | FIFO sequenziale | Flusso continuo |
|---|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| Livellamento dei consumi                    | X             | X                | X                | X               |
| Lead time del fornitore predefinito         | X             | X                | X                | X               |
| Logistica standardizzata                    | X             | X                | X                | X               |
| Lead time del fornitore breve               |               | X                | X                | X               |
| Lotto di ripristino pari a lotto di consumo |               | X                | X                | X               |
| Operazioni fisicamente adiacenti            |               |                  | X                | X               |
| Buon bilanciamento delle operazioni         |               |                  | X                | X               |
| Operazioni perfettamente bilanciate         |               |                  |                  | X               |

## 2.3 Il *kanban*

### 2.3.1 L'origine

Il *kanban* è una delle principali tecniche della *Lean Production* che rende possibile il *Pull Flow* dei materiali. La parola *kanban* deriva dal giapponese 看板 (“Kan” e “Ban”) e significa letteralmente “cartellino visuale”<sup>30</sup>. Si basa sull'idea di utilizzare segnali visivi o cartellini per indicare quando produrre o rifornire un determinato componente o prodotto in base alla domanda effettiva. Il termine racchiude in sé due dei principali concetti del sistema: cartellino, poiché il *kanban* si basa su dei cartellini fisici, i quali vengono associati ai contenitori standard utilizzati per la movimentazione dei componenti tra il processo cliente e fornitore; e visuale, parola che ci introduce al *Visual Management*, concetto fondamentale nel contesto della filosofia di produzione snella. Si tratta di un approccio che utilizza segnali visivi ed indicatori grafici per facilitare la comunicazione, monitorare il flusso di lavoro, identificare problemi e migliorare l'efficienza in un ambiente di produzione o operativo, al fine di rendere le informazioni chiare e facilmente comprensibili a tutti i membri del *team*.

### 2.3.2 Il cartellino *kanban*

Il *kanban* costituisce dunque un metodo operativo per far circolare le informazioni in modo sistematizzato all'interno dell'azienda ed eventualmente tra azienda e fornitori eliminando la necessità di sistemi complessi di programmazione della produzione. Il *kanban* si configura come un cartellino contenente le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo.

<sup>30</sup> ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978, p. 9.

Le informazioni che generalmente si possono trovare su un cartellino *kanban*, come si può osservare in Figura 2.9, fanno riferimento in particolare a quattro categorie:

| kanbanBOX   |                                   | Acquisto |  |
|---|-----------------------------------|----------|--|
| Codice  | <b>W-38-XC-70</b>                 |          |  |
| Descrizione   | Quadro EN AW 6082 40x40 L=1000 mm |          |  |
| Cliente   | Officina Meccanica                |          |  |
| Fornitore   | LAVMEC_Vicenza                    |          |  |
| Contenitore   | CASSA LEGNO                       |          |  |
| Data richiesta  | 22/02/2023                        |          |  |
| Ubicazione  | SMKT A - 203                      |          |  |
| Quantità  | <b>30</b>                         |          |  |
| <br>NQA2KD2W |                                   |          |  |

Figura 2.9 - Cartellino Kanban

- Il codice articolo: indica il codice identificativo dell'articolo da ripristinare e può essere corredato dalla sua descrizione;
- Il fornitore: l'attore che si occupa di ripristinare l'articolo consumato;
- Il cliente: colui che consuma il componente e ne attiva il ripristino;
- I parametri di processo: si riferiscono alle variabili che influenzano il funzionamento del processo di ripristino.

I parametri di processo inseriti nel cartellino devono fornire tutte e sole le informazioni necessarie al corretto processo di ripristino e

possono essere ad esempio: il tipo di contenitore standard utilizzato, la quantità presente all'interno di ciascun contenitore, il *lead time* di fornitura necessario per il ripristino, l'ubicazione del componente nel magazzino cliente o fornitore.

### 2.3.3 Il funzionamento del *kanban* fisico

Per comprendere a pieno il funzionamento del *kanban* viene proposto il seguente esempio, Figura 2.10, dove vengono ripercorsi i passaggi caratteristici di un flusso *pull* con *supermarket* ripristinato tramite *kanban*.

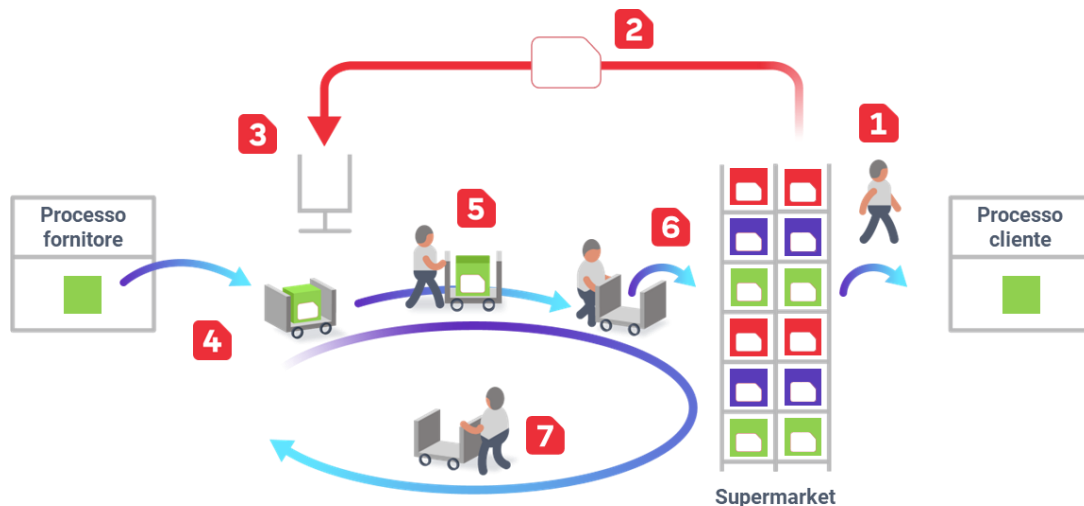


Figura 2.10 - Funzionamento del kanban fisico

1. In primis, l'operatore effettua il prelievo dal magazzino del materiale necessario per iniziare la lavorazione;
2. Solamente quando tutto il materiale presente nel contenitore è consumato, il cartellino viene staccato e posizionato in un apposito tabellone, nel quale vengono riposti tutti i *kanban* da ripristinare;
3. Un responsabile del processo a monte prende in carico i cartellini consumati e, a seconda della loro tipologia, emette ordini di produzione o di acquisto, rispettando le informazioni presenti sui *kanban* in termini di quantità e *lead time* di processo;
4. Il processo a monte, sia esso costituito da un reparto, una linea produttiva o semplicemente un fornitore esterno, si occupa di ripristinare la scorta del componente e, una volta reso disponibile, attacca nuovamente il cartellino *kanban* al contenitore;
5. Il contenitore viene recapitato al processo cliente;
6. Il cliente riceve il contenitore ripristinato e lo posiziona a *supermarket* secondo le informazioni riportate sul cartellino;
7. Dopo aver rifornito i propri clienti il fornitore può concludere il trasporto.

Il sistema appare estremamente semplice, ma richiede l'applicazione di alcune regole, poche ma tassative, per funzionare correttamente. È lo stesso Taiichi Ōhno a descriverle nella sua opera *Lo spirito Toyota: il modello giapponese della qualità totale e il suo prezzo* del 1978. Sono qui esposte di seguito:

1. L'operazione a valle preleva dall'operazione a monte solo la quantità richiesta dal *kanban*;
2. L'operazione a monte produce solo la quantità richiesta o un arrotondamento concordato;
3. Non si spediscono pezzi difettosi;
4. Un contenitore di materiali a *kanban* deve sempre avere il suo cartellino;
5. Livellare la produzione;
6. Stabilizzare, razionalizzare, semplificare i processi produttivi.

### **2.3.4 I vantaggi del *kanban***

Risulta immediatamente chiaro come il *kanban* sia uno strumento semplice da applicare, a basso investimento e che mira al coinvolgimento e alla responsabilizzazione di tutti gli attori presenti nel processo. L'obiettivo chiave del *kanban* è quello di evitare la sovrapproduzione, che è lo spreco più impattante sulle performance di un sistema produttivo, ma, se ben applicato, è un metodo che apporta diversi benefici, tra cui:

- Maggiore visibilità del flusso;
- Aumento della flessibilità nella risposta alla domanda del cliente;
- Semplificazione del sistema informativo legato alla produzione;
- Risposta elastica alle fluttuazioni della domanda;
- Aumento della produttività attraverso la sincronizzazione di tutte le fasi;
- Delega delle decisioni verso i livelli più bassi dell'organizzazione;
- Rende evidenti problemi ed accelera i miglioramenti.

### **2.3.5 Le tipologie di *kanban***

Il *kanban* non si limita a controllare e regolare i processi interni di produzione ma, il ripristino della giacenza mediante *kanban* può essere esteso a diverse aree dei processi aziendali e oltre i confini dell'organizzazione, lungo tutta la *supply chain*.

In funzione di ciò distinguiamo quattro tipologie di *kanban*, le quali si differenziano a seconda dei processi supportati.

Il *kanban* di produzione. È utilizzato all'interno di un processo produttivo per regolare la produzione di beni o componenti. Ogni volta che viene consumata una determinata quantità di prodotto, il *kanban* di produzione viene rimosso e inviato all'operazione precedente del processo, costituita da una macchina o un reparto produttivo. Questo

segnale visivo rappresenta a tutti gli effetti un ordine di produzione che autorizza il ripristino dei componenti.

Il *kanban* di movimentazione. È utilizzato per gestire il flusso di materiali o componenti tra diverse fasi del processo produttivo. Regola lo spostamento di componenti e semilavorati da un magazzino centrale ad un *supermarket* di linea o verso una cella di lavoro. Ogni qualvolta viene staccato un *kanban* di movimentazione la fase a valle riceve il segnale visivo che le indica di ripristinare la scorta consumata dalla fase a monte secondo i parametri di processo definiti dal *kanban*. Il *kanban* di movimentazione aiuta ad evitare sovraffollamenti o ritardi nelle fasi del processo e assicura che i materiali siano spostati solo quando sono effettivamente necessari.

Il *kanban* di acquisto. Consente di gestire l'approvvigionamento di materiali o componenti dall'esterno dell'azienda. Quando un *kanban* viene consumato, esso diventa un ordine di acquisto verso il fornitore. Quest'ultimo riceve l'ordine di ripristino e si impegna ad evaderlo secondo le condizioni presenti sul cartellino. Il *kanban* di acquisto aiuta a mantenere un flusso costante di materiali e a evitare la mancanza di approvvigionamento o eccessi di inventario.

Il *kanban* di vendita. La logica del *kanban* può essere applicata anche ai processi di vendita verso i clienti, i distributori o le filiali dell'azienda. In questo specifico caso, il *kanban* equivale ad un ordine di acquisto da parte del cliente, che l'organizzazione si impegna a fornire nella quantità e nelle tempistiche richieste.

## **2.4 Politiche di gestione *kanban* ed il loro dimensionamento**

Le "politiche di gestione *kanban*" si riferiscono alle regole o ai principi che guidano l'implementazione e l'utilizzo del sistema *kanban* all'interno di un'organizzazione. Le politiche di gestione differiscono a seconda del contesto di utilizzo e definiscono come vengono creati, gestiti e utilizzati i *kanban* all'interno del processo produttivo od operativo. Di seguito sono riportate alcune delle principali politiche di gestione *kanban*.

### **2.4.1 Il *kanban* tradizionale**

Il *kanban* tradizionale si riferisce al concetto originale e fondamentale del sistema *kanban*, sviluppato all'interno del Sistema di Produzione Toyota. È la tipologia più utilizzata, ed il suo funzionamento rispecchia quanto descritto finora. Prevede il distacco del cartellino

a contenitore vuoto e, ogni qualvolta un contenitore viene svuotato, il *kanban* ad esso associato vale come ordine di ripristino per il fornitore.

Poiché deve essere sempre garantita la copertura durante il *lead time* di ripristino è necessario avere come minimo 2 *kanban* nel sistema: nel momento in cui un *kanban* è in ripristino ve n'è sempre almeno un altro disponibile a *supermarket*.

La formula per dimensionare il numero di cartellini nel caso di gestione *kanban* tradizionale è la seguente:

$$\#KB = 1 + \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{Q_{contenitore}} \right\rceil$$

La formula si compone di due parti: il numero di cartellini dopo cui parte un ordine di ripristino, pari ad uno nel caso in esame, ed il numero di cartellini che permette di coprire i consumi durante il periodo di ripristino. Il secondo addendo, dovendo essere espresso in numero di contenitori, dunque un numero intero, va arrotondato all'intero superiore, comportando di conseguenza una leggera sovrascorta. Di seguito sono analizzati i fattori dell'equazione:

- $C_{max}$ : rappresenta il consumo giornaliero massimo nel *lead time* di approvvigionamento, si esprime tipicamente in [pz/gg];
- LT: tempo di ripristino da parte del fornitore, in giorni lavorativi;
- LTS: *lead time* di sicurezza, in giorni lavorativi;
- Q: quantità standard di pezzi nel contenitore, espresso in [pz/*kanban*].

#### 2.4.2 Il *kanban* a lotto di cartellini

Il *batch kanban* fa riferimento ad una variante del sistema *kanban* che si implementa quando il lotto minimo di ripristino del processo fornitore è più grande del numero di pezzi contenuti in un contenitore. Questo fa sì che ogni volta che un cartellino dalla fase a valle viene consumato, non venga inviato un ordine di ripristino alla fase a monte ma il cartellino resta in attesa fintanto che non verrà raggiunto un numero di cartellini pari o superiore al lotto minimo stabilito; solo allora verrà emesso un ordine di ripristino. Questo approccio può essere utile quando, a causa di lunghi tempi di attrezzaggio macchina, la produzione è gestita a lotti o nel momento in cui il fornitore applichi dei lotti minimi di acquisto. Questa gestione può risultare vantaggiosa per ridurre la dimensione



dei contenitori nel punto di utilizzo e di conseguenza le giacenze e lo spazio occupato, sia nel caso di componenti pesanti o ingombranti, sia per materiali con molteplici punti di consumo. Il batch *kanban* può rappresentare un giusto trade off quando il numero di ordini è elevato e il costo di ogni singolo ordine è oneroso.

La formula per il corretto dimensionamento del sistema è la seguente:

$$\#KB = \left\lceil \frac{Q_{MINriordino}}{Q_{contenitore}} \right\rceil + \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{Q_{contenitore}} \right\rceil$$

La formula presentata è molto simile al caso precedente, ciò che varia è il primo termine. Esso, come nel caso del *kanban* tradizionale, rappresenta il numero di contenitori che si devono svuotare per far partire il ripristino ma, nella formula in esame, non è più pari a 1, poiché un solo contenitore non è sufficiente a far partire il riordino, ma si avrà bisogno di “N” cartellini.

Analizzando il primo addendo più nel dettaglio si vede che esso è dato dal rapporto tra il lotto di ripristino e la quantità del contenitore, arrotondato all'intero superiore. Le formule di fatto si equivalgono poiché, se la quantità minima di riordino fosse pari alla quantità del *kanban*, il rapporto vale uno.

È importante notare come l'introduzione di un lotto minimo di riordino tenda inevitabilmente a far aumentare il dimensionamento previsto del sistema; tale gestione può dunque rappresentare un'alternativa in situazioni in cui la produzione a lotti è ancora una pratica comune ma non deve allontanare l'attenzione verso la riduzione dei tempi di *setup*, l'eliminazione dei lotti ed il lavoro a flusso.

### 2.4.3 Il *kanban* segnale

Il *kanban* segnale prevede la presenza di un solo cartellino, il quale verrà staccato al raggiungimento del punto di riordino e non più al consumo dell'intero contenitore. Fondamentale diviene quindi l'identificazione del *reorder point*, o ROP, che deve essere semplice da individuare e privo di ambiguità al fine di evitare errori e rischi di *stock out*. La gestione a *kanban* segnale è da preferire quando il materiale è voluminoso e risulta difficile suddividerlo ulteriormente in contenitori più piccoli o per tutti quei materiali sfusi stoccati in silos. Data la difficoltà nel definire con esattezza il punto di riordino ed essendo questa gestione fortemente soggetta ad errore è preferibile utilizzarla solamente

quando il lotto è molto grande rispetto ai consumi e non è possibile intervenire per ridurlo.

Il dimensionamento del sistema viene da sé, essendo il *kanban* segnale un sistema ad un solo *kanban*; è però possibile applicare la seguente relazione da usare come indicazione di massima per comprendere se tale gestione è corretta.

$$1 + \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{Q_{contenitore}} < 1,3$$

Si evince che questa politica risulta conveniente quando il consumo dei componenti durante il *lead time* di ripristino è inferiore al 30% dei pezzi contenuti nel *kanban*. Il numeratore della formula permette di identificare correttamente il ROP.

#### 2.4.4 Le politiche a confronto

Nella tabella sottostante (Tabella 2.2) sono riportate le tre modalità di gestione messe a confronto, delle quali vengono analizzati vantaggi e svantaggi.

Tabella 2.2 - Pro e contro delle politiche *kanban*

| POLITICA DI GESTIONE       | VANTAGGI  | SVANTAGGI  |
|----------------------------|---|--|
| <b>KANBAN</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplicità di gestione</li> <li>• Riduzione delle scorte</li> </ul>  |  |
| <b>LOTTO DI CARTELLINI</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione della dimensione dei contenitori nei punti di consumo</li> <li>• Gestione a <i>kanban</i> anche con lotti minimi importanti</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestione dell'accumulo</li> </ul> |
| <b>KANBAN SEGNALE</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione spazi (mono-contenitore)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di errore</li> </ul>  |
| <b>DOUBLE BIN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrema semplicità di gestione</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scorte</li> </ul>                 |

#### 2.5 Implementazione del metodo *kanban*

L'implementazione del *kanban* richiede un approccio sistematico e ben pianificato per introdurre con successo il metodo all'interno di un'organizzazione o di un processo produttivo. Nella sezione in esame verranno proposti i passaggi necessari all'implementazione del metodo; in Figura 2.11 è fornita una prima panoramica.

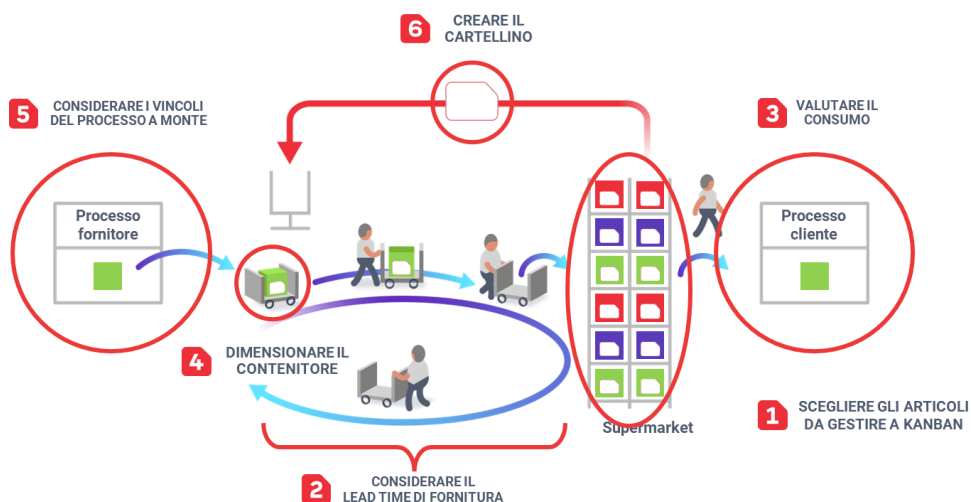


Figura 2.11 - Step implementativi del metodo kanban

### 2.5.1 Scelta degli articoli da gestire a *kanban*

Non tutti gli articoli presenti in un'organizzazione si prestano ad essere gestiti tramite *kanban*. È necessario condurre un'analisi preliminare per individuare quei componenti per cui tale gestione può portare beneficio. A supporto di questa valutazione è prassi avvalersi di un'analisi a matrice mediante la costruzione della matrice ABC-RRS; tuttavia, questo approccio può risultare incompleto, motivo per cui a completamento dell'attività è possibile applicare un approccio verticale, basato sul completamento della famiglia di prodotto, o un approccio orizzontale a completamento della classe merceologica.

L'analisi ABC-RRS ha come output una matrice che classifica ciascun articolo sulla base di due dimensioni fondamentali:

- Il valore annuo consumato espresso in €;
- La frequenza di consumo.

L'analisi ABC è un tipo di analisi statistica, che si basa sul principio di Pareto (Figura 2.12). Tale principio afferma che, ragionando su grandi numeri, la maggior parte degli effetti riscontrabili è dovuta a un numero ristretto di cause. In pratica, secondo l'analisi di Pareto, circa l'80% degli effetti è riconducibile al 20% di cause.<sup>31</sup> Presuppone una

<sup>31</sup> [ww.danea.it/blog/analisi-abc/](http://ww.danea.it/blog/analisi-abc/). Data consultazione: 13/09/23

suddivisione degli articoli in esame in tre categorie: i gruppi A, B e C, classificati secondo alcune regole:

- Gli articoli del gruppo A sono quelli con il più alto valore di consumo annuo. Si tratta circa del 20% degli articoli, che generano l'80% del valore consumato complessivo;
- Gli articoli della categoria B occupano una posizione intermedia, con un valore di consumo annuo che si attesta, mediamente, al 15%;
- Gli articoli del gruppo C sono quelli con il più basso valore di consumo annuo, tipicamente pari al 5% del totale.

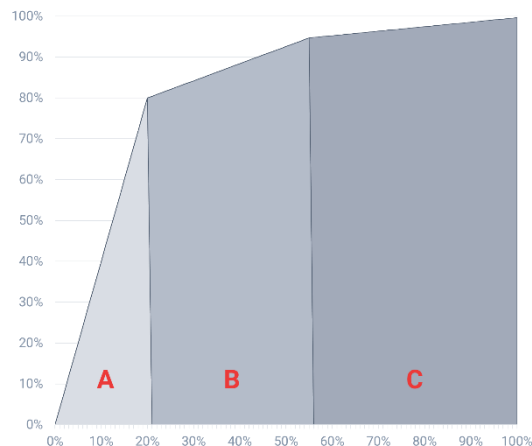


Figura 2.12 - Classificazione di Pareto

La medesima analisi viene ripetuta sulle frequenze di consumo degli articoli in esame in un determinato arco temporale, tipicamente di un anno. La classificazione che ne risulta è la seguente:

- *Runners*: articoli con utilizzo frequente, pari ad almeno una volta a settimana;
- *Repeaters*: articoli caratterizzati da un utilizzo regolare ma con intervalli tra un prelievo e l'altro più lunghi;
- *Strangers*: l'utilizzo di tali componenti è irregolare ed imprevedibile.

La matrice sottostante, in Tabella 2.3, offre una chiara indicazione su quale sia la politica di gestione più corretta per ciascun articolo analizzato in funzione della sua classificazione in termini di valore consumato e frequenza d'uso.

Tabella 2.3 - Matrice ABC-RRS

|             |   | Frequenza  |              |                  |
|-------------|---|------------|--------------|------------------|
|             |   | Runners    | Repeaters    | Strangers        |
| Consumo [€] | A | Kanban     | Kanban o MRP | MRP              |
|             | B | Kanban     | kanban o MRP | MRP              |
|             | C | Double bin | Double bin   | Double bin o MRP |

Dall'analisi emerge che gli articoli candidati alla gestione *kanban* sono tutti quelli appartenenti ad una classe di frequenza alta, quindi *runners*, indipendentemente dal fatto che siano di classe A, B o C, e tutti i codici di classe C.

Il beneficio di applicare il *kanban* a tutti i *runners* risiede nella standardizzazione ed automatizzazione del processo di ripristino, questo permette di ottenere un saving immediato grazie alla riduzione del valore del magazzino. È invece consigliabile gestire tramite *kanban* i componenti di classe C per semplificare il sistema: si tratta infatti di componenti per cui il costo della merce è spesso inferiore al costo della loro gestione; il *kanban* permette di semplificare il processo di approvvigionamento evitando rotture di *stock*.

La matrice ABC-RRS fornisce un quadro d'insieme complessivo e immediato; tuttavia, non può dirsi altrettanto esaustivo. Si tratta infatti di un approccio puramente matematico che tende ad escludere articoli che fanno parte della stessa famiglia di prodotto o della medesima classe merceologica per i quali, adottare una gestione di ripristino comune, porterebbe ad un risparmio nei costi di gestione, amministrazione e flessibilità di processo.

### **2.5.2 Il *lead time* di fornitura**

Il *lead time* è il periodo di tempo che intercorre tra il momento in cui viene effettuato un ordine verso il fornitore per un determinato articolo ed il momento in cui tale materiale viene effettivamente consegnato e reso disponibile per l'uso. In altre parole, rappresenta il tempo necessario per acquisire o rifornire un prodotto o un componente. Per ottenere un corretto funzionamento del processo di ripristino è importante stabilire un *lead time* coerente con la capacità produttiva del centro di lavoro a monte. È necessario distinguere tale periodo dal tempo di lavorazione del pezzo, le due dimensioni non sono tra loro confrontabili e appartengono tipicamente a ordini di grandezza diversi; il tempo di riapprovvigionamento può variare notevolmente a seconda del fornitore, del tipo di materiale, del processo di produzione e di altri fattori. Alcuni dei componenti che possono influenzare il *lead time* di fornitura includono:

- I tempi di trasmissione dell'informazione;
- Il tempo di produzione totale, comprensivo di attese e *setup*;
- I tempi di trasporto;
- La gestione degli imprevisti.

### 2.5.3 Valutare i consumi

Tra le valutazioni preliminari necessarie al dimensionamento del sistema *kanban* vi è il calcolo del consumo giornaliero massimo nel *lead time* di approvvigionamento per ciascun articolo, indicato nella formula del dimensionamento con il termine  $C_{max}$ . Gli approcci tipicamente adottati per condurre tale valutazione sono due:

1. Elaborare le previsioni di vendita. A partire dalle previsioni di vendita elaborate dai commerciali, si ricavano i consumi previsti per i singoli articoli su base mensile e successivamente si calcola il consumo giornaliero medio  $C_{medio}$ . I consumi elaborati mediante l'utilizzo di previsioni future possono essere fortemente soggetti ad incertezza; per tenere conto di tale variabilità, per calcolare il  $C_{max}$  ai consumi medi viene applicato un coefficiente di maggiorazione, tipicamente ricavato dalle serie storiche. In tale modalità di calcolo l'attenzione è rivolta al futuro;
2. Analizzare lo storico dei consumi. Questa modalità si basa sull'ipotesi che i consumi futuri siano simili ai consumi manifestati nel passato; per tale ragione il  $C_{max}$  è calcolato direttamente a partire dalla serie storica dei consumi, ottenuta ad esempio dagli scarichi di magazzino. In questa modalità l'attenzione è principalmente rivolta al passato.

Per individuare il consumo giornaliero massimo nel *lead time* a partire dalla curva dei consumi storici, il corretto approccio proposto da Sintesia S.r.l. è quello dell'algoritmo della media mobile. Il punto di partenza per effettuare tale valutazione è dato dall'individuazione dei dati di consumo giornalieri totali per un determinato articolo. È essenziale che vengano considerati tutti i giorni di lavoro anche se presentano un consumo nullo; la curva che si ottiene è simile a quella presentata in Figura 2.13. Una volta stabilito il *lead time* di fornitura, paragrafo 2.5.3, è possibile procedere con il calcolo della media mobile, la quale si ottiene calcolando la media aritmetica dei consumi giornalieri manifestati in un periodo di approvvigionamento, spostando questa finestra di calcolo lungo la serie temporale. In altre parole, invece di considerare la media totale dei valori dell'arco temporale analizzato, si calcola la media di un gruppo di punti dati adiacenti. Questo permette di analizzare le fluttuazioni nei dati, consentendo di visualizzare meglio le tendenze sottostanti in una serie temporale. Infine, si sceglie come  $C_{max}$  il valore massimo delle medie calcolate.

Le valutazioni sui consumi devono essere effettuate con accuratezza e precisione; in particolare, va individuato il valore dell'effettivo punto di consumo in analisi e deve essere considerata anche la produzione di scarti.



Figura 2.13 - Individuazione di  $C_{max}$  dalla curva di consumo

#### 2.5.4 Dimensionare il contenitore

Per scegliere correttamente il contenitore è opportuno tenere in considerazione diversi fattori:

- Consumo giornaliero dell'articolo: la quantità presente nel contenitore deve essere coerente e proporzionale ai consumi;
- Movimentazione: il contenitore dovrà essere adeguato in funzione alla modalità di movimentazione adottata, sia essa manuale o tramite mezzi di sollevamento;
- Modalità di stoccaggio e prelievo: il contenitore deve considerare l'ergonomia dell'operatore e il peso massimo movimentabile;
- Standardizzazione: è buona norma usare contenitori standard, riducendo il più possibile il numero di tipologie disponibili.

Il dimensionamento del contenitore può sembrare un'operazione banale o trascurabile ma rappresenta la prima leva su cui agire per ridurre la giacenza media di un *supermarket*, mediante l'utilizzo di contenitori piccoli e standardizzati e la diminuzione del numero di pezzi per contenitore.

### **2.5.5 Vincoli fisici del processo**

Tra i fattori di cui è necessario tener conto nell'implementazione del *kanban* vi sono i vincoli fisici e logistici ai quali il processo a monte è sottoposto; questi possono essere costituiti da:

- Lotti minimi di lavorazione;
- Lotti multipli dovuti alla materia prima;
- Lotti minimi e multipli di trasporto;
- Costo di gestione dell'ordine;
- Giorni di consegna stabiliti.

### **2.5.6 Il cartellino *kanban***

Una volta ricavate le informazioni illustrate nei paragrafi precedenti, scegliere la politica di gestione più adatta all'articolo e dimensionare il numero di cartellini sarà una conseguenza logica delle scelte effettuate in precedenza. L'ultimo passaggio operativo necessario a completare l'implementazione è quello di creare i cartellini *kanban*, i quali dovranno includere tutte le informazioni precedentemente citate. Moltissimi sono i *layout* e le dimensioni sotto cui si può presentare il cartellino, ognuna delle quali sarà da valutare in funzione del contesto di utilizzo. Nella progettazione però è buona norma tenere a mente poche e semplici regole:

- Individuare le sole informazioni strettamente necessarie al processo fornitore e al cliente;
- Mettere in evidenza le informazioni più importanti, anche tramite l'uso dei colori;
- Sfruttare le immagini per rappresentare le informazioni più complesse o per rendere immediata l'individuazione dell'articolo in oggetto;
- Creare un *layout* semplice, intuitivo e facilmente leggibile;
- Pensare a priori al flusso fisico del cartellino: come verrà stampato, applicato ai contenitori e movimentato.



### **3. KanbanBOX**

Il capitolo è dedicato alla presentazione di KanbanBOX, l'applicativo web specializzato nella gestione dei materiali con *kanban* elettronico, impiegato in Unimec Srl per dimensionare ed implementare il sistema *kanban* e le logiche di sincronizzazione dei processi produttivi in logica *pull*. In primis verrà presentata l'azienda ed il concept della piattaforma, per poi passare ad una descrizione più dettagliata sul funzionamento del *kanban* elettronico ed i suoi vantaggi. Sarà introdotta l'interfaccia, il funzionamento del software e le caratteristiche principali che lo rendono uno strumento semplice da usare, tecnologicamente avanzato e all'avanguardia. La presentazione dell'app KanbanBOX è finalizzata a rendere familiare il lettore con lo strumento utilizzato e a rendere maggiormente comprensibile il lavoro condotto in Unimec.

### 3.1 L'azienda

KanbanBOX S.r.l. nasce nel 2011 a Vicenza da un'idea di tre giovani ingegneri gestionali: Matteo Biagini, Guido Bonuzzi e Francesco Dall'Oca. I tre, con un background sviluppato nell'ambito della consulenza organizzativa, fondano nel 2010 Sintesia S.r.l., società di consulenza che supporta i propri clienti nella trasformazione dei processi produttivi, tecnici e informativi sulla base delle metodologie della *Lean Organization* e, successivamente, decidono di creare KanbanBOX per venire incontro alle esigenze dei propri clienti riscontrate con l'esperienza sul campo.

Fin dal principio KanbanBOX riscuote notevole successo ed in pochi mesi dallo sviluppo della piattaforma inizia a raccogliere i primi clienti nel nord Italia, per poi espandersi rapidamente in tutta Italia, diffondendosi successivamente anche in Europa e in Nord-America. Oggi l'azienda vanta una rete globale di aziende *Lean* presenti in 36 paesi nel mondo, che conta più di 2100 *plant*, con oltre quattordicimila utenti attivi e più di un milione di ordini al mese.

L'azienda è attualmente composta da un *team* di 30 persone, tutte diverse per età, esperienza, competenze, ognuna qualificata nel proprio specifico ambito: dalla consulenza, allo sviluppo software, al marketing. Si tratta di una realtà in forte sviluppo: a dimostrarlo è il fatturato che ha registrato una crescita costante negli ultimi anni, nonché la veloce espansione del network di imprese presenti in KanbanBOX. L'attenzione ed il supporto verso il cliente, la passione e l'innovazione che guidano l'operato dell'azienda sono i fattori che rendono KanbanBOX una realtà sempre più globale e di successo.<sup>32</sup>

### 3.2 La piattaforma

KanbanBOX è una piattaforma web che agevola le imprese nella gestione dei flussi di materiali, sia all'interno che all'esterno dell'organizzazione, sulla base delle principali metodologie *Lean*, tra cui possiamo annoverare il *kanban*, il *Just in Time*, l'*Heijunka* ed il *Milk Run*<sup>33</sup>.

Grazie alla sua natura basata su cloud, il software non necessita di alcun tipo di installazione sul server, rendendolo così facilmente accessibile. È anche per tale ragione

---

<sup>32</sup> <https://www.kanbanbox.com/it/manifesto/>. Data consultazione: 27/09/23

<sup>33</sup> Il "*Milk Run*" è una pratica logistica utilizzata in ambito industriale e di gestione della *supply chain*. Si tratta di un metodo di distribuzione o di raccolta di materiali che mira a ottimizzare il trasporto e la consegna di merci da e verso una serie di fornitori o destinazioni diverse.

che esso permette di estendere il *kanban* oltre i confini organizzativi, consentendo alle aziende di collegarsi in rete con i propri clienti e fornitori per gestire approvvigionamenti e vendite a *kanban*, nonché i flussi informativi lungo tutta la filiera.<sup>34</sup>

In particolare, KanbanBOX offre un concetto innovativo di *kanban*: il *kanban* elettronico o *e-kanban* e supporta le aziende in tutte le fasi del ciclo di vita del *kanban*, tra cui:

- L'implementazione iniziale, dedicata alla raccolta di informazioni ed al corretto dimensionamento del sistema;
- La stampa dei cartellini fisici;
- La gestione elettronica del consumo e del ripristino dei contenitori mediante l'utilizzo di scansioni barcode o di altre tecnologie più avanzate come l'RFID;
- La trasmissione di informazioni chiare e trasparenti ai fornitori per ottimizzare la comunicazione lungo la *supply chain*;
- La pianificazione di azioni manutentive del *kanban* in tempo reale basate sui consumi storici monitorati dalla piattaforma al fine di mantenere costante nel tempo l'efficienza del sistema.

KanbanBOX supporta sia processi interni tramite *kanban* di produzione e di movimentazione, sia processi esterni all'azienda con i *kanban* di acquisto e vendita, paragrafo 2.3.5. Il software possiede tutte le caratteristiche necessarie per essere considerato uno strumento unico ed integrato che permette la connessione in tempo reale di tutta la catena di approvvigionamento dell'azienda, favorendo una comunicazione bidirezionale tra le fasi a monte e le fasi a valle del processo.

### **3.3 Il *kanban* elettronico**

Il *kanban* elettronico è uno strumento che combina le logiche del tradizionale sistema manuale *kanban*, con la gestione elettronica delle informazioni legate al cartellino ed il relativo segnale di ripristino. L'*e-kanban* fu introdotto per rafforzare il sistema tradizionale e contrastare quelle debolezze che lo caratterizzavano, prime tra tutte il rischio di perdita dei cartellini durante gli spostamenti tra stabilimenti dei fornitori o nelle movimentazioni interne e la difficoltà nell'estensione del sistema.

---

<sup>34</sup> <https://www.kanbanbox.com/it/ekanban/>. Data consultazione: 6/10/23.

La logica di funzionamento è la medesima del *kanban* tradizionale ma, in un sistema di *kanban* elettronico, ad ogni cartellino fisico è associato un alter ego digitale. Il cartellino fisico, che viaggia con il contenitore, rimane comunque essenziale per un corretto funzionamento della gestione *kanban*. Le informazioni presenti sul cartellino elettronico, ovvero tutte quelle necessarie al corretto ripristino del materiale consumato, sono le stesse del *kanban* tradizionale. In aggiunta alle informazioni basilari è presente il codice ID, sottoforma di codice a barre; si tratta di un codice univoco associato a ciascun cartellino che permette di identificarlo e visualizzarlo nella piattaforma KanbanBOX e che viene rigenerato automaticamente nel momento in cui un contenitore viene consumato.

Mediante una semplice scansione del codice a barre del cartellino tutte le informazioni legate al consumo e al ripristino dei materiali viaggiano attraverso il sistema informativo in formato digitale, in maniera veloce ed affidabile, mantenendo una rintracciabilità totale e abilitando visibilità e controllo su tutto il processo, sia in produzione sia lungo l'intera *supply chain*.

### **3.4 Vantaggi del *kanban* elettronico**

In un sistema *kanban* la fisicità è il punto di forza, ma presenta alcune problematiche che emergono in fase di estensione del sistema. La crescente complessità che ne deriva fa sì che i benefici reali ottenuti si discostino dai benefici potenziali attesi. Mediante l'adozione del sistema *e-kanban* è possibile superare quei limiti che affliggono il sistema tradizionale, tra questi:

- La comunicazione. L'aumento di complessità aumenta le problematiche di comunicazione tra cliente e fornitore, quali: tempi persi nella gestione dei cartellini cartacei, trasmissione lenta e non affidabile delle informazioni, mancanza di feedback da parte dei fornitori, perdita di cartellini ed errori di gestione non intercettati;
- La manutenzione. Il dimensionamento *kanban* deve essere regolarmente mantenuto al variare dei consumi e delle condizioni operative. La manutenzione eseguita in modo tradizionale va incontro a problematiche dovute all'elevato costo della stessa, non solo in termini monetari ma anche in termini temporali, che si tramutano in uno scarso aggiornamento nel dimensionamento dei cartellini;

- La gestione dei dati. Il sistema *kanban* è generalmente implementato da un *team* aziendale con strumenti quali Excel o Access con conseguente rischio di perdita dei dati e degli standard di dimensionamento, difficoltà nel dare accesso ai dati a tutte le persone coinvolte, difficoltà nel far diventare la gestione *kanban* un sistema aziendale condiviso.

Oltre a superare le criticità esposte, la gestione dei materiali a *kanban* elettronico offre diversi vantaggi operativi quali:

- Eliminazione dei tempi necessari alla trasmissione delle informazioni con conseguente diminuzione dei *lead time* e delle scorte;
- Riduzione drastica della possibilità di smarrimento dei cartellini durante gli spostamenti;
- Maggior visibilità e trasparenza del flusso di materiali all'interno dell'azienda e lungo tutta la *supply chain*;
- Analisi tempestiva di anomalie quali ritardi nella fornitura o esaurimento delle scorte;
- Monitoraggio costante di indicatori di controllo delle performance, tracciabilità dei consumi e della rotazione dei materiali;
- Manutenzione rapida, frequente e precisa;
- Riduzione del tempo di implementazione e facilità di espansione del sistema *kanban* in azienda;
- Consolidamento dei dati relativi al sistema *kanban* aziendale in uno strumento unico, dedicato e condiviso che promuove la sostenibilità del sistema nel tempo;
- Possibilità di connettere il sistema *kanban* ad altri software, quali ERP, WMS e MES, al fine di automatizzare lo scambio di dati e ridurre i flussi informativi;
- Estensione dell'utilizzo delle logiche *kanban* lungo l'intera filiera di fornitura mediante uno strumento unico ed integrato che facilita la trasmissione delle informazioni in tempo reale;
- Possibilità di visualizzare lo stato della giacenza in qualsiasi momento, su un qualsiasi dispositivo, mediante la lavagna elettronica.

### 3.5 Il processo e-kanban

Andando a simulare il processo cliente-fornitore, è possibile riassumere in Figura 3.1 una rappresentazione chiara delle procedure di consumo, riordino e riempimento del *supermarket* tramite *e-kanban*:

1. Come nel *kanban* tradizionale, il ripristino della giacenza è innescato allo svuotamento di un contenitore;
2. Quando l'intero contenitore è consumato, l'operatore rimuove il cartellino ed effettua la lettura barcode. KanbanBOX recepisce l'informazione relativa al consumo e, se sono verificate le condizioni di riordino, invia un ordine di ripristino in tempo reale al fornitore;
3. La fase a monte visualizza nella lavagna di KanbanBOX i cartellini consumati e attiva la produzione nel rispetto delle condizioni definite dal *kanban*;
4. Una volta che l'ordine è stato prodotto, il fornitore stampa il cartellino, che sarà caratterizzato da un nuovo codice ID, e lo attacca sul contenitore ripristinato. Infine, procede con la spedizione;
5. Il cliente riceve il contenitore ed effettua la lettura barcode per registrare la disponibilità del materiale a *supermarket*.

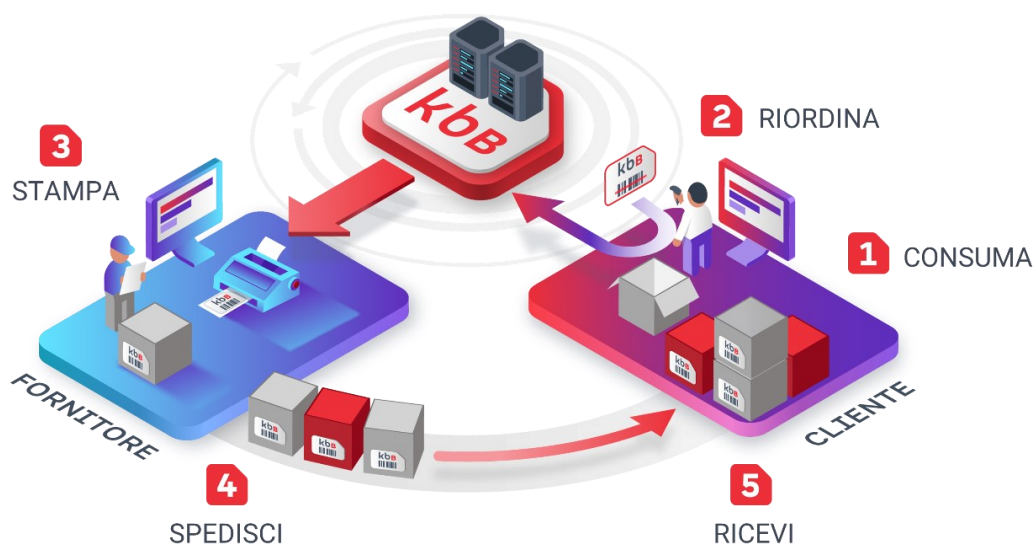


Figura 3.1 - Il processo e-kanban

Risulta immediatamente chiaro il vantaggio offerto dalla gestione elettronica, che rende il processo più semplice, reattivo e, per usare un termine amato nella filosofia *Lean*, *Poka-yoke*, a prova di errore. Il processo così descritto è caratterizzato da un forte

coinvolgimento dell'operatore, al quale viene chiesto di effettuare poche e semplici operazioni, tra cui: le dichiarazioni dei cartellini attraverso dispositivi di facile utilizzo quali comuni lettore barcode, telefoni o terminali, la stampa dei cartelli ed il corretto posizionamento degli stessi sul contenitore. Mediante la formazione ed il coinvolgimento diretto si rendono gli operatori responsabili del processo.

### 3.6 La lavagna KanbanBOX

Uno degli strumenti più importanti presenti in KanbanBOX è la lavagna (Figura 3.2); si tratta di uno strumento che permette di visualizzare lo stato dei materiali in tempo reale lungo tutta la *supply chain*, tramite l'uso di grafiche, colori ed indicatori visuali. Ad ogni cartellino fisico è associato una copia digitale visibile in lavagna e, ad ogni stato in cui si trova il materiale corrisponde una colorazione differente del cartellino.

In lavagna, ogni riga definisce un singolo e univoco legame *kanban*. In KanbanBOX per legame si intende un flusso di cartellini caratterizzato da: un articolo componente e dalla coppia univoca cliente-fornitore. In particolare, è possibile vedere le informazioni di dettaglio di ogni legame nel riquadro grigio di intestazione.

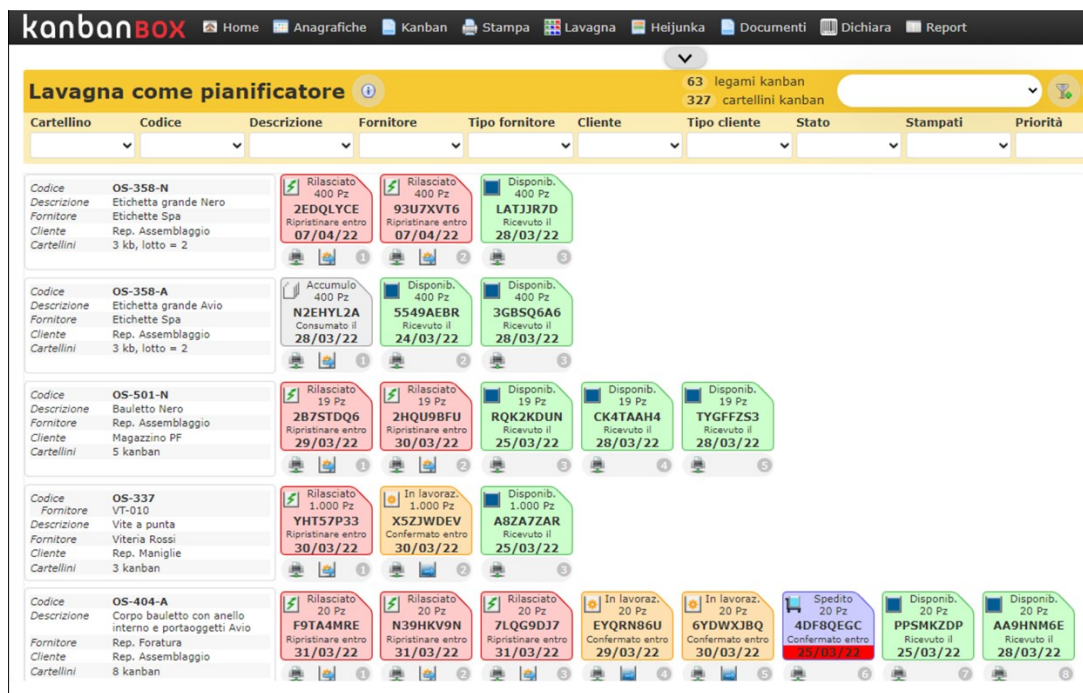


Figura 3.2 - La lavagna elettronica KanbanBOX

KanbanBOX offre tra lavagne:<sup>35</sup>

1. La lavagna come fornitore: per accedere alla lavagna elettronica lato fornitore e gestire gli ordini dei clienti. Qui sono visibili i legami di cui si è fornitori, ordinati per mostrare per primi quelli con cartellini in stato “rilasciato” con data di ripristino più vicina o prossima;
2. La lavagna come cliente: per accedere alla lavagna elettronica lato cliente e gestire gli ordini verso i fornitori. Qui sono visibili i legami di cui si è clienti, ordinati per mostrare per primi quelli con cartellini in stato “vuoto”;
3. La lavagna come pianificatore: per avere una visione d'insieme dei flussi di materiale. Qui sono visibili i legami di cui si è sia clienti sia fornitori, ordinati per rendere più visibili quelli modificati di recente.

È possibile modificare ulteriormente la lavagna creando dei filtri personalizzati al fine di visualizzare e monitorare specifici flussi di interesse; si può intervenire su molteplici parametri per filtrare la lavagna caratteristici del cartellino, del componente, del cliente e fornitore, del legame *kanban* e del contenitore.

### 3.7 Stati del *kanban* elettronico

KanbanBOX utilizza l'approccio visivo caratteristico del pensiero *Lean*, visualizzando i cartellini con specifici colori a seconda del punto del processo di approvvigionamento in cui si trova il materiale corrispondente. Gli stati dei cartellini disponibili nella piattaforma, visibili in Figura 3.3, sono:<sup>36</sup>

- Rilasciato. Il contenitore è stato svuotato e deve essere ripristinato;
- In lavorazione. Il fornitore ha preso in carico l'ordine e inizia a processarlo;
- Prodotto. Il componente da ripristinare è stato prodotto, ma si trova ancora dal fornitore;
- Spedito. Il fornitore informa che il contenitore da ripristinare è stato spedito al cliente;
- Disponibile. Il contenitore è arrivato a destinazione ed è disponibile per il consumo.

---

<sup>35</sup> <https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360012521960-La-Lavagna-kanban>.

<sup>36</sup> <https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360006520694-Stati-del-Kanban>.





Figura 3.3 - Gli stati dei cartellini kanban

Non tutti gli stati devono necessariamente essere utilizzati, ma è possibile scegliere quali adottare sulla base della tipologia e della complessità del processo da gestire. Gli stati “rilasciato” e “disponibile”, in carico al cliente, di colore rispettivamente rosso e verde, sono i più importanti nonché indispensabili. Le dichiarazioni intermedie, dal lato fornitore, sono facoltative ma il loro corretto utilizzo permette una comunicazione trasparente e una maggior visibilità sull'intero flusso di materiali, evitando chiamate, mail e telefonate che non creano valore.

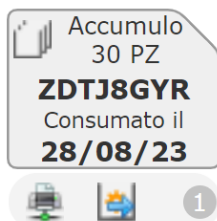


Figura 3.4 - Lo stato di "accumulo"

Tra gli stati in cui è possibile visualizzare un cartellino in lavagna vi è l'“Accumulo”. Un *kanban* entra nello stato “accumulo”, Figura 3.4, nel caso in cui la politica di gestione impostata sia a “lotto di cartellini” e, nel momento del rilascio, non sia stato ancora raggiunto il numero di cartellini rilasciabili necessario per il rilascio effettivo. Lo stato di accumulo è gestito automaticamente da KanbanBOX;

il *kanban* esce dallo stato accumulo per diventare rilasciato solamente nel momento in cui viene raggiunto il numero di *kanban* rilasciabili necessario.

Ciascun cartellino visualizzato in lavagna, Figura 3.5, presenta le informazioni circa:

- Lo stato del materiale;
- Il numero di pezzi presente per ciascun contenitore;
- Il codice alfanumerico a otto cifre identificativo di ciascun cartellino;

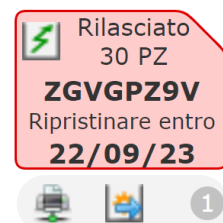


Figura 3.5 - Il cartellino kanban nella lavagna elettronica

- La data entro la quale il fornitore deve ripristinare il componente nel caso di un cartellino in stato “rilasciato” o la data in cui il componente è stato ricevuto in caso di cartellino “disponibile”.

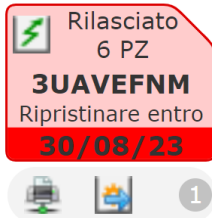
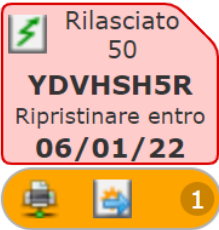
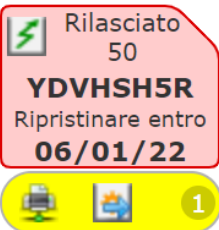


Figura 3.6 - Cartellino kanban “scaduto”

La data di ripristino è calcolata sulla base del *lead time* caratteristico del legame definito in fase iniziale; nel caso in cui un cartellino non sia ripristinato entro il termine previsto, la data viene automaticamente evidenziata con un colore più scuro per segnalare il ritardo (Figura 3.6).

Inoltre, sui cartellini è possibile effettuare diverse azioni e attivare *alert* specifici, ognuno dei quali produrrà un effetto sul modo in cui il cartellino è visualizzato in lavagna. Di seguito sono proposte alcune azioni e le grafiche con cui si presentano.

| Stato              | Grafica   | Descrizione  |
|--------------------|---|--|
| <b>Cambio dati</b> | <p>Figura 3.7 - Cartellino kanban con modifica dati</p> | <p>Il punto esclamativo rosso evidenzia i cartellini che hanno subito la modifica di un dato (es. codice articolo, fornitore, quantità per <i>kanban</i>...) e che quindi differiscono dai parametri standard impostati per il legame. Di norma, questi cartellini vengono riallineati al primo svuotamento successivo. Ma è possibile forzare l’allineamento del cartellino in qualsiasi momento.</p> |
| <b>Bloccato</b>    | <p>Figura 3.8 - Cartellino kanban bloccato</p>          | <p>Dal pop-up che si apre cliccando su ciascun cartellino è possibile bloccare il cartellino, inserendo una motivazione quando si vuole che non venga utilizzato o reso disponibile, ad esempio per problemi di qualità. Il cartellino bloccato viene sottolineato da una riga rossa.</p>  |

| Stato                   | Grafica   | Descrizione   |
|-------------------------|---|---|
| <b>Rottura di stock</b> |  <p>Figura 3.9 - Cartellino kanban in rottura di stock</p> | È possibile impostare il cartellino in rottura di stock, ad esempio per comunicare al cliente che il cartellino non è al momento ripristinabile per mancanza di materie prime o componenti. Il cartellino viene sottolineato da una riga arancione. |
| <b>Urgente</b>          |  <p>Figura 3.10 - Cartellino kanban con urgenza</p>        | Permette di segnalare un'urgenza al fornitore impostandola dal pop-up del cartellino. Il cartellino con priorità viene sottolineato da una riga gialla.   |

### 3.8 Gli ordini *Synchro*

Gli ordini *Synchro* sono degli ordini non gestiti a *kanban*: il consumo di un contenitore associato a un cartellino *Synchro*, infatti, non richiama automaticamente nessun nuovo ordine di ripristino al fornitore, ma si esaurisce in un unico ciclo di approvvigionamento.<sup>37</sup>

In KanbanBOX gli ordini *Synchro* vengono utilizzati per:

- Sincronizzare i processi con logiche di *pull* sequenziale;
- Gestire gli ordini chiusi a commessa caricati da sistemi esterni come l'MRP;
- Sopperire a picchi di consumo o situazioni anomale su materiali.

I cartellini *Synchro* possono essere creati manualmente dalla piattaforma, mediante l'importazione di un file Excel nel caso di importazioni massive di ordini, oppure possono essere generati automaticamente dall'integrazione tra KanbanBOX ed un sistema esterno tramite chiamata API.

<sup>37</sup> <https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360021182314-Ordini-Synchro>. Data consultazione: 21/10/23.

I cartellini dei legami *Synchro* seguono un ciclo di vita differente rispetto agli usuali cartellini *kanban*:

- I cartellini *Synchro* una volta consumati non generano un nuovo ordine al fornitore e scompaiono dalla lavagna. Quando tutti i cartellini del legame sono stati consumati, il legame *Synchro* non è più visibile in lavagna;
- I *kanban Synchro* sono contraddistinti dall'angolo in alto a destra colorato (Figura 3.11), ciò permette di evidenziare la gestione differente e di renderli visibili in lavagna. Inoltre, nella testata del legame *Synchro* alla voce “Cartellini” sarà indicato questo tipo di legame con il termine *Synchro*;
- È possibile avere una visuale di tutti i legami *Synchro* in lavagna impostando su *Synchro* il filtro “Gestione”;
- La data richiesta è selezionabile in fase di creazione dei cartellini *Synchro*. Di default KanbanBOX propone una data calcolata in base al *lead time* inserito nel legame, ma può essere modificata inserendone una precedente o successiva.

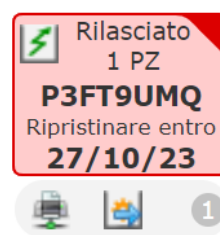


Figura 3.11 - Cartellino *kanban Synchro*

### 3.9 Il sequenziatore

Il sequenziatore (Figura 3.12) è il modulo KanbanBOX che permette, all'interno di un reparto, di assegnare alle risorse del reparto i cartellini *kanban* rilasciati e in lavorazione, ottimizzando la sequenza produttiva di ogni singola risorsa e fornendo all'operatore un'interfaccia per visualizzare i cartellini assegnati alla propria risorsa.<sup>38</sup>

| Cella Assemblaggio 1       |           |            |       |                |                    |          |         | Cella Assemblaggio 2       |           |            |       |                |                    |          |         |
|----------------------------|-----------|------------|-------|----------------|--------------------|----------|---------|----------------------------|-----------|------------|-------|----------------|--------------------|----------|---------|
| Codice                     | Data Ric. | Cartellino | Q.ta  | T. di lav. (m) | T. lav. cumul. (h) | Stato    | Flag    | Codice                     | Data Ric. | Cartellino | Q.ta  | T. di lav. (m) | T. lav. cumul. (h) | Stato    | Flag    |
| Rep. Assemblaggio OS-501-N | 29/04     | Y28EC3VL   | 19 Pz | 190 m          | 3.2 h              | [Yellow] | [Icons] | Rep. Assemblaggio OS-501-R | 29/04     | Y5FCNB24   | 18 Pz | 180 m          | 3 h                | [Yellow] | [Icons] |
|                            | 29/04     | WT9A33T4   | 19 Pz | 190 m          | 6.3 h              | [Yellow] | [Icons] | 10/05                      | SZMAE3LM  | 1 Pz       | 10 m  | 3.2 h          | [Red]              | [Icons]  |         |
| Rep. Assemblaggio OS-501-A | 11/05     | 5DH7TS7N   | 31 Pz | 310 m          | 11.5 h             | [Red]    | [Icons] | 02/05                      | N3NP7KBK  | 18 Pz      | 180 m | 6.2 h          | [Red]              | [Icons]  |         |
|                            | 02/05     | 4P3XFAXG   | 31 Pz | 310 m          | 16.7 h             | [Red]    | [Icons] | 02/05                      | E46XKSHD  | 18 Pz      | 180 m | 9.2 h          | [Red]              | [Icons]  |         |
|                            | 02/05     | 8NS9NQNV   | 31 Pz | 310 m          | 21.8 h             | [Red]    | [Icons] | 02/05                      | DPQAAJF4  | 18 Pz      | 180 m | 12.2 h         | [Red]              | [Icons]  |         |

Figura 3.12 - Sequenziatore di produzione

All'interno del reparto, ogni macchina ha la propria sequenza di produzione. Ogni legame è preassegnato ad una risorsa, in modo che i cartellini possano essere sequenziati di

<sup>38</sup> <https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/4413943842066-Sequenziatore>. Data consultazione: 21/10/23.

default in logica FIFO. L'obiettivo è creare un processo di sequenziamento che funzioni automaticamente, sul quale intervenire manualmente solo in caso di effettivo bisogno.

Possono essere sequenziati:

- Cartellini *kanban* che sono stati rilasciati in KanbanBOX;
- Ordini chiusi (cartellini *Synchro*) che possono essere caricati in KanbanBOX tramite un file Excel o automaticamente dall'ERP.

È possibile intervenire per modificare la sequenza attraverso un sistema *drag and drop* per spostare un cartellino da una risorsa a un'altra o per cambiarne la posizione all'interno della stessa risorsa, come evidenziato in Figura 3.13. In questo modo il production planner è in grado di rivedere la schedulazione delle attività effettuata in automatico, pianificare la capacità del centro, gestire le priorità di lavorazione e intervenire sulla sequenza in base a predeterminate logiche di aggregazione delle lavorazioni. Lo strumento aiuta nelle attività ordinarie di pianificazione della produzione e permette di efficientare la comunicazione tra ufficio pianificazione e reparti, ma non ragiona come un più avanzato schedatore di produzione e non evita la pianificazione a monte della produzione.

The screenshot shows the KanbanBOX interface with two panels for assembly cells. The left panel is titled 'Cella Assemblaggio 1' and the right panel is 'Cella Assemblaggio 2'. Both panels display a table of kanban cards with columns for Code, Date Rec., Kanban ID, Quantity, Processing Time, Cumulative Time, Status, and Flag. The interface includes a search bar and a filter dropdown at the top right.

| Cella Assemblaggio 1       |           |            |       |                |                  |         |         |
|----------------------------|-----------|------------|-------|----------------|------------------|---------|---------|
| Codice                     | Data Ric. | Cartellino | Q.ta  | T. di lav. (m) | T. lav. cum. (h) | Stato   | Flag    |
| Rep. Assemblaggio OS-501-N | 29/04     | Y28EC3VL   | 19 Pz | 190 m          | 3.2 h            | [Icona] | [Icona] |
|                            | 29/04     | WT9A33T4   | 19 Pz | 190 m          | 6.3 h            | [Icona] | [Icona] |
| Rep. Assemblaggio OS-501-A | 11/05     | 5DH7TS7N   | 31 Pz | 310 m          | 11.5 h           | [Icona] | [Icona] |
|                            | 02/05     | 4P3XFAFG   | 31 Pz | 310 m          | 16.7 h           | [Icona] | [Icona] |
| Rep. Assemblaggio OS-501-R | 02/05     | N3NP7KBK   | 18 Pz | 180 m          | 12.2 h           | [Icona] | [Icona] |
| Rep. Assemblaggio OS-501-A | 02/05     | 8NS9NQNV   | 31 Pz | 310 m          | 21.8 h           | [Icona] | [Icona] |

| Cella Assemblaggio 2       |           |            |       |                |                  |         |         |
|----------------------------|-----------|------------|-------|----------------|------------------|---------|---------|
| Codice                     | Data Ric. | Cartellino | Q.ta  | T. di lav. (m) | T. lav. cum. (h) | Stato   | Flag    |
| Rep. Assemblaggio OS-501-R | 29/04     | Y5FCNB24   | 18 Pz | 180 m          | 3 h              | [Icona] | [Icona] |
|                            | 10/05     | SZMAE3LM   | 1 Pz  | 10 m           | 3.2 h            | [Icona] | [Icona] |
|                            | 02/05     | E46XKSHD   | 18 Pz | 180 m          | 6.2 h            | [Icona] | [Icona] |
|                            | 02/05     | DPQAAJF4   | 18 Pz | 180 m          | 9.2 h            | [Icona] | [Icona] |

Figura 3.13 - Sistema drag and drop per modificare la vista del sequenziatore

Può essere inoltre personalizzato l'aspetto della sequenza, in base alle esigenze specifiche del reparto o sulla base delle informazioni necessarie da comunicare all'operatore per effettuare la lavorazione. In particolare, è possibile definire: quali campi visualizzare nel sequenziatore, in quale ordine visualizzare i campi, la larghezza dei campi visualizzati ed il formato delle date.

### 3.10 Il multiprocesso

All'interno delle funzionalità specifiche di KanbanBOX rientra il *kanban* multiprocesso. Questa particolare funzione permette di mettere in relazione due o più legami *kanban* e trova principalmente due contesti di applicazione:<sup>39</sup>

- *Kanban* con più fasi di lavorazione. La seguente casistica fa riferimento a processi di ripristino che coinvolgono più fasi di produzione; nel caso in esame, il rilascio di un cartellino *kanban* attiva più attori del processo di fornitura e coordina il flusso dei materiali attraverso le differenti operazioni del ciclo (Figura 3.14);
- *Pull* sequenziato e preparazione di kit di componenti. Mediante il *kanban* multiprocesso è possibile implementare il *pull flow* dei materiali sincronizzando diversi reparti o diversi processi in logica *pull* sequenziale, rendendo superflua la presenza di buffer o disaccoppiamenti tra le fasi del processo produttivo. Nel caso in esame, i cartellini a monte sono rilasciati seguendo la sequenza di produzione a valle.

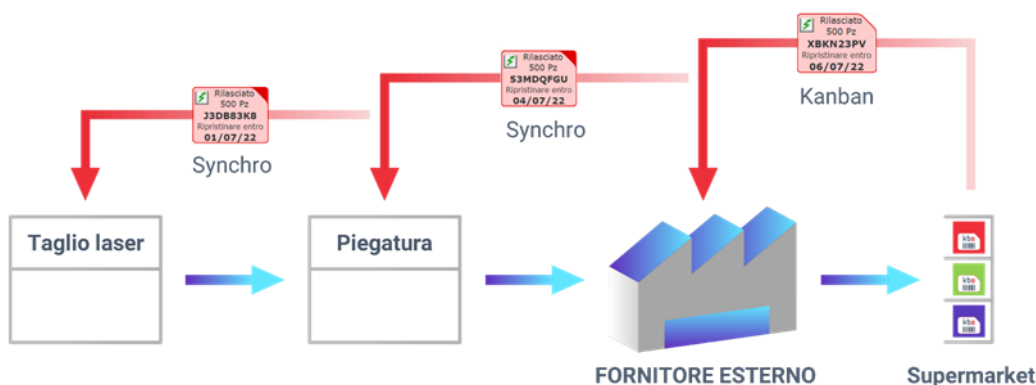



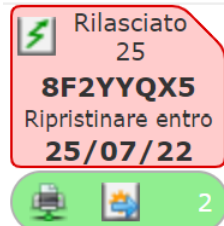
Figura 3.14 - Logica kanban in un processo con più fasi di lavorazione

Analizzando nel dettaglio il funzionamento del multiprocesso rappresentato in figura, si avrà un processo caratterizzato da più legami *kanban* collegati in sequenza. Al rilascio di un cartellino a valle, si attiva automaticamente il rilascio di un cartellino *kanban Synchro* nella fase a monte. Il legame più a valle del processo prende il nome di *kanban* padre, mentre il legame a monte rappresenta il *kanban* figlio. Come spiegato nel paragrafo precedente, il legame figlio avrà un ciclo di vita unico; ciò significa che, una volta che il

<sup>39</sup> <https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360020968694-II-kanban-multiprocesso>. Data consultazione: 21/10/23.

materiale viene ripristinato, non verrà richiamato nessun nuovo ordine di ripristino al fornitore. I cartellini collegati tra loro in logica multiprocesso dovranno essere ripristinati nell'ordine da monte verso valle, seguendo il naturale flusso fisico del processo.

Lo stato del *kanban* multiprocesso indica se il cartellino padre può essere lavorato oppure no, in base alla disponibilità dei cartellini figli. Il cartellino padre della relazione multiprocesso può essere nei seguenti stati:

| Stato            | Grafica  | Descrizione   |
|------------------|--|---|
| <b>In attesa</b> |  <p><i>Figura 3.15 - Kanban in attesa</i></p> | <p>Il cartellino padre è in attesa che tutti i cartellini figli siano disponibili. Significa che almeno un cartellino figlio non è ancora stato dichiarato “Disponibile”.</p> <p>Un cartellino in attesa può essere dichiarato “In lavorazione” ma non può essere dichiarato “Prodotto”, “Spedito” o “Disponibile”.</p> |
| <b>Pronto</b>    |  <p><i>Figura 3.16 - Kanban pronto</i></p>  | <p>Il cartellino padre è lavorabile in quanto tutti i cartellini figli sono stati prodotti. Significa che tutti i cartellini figli sono stati dichiarati in stato “Disponibile”.</p>  |





## **4. Unimec S.r.l.: l'azienda**

All'interno del capitolo è presentata nel dettaglio l'azienda oggetto del progetto di consulenza organizzativa: Unimec S.r.l..

Fondata nel 1992, l'azienda con sede a San Martino Buon Albergo (VR) ha raggiunto oltre tre decenni di esperienza nel settore e ha stabilito partnership strategiche con importanti aziende del territorio che l'hanno portata a guadagnare una solida reputazione nell'ambito degli assemblaggi meccanici conto terzi.

Nel capitolo viene analizzato il core business di Unimec, segue un approfondimento sulla sua storia, il fatturato, il mercato in cui opera e i principali clienti e prodotti, per concludere con la presentazione dei tre stabilimenti produttivi, ciascuno con ruoli distinti all'interno dell'organizzazione.

Un focus particolare sarà posto sulla collaborazione con un'importante azienda di produzione di macchinari per il taglio laser, alla quale Unimec dedica due linee produttive, il cui efficientamento sarà tema dell'elaborato.

#### 4.1 Core business

L'azienda Unimec S.r.l. nasce nel 1992 e si occupa di assemblaggio meccanico conto terzi, focalizzandosi in particolar modo nel settore dell'industria meccanica-manufatturiera. Attraverso la sua crescita storica, che l'ha portata ad avere all'attivo 30 anni di esperienza nel settore meccanico e, grazie ad una rete di partner certificata, offre servizi nel campo dell'assemblaggio a tutto tondo.

Fin dai suoi esordi è riuscita a collaborare con importanti aziende del territorio, fattore decisivo nella reputazione dell'azienda stessa, che le ha consentito di imporsi come una realtà affidabile e flessibile, dotata di un *know-how* specialistico in grado di rispondere alle diverse esigenze dei propri clienti. Inoltre, l'ambiente giovane e dinamico volto alla collaborazione con il cliente, le ha permesso di raggiungere i miglioramenti necessari ad ottimizzare il funzionamento completo dei differenti macchinari prodotti. Ad oggi Unimec si rivolge a tutte le aziende che intendono esternalizzare la produzione dando garanzia del rispetto dei tempi di consegna, della qualità e del prezzo richiesti. In Figura 4.1 è riportato il logo aziendale, realizzato in occasione del trentesimo anniversario di attività dell'organizzazione.



Figura 4.1 - Logo di Unimec S.r.l.

Tra i servizi che l'azienda offre al mercato possiamo annoverare:<sup>40</sup>

- Assemblaggi meccanici semplici e complessi;
- Impianti elettrici a bordo macchina;
- Impianti idraulici, oleodinamici e pneumatici;
- Servizio di verniciatura;
- Servizio di deposito e stoccaggio.

---

<sup>40</sup> <https://www.unimecsrl.eu/>. Data consultazione: 26/10/23.

A caratterizzare l'operato dell'azienda vi è un insieme di competenze distintive che l'hanno resa oggi una realtà di spicco del territorio e fanno di Unimec non un semplice fornitore ma un partner nell'*outsourcing*.<sup>41</sup>

Tre sono le parole chiave per descrivere le performance dell'organizzazione:

1. Esperienza. Formata da un *team* consolidato, dalle molteplici qualifiche professionali e volto al miglioramento continuo, Unimec riesce a migliorare con costanza il livello qualitativo offerto, andando incontro ad esigenze del mercato sempre più complesse e sfidanti;
2. Flessibilità. Ogni progetto è seguito da una squadra specializzata, in grado di adattarsi ad ogni problematica grazie ad un'esperienza trentennale e volto alla collaborazione con il cliente;
3. Solidità. Grazie ad un network di fornitori di elevata qualità, Unimec riesce a soddisfare anche la più difficile e complessa problematica di assemblaggio, garantendo ai propri clienti un elevato standard qualitativo.

## 4.2 La storia

La storia societaria di Unimec è alquanto singolare: nasce infatti come reazione a un momento di crisi in seguito al fallimento dell'azienda in cui Franco, Lucio, Paolo, Giuseppe e la moglie Luisa lavoravano, avvenuta ad inizi anni 90. Trovatisi senza più un impiego e con delle famiglie alle spalle da sostenere si dovettero reinventare e decisero di sfidare la sorte fondando una nuova azienda nel 1992, Unimec, di cui l'attuale presidente è Giuseppe. I primi mesi servirono ai soci fondatori per gettare le basi dell'azienda, rimanendo costantemente alla ricerca di clienti in modo da potersi presentare al mercato come una realtà produttiva valida ed affidabile.

Nel maggio dello stesso anno riuscirono infatti a chiudere un primo contratto con Uteco, azienda veronese leader nella produzione di macchine flessografiche, che consentì loro di consolidare la capacità produttiva dell'azienda; collaborare con un nome di spicco del tessuto produttivo della provincia gli permise di annoverare una prima carta vincente all'interno del loro portafoglio.

---

<sup>41</sup> L'*outsourcing* è una pratica aziendale che consiste nell'affidare determinate attività o servizi a terze parti esterne all'azienda al fine di ridurre i costi, migliorare l'efficienza o accedere a competenze specializzate. Questa pratica può coinvolgere una vasta gamma di servizi, tra cui la produzione, la gestione della logistica, il supporto informatico, la contabilità, il customer service e molti altri.

A seguito di questo primo successo la richiesta di lavoro aumentò, fattore decisivo nella prima espansione dell'organico aziendale: nel mese di marzo 1993 i primi tre collaboratori non soci vennero inseriti all'interno dell'azienda per soddisfare il crescente fabbisogno produttivo della stessa.

Non tardarono ad arrivare altre commesse e, viste le nuove assunzioni e la crescente mole di lavoro, Unimec capì di dover ampliare i propri stabilimenti produttivi. Nel 1995 si decise infatti di optare per un primo ampliamento della realtà aziendale con la costruzione di nuovi spazi produttivi in via Meucci 25 a San Martino Buon Albergo.

Passati alcuni anni di duro ma efficace lavoro la reputazione aziendale si rafforzò e una nuova commessa, non di poco conto, giunse alle porte di Unimec. Nel 1998 ebbe così inizio una delle collaborazioni più significative e longeve: il gruppo BLM S.p.a., leader a livello mondiale nella produzione di macchine per taglio laser a controllo numerico, attraverso la controllata Adige S.P.A., presentò i primi ordini di conto lavoro. La relazione tra le due aziende continuò nel corso degli anni, rappresentando di fatto una garanzia per la crescita e lo sviluppo della società.

Un ampliamento dei magazzini si rese necessario nel 2014, mentre nel 2018, nell'ottica di offrire sempre maggiori servizi e di migliorare con costanza la propria performance, l'azienda decise di instaurare una partnership con Top Paint Solution, un'impresa situata a pochi passi dal *plant* di Via Meucci, per gestire una parte del processo produttivo che fino ad allora era rimasta per conto terzi, ovvero quella relativa alla verniciatura delle carpenterie. Ad oggi il solo reparto verniciatura, che conta 4 dipendenti, occupa una superficie di oltre 800 metri quadrati ed ha una capacità produttiva che supera i 950 mila pezzi l'anno. La scelta di internalizzare tale parte del processo produttivo si è dimostrata strategica per la diminuzione dei tempi di evasione degli ordini e per la gestione interna del mix e dei lotti di materiale da verniciare.

La costante espansione di Unimec richiese infine, nel 2019, la realizzazione di un nuovo stabilimento produttivo. La vicinanza al vecchio sito permise infatti di non dismetterlo, ma di integrarlo sinergicamente con la nuova costruzione. Quest'ultima realizzazione costruita secondo i più moderni standard ha comportato un netto miglioramento generale: la possibilità di disporre di un ambiente più ampio, luminoso e confortevole per i lavoratori, ha permesso un efficientamento della logistica interna, una maggiore

disponibilità di superficie per lo stoccaggio dei materiali e la realizzazione di un'area di carico separata della zona produttiva.

L'ingresso in amministrazione di Valentina, la figlia di Giuseppe e Luisa, e di Carlo, figlio di Franco, in veste di Operations manager ha apportato un'aria nuova all'interno dell'azienda, ponendo le basi per la continuità e lo sviluppo futuro della realtà. Proprio grazie a Carlo nel 2022 è nata la sinergia con KanbanBOX e Sintesia per avviare una trasformazione dell'azienda in ottica *Lean* e per sopportare i processi interni, logistici e produttivi, attraverso gli strumenti del *pull system*.

In Figura 4.2 è riportata la linea del tempo che ripercorre sinteticamente gli eventi sopra citati.



Figura 4.2 - Timeline degli eventi salienti della storia di Unimec S.r.l.

### 4.3 Fatturato

Risulta evidente dall'analisi della Figura 4.3 che l'andamento economico in termini di fatturato dell'azienda sia fortemente positivo, con una crescita di tipo esponenziale fin dall'anno della fondazione societaria. L'aumento costante dei ricavi ha permesso all'organizzazione di godere nel tempo di una forte stabilità finanziaria, che le ha consentito non solo di onorare gli impegni salariali verso i dipendenti ma soprattutto di investire nella crescita dell'organizzazione stessa, passando nel breve periodo da una piccola realtà imprenditoriale ad un'azienda riconosciuta nel territorio. Ad oggi il fatturato di Unimec supera i dieci milioni: l'azienda ha registrato nell'anno 2022 un fatturato di 10.109.869 € con una crescita del 10% rispetto all'anno precedente ed un utile che si attesta sui 771 mila euro.

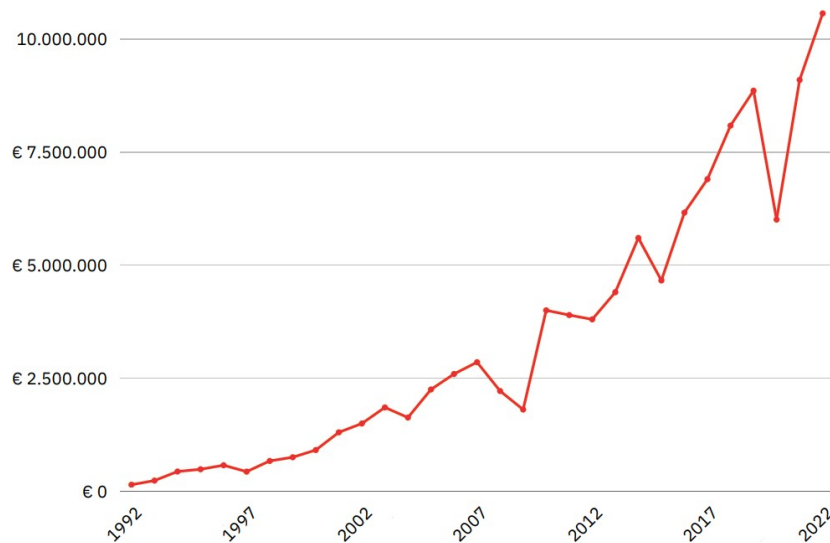


Figura 4.3 - Andamento del fatturato aziendale dal 1992 ad oggi

Ad arrestare la crescita continua dei ricavi troviamo due momenti storici che hanno caratterizzato un periodo di declino dell'economia mondiale ed una sfida per il tessuto produttivo, in particolare la crisi finanziaria del 2007 e 2008 e la pandemia di COVID-19. I due eventi hanno avuto ripercussioni globali e hanno colpito molte economie in tutto il mondo, riportando effetti negativi anche sulle piccole medie imprese locali.

Unimec, nonostante abbia subito le conseguenze negative delle due crisi economiche, grazie alla resilienza che la caratterizza, è riuscita in breve tempo a riportare i livelli di attività alle condizioni originali e a porre le basi per la ripartenza futura.

Il fatturato non è l'unico indicatore che riflette lo sviluppo positivo della realtà scaligera, a confermarlo vi è anche il costante aumento del numero di dipendenti. L'organico aziendale attualmente conta oltre 20 dipendenti, con un ampliamento del 13% rispetto al 2019. Le differenti capacità e le esperienze maturate in ambiti differenti di ciascun collaboratore impiegato nelle varie aree aziendali rendono il gruppo Unimec dinamico, flessibile ed in grado di adattarsi costantemente alle sfide proposte dal mercato.

#### 4.4 Mercato

Unimec S.r.l. è un'azienda specializzata nel settore degli assemblaggi meccanici conto terzi e offre al mercato di riferimento, ossia ad altre aziende che richiedono un'alta precisione e un'esperienza specifica nell'assemblaggio di componenti meccaniche, i propri servizi. L'esternalizzazione di alcune parti dei processi produttivi è una pratica sempre più adottata dalle aziende, che preferiscono affidare determinate attività o servizi

a terze parti esterne all'azienda al fine di ridurre i costi, migliorare l'efficienza o accedere a competenze specializzate. Questo approccio consente alle aziende di concentrarsi sul proprio core business e di beneficiare dell'esperienza e della competenza di provider specialistici.

Da analisi di settore condotte dall'azienda emerge che la richiesta di assemblaggi conto terzi è in largo aumento e che la reputazione di cui gode Unimec sul mercato esterno è ottima. La storia trentennale di successo, la presenza stabile sul mercato ed i risultati ottenuti rappresentano la combinazione di fattori che testimoniano la stabilità e l'affidabilità dell'azienda stessa.

Vengono riportati di seguito in forma sintetica, in Tabella 4.1, i risultati dell'analisi SWOT effettuata dall'azienda al fine di valutare i punti di forza (*Strengths*), le debolezze (*Weaknesses*), le opportunità (*Opportunities*) e le minacce (*Threats*) legate all'andamento dell'organizzazione stessa sul mercato. La SWOT analysis è uno strumento di pianificazione strategica che aiuta le organizzazioni a identificare e valutare in modo completo i fattori interni ed esterni che possono influenzare il loro successo con l'obiettivo di utilizzare tali fattori per sviluppare strategie per sfruttare le opportunità, affrontare le minacce, capitalizzare sui punti di forza e mitigare le debolezze.

Tabella 4.1 - Analisi SWOT per la valutazione dell'ambiente interno ed esterno dell'organizzazione

|                         | Qualità utili al conseguimento degli obiettivi   | Qualità dannose al conseguimento degli obiettivi  |
|-------------------------|--|---|
|                         | <b>PUNTI DI FORZA</b>  | <b>PUNTI DI DEBOLEZZA</b>   |
| <b>Elementi interni</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solidità economica e finanziaria;</li> <li>• <i>Team</i> affiatato e multidisciplinare;</li> <li>• Ambiente giovane e dinamico;</li> <li>• Trentennale esperienza e reputazione sul mercato.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità di rafforzare il <i>team</i> di operatori meccanici in termini numerici in base a lavori <i>prospect</i>;</li> <li>• Necessità di rafforzare il <i>team</i> logistica con l'inserimento di un responsabile di area.</li> </ul> |
|                         | <b>OPPORTUNITÀ</b>   | <b>MINACCE</b>  |
| <b>Elementi esterni</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizzo di nuove tecnologie e digitalizzazione;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercato esterno soggetto a nuovi cambiamenti geopolitici;</li> </ul>   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soddisfazione trend di mercato dell'outsourcing;</li> <li>• Mancanza di personale in grandi aziende di produzione;</li> <li>• Nuovi collaboratori grazie alla collaborazione con le scuole.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancanza di materiale e difficoltà nell'approvvigionamento di componenti elettroniche;</li> <li>• Aziende di carpenteria che si improvvisano assemblatori.</li> </ul> |
|--|---|--|

## 4.5 Clienti

### 4.5.1 Principali clienti e prodotti

Fin dalla sua origine l'azienda ha stretto importanti collaborazioni non solo con le piccole medie imprese del territorio veronese ma, nel tempo, ha espanso la propria offerta ad importanti gruppi operanti in territorio nazionale ed internazionale. La flessibilità dimostrata dall'azienda le ha permesso di collaborare allo stesso tempo con clienti di diverse dimensioni, dalle multinazionali alle piccole attività, servendo ciascuna sulla base delle specifiche esigenze manifestate. Unimec può vantare di aver collaborato con aziende operanti in molteplici settori e tutti tra loro differenti, arricchendo così il proprio portafoglio di competenze distintive multisettoriali che le hanno permesso di accrescere la gamma di servizi specialistici che oggi offre.

Tra i primi clienti con cui Unimec ha lavorato troviamo l'azienda veronese Uteco Converting S.p.A, leader nella produzione di macchinari per l'industria flessografica, per la quale ha curato l'assemblaggio di macchine per la stampa di film plastici destinati all'imballaggio alimentare per oltre quattordici anni. Nel comparto alimentare Unimec ha allargato le sue collaborazioni con il gruppo Sidel, società leader a livello mondiale nella fornitura di macchine, linee complete e servizi destinati al confezionamento di bibite e alimenti, realizzando per loro linee di imbottigliamento ed etichettatura. Tra i clienti di Unimec troviamo l'azienda OMV, produttrice di macchine termoformatrici per lo stampaggio di materie plastiche operante nel settore dell'imbottigliamento, Socomac S.r.l., specializzata nella produzione di sistemi di lavorazione per mami e graniti, Presezzi Extrusion S.p.a, per la quale Unimec assembla rulliere e sistemi automatici per l'incestamento e disincestamento dei profili di alluminio.



#### 4.5.2 Il gruppo BLM S.p.a.

La più importante partnership presente all'attivo nel pacchetto clienti di Unimec è la collaborazione con un'importante azienda di produzione di sistemi per il taglio laser di tubi e di macchine per il taglio a disco di barre e profilati. Si tratta dell'azienda Adige S.p.a., con sede a Levico Terme (TN), la cui fondazione risale agli anni '60.

Dal 1993 Adige è parte del gruppo lombardo BLM S.p.a., attivo a livello mondiale nella produzione di macchine a CNC per la lavorazione del tubo metallico, che comprende sotto di sé tre consociate, corrispondenti ai tre segmenti di business che il gruppo occupa:<sup>42</sup>

- BLM S.p.a. Specializzata nella tecnologia di curvatura di tubi e fili, nella deformazione e nel taglio laser a 5 assi;
- ADIGE S.p.a. Specializzata nella tecnologia di taglio tubi, sia laser che tradizionale;
- ADIGE-SYS S.p.a. Specializzata nella tecnologia di taglio laser lamiera e di taglio e asportazione alle estremità di tubi e barre.

#### 4.5.3 Tecnologia Laser Tube – BLM Group

La gamma di prodotti e servizi che il gruppo BLM S.p.a. offre è pressoché illimitata. Unimec realizza per l'azienda cliente l'assemblaggio degli impianti *Lasertube*, ovvero sistemi di taglio laser 2D e 3D per tubi, barre e profilati, concentrandosi in particolar modo sulle famiglie di prodotto LT7 e LT8.20. Gli impianti presentano una progettazione modulare, che permette al cliente di configurare i macchinari sulla base delle specifiche esigenze produttive, andando ad agire sulla lunghezza del carico e dello scarico e sul lato di prelievo dei componenti “destro” o “sinistro”. In Figura 4.4 è riportata un'immagine dell'impianto LT7.



Figura 4.4 - Tecnologia Lasertube, famiglia di prodotto LT7

<sup>42</sup> <https://www.blmgroup.com/it/chi-siamo>. Data consultazione: 4/11/23.

Ad oggi Unimec presenta due linee dedicate all'assemblaggio degli scaricatori, una per famiglia di prodotto. Lo scaricatore della macchina di taglio laser è la parte del sistema che serve a rimuovere i materiali tagliati o incisi in modo efficiente e sicuro per permettere alla macchina di continuare a operare. Le funzioni principali di uno scaricatore includono la rimozione dei pezzi tagliati e la raccolta dei detriti, evitando così che l'operatore debba entrare manualmente nella zona di lavoro per recuperare i pezzi tagliati, assicurando sicurezza e protezione.

Gli scaricatori LT7 e LT8.20 possono variare in termini di design e funzionalità; per ciascuna famiglia di macchine *Lasertube* è possibile scegliere tra differenti modelli di scaricatore che si differenziano sulla base della lunghezza, che può variare da 4,5 metri del modello LT7 4500 fino a 12,5 metri del modello LT8.20 12500.

In Tabella 4.2 sono riportate le principali differenze tra le due famiglie di prodotto in termini di prestazioni offerte e ambiti di applicazione.

Tabella 4.2 - Confronto tra famiglie di prodotto LT7 e LT8.20

|                                     | <b>Lasertube LT7</b>   | <b>Lasertube LT8.20</b>  |
|-------------------------------------|--|--|
|                                     | <b>LASER</b>   |  |
| <b>Sorgente</b>                     | 3 kW   | Fibra 3-4 kW   |
| <b>Profili lavorati</b>             | Tubi tondi, quadri, rettangoli, sezioni speciali, profili aperti | Tubi tondi, quadri, rettangoli, sezioni speciali, profili aperti       |
| <b>Testa di taglio</b>              | 3D Tube Cutter   | 3D Tube Cutter   |
| <b>Peso supportato</b>              | 23 kg/m  | 40 kg/m  |
| <b>Lavorazioni tubo</b>             | Da 12 a 152,4 mm di diametro                                     | Da 12 a 240 mm di diametro   |
|                                     | <b>CARICO</b>  |  |
| <b>Carico</b>                       | Carico per fascio a barre singole completamente automatico       | Doppio modulo di carico a catene motorizzate per fasci o barra singola |
| <b>Lunghezza minima caricabile</b>  | 1,9 m  | 2,5 m  |
| <b>Lunghezza massima caricabile</b> | 6,5 – 8,5 m  | 6,5 – 8,5 – 12,5 m   |
| <b>Portata di carico fascio</b>     | 5.000 kg   | 5.000 kg   |

|                      | SCARICO  |   |
|----------------------|--|---|
| Caratteristiche      | Tre posizioni programmabili, nastro trasportatore posteriore e banchi di raccolta motorizzati anteriori e posteriori | Tre posizioni programmabili, nastro trasportatore posteriore e banchi di raccolta motorizzati anteriori e posteriori. |
| Lunghezza di scarico | 4,5 – 6,5 – 8,5 m  | 4,5 – 6,5 – 8,5 – 10,5 – 12,5 m   |

#### 4.6 Gli stabilimenti produttivi

L'azienda gode di tre stabilimenti produttivi, ciascuno situato in via Antonio Meucci a San Martino Buon Albergo. Il più recente, inaugurato nel 2019, sorge in via Meucci 22 ed ha una superficie produttiva di oltre 2000 metri quadri; il *plant* rappresenta la sede centrale dell'organizzazione, all'interno del quale sono presenti gli uffici amministrativi e dove la maggior parte della superficie è dedicata ad area di montaggio. In particolare, lo stabilimento è suddiviso nelle aree rappresentate in Figura 4.5:

1. **Linea LT7**: dedicata alla produzione della famiglia di prodotto *Lasertube LT7*;
2. **Linea LT8**: dedicata alla produzione della famiglia di prodotto *Lasertube LT8.20*;
3. **Area premontaggi LT8**: dedicata all'assemblaggio di preassemblaggi complessi destinati alla linea LT8;
4. **Area di montaggio Presezzi**: reparto dedicato all'assemblaggio delle rulliere per profili di alluminio dell'azienda Presezzi Extrusion S.p.a;
5. **Area piccoli assemblaggi**: cella di lavorazione dedicata ai piccoli assemblaggi da banco;
6. **Reparto lavorazioni meccaniche**: area dedicata a rilavorazioni meccaniche o alla preparazione dei componenti di carpenteria;
7. **Area logistica Inbound/Outbound**: zona dedicata al carico, scarico e allo stoccaggio della merce in entrata ed uscita dallo stabilimento.

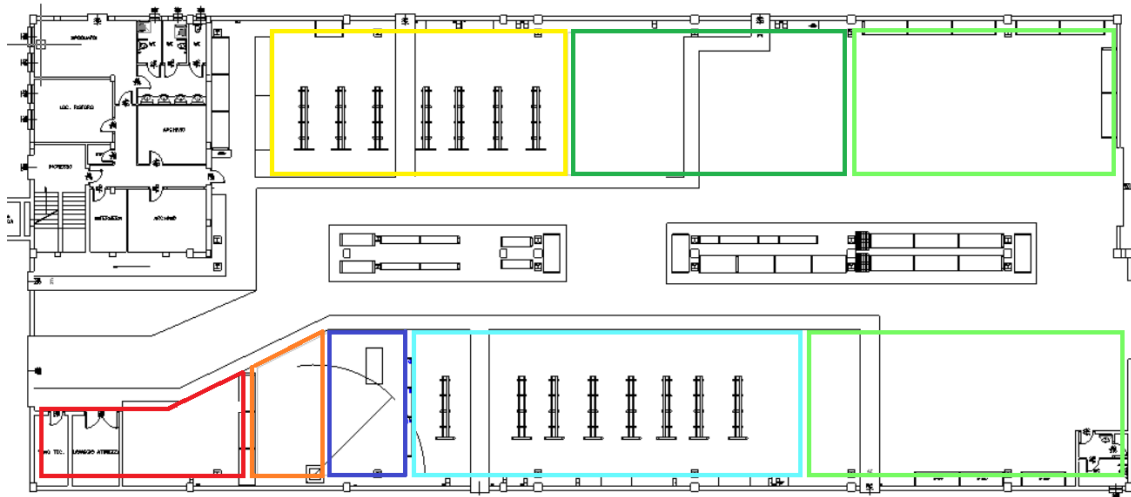


Figura 4.5 - Layout in pianta dello stabilimento produttivo di via Meucci 22

Collocato a pochi metri dallo stabilimento principale vi è il *plant* di via Meucci 25, che occupa una superficie di circa 1500 metri quadri; un tempo storica sede dell'azienda, oggi svolge la funzione di hub logistico. Qui si effettuano le attività di ricezione e stoccaggio temporaneo di componenti di acquisto voluminosi, quali i telai delle macchine, in attesa di essere verniciati e portati in linea. All'interno dello stabilimento è ancora attiva un'area di produzione che permette all'azienda di usufruire di ulteriore spazio di montaggio da dedicare alle commesse più sporadiche o per far fronte a picchi produttivi delle linee dedicate ai clienti chiave dell'organizzazione.

Infine, l'organizzazione può godere dello stabilimento di via Meucci 9, di oltre 800 metri quadri, dedicato al lavaggio ed alla verniciatura delle lamiere e delle carpenterie. L'attività di verniciatura è affidata all'azienda partner Top Paint Solution, la quale ha messo a disposizione di Unimec l'impianto a solvente per la verniciatura dei componenti dedicati all'assemblaggio delle linee Adige S.p.a.

L'ottimizzazione ed il coordinamento dei flussi di materiali tra i vari stabilimenti dell'organizzazione e l'asservimento delle linee produttive *just-in-time* hanno rappresentato una delle sfide cruciali del progetto, nonché tematica dell'elaborato affrontata nei successivi capitoli.

## **5. Introduzione al caso studio Unimec S.r.l.**

Nel capitolo in questione viene presentata in maniera approfondita la situazione aziendale in Unimec Srl prima dell'intervento di Sintesia Srl, meglio nota come stato attuale o *As-Is* in un processo di miglioramento. L'approccio adottato per l'analisi è stato quello del *Value Stream Mapping*, tecnica che si pone l'obiettivo di portare alla luce gli sprechi presenti nei processi produttivi e transazionali, alla quale verrà dedicato particolare spazio nella trattazione. Sequenzialmente si procede con la ricerca della causa radice per ciascuno degli sprechi rilevati, mediante la metodologia dei "5 perché", al fine di trovare la soluzione più opportuna per attaccarli ed eliminarli.

Terminata la prima fase di mappatura del processo vengono presentate le azioni di miglioramento proposte e le relative priorità d'intervento all'interno di un disegno generale coerente con le esigenze dell'azienda emerse.

## 5.1 L'analisi dello stato *As-Is*

Con lo scopo di poter comprendere a pieno i benefici derivanti dall'attuazione del progetto di miglioramento presso Unimec Srl, è essenziale analizzare la situazione aziendale per come si presentava prima dell'intervento.

### 5.1.1 La metodologia adottata: *VSM*

La *Value Stream Mapping* (VSM), traducibile in italiano come “Mappatura del Flusso del Valore”, è una rappresentazione visuale di un processo o di un sistema produttivo che ripercorre il flusso di materiali ed informazioni lungo tutta la catena del valore. La sua funzione principale è quella di analizzare, visualizzare e ottimizzare il flusso di valore all'interno di un'organizzazione, offrendo una visione globale che aiuta a vedere oltre il singolo processo o le specifiche operazioni.

Mappare il flusso del valore significa dunque individuare tutte quelle attività che ne ostacolano la creazione, identificare inefficienze e aree di miglioramento all'interno del processo e far emergere le cause oltre gli sprechi.

La VSM è uno strumento efficace che aiuta a vedere e integrare tre sequenze fondamentali da mappare e ottimizzare, che si sviluppano mentre il prodotto attraversa il flusso di valore<sup>43</sup>:

1. Il flusso dei materiali, ossia la sequenza dei passi di processo che si svolge dalla materia prima fino al prodotto finito verso il cliente;
2. Il flusso delle informazioni, ossia la sequenza dei passaggi di informazione (cosa, quanto, quando produrre) che ritorna dal cliente ai singoli reparti;
3. Il flusso delle persone delle attività, ossia il flusso del personale e delle sottofasi e attività di dettaglio lungo sottoparti di processo.

Affinché la mappatura sia facilmente comprensibile ed analizzabile da tutti, la rappresentazione VSM utilizza simboli standardizzati per rappresentare vari elementi, come operazioni, flussi di materiali, flussi di informazioni, magazzini, trasporti ed altro ancora. I simboli utilizzati per creare la *Value Stream Map*, sono ripresi dal libro

---

<sup>43</sup> GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006, p.6.

“Learning to See: la mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi” di Mike Rother<sup>44</sup>, considerato il testo di riferimento della metodologia.

Esistono due mappe del valore fondamentali:

- *Current State Map*, che definisce la fotografia attuale dei flussi e rappresenta il punto di partenza; si ottiene facendo una fotografia di ciò che si vede e ha come obiettivo visualizzare i principali muda per ogni fase di processo;
- *Future State Map*, che definisce l’obiettivo da raggiungere e viene elaborata interattivamente avvicinandosi sempre più al flusso ideale.

La stesura della VSM costituisce il primo step in assoluto di qualsiasi progetto di trasformazione *Lean*, aiuta a definire l’area d’interesse da dove partire per implementare le tecniche della *Lean Manufacturing* e si configura come uno strumento a supporto della definizione del piano d’azione per il miglioramento.

### 5.1.2 *Current State Map*

La prima indicazione da tenere in mente quando si effettua la mappatura del processo è che la redazione del *Value Stream Mapping* non si esegue in ufficio, ma nel Gemba, ossia il luogo dove avviene la trasformazione, con il gruppo di lavoro. È importante fare affidamento solamente sui dati che vengono misurati e osservati durante il “Gemba walk”: vedere con i propri occhi serve per entrare in contatto diretto con la realtà della situazione specifica, verificando empiricamente dov’è il valore e dove sono gli sprechi.

In Figura 5.1 è offerta una panoramica della mappatura CSM effettuata in Unimec; si è scelto di disegnare il processo avvalendosi di semplici supporti come post-it e fogli elettrostatici, al fine di rendere la mappatura semplice, immediata e garantire il coinvolgimento diretto di tutto il *team* nell’attività. Per maggior chiarezza, ordine e facilità di lettura si è scelto di riportare successivamente la rappresentazione effettuata attraverso lucidi digitali.

Il primo passo è costituito dall’individuazione del prodotto da mappare; nel caso in esame si è scelto di seguire il flusso della macchina di taglio laser: *Lasertube* scarico LT7 4500. Come descritto in precedenza nel paragrafo 4.5.3, si tratta del modello *entry-level* della famiglia di prodotto LT7; la scelta è ricaduta su questo prodotto in particolare poiché il

---

<sup>44</sup> ROTHER, Mike, SHOOK, John. *Learning to See: La Mappatura Del Flusso Del Valore per Creare Valore Ed Eliminare Gli Sprechi*. Vicenza, Istituto Lean Management, 2017.

processo di lavorazione coinvolge gran parte delle fasi produttive in azienda e la domanda annua del prodotto è elevata. Per analogia tra le caratteristiche tecniche dei diversi modelli delle famiglie LT7 e LT8 e per comunanza nei processi logistici, di assemblaggio e di pianificazione caratteristici di entrambe le linee di prodotto, possiamo assumere che la mappatura del flusso effettuata per uno specifico articolo possa essere generalizzata e possa costituire il punto di partenza dell'analisi per i prodotti della tecnologia *Lasertube* del gruppo BLM realizzati nello stabilimento.

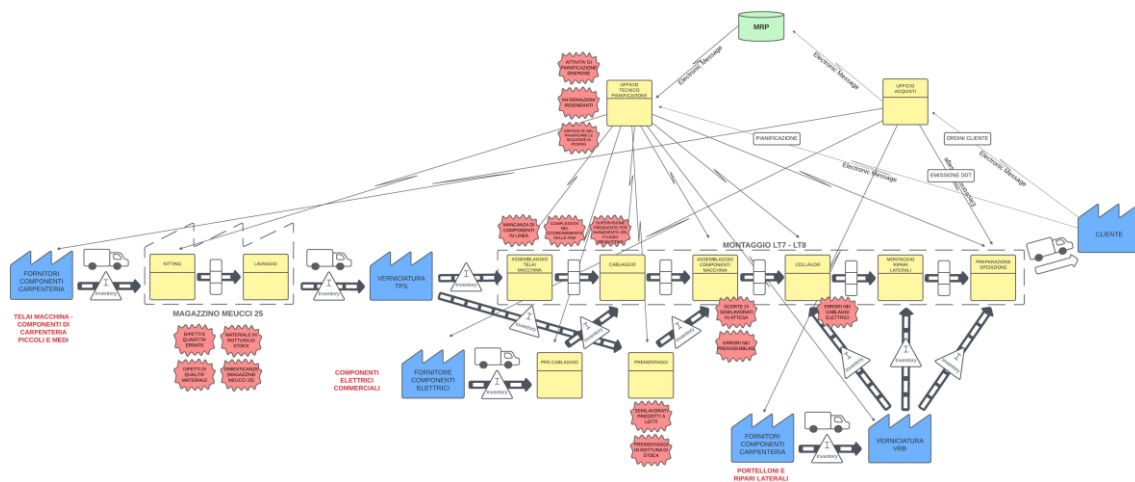


Figura 5.1 - Current State Map, famiglia di prodotto Lasertube scarico LT7

## 5.2 Il processo

Viene ripercorsa la mappatura del flusso di valore da valle verso monte analizzando le attività principali individuate ed i reparti coinvolti nel processo, a partire dalla ricezione degli ordini di conto lavoro, alle attività di pianificazione e coordinamento della produzione, il processo di assemblaggio, fino alle fasi di verniciatura e approvvigionamento dei materiali.

### 5.2.1 La gestione degli ordini

Il processo ha avvio con la generazione degli ordini di conto montaggio da parte del cliente, il gruppo Adige Spa, il quale fornisce all'azienda due tipi di ordini: ordini aperti inviati su base trimestrale e ordini confermati con cadenza settimanale. Gli ordini aperti su base previsionale che il cliente invia periodicamente permettono ad Unimec di avere visibilità del mix e dei volumi produttivi per ciascun trimestre successivo, consentendo così all'azienda di poter stringere accordi quadro con i propri fornitori per l'approvvigionamento dei materiali e di pianificare in anticipo la capacità produttiva richiesta dalla linea di assemblaggio. La domanda ricevuta non è però espressa in termini



di numero di macchine ordinate per modello ma in numero di moduli macchina; gli ordini sono dunque disaggregati e rispecchiano la progettazione modulare dei prodotti. Inoltre, l'ordine aperto rappresenta una previsione della domanda futura che, in quanto tale, si rivela spesso poco attendibile ed inesatta; questi due fattori contribuiscono a rendere l'informazione ricevuta incerta e difficilmente utilizzabile.

Gli ordini chiusi vengono trasmessi settimanalmente tramite una piattaforma denominata POD, nella quale il cliente carica gli ordini confermati in logica *rolling* con un orizzonte temporale di circa un mese, sulla base del quale Unimec effettua la pianificazione della sequenza produttiva nelle due linee di assemblaggio interne dedicate al cliente. In particolare, Adige comunica il modello macchina con il relativo seriale, la data richiesta, lo stabilimento cliente a cui la macchina è destinata ed eventuali personalizzazioni. Attraverso la piattaforma l'azienda può confermare di aver preso in carico gli ordini ricevuti e segnalare l'inizio della lavorazione delle macchine. Nonostante gli ordini ricevuti rappresentino degli ordini confermati, non di rado la sequenza comunicata può subire modifiche e ripianificazioni temporali anche a ridosso della data richiesta; questo causa non pochi disagi all'azienda fornitore che si trova costretta a ripianificare macchine già in corso di lavorazione.

### **5.2.2 La pianificazione della produzione**

L'ufficio pianificazione svolge un ruolo di coordinamento tra i diversi flussi informativi che caratterizzano il processo, tra cui:

1. La programmazione a medio termine: che coinvolge la programmazione della produzione nei mesi successivi, prendendo in considerazione diversi fattori come la capacità produttiva disponibile, le scorte di materie prime e i livelli di inventario;
2. La programmazione a breve termine: che include la pianificazione di dettaglio della produzione settimanale e giornaliera. Sulla base degli ordini di conto montaggio ricevuti il planner stabilisce le priorità di intervento e comunica gli ordini di produzione specifici a ciascuna linea di montaggio e a tutti i reparti coinvolti, determinando l'allocazione delle risorse per soddisfare la domanda immediata;

3. Monitoraggio e controllo: durante l'intero processo, è essenziale monitorare l'avanzamento della produzione, coordinare e bilanciare le diverse fasi del processo, adattare il piano produttivo in caso di imprevisti e garantire che la produzione sia in linea con gli obiettivi e i tempi stabiliti.

### 5.2.3 Il processo di assemblaggio

L'assemblaggio delle macchine, visto l'ingombro ed il peso dei macchinari, avviene su postazione fissa: ciò significa che sono gli operatori ed i materiali a confluire verso la postazione di assemblaggio mentre il prodotto rimane fermo durante il processo per essere poi spostato solamente in fase di spedizione. La Figura 5.2 offre uno spaccato della *Current State Map*, in merito alle fasi che caratterizzano il processo di assemblaggio.

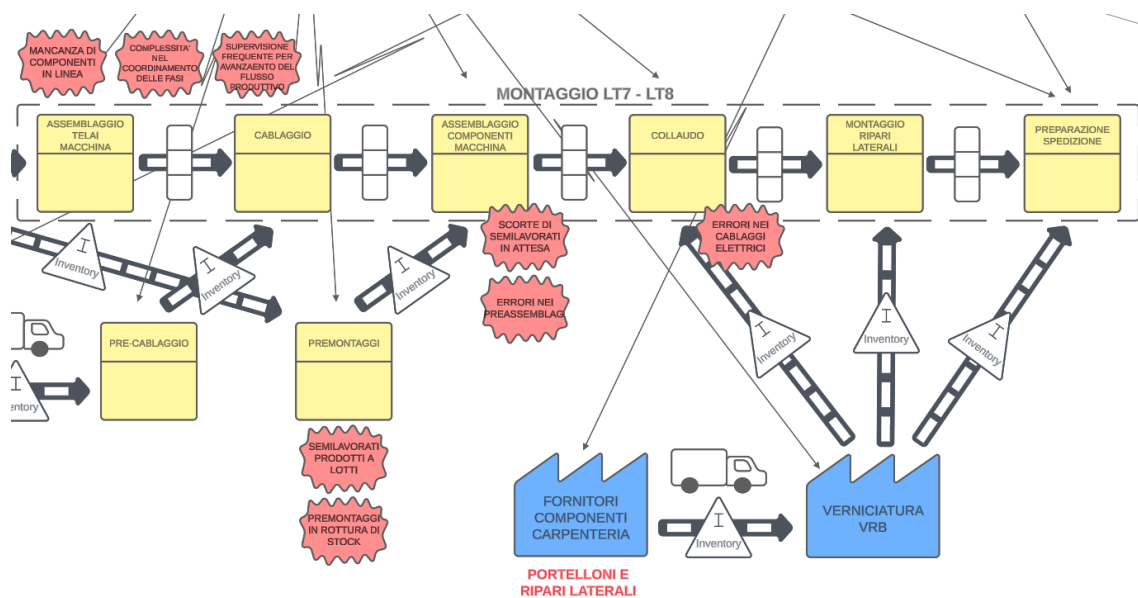


Figura 5.2 - VSM As-Is: processo di assemblaggio

Le macrofasi che caratterizzano il montaggio delle macchine sono:

1. Assemblaggio del telaio macchina: in questa prima operazione vengono assemblati tra loro i basamenti, i montanti ed i traversi superiori che vanno a costituire la struttura della macchina;
2. Cablaggio: quando la struttura è completata, al suo interno vengono fatti passare i cavi elettrici ed i tubi dell'aria e successivamente viene effettuato il collegamento dell'impianto elettrico e pneumatico;

3. Assemblaggio dei componenti macchina: i componenti meccanici che permettono la movimentazione, la presa e lo scarico dei tubi sono montati internamente sulla macchina; molti di questi assiemi sono preassemblati in opportuni banchi o celle di montaggio esterne alla linea e resi poi disponibili agli operatori;
4. Collaudo: quando il montaggio meccanico ed elettrico della macchina è concluso un operatore specializzato esegue il collaudo per verificare che la macchina funzioni correttamente e in modo sicuro prima di metterla in servizio, infine l'operatore genera la documentazione per la tracciabilità e per il monitoraggio della conformità;
5. Montaggio dei ripari laterali: a collaudo terminato la macchina viene chiusa mediante lamiere laterali e portelloni apribili che permettono di ispezionare il funzionamento della macchina;
6. Preparazione della spedizione: a macchina ultimata vengono preparati i componenti spediti assieme alla macchina, che verranno assemblati in fase di installazione. Quando il cliente ha pianificato il ritiro del prodotto, l'ufficio amministrazione procede con la preparazione del documento di trasporto.

In Figura 5.3 viene mostrata la linea di assemblaggio dedicata alla famiglia di prodotto *Lasertube LT7*.



Figura 5.3 - Linea di assemblaggio Lasertube LT7

Contestualmente al montaggio dei macchinari in linea vengono realizzate delle attività preparatorie quali la preparazione dei cablaggi ed il premontaggio di assiemi destinati al montaggio successivo sul prodotto. Alle operazioni di precablaggio si dedicano gli operatori del reparto elettrico i quali, oltre ad effettuare i cablaggi delle macchine, si occupano della preparazione dei cavi, che comprende la misurazione, il taglio, la loro identificazione e la preparazione dei connettori. Le attività di premontaggio consistono nell'assemblaggio preliminare di parti dell'apparecchiatura, si tratta tendenzialmente di semilavorati con ciclo di montaggio più semplice e ripetitivo, effettuato a banco, che non richiede manodopera esperta e che pertanto viene affidato a operatori apprendisti. I premontaggi permettono di ridurre significativamente il tempo totale necessario per assemblare i macchinari in linea e contribuiscono a semplificare il montaggio finale.

#### **5.2.4 L'approvvigionamento e la verniciatura**

A monte del flusso del valore troviamo le attività di approvvigionamento di componenti di carpenteria, componentistica meccanica commerciale e materiale elettrico destinato alle attività di cablaggio. L'ufficio acquisti si occupa di staccare gli ordini per ciascun fornitore sulla base dei previsionali forniti da Adige e dei livelli di scorta minimi suggeriti dall'MRP. In particolare, nel processo mappato, viene seguita la fornitura dei componenti di carpenteria piccoli e medi e dei telai macchina.

Il materiale grezzo viene temporaneamente stoccato nel magazzino Meucci 25, qui avviene l'accettazione dei prodotti acquistati da fornitori esterni ed un primo controllo qualità, al fine di assicurare che i materiali soddisfino i requisiti specifici di qualità stabiliti dall'organizzazione. Le materie prime ricevute rimangono in attesa di essere successivamente lavorate; all'occorrenza il materiale viene prelevato dagli operatori logistici e portato al lavaggio, qui i componenti metallici vengono lavati con opportuni solventi al fine di rimuovere tracce di sporco, oli o grasso che potrebbero impedire la perfetta adesione della vernice. A questo punto il materiale è pronto per essere portato in verniciatura ed infine trasferito al *plant* di via Meucci 22 dove è reso disponibile per l'assemblaggio delle macchine. È possibile ripercorrere le fasi di dettaglio qui descritte nello zoom della VSM *As-Is* di Figura 5.4.

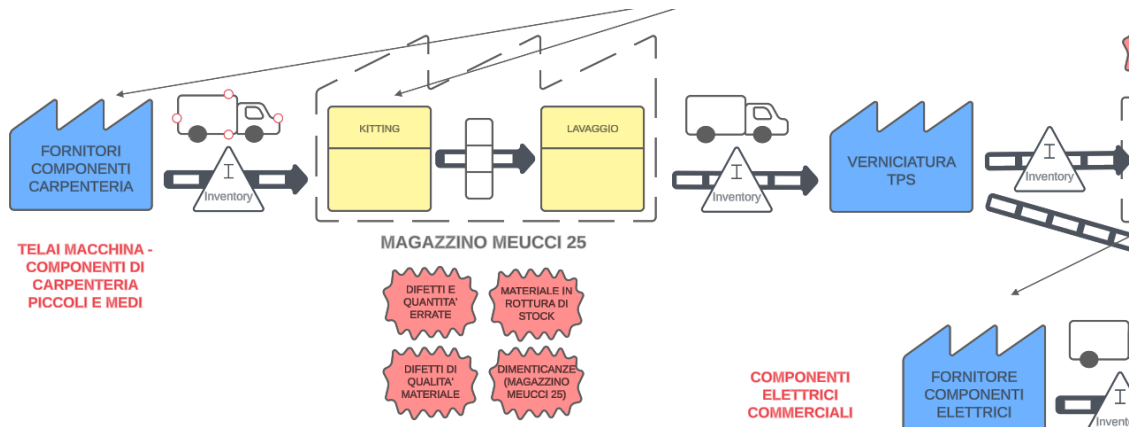


Figura 5.4 - VSM As-Is: processo di preparazione e verniciatura dei materiali

### 5.3 L'analisi degli sprechi

La mappatura effettuata ha permesso di mettere in luce diverse criticità nel processo; in particolare, per ciascuna operazione sono stati rilevati specifici sprechi in accordo con la classificazione dei 7 *muda* di Taiichi Ōhno presentata nel paragrafo 1.3.2.

Nei paragrafi successivi vengono descritte dettagliatamente le criticità emerse e le relative soluzioni proposte per attaccare ciascuna di esse.

#### 5.3.1 Criticità riscontrate

Dall'analisi dei flussi informativi è stato possibile evidenziare in ambito pianificazione e controllo della produzione i seguenti sprechi:

- Onerosità delle attività di programmazione e coordinamento delle diverse fasi di lavoro. Già da una prima descrizione del processo nel suo insieme si può facilmente evincere che le operazioni e gli attori coinvolti sono molteplici; ciò rende l'avanzamento del flusso produttivo e la coordinazione delle diverse fasi complessa ed onerosa, con un notevole sovraccarico delle risorse coinvolte nella pianificazione dei flussi di materiali e nella supervisione della produzione;
- Informazioni ridondanti. La presenza di tre diversi siti produttivi e di stoccaggio e l'assenza di un sistema centralizzato per la gestione dei flussi di materiale rende necessario uno scambio continuo di informazioni via mail e telefono tra i diversi attori coinvolti per verificare la disponibilità e lo stato di lavorazione del materiale e per far sì che il materiale si trovi nel posto giusto al momento giusto;
- Difficoltà di comunicazione della corretta pianificazione delle sequenze di picking al magazzino. Il planner, con un anticipo di circa cinque giorni sulla pianificazione

della linea, richiede al magazzino di effettuare le missioni di prelievo e di portare il kit di materiale in verniciatura al fine di renderlo disponibile in linea di montaggio. Ciascuna macchina pianificata richiede però materiali differenti a seconda del modello prodotto, che devono essere portati in linea in momenti diversi a seconda dello stato di avanzamento della linea; ciò rende la programmazione delle sequenze di picking onerosa ed incerta con forte rischio di fermo linea per mancanza di materiale o, viceversa, eccessivi accumuli di materiale ingombrante a bordo linea.

Ripercorrendo il flusso delle operazioni lungo le due linee di assemblaggio è stato possibile delineare le seguenti criticità:

- Mancanza di componenti per l'assemblaggio dei prodotti finiti. Questo problema è uno dei più impattanti e sentiti in ambito produttivo, questo perché i mancanti comportano continui fermi della linea e ritardi nella produzione, che a loro volta contribuiscono all'aumento dei costi di produzione e al rischio di insoddisfazione della domanda di mercato. Le cause all'origine di questo spreco sono molteplici, nel caso in analisi possiamo ritrovare l'assenza di sincronizzazione tra i reparti, le continue fluttuazioni nella domanda e la mancata previsione dei fabbisogni produttivi;
- Necessità di supervisione frequente per garantire l'avanzamento del flusso produttivo. La presenza di molteplici fasi e operazioni coinvolte aumenta la complessità del processo produttivo e rende necessaria una supervisione più attenta per assicurarsi che tutto funzioni correttamente e per rilevare i problemi al fine di risolverli tempestivamente;
- Errori nei preassemblati e nei cablaggi elettrici. La attività di preparazione dei semilavorati possono comportare errori nel montaggio che vengono resi visibili solamente in fase di montaggio dei preassemblati in macchina o, nell'ipotesi peggiore, in fase di collaudo finale del macchinario. Questo può comportare una notevole perdita di tempo nell'identificazione del guasto e nella successiva sostituzione o riparazione dei componenti.

Ponendo il focus sulle operazioni preliminari di realizzazione dei semilavorati è stato possibile mettere in luce alcuni ostacoli al perseguimento di logiche *one-piece-flow* in linea, in particolare:

- Realizzazione dei premontaggi secondo una logica “a lotto”. Produrre a lotti, ovvero produrre più di quanto necessario o prima di quando richiesto, non solo può rendere meno efficienti le operazioni di montaggio, ma soprattutto richiede spazi di stoccaggio dedicati per i materiali in attesa di essere successivamente rilavorati. L'eccesso di inventario può comportare costi aggiuntivi in termini di spazio richiesto, gestione del magazzino, rischio di obsolescenza e capitale legato agli stock immobilizzati;
- Presenza di scorte di semilavorati in attesa di essere prodotti;
- Premontaggi in rottura di stock. Gli operatori al montaggio lamentano spesso l'esaurimento delle scorte di semilavorati; questa situazione genera interruzioni nel processo produttivo e impedisce loro di continuare il montaggio.

Dall'analisi dei processi di logistica inbound, controllo qualità e trasporto dei materiali tra stabilimenti è emerso quanto segue:

- Difetti e quantità errate. Non di rado dal controllo qualità effettuato in accettazione vengono riscontrate non conformità qualitative della merce; in particolare tra queste vi è il mancato rispetto delle quantità standard di fornitura definite e la presenza di materiale non conforme ai requisiti;
- Difetti di qualità materiale. Talvolta però la mancata qualità dei materiali emerge solamente in fase di montaggio o di collaudo, i difetti maggiormente riscontrati sono imperfezioni nella verniciatura e mancato rispetto delle tolleranze nei componenti di carpenteria;
- Materiale in rottura di stock. Quando si manifesta l'esaurimento di un determinato articolo nel magazzino materie prime, dovuto ad una mancata gestione nell'acquisto.

### **5.3.2 L'analisi delle cause radice**

L'analisi dei “5 Perché” è una tecnica che aiuta a individuare le cause alla radice di un problema o di un'occorrenza ripetuta. Il metodo consiste nel porre la domanda “Perché?”

in modo iterativo, cercando di scavare sempre più a fondo per identificare la causa che è all'origine di una catena di eventi che conduce al problema stesso.<sup>45</sup>

Solitamente si continua a chiedere “Perché?” per cinque volte, ma cinque è un numero puramente ideale; in alcuni casi potrebbe essere necessario proseguire o fermarsi prima. L'analisi si può considerare conclusa solo quando tutte le cause alla radice di un problema sono state identificate e da quel punto si è in grado di definire delle contromisure efficaci.

Per ciascuno degli sprechi emersi in fase di mappatura, descritti nel paragrafo precedente, è stata effettuata l'analisi 5 *Whys* al fine di individuare le cause sottostanti al problema e proporre potenziali soluzioni. L'applicazione della metodologia in Unimec, i cui risultati sono riportati in Figura 5.5, ha permesso di mappare la *Future State Map* e di sviluppare un piano d'azione di miglioramento mirato e preciso.

| MUDA                                   | 5 PERCHE'   | SOLUZIONI                                   |
|--|---|---|
| ROTTURA DI STOCK MATERIALI             | NON E' PRESENTE IL MATERIALE A MAGAZZINO<br>RITARDO FORNITORE<br>ORDINO QUANDO SONO GIA' IN EMERGENZA<br>NON E' STATA COMUNICATA LA MANCANZA<br>NON C'E' UN METODO DI SEGNALAZIONE MANCANTI<br>NON CI SIAMO MAI POSTI IL PROBLEMA | CREARE UN METODO PER RIORDINO DEL MATERIALE |
| ROTTURA DI STOCK PREMONTAGGI           | NON E' PRESENTE IL MATERIALE<br>CONSUMO MAGGIORE DEL PREVISTO<br>SOVRA PRODUZIONE<br>NON SO QUANTO E COSA PRODURRE<br>NON VEDO LA SEQUENZA DEL LAVORO   | CREARE UN METODO PER RIFORMIMENTO LINEA     |
|  | NON E' STATO PREPARATO IL MATERIALE<br>ASSEMBLO QUANDO GIA' IN EMERGENZA  | RENDO VISIBILE LA SEQUENZA DI LAVORO        |
| INFORMAZIONI RIDONDANTI                | DARE INFORMAZIONI A TROPPE PERSONE<br>MANCA UN RIFERIMENTO CHIARO<br>NON E' UFFICIALIZZATO<br>MANCAVA L'ESIGENZA  | DEFINIRE RUOLI E COMPITI                    |
| ERRORI DI QUANTITA' NELLE CONSEGNE     | MENO MATERIALE<br>ORDINI SBAGLIATI DA NOI<br>GIACENZA SBAGLIATA<br>DIFFERENZA TRA GESTIONALE E LINEA DI PRODUZIONE<br>ERRORI NELLE DISTINTE<br>FORNITORE CONSEGNA QUANTITA' ERRATA<br>MENO PEZZI PER CONSEGNA                     |   |
| ERRORI NELLE PREPARAZIONI DI MAGAZZINO | INTERROMPO IL MIO LAVORO<br>COMUNICAZIONE EMERGENZA<br>ROTTURA DI STOCK IN PRODUZIONE   |   |
| ERRORI NEI PRE ASSEMBLAGGI             | NON VIENE VERIFICATO IL DISEGNO<br>ABITUDINI SBAGLIATE<br>MANCANZA LINEE GUIDA<br>NON CI SI E' MAI POSTI IL PROBLEMA  | CREARE STANDARD DI LAVORO                   |
| DIFETTI DI QUALITA' MATERIALE IN LINEA | NON C'E' UN CONTROLLO PREVENTIVO<br>CONTROLLO RICHIESTO AL FORNITORE<br>FORNITORE QUALIFICATO<br>STORICITA'   | CREARE ACCORDI CON FORNITORE                |

Figura 5.5 - Analisi dei "5 Perché"

<sup>45</sup> OHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978, p.27.



## 5.4 L'analisi dello stato *To-Be*

Lo scopo ultimo della mappatura del valore è quello di redigere la Mappa dello Stato Futuro (FSM), o *Future State Map*, ossia fornire al cliente un progetto di valore che mira al raggiungimento di obiettivi di efficientamento organizzativi.

La FSM rappresenta la visione futura e desiderata di un processo dopo che sono state apportate le modifiche e le migliorie precedentemente identificate durante l'analisi del processo corrente. In altre parole, mostra come ci si immagina che il processo funzioni una volta perseguito il piano di miglioramento.

### 5.4.1 *Future State Map*

La Figura 5.6 rappresenta la FSM applicata al caso studio in considerazione nell'elaborato. La mappatura fornisce un'immagine ideale dello stato futuro che si vuole raggiungere e si prefissa lo scopo di dare adito a tutte le migliorie che possono essere applicate in un disegno globale. In quanto tale, si configura come un progetto ambizioso e sfidante che, dovendosi rapportare con la realtà dei fatti, a causa di complessità più o meno elevate di realizzazione, non sempre può essere attuato nella sua totalità.

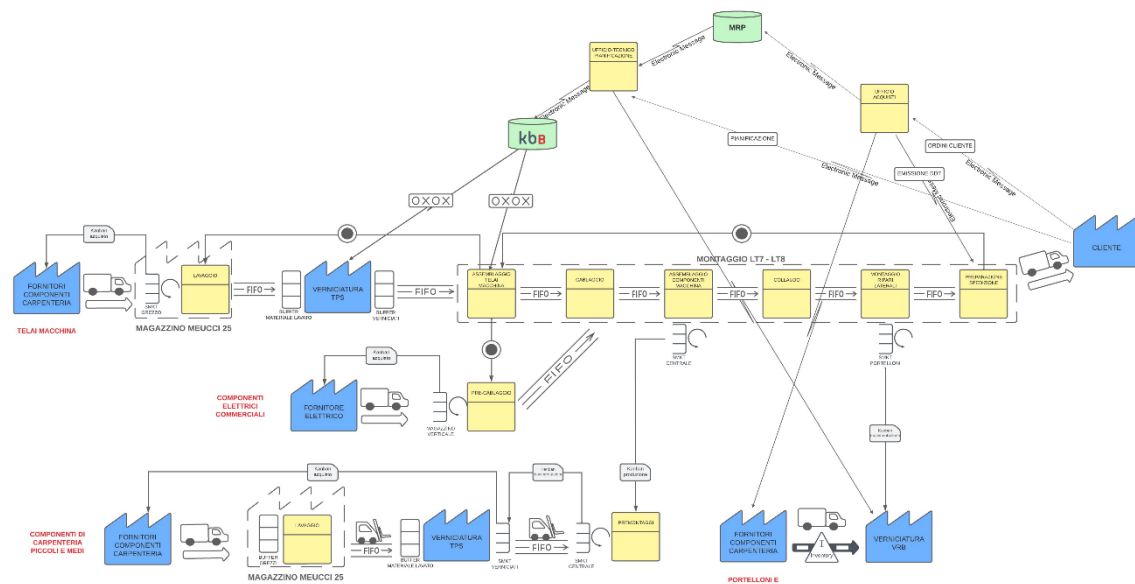


Figura 5.6 - Future State Map, famiglia di prodotto Lasertube scarico LT7

Il cambiamento sostanziale che si può notare dal confronto tra la mappa dello stato futuro e la situazione iniziale è l'introduzione di strumenti di coordinamento della produzione e dei flussi di materiali *pull* per l'asservimento della linea di assemblaggio: tra questi, i due principali metodi di gestione della produzione adottati sono il *kanban* ed il *pull*

sequenziale. Più nello specifico, è stato scelto di regolare il ripristino degli assiemi soggetti a premontaggio tramite *kanban* di produzione; per far ciò è stato inserito un disaccoppiamento tra la linea ed il reparto premontaggi, ossia un inventario intermedio di materiale, in grado di creare indipendenza tra la fornitura dei componenti e il loro utilizzo (Figura 5.7). Il sistema adottato, che consente di attivare la produzione solo a seguito di un effettivo consumo, ha permesso di evitare la sovrapproduzione dei componenti, garantendone al tempo stesso una scorta minima in grado di coprire i consumi.

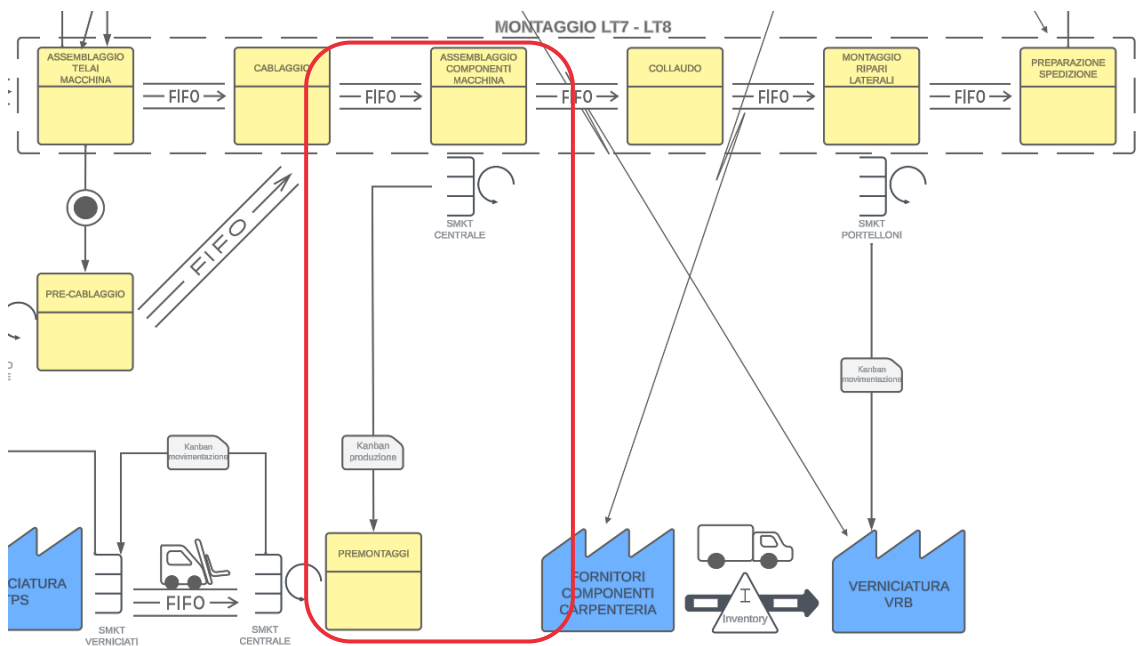


Figura 5.7 - Introduzione del sistema kanban nel reparto preassemblaggi

In secondo luogo, è stata introdotta la piattaforma KanbanBOX non solo per la gestione del *kanban* elettronico, ma per trasmettere gli ordini di produzione verso la fase *pacemaker* della linea, al fine di rendere trasparente e condivisa la sequenza produttiva, minimizzando gli scambi informativi tra reparti e lo sforzo necessario al coordinamento delle fasi di lavorazione (Figura 5.8). Questo ha permesso di introdurre un sistema di tipo *pull* sequenziale per la preparazione e la verniciatura dei materiali di carpenteria ingombranti, che ha reso possibile il richiamo di tali materiali dalla linea in sequenza sulla base degli ordini entranti. Infine, è stato posto l'obiettivo di estendere l'implementazione del sistema *pull* alla *supply chain*, introducendo il *kanban* di acquisto verso i fornitori di classe A, garantendo così la presenza costante di una scorta di sicurezza di materia prima ed evitando i continui stock out di materiale con conseguenti fermate della linea.

Tutte le azioni di miglioramento proposte sono state inserite all'interno di un progetto di miglioramento, che verrà presentato in dettaglio nel paragrafo successivo.

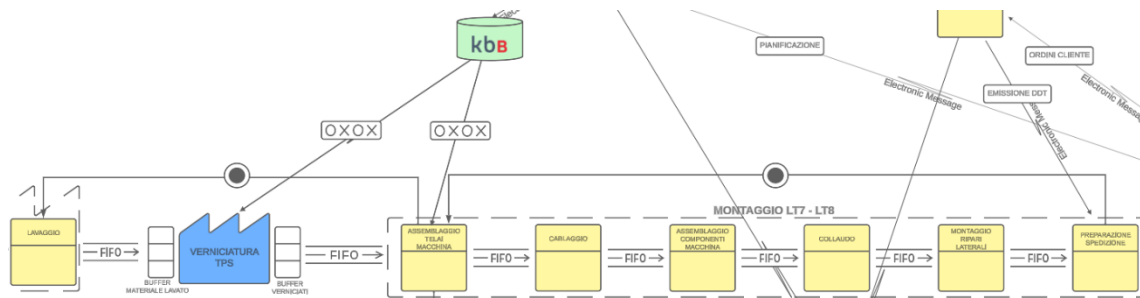


Figura 5.8 - Il sequenziamento degli ordini di produzione tramite KanbanBOX e il pull sequenziale

## 5.5 Piano di azione del miglioramento

Le soluzioni emerse durante l'analisi dei "5 Perché" sono state valutate sulla base di due criteri: lo sforzo richiesto in termini di risorse necessarie, tempo ed investimento per la loro realizzazione e il potenziale impatto sul processo. Si è scelto di prediligere in un primo tempo quelle azioni ad alto impatto e basso sforzo per poi procedere con le soluzioni ad alto impatto ma che comportano un impegno organizzativo maggiore. Questo ha permesso di mettere in luce quattro aree di intervento che verranno espone di seguito sulla base della priorità di intervento e del relativo ordine di esecuzione.

### 5.5.1 Implementazione del *kanban* di produzione per i preassemblaggi

L'introduzione del *kanban* di produzione permette di ottenere la riduzione di diversi sprechi tipici delle aziende manifatturiere. Nel caso di Unimec, si è progettato di implementare il *kanban* come metodo per gestire il processo di realizzazione dei semilavorati che verranno poi utilizzati sulla linea di assemblaggio principale.

Per definire le politiche di gestione dei materiali più corrette, la prima attività da effettuare è una breve analisi quantitativa e qualitativa di consumi, valore ed ingombri dei materiali per valutare la migliore modalità di gestione degli stessi. Lo strumento che si propone di utilizzare è la matrice ABC-RRS. In seguito, si procede con il corretto dimensionamento dei legami *kanban*, considerando i diversi parametri di processo necessari alla loro implementazione, quali consumi, *lead time*, contenitori, lotti minimi, ecc. Infine, verrà definito ed implementato un sistema di gestione della sequenza di produzione in modo da rendere visuale e facilmente accessibile la definizione della coda lavori per ogni banco di

preassemblaggio. Per la gestione del *kanban* di produzione e del sequenziamento della produzione si propone l'utilizzo della piattaforma di *kanban* elettronico KanbanBOX.

#### **Descrizione attività**

- Scelta degli articoli da gestire a *kanban* mediante analisi ABC-RRS;
- Analisi dei *lead time* di fornitura;
- Calcolo del consumo giornaliero massimo nel *lead time* di approvvigionamento per ciascun articolo;
- Dimensionamento del contenitore;
- Creazione dei cartellini *kanban*.

#### **Benefici attesi**

- Eliminazione della necessità di programmare la produzione: la necessità di ripristino dei materiali è autoregolata sulla base dei consumi ed il segnale di ripristino è costituito dal *kanban*;
- Riduzione dello stock: l'autorizzazione a produrre avviene solo a seguito di un consumo effettivo di materiali, si evita di produrre secondo piani previsionali che spesso risultano essere errati e che possono portare ad un'extra scorta;
- Coinvolgimento diretto del personale, che diventa protagonista della programmazione delle proprie attività produttive;
- Riduzione del numero di rotture di stock: il materiale viene reso sempre disponibile agli operatori, nel momento in cui serve, nella quantità richiesta;
- Introduzione di un sistema di monitoraggio in tempo reale delle giacenze e implementazione di una gestione visuale della coda lavoro.

### **5.5.2 Implementazione del sequenziatore**

La seconda area di miglioramento individuata si focalizza sull'introduzione di un sistema visuale per trasmettere la sequenza produttiva o delle operazioni da svolgere ad un determinato reparto o risorsa. Si è scelto di fare ciò attraverso il modulo sequenziatore, presente nella piattaforma KanbanBOX, che permette di sequenziare automaticamente i cartellini *kanban* rilasciati in logica FIFO, fornendo all'operatore un'interfaccia per visualizzare le attività assegnate alla propria risorsa.

### Descrizione attività

- Individuazione delle “risorse” quali linee produttive, celle di lavorazione, persone o funzioni aziendali;
- Assegnazione a ciascun legame *kanban* dei criteri per il sequenziamento automatico dei cartellini;
- Configurazione delle differenti interfacce grafiche sulla base delle informazioni da visualizzare necessarie a ciascun reparto.

### Benefici attesi

- Riduzione delle attività di programmazione e coordinamento delle diverse fasi di lavoro;
- Riduzione del sovraccarico delle risorse coinvolte nella pianificazione dei flussi di materiali e nella supervisione della produzione;
- Eliminazione di flussi informativi ridondanti tra i diversi attori del processo;
- Maggiore visibilità della sequenza: agli operatori è data visibilità del carico di lavoro, delle date di consegna richieste per ciascun prodotto e del relativo stato di avanzamento, dei tempi di lavorazione e delle priorità produttive;
- Responsabilizzazione e maggiore autonomia degli operatori;
- Eliminazione della necessità di comunicazione delle corrette sequenze di picking tra pianificazione e magazzino.

### 5.5.3 Pull sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio

Elemento fondamentale per la riduzione delle attività di programmazione e la quantità di materiale circolante nel processo è quello di gestire in modo sincronizzato le attività di asservimento e di produzione antecedenti l'assemblaggio finale dei componenti o semilavorati ingombranti per i quali non è attuabile una gestione a *kanban*. Lo strumento *Lean* che si propone di implementare per la gestione di questi materiali è quello denominato *pull* sequenziale. Per realizzare questa soluzione è necessario definire il processo standard, dimensionare correttamente il sistema e realizzare uno strumento visuale di trasferimento delle informazioni. Anche per questa attività viene proposto

l'utilizzo della piattaforma KanbanBOX per gestire i componenti e per sequenziare in modo corretto le attività.

#### **Descrizione attività**

- Analisi dei processi di assemblaggio e verniciatura;
- Analisi dei flussi logistici dei materiali tra stabilimenti attraverso le diverse fasi di lavorazione e realizzazione di kit di materiali;
- Definizione dello standard e corretto dimensionamento del sistema;
- Implementazione del sequenziatore per la gestione visuale delle code di lavoro dei materiali ingombranti da kittare per la verniciatura e l'assemblaggio.

#### **Benefici attesi**

- Riduzione dei materiali inombrianti presenti in linea: il materiale viene preparato e portato in linea solo nel momento dell'effettivo bisogno;
- Riduzione del WIP nell'intero processo: la sincronizzazione tra processi produttivi permette di movimentare e lavorare solamente il materiale necessario, nel momento di bisogno, diminuendo la sovrapproduzione ed il materiale in attesa di essere rilavorato o portato in linea;
- Aumento degli spazi produttivi: migliorare l'asservimento dei materiali verso le linee di assemblaggio e verso il reparto verniciatura permette di evitare all'interno dell'area produttiva accumuli di materiale;
- Semplificazione delle attività di programmazione: mediante l'introduzione di una piattaforma unica per la gestione dei materiali le informazioni sono visibili in tempo reale a tutti, lo scambio informativo è facilitato e si elimina la necessità di comunicare in maniera costante le sequenze di picking ai magazzinieri.

#### **5.5.4 Implementazione del *kanban* di acquisto**

Il progetto successivo riguarda l'implementazione del *kanban* di acquisto per i prodotti di fornitura esterna con l'obiettivo di ridurre sia la frequenza delle rotture di stock che le attività indirette connesse alla gestione degli ordini di acquisto. Il progetto sarà strutturato mediante una fase iniziale di verifica della situazione *As-Is*, volta ad indentificare tutti i componenti che si prestano ad essere gestiti a *kanban* tramite la realizzazione della

matrice ABC-RRS, per poi proseguire con l'analisi dei parametri di processo al fine di creare i legami *kanban* di acquisto. Come ultima attività è prevista la revisione del magazzino materie prime per ottimizzarne gli spazi e minimizzare le movimentazioni necessarie da parte degli operatori per lo stoccaggio e la movimentazione della merce.

#### **Descrizione attività**

- Analisi ABC dei fornitori sul valore della merce acquistata;
- Individuazione dei fornitori e delle categorie merceologiche che maggiormente si prestano alla gestione *kanban*;
- Creazione dei legami *kanban* di acquisto, con l'individuazione degli adeguati parametri di processo.

#### **Benefici attesi**

- Riduzione del materiale in rottura di stock: l'acquisto delle materie prime è direttamente tirato dai consumi e non più ordinato su base previsionale;
- Razionalizzazione delle scorte e minimizzazione dei magazzini: l'effetto può essere visto sia in termini di valore economico del magazzino che in spazio occupato da merce in giacenza;
- Fidelizzazione del fornitore: il riapprovvigionamento di materiale tramite *kanban* permette di stringere partnership con i propri fornitori rendendo più saldo il rapporto di fornitura al fine di assicurarsi consegne più frequenti e puntuali.





## **6. Implementazione del *kanban* di produzione nel reparto preassemblaggi**

La prima soluzione che si è scelto di implementare riguarda la gestione del ripristino dei semilavorati mediante logica *kanban*. La tipologia utilizzata è quella del *kanban* di produzione, il quale permette di regolare la produzione di beni o componenti all'interno di un processo produttivo.

Vengono descritti di seguito tutti i passaggi effettuati per arrivare ad un corretto dimensionamento del sistema al fine di rendere disponibile in ogni momento agli operatori di linea tutti gli assiemi necessari al montaggio dei macchinari.

## 6.1 Scelta degli articoli da gestire a *kanban*

Il primo passo nell'implementazione di un sistema *kanban* è la scelta degli articoli da gestire mediante tale strumento *Lean*. Come visto in precedenza nel paragrafo 2.5.1, non tutti i materiali si prestano ad essere ripristinati, movimentati o acquistati tramite *kanban*; è bene concentrarsi su quei componenti ad “alta rotazione”, ovvero tutti quei codici ad elevata frequenza di consumo ed il cui valore economico è cospicuo.

Nel caso in esame è stato adottato un approccio di tipo “verticale”, ovvero basato sul completamento della famiglia di prodotto: si è scelto di implementare la gestione *kanban* per tutti quegli articoli soggetti ad attività di preassemblaggio fuori linea, per entrambe le linee di prodotto. In particolar modo, la scelta è ricaduta su quei premontaggi di dimensioni contenute, con un ciclo di montaggio più semplice e ripetitivo e con tempi di assemblaggio brevi.

In Tabella 6.1 e Tabella 6.2 è riportata la lista dei codici in oggetto, suddivisa per famiglia di prodotto; per ciascun componente è indicato il codice articolo, la descrizione ed il relativo coefficiente di utilizzo per modello macchina.

Tabella 6.1 - Lista dei premontaggi gestiti mediante *kanban* per famiglia di prodotto LT7

| Codice            | Famiglia di prodotto: LT7<br>Descrizione      | Quantità per macchina |      |      |
|-------------------|---|-----------------------|------|------|
|                   |   | 4500                  | 6500 | 8500 |
| UN_SENSORE_1      | SENSORE FINECORSA SICUREZZA T1                | 5                     | 6    | 7    |
| UN9310100587      | AMMORTIZZATORE PIANALE ASSEMBLATO             | 3                     | 4    | 8    |
| UN9587900075_PIST | PISTONE                                       | 2                     | 3    | 4    |
| UN9587900075_BRA  | BRACCIO                                       | 2                     | 3    | 4    |
| UN9310056887_D    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO             | 2                     | 3    | 4    |
| UN9310056887_S    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO SINISTRO           | 2                     | 3    | 4    |
| UN9587900061      | CILINDRO COMPENSAZIONE ASSE W                 | 2                     | 2    | 4    |
| UN9310060987_D    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO DESTRO   | 2                     | 3    | 4    |
| UN9587903061      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE SCARICO ASSEMBLATO  | 2                     | 3    | 4    |
| UN9310060987_S    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO SINISTRO | 2                     | 3    | 4    |
| UN9587903060      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE 1 ASSEMBLATO        | 1                     | 1    | 2    |
| UN9310077587_S    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO SINISTRO  | 2                     | 3    | 4    |
| UN9310077587_D    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO DESTRO    | 2                     | 3    | 4    |
| UN9310055687_DX   | TELAIO GUIDE VERTICALI DX                     | 1                     | 2    | 3    |
| UN9310055687_SX   | TELAIO GUIDA VERTICALE SX                     | 1                     | 2    | 3    |

Tabella 6.2 - Lista dei premontaggi gestiti mediante kanban per famiglia di prodotto LT8.20

| Famiglia di prodotto: LT8.20 |                               | Quantità per macchina |      |      |       |       |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------|------|-------|-------|
| Codice                       | Descrizione                   | 4500                  | 6500 | 8500 | 10500 | 12500 |
| 9578910165_L                 | LAMINA FONDO SCARICO          | 1                     | 1    | 1    | 1     | 1     |
| 9578910165_PS                | PORTA SUPERIORE FONDO SCARICO | 1                     | 1    | 1    | 1     | 1     |
| 9578910165_Pi                | PORTA INFERIORE FONDO SCARICO | 1                     | 1    | 1    | 1     | 1     |
| 9578910269_TR                | SUPPORTO ESTRATTORE           | 3                     | 3    | 3    | 5     | 9     |
| 9578910269_CA                | SUPPORTO CATENA               | 1                     | 1    | 1    | 1     | 1     |
| 9578910270_CIL               | CILINDRO ASSE W               | 1                     | 1    | 2    | 2     | 2     |

## 6.2 Il lead time di fornitura

Il *lead time* è il periodo di tempo che intercorre tra l'inizio di un processo di produzione o di approvvigionamento di un prodotto e il suo completamento o consegna. In termini più specifici, il *lead time* di fornitura si riferisce al tempo necessario per ottenere i materiali o i prodotti da un fornitore e renderli disponibili per l'utilizzo.

Al fine di calcolare correttamente il tempo di ripristino è stato necessario prendere in considerazione diversi fattori:

- La capacità produttiva del reparto di fornitura. La cella di lavorazione dedicata ai preassemblaggi ha un funzionamento intermittente: al reparto non è assegnato personale dedicato ma, sulla base del carico produttivo della linea, viene attivato o disattivato e funge dunque da reparto regolatore del carico di lavoro;
- I tempi di trasmissione dell'informazione. La gestione informatizzata del *kanban* permette di far viaggiare l'informazione in tempo reale e di rendere il dato facilmente accessibile mediante una piattaforma unica e dedicata, ciò permette di abbattere i tempi di pianificazione e coordinamento delle attività;
- Il tempo di produzione totale, comprensivo di attese e *setup*. È necessario non confondere il tempo di attraversamento totale, o *lead time*, con il tempo ciclo di realizzazione del semilavorato; quest'ultimo rappresenta una frazione del periodo di riapprovvigionamento e spesso le due dimensioni non sono tra loro confrontabili;
- I tempi di trasporto, prelievo e stoccaggio del materiale;
- La gestione degli imprevisti.

Sulla base di tali riflessioni è stato possibile stabilire un *lead time* comprensivo di tutti i fattori temporali sopracitati e coerente con la capacità produttiva del centro di lavoro. Si

è scelto di considerare un *lead time* produttivo di 5 giorni per la quasi totalità dei codici, corrispondente ad una settimana lavorativa. Si è preferito assegnare cautelativamente un *lead time* di sicurezza, pari ad 1 giorno, al fine di tutelarsi dalla variabilità intrinseca del processo e per gestire tutti quei componenti che, per complessità di lavorazione e preparazione, potrebbero richiedere tempi maggiori. La Tabella 6.3 ne offre una panoramica.

Tabella 6.3 - Lead time di fornitura dei premontaggi per le famiglie di prodotto LT7 e LT8.20

| <b>Codice</b>     | <b>Descrizione</b>                            | <b>LT</b> | <b>LTS</b> |
|-------------------|---|-----------|------------|
| UN_SENSORI_1      | SENSORE FINECORSA SICUREZZA T1                | 5         | 1          |
| UN9310100587      | AMMORTIZZATORE PIANALE ASSEMBLATO             | 5         | 1          |
| UN9587900075_PIST | PISTONE                                       | 5         | 1          |
| UN9587900075_BRA  | BRACCIO                                       | 5         | 1          |
| UN9310056887_D    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO             | 5         | 1          |
| UN9310056887_S    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO SINISTRO           | 5         | 1          |
| UN9587900061      | CILINDRO COMPENSAZIONE ASSE W                 | 5         | 1          |
| UN9310060987_D    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO DESTRO   | 5         | 1          |
| UN9587903061      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE SCARICO ASSEMBLATO  | 5         | 1          |
| UN9310060987_S    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO SINISTRO | 5         | 1          |
| UN9587903060      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE 1 ASSEMBLATO        | 5         | 1          |
| UN9310077587_S    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO SINISTRO  | 5         | 1          |
| UN9310077587_D    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO DESTRO    | 5         | 1          |
| UN9310055687_DX   | TELAIO GUIDE VERTICALI DX                     | 5         | 1          |
| UN9310055687_SX   | TELAIO GUIDA VERTICALE SX                     | 5         | 1          |
| 9578910165_L      | LAMINA FONDO SCARICO                          | 5         | 1          |
| 9578910165_PS     | PORTA SUPERIORE FONDO SCARICO                 | 5         | 1          |
| 9578910165_Pi     | PORTA INFERIORE FONDO SCARICO                 | 5         | 1          |
| 9578910269_TR     | SUPPORTO ESTRATTORE                           | 5         | 1          |
| 9578910269_CA     | SUPPORTO CATENA                               | 5         | 1          |
| 9578910270_CIL    | CILINDRO ASSE W                               | 5         | 1          |

### 6.3 L'analisi dei consumi

Propedeutico al dimensionamento del sistema *kanban* vi è il calcolo del consumo giornaliero massimo nel *lead time* di approvvigionamento per ciascun articolo, anche indicato come  $C_{max}$  nella formula del dimensionamento. L'approccio adottato nella situazione in esame prevede di dedurre tale dato dall'analisi delle serie storiche dei consumi, mediante l'algoritmo della media mobile (cfr. Paragrafo 2.5.3).

Di seguito verranno presentati i risultati ottenuti dall'analisi condotta sul codice articolo UN9310056887\_D – Piano inclinato assemblato destro, visibile in Figura 6.1; la scelta di concentrare la trattazione su un singolo codice articolo è finalizzata a semplificare e rendere maggiormente chiara l'esposizione. Il procedimento seguito per il calcolo del consumo massimo è il seguente:

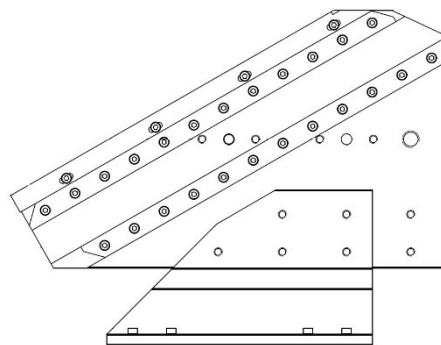


Figura 6.1 - Piano inclinato assemblato destro

1. Individuazione del periodo di analisi: nel caso proposto è stato individuato come orizzonte temporale un anno lavorativo, dal 10 gennaio 2022 al 23 dicembre 2022. È stato successivamente necessario ricreare il calendario aziendale, includendo solamente i giorni caratterizzati da attività lavorativa, al fine di escludere dall'analisi del  $C_{max}$  le festività ed i giorni di chiusura aziendale;
2. Analisi dei dati di consumo giornalieri totali: partendo dagli scarichi di magazzino registrati a gestionale è stato possibile individuare l'andamento storico dei consumi, per l'articolo in esame la curva ottenuta è rappresentata in Figura 6.2;

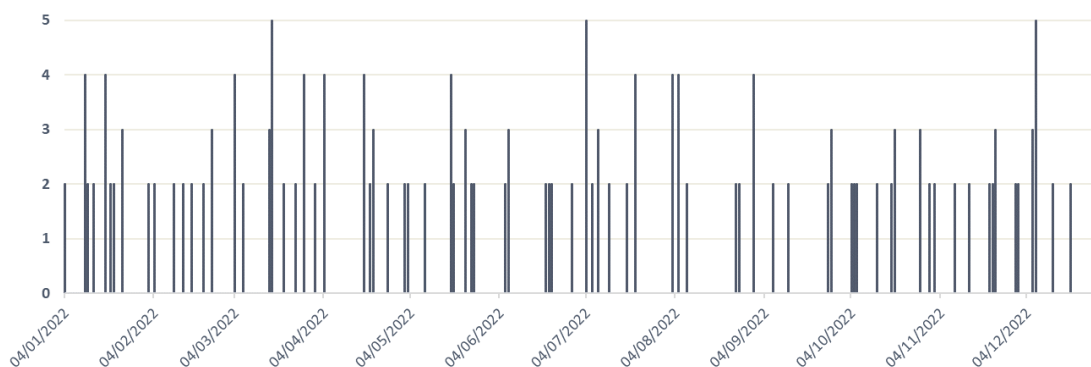


Figura 6.2 - Curva dei consumi articolo UN9310056887\_D per l'anno 2022

È essenziale che vengano considerati tutti i giorni lavorativi, anche se presentano un consumo nullo, e che il consumo giornaliero considerato rappresenti la somma dei consumi manifestati durante quel giorno, ovvero il consumo totale. In particolare, si può osservare che sono avvenuti 79 prelievi a magazzino nel periodo di analisi, corrispondenti a 47 settimane con consumo. Considerando un totale di 52 settimane lavorative, sulla base del calendario aziendale, il seguente

articolo ha registrato una frequenza di consumo pari al 90% delle settimane di attività, rientrando nella categoria *runner* secondo la classificazione RRS, ossia di quei componenti caratterizzati da alta rotazione;

3. Calcolo della media mobile: si ottiene calcolando la media aritmetica dei consumi giornalieri manifestati in un *lead time* di fornitura, spostando questa finestra di calcolo lungo la serie temporale. In Tabella 6.4 è presentato l'andamento dei consumi durante tutto l'orizzonte di analisi; a partire da questi dati è stato applicato l'algoritmo della media mobile. Stabilito il *lead time*, pari a 5 giorni lavorativi, per calcolare la prima media dei consumi, in giallo in Tabella 6.4, sono stati considerati i consumi delle prime 5 giornate; per il calcolo della seconda media, in verde, si considerano i consumi dal secondo al sesto giorno lavorativo ed infine, per il calcolo della terza media si prendono i consumi dal terzo al settimo giorno lavorativo. In questo modo si procede con il calcolo della media per tutta la serie dei consumi.

Tabella 6.4 - Calcolo del consumo massimo giornaliero sulla serie storica dei consumi

| Data       | Consumi | Cmax<br>LT=5 | Data       | Consumi | Cmax<br>LT=5 | Data       | Consumi | Cmax<br>LT=5 |
|------------|---------|--------------|------------|---------|--------------|------------|---------|--------------|
| 03/01/2022 | 0       |              | 17/02/2022 | 2       | 1,2          | 01/04/2022 | 2       | 1,2          |
| 04/01/2022 | 2       |              | 18/02/2022 | 0       | 0,8          | 04/04/2022 | 4       | 1,2          |
| 05/01/2022 | 0       |              | 21/02/2022 | 2       | 0,8          | 05/04/2022 | 0       | 1,2          |
| 10/01/2022 | 0       |              | 22/02/2022 | 0       | 0,8          | 06/04/2022 | 0       | 1,2          |
| 11/01/2022 | 4       | 1,2          | 23/02/2022 | 0       | 0,8          | 07/04/2022 | 0       | 1,2          |
| 12/01/2022 | 2       | 1,6          | 24/02/2022 | 3       | 1            | 08/04/2022 | 0       | 0,8          |
| 13/01/2022 | 0       | 1,2          | 25/02/2022 | 0       | 1            | 11/04/2022 | 0       | 0            |
| 14/01/2022 | 2       | 1,6          | 28/02/2022 | 0       | 0,6          | 12/04/2022 | 0       | 0            |
| 17/01/2022 | 0       | 1,6          | 01/03/2022 | 0       | 0,6          | 13/04/2022 | 0       | 0            |
| 18/01/2022 | 4       | 1,6          | 02/03/2022 | 0       | 0,6          | 14/04/2022 | 0       | 0            |
| 19/01/2022 | 0       | 1,2          | 03/03/2022 | 0       | 0            | 15/04/2022 | 0       | 0            |
| 20/01/2022 | 2       | 1,6          | 04/03/2022 | 4       | 0,8          | 18/04/2022 | 4       | 0,8          |
| 21/01/2022 | 2       | 1,6          | 07/03/2022 | 2       | 1,2          | 19/04/2022 | 0       | 0,8          |
| 24/01/2022 | 3       | 2,2          | 08/03/2022 | 0       | 1,2          | 20/04/2022 | 2       | 1,2          |
| 25/01/2022 | 0       | 1,4          | 09/03/2022 | 0       | 1,2          | 21/04/2022 | 3       | 1,8          |
| 26/01/2022 | 0       | 1,4          | 10/03/2022 | 0       | 1,2          | 22/04/2022 | 0       | 1,8          |
| 27/01/2022 | 0       | 1            | 11/03/2022 | 0       | 0,4          | 26/04/2022 | 2       | 1,4          |
| 28/01/2022 | 0       | 0,6          | 14/03/2022 | 0       | 0            | 27/04/2022 | 0       | 1,4          |
| 31/01/2022 | 0       | 0            | 15/03/2022 | 0       | 0            | 28/04/2022 | 0       | 1            |
| 01/02/2022 | 0       | 0            | 16/03/2022 | 3       | 0,6          | 29/04/2022 | 0       | 0,4          |
| 02/02/2022 | 2       | 0,4          | 17/03/2022 | 5       | 1,6          | 02/05/2022 | 2       | 0,8          |
| 03/02/2022 | 0       | 0,4          | 18/03/2022 | 0       | 1,6          | 03/05/2022 | 2       | 0,8          |
| 04/02/2022 | 2       | 0,8          | 21/03/2022 | 2       | 2            | 04/05/2022 | 0       | 0,8          |
| 07/02/2022 | 0       | 0,8          | 22/03/2022 | 0       | 2            | 05/05/2022 | 0       | 0,8          |
| 08/02/2022 | 0       | 0,8          | 23/03/2022 | 0       | 1,4          | 06/05/2022 | 0       | 0,8          |
| 09/02/2022 | 0       | 0,4          | 24/03/2022 | 0       | 0,4          | 09/05/2022 | 2       | 0,8          |
| 10/02/2022 | 0       | 0,4          | 25/03/2022 | 2       | 0,8          | 10/05/2022 | 0       | 0,4          |
| 11/02/2022 | 2       | 0,4          | 28/03/2022 | 4       | 1,2          | 11/05/2022 | 0       | 0,4          |
| 14/02/2022 | 2       | 0,8          | 29/03/2022 | 0       | 1,2          | 12/05/2022 | 0       | 0,4          |
| 15/02/2022 | 0       | 0,8          | 30/03/2022 | 0       | 1,2          | 13/05/2022 | 0       | 0,4          |
| 16/02/2022 | 0       | 0,8          | 31/03/2022 | 0       | 1,2          | 16/05/2022 | 0       | 0            |

4. Scelta del  $C_{max}$ : infine, si considera il valore massimo delle medie calcolate. Nel caso proposto il valore massimo, evidenziato nella cella in rosso in Tabella 6.4, è pari a 2.2 pezzi al giorno.

In Figura 6.3 è possibile visualizzare graficamente i valori di riferimento calcolati sulla serie dei consumi, in particolare: la linea blu rappresenta il consumo giornaliero massimo registrato pari a 5 pezzi/giorno, la linea gialla segna il valore ottenuto dalla media totale dei consumi giornalieri considerando tutti i giorni lavorativi anche se presentano un consumo nullo; tale valore si assesta intorno a 0,81 pezzi/giorno. Infine, la linea rossa è tracciata in corrispondenza del valore massimo delle medie mobili calcolate su un *lead time* di 5 giorni, il  $C_{max}$  ottenuto è pari a 2,20 pezzi/giorno.

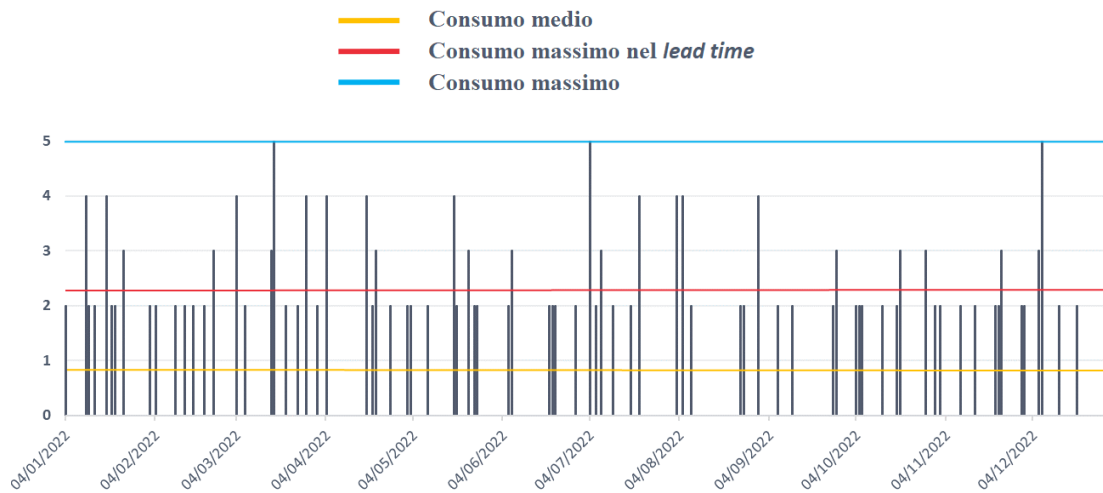


Figura 6.3 - Consumo medio, massimo e  $C_{max}$

Dal confronto tra i tre valori possiamo affermare che, se si usasse il picco dei consumi al fine del dimensionamento del sistema si tenderebbe inevitabilmente a sovradimensionare la giacenza di materiale, minimizzando così l'effetto desiderato dall'implementazione del metodo. Al contrario, considerare il consumo medio, porterebbe ad un sottodimensionamento del sistema, con forte rischio di rotture di *stock* in caso di variabilità dei consumi. L'approccio del  $C_{max}$  proposto da Sintesia permette di considerare le fluttuazioni nei dati e costituisce un adeguato trade-off tra i due casi visti in precedenza; partire da tale valore per dimensionare il sistema consente al tempo stesso di mantenere limitate le scorte di materiale ed evitare indisponibilità del materiale in caso di picchi imprevedibili di consumo.

In Tabella 6.5 è riproposta la medesima analisi sui consumi al variare del *lead time* di fornitura. Si evince che, al dilatarsi del periodo di analisi, i picchi di consumo vengono assorbiti dando origine ad un andamento del  $C_{max}$  decrescente.

Tabella 6.5 - Analisi del  $C_{max}$  al variare del *lead time*

|                            | LT   |      |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                            | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| <b>C<sub>max</sub></b>     | 2,20 | 2,00 | 1,86 | 1,75 | 1,78 | 1,90 |
| <b>C<sub>medio</sub></b>   | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 |
| <b>C<sub>massimo</sub></b> | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

In Tabella 6.6 è riportato il risultato del calcolo del consumo massimo per giorno, descritto in precedenza, per ciascuno dei premontaggi in analisi. I dati presentati verranno utilizzati come  $C_{max}$  nel momento del dimensionamento del *kanban* di produzione.

Tabella 6.6 - Calcolo del Consumo massimo giornaliero con algoritmo della media mobile

| Codice            | Descrizione                                   | C <sub>max</sub> |
|-------------------|---|------------------|
| UN_SENSORE_1      | SENSORE FINECORSA SICUREZZA T1                | 3                |
| UN9310100587      | AMMORTIZZATORE PIANALE ASSEMBLATO             | 2,4              |
| UN9587900075_PIST | PISTONE                                       | 1,2              |
| UN9587900075_BRA  | BRACCIO                                       | 1,2              |
| UN9310056887_D    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO             | 2,2              |
| UN9310056887_S    | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO SINISTRO           | 2,2              |
| UN9587900061      | CILINDRO COMPENSAZIONE ASSE W                 | 1,2              |
| UN9310060987_D    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO DESTRO   | 1,2              |
| UN9587903061      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE SCARICO ASSEMBLATO  | 1,2              |
| UN9310060987_S    | PIANO INCLINATO VERTICALE ASSEMBLATO SINISTRO | 1,2              |
| UN9587903060      | CIL. RIBALTAMENTO PIANALE 1 ASSEMBLATO        | 0,6              |
| UN9310077587_S    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO SINISTRO  | 1,8              |
| UN9310077587_D    | PREMONTAGGIO FELTRO PIANO INCLINATO DESTRO    | 1,8              |
| UN9310055687_DX   | TELAIO GUIDE VERTICALI DX                     | 2                |
| UN9310055687_SX   | TELAIO GUIDA VERTICALE SX                     | 2                |
| 9578910165_L      | LAMINA FONDO SCARICO                          | 0,4              |
| 9578910165_PS     | PORTA SUPERIORE FONDO SCARICO                 | 0,4              |
| 9578910165_Pi     | PORTA INFERIORE FONDO SCARICO                 | 0,4              |
| 9578910269_TR     | SUPPORTO ESTRATTORE                           | 1,2              |
| 9578910269_CA     | SUPPORTO CATENA                               | 0,4              |
| 9578910270_CIL    | CILINDRO ASSE W                               | 0,4              |

#### 6.4 Dimensionamento dei contenitori e delle quantità per ciascun *kanban*

Il tipo di contenitore e la relativa quantità di pezzi contenuti al suo interno sono due parametri che dipendono reciprocamente ed in quanto tali dovrebbero essere valutati



contestualmente. Nello specifico, i fattori che sono stati presi in considerazione per effettuare la scelta più opportuna sono stati:

- Il consumo giornaliero dell'articolo: la quantità del *kanban* deve essere coerente con il consumo giornaliero dell'articolo. Questo ha spinto a dimensionare il *kanban* con quantità unitaria per quegli articoli con consumo giornaliero massimo inferiore a 2 pezzi al giorno, mentre, per i codici con utilizzo superiore è stata considerata come quantità del *kanban* una quantità maggiore, che consentisse di ottimizzare la saturazione del contenitore;
- La modalità di stoccaggio e prelievo: data la dimensione voluminosa dei componenti ed il relativo peso si è preferito scegliere come unità di stoccaggio il bancale Europallet misura 1200x800 mm per la quasi totalità dei componenti; questo non solo ha permesso di facilitare la movimentazione della merce mediante mezzi di sollevamento ma anche di ottimizzare lo stoccaggio dei componenti nell'apposita scaffalatura predisposta a bordo linea.

Nelle valutazioni effettuate è stata sempre posta grande attenzione alle modalità di movimentazione adottate, manuale o tramite sollevatori automatici, e ai pesi massimi movimentabili affinché tutte le operazioni di trasporto e stoccaggio dei materiali potessero avvenire nella maniera più ergonomica possibile.

Queste sopra riportate sono le linee guida tenute in considerazione durante lo studio del binomio contenitore-quantità; è bene però tenere a mente che tutte le stime effettuate devono essere verificate fisicamente attraverso prove e tentativi per ciascun codice. In Figura 6.4 è presentata la soluzione adottata per il codice UN9310056887\_D, si nota che i componenti sono stati riposti su bancale Europallet di dimensioni 1200x800 su due strati, sei per ciascuno strato, accuratamente riposti per non danneggiare o graffiare i componenti in alluminio durante lo stoccaggio e le



Figura 6.4 - Esempio dimensionamento contenitore per codice UN9310056887\_D

movimentazioni. Le dimensioni dei pezzi e la necessità di riporli in maniera ordinata e separata fanno sì che il contenitore possa ospitare massimo 12 pezzi e, visto il consumo previsto pari a 2,2 pezzi al giorno, un contenitore è in grado di coprire i consumi di 5,45 giorni lavorativi, ovvero di circa una settimana.

In Tabella 6.7, per ciascun componente è indicata l'unità di carico adottata e la quantità del *kanban*.

Tabella 6.7 - Contenitore e quantità

| Codice            | Contenitore              | Quantità |
|-------------------|--------------------------|----------|
| UN_SENSORI_1      | Bocca di lupo 300x500 mm | 24       |
| UN9310100587      | Europallet 1200x800 mm   | 9        |
| UN9587900075_PIST | Europallet 1200x800 mm   | 6        |
| UN9587900075_BRA  | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| UN9310056887_D    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9310056887_S    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9587900061      | Europallet 1200x800 mm   | 14       |
| UN9310060987_D    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9587903061      | Europallet 1200x800 mm   | 4        |
| UN9310060987_S    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9587903060      | Europallet 1200x800 mm   | 4        |
| UN9310077587_S    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9310077587_D    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |
| UN9310055687_DX   | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| UN9310055687_SX   | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| 9578910165_L      | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| 9578910165_PS     | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| 9578910165_Pi     | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| 9578910269_TR     | Europallet 1200x800 mm   | 9        |
| 9578910269_CA     | Europallet 1200x800 mm   | 1        |
| 9578910270_CIL    | Europallet 1200x800 mm   | 12       |

## 6.5 Dimensionamento del sistema *kanban*

Una volta definiti i codici da mettere a *kanban*, il consumo giornaliero massimo, il *lead time* ed i vincoli del processo fornitore si può procedere col calcolo del numero di cartellini. La formula più appropriata per dimensionare il sistema dipende dalla politica di gestione che si è scelto di implementare; nel caso Unimec, non avendo lotti minimi di lavorazione o particolari vincoli fisici nello stoccaggio del materiale, si è scelto di implementare per i preassemblaggi una gestione di tipo *kanban* tradizionale. Si rimanda il lettore al paragrafo 2.4 per un ulteriore approfondimento sulle politiche di gestione *kanban* ed il loro dimensionamento.

Di seguito è proposto come esempio il calcolo del numero di cartellini per il codice UN9310056887\_D, nel caso di gestione *kanban* tradizionale:

$$\#KB = 1 + \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{Q_{contenitore}} \right\rceil = 1 + \left\lceil \frac{2,20 \cdot (5 + 1)}{12} \right\rceil = 1 + [1,1] = 3 KB$$

In Tabella 6.8 è riportata la tabella riassuntiva con le informazioni relative al calcolo del numero di cartellini per ciascun legame ed il riferimento alla tipologia di *kanban*, alla politica di gestione applicata e ai partner fornitore e cliente. I parametri sotto presentati saranno propedeutici alla creazione dei legami *kanban* nella piattaforma KanbanBOX, usata per la gestione del *kanban* elettronico.

Tabella 6.8 - Dimensionamento del sistema *kanban*

| Tipo       | Codice            | Gestione | Fornitore        | Cliente       | Cmax | LT | LTS | QTA | #KB |
|------------|-------------------|----------|------------------|---------------|------|----|-----|-----|-----|
| Produzione | UN_SENSORE_1      | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 3    | 5  | 1   | 24  | 2   |
| Produzione | UN9310100587      | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 2,4  | 5  | 1   | 9   | 3   |
| Produzione | UN9587900075_PIST | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 6   | 3   |
| Produzione | UN9587900075_BRA  | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 1   | 9   |
| Produzione | UN9310056887_D    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 2,2  | 5  | 1   | 12  | 3   |
| Produzione | UN9310056887_S    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 2,2  | 5  | 1   | 12  | 3   |
| Produzione | UN9587900061      | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 14  | 2   |
| Produzione | UN9310060987_D    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 12  | 2   |
| Produzione | UN9587903061      | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 4   | 3   |
| Produzione | UN9310060987_S    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,2  | 5  | 1   | 12  | 2   |
| Produzione | UN9587903060      | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 0,6  | 5  | 1   | 4   | 2   |
| Produzione | UN9310077587_S    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,8  | 5  | 1   | 12  | 2   |
| Produzione | UN9310077587_D    | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 1,8  | 5  | 1   | 12  | 2   |
| Produzione | UN9310055687_DX   | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 2    | 5  | 1   | 1   | 13  |
| Produzione | UN9310055687_SX   | Kanban   | Premontaggio LT7 | Montaggio LT7 | 2    | 5  | 1   | 1   | 13  |
| Produzione | 9578910165_L      | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 0,4  | 5  | 1   | 1   | 4   |
| Produzione | 9578910165_PS     | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 0,4  | 5  | 1   | 1   | 4   |
| Produzione | 9578910165_Pi     | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 0,4  | 5  | 1   | 1   | 4   |
| Produzione | 9578910269_TR     | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 1,2  | 5  | 1   | 9   | 2   |
| Produzione | 9578910269_CA     | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 0,4  | 5  | 1   | 1   | 4   |
| Produzione | 9578910270_CIL    | Kanban   | Premontaggio LT8 | Montaggio LT8 | 0,4  | 5  | 1   | 12  | 2   |

## 6.6 Implementazione del *kanban* elettronico

Di seguito sono esposti i diversi passaggi seguiti nel software KanbanBOX per implementare il sistema *kanban* elettronico. Il primo step da effettuare è la creazione delle anagrafiche dei componenti; è possibile eseguire tutte le operazioni proposte mediante

apposito form nella piattaforma web (Figura 6.5) per ciascun componente o tramite upload massivo via Excel.

The screenshot shows a web form for entering component data. The fields are as follows:

- Codice componente:** UN9310056887\_D (highlighted in red)
- Descrizione:** PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO
- Unità di misura:** PZ
- Immagine:** Scegli file | Nessun file selezionato. Includes a checkbox for "Cancella immagine" and a small image thumbnail.
- Peso:** [Empty field] Kg
- Costo statistico:** [Empty field]
- Campo personalizzato componente 1:** [Empty field]
- Campo personalizzato componente 2:** [Empty field]
- Campo personalizzato componente 3:** [Empty field]
- Campo personalizzato componente 4:** [Empty field]
- Informazioni aggiuntive:** [Large empty text area]

At the bottom right, there is a button labeled "Chiudi campi avanzati".

Figura 6.5 - Informazioni di base anagrafica componenti

Le informazioni di base del componente che è possibile registrare sono:

- **Codice componente:** rappresenta il codice identificativo dell'articolo, è l'unica informazione obbligatoria da inserire e pertanto la cella corrispondente è evidenziata in rosso;
- **Descrizione:** campo che contiene una breve descrizione dell'articolo;
- **Unità di misura:** valore di riferimento per la misura di quel componente, può essere espressa in PZ, NR, KG, MT, ecc.;
- **Immagine:** associando a ciascun componente la relativa immagine o il disegno tecnico sarà possibile far apparire nel cartellino l'immagine dell'articolo;

- **Peso:** se il campo è compilato, in fase di dimensionamento *kanban* il sistema proporrà automaticamente il peso totale del contenitore pieno al fine di valutare il rispetto del peso massimo sollevabile;
- **Costo statistico:** indica il costo unitario dell'articolo, permette di valorizzare economicamente il magazzino.

Allo stesso modo devono essere inseriti i dettagli dei partner di riferimento, fornitore e cliente, Figura 6.6 e Figura 6.7. I campi da compilare sono i seguenti:

- **Nome:** indica il nome del fornitore o cliente di riferimento, così come verrà visualizzato nell'applicazione e stampato sui cartellini *kanban*. In particolare, “Premontaggio LT7” rappresenta la cella di lavorazione dei premontaggi mentre “Montaggio LT7” è indicativo della linea di produzione per la famiglia LT7;
- **Fornitore o cliente:** nel sistema *kanban*, il partner può essere: “Fornitore”, quando il partner è solo fornitore, “Cliente”, quando il partner è solo cliente, “Fornitore e cliente”, se il partner è sia fornitore che cliente nel sistema *kanban*. Entrambi i reparti sono stati configurati sia come fornitori che come clienti;
- **Tipo:** “Interno”, il fornitore è una fase interna del processo, “Esterno”, identifica un fornitore o cliente al di fuori dell'unità produttiva. Entrambi i reparti sono stati classificati come interni;
- **Giorni di consegna:** consegna in qualsiasi giorno lavorativo;
- **Giorni di ricezione:** ricezione in qualsiasi giorno lavorativo.

|                                     |   |                   |
|-------------------------------------|---|-------------------|
| Nome                                | <input type="text" value="Premontaggio LT7"/>                         | <a href="#">?</a> |
| Codice partner                      | <input type="text"/>  | <a href="#">?</a> |
| Fornitore o Cliente                 | <input type="text" value="Fornitore e Cliente"/>                      | <a href="#">?</a> |
| Tipo                                | <input type="text" value="Interno"/>                                  | <a href="#">?</a> |
| Colore                              | <input type="text" value="Giallo"/>                                   | <a href="#">?</a> |
| <a href="#">Apri campi avanzati</a> |   |                   |
| Giorni di consegna                  | <input type="text" value="Consegna in qualsiasi giorno lavorativo"/>  |                   |
| Giorni di ricezione                 | <input type="text" value="Ricezione in qualsiasi giorno lavorativo"/> |                   |

Figura 6.6 - Informazioni di base anagrafica partner fornitore

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| Nome                               | <input type="text" value="Montaggio LT7"/>                            |  |
| Codice partner                     | <input type="text" value="LT7"/>                                      |  |
| Fornitore o Cliente                | <input type="text" value="Fornitore e Cliente"/>                      |  |
| Tipo                               | <input type="text" value="Interno"/>                                  |  |
| Colore                             | <input type="text" value="Giallo"/>                                   |  |
| <small>Apri campi avanzati</small> |   |  |
| Giorni di consegna                 | <input type="text" value="Consegna in qualsiasi giorno lavorativo"/>  |  |
| Giorni di ricezione                | <input type="text" value="Ricezione in qualsiasi giorno lavorativo"/> |  |













Figura 6.7 - Informazioni di base anagrafica partner cliente

Infine, si procede con la creazione dei legami *kanban* ed il calcolo del numero di cartellini per ogni codice articolo. Il form guida l'utente nel corretto dimensionamento del legame, mediante la compilazione di tre parti differenti; tutte le informazioni date in input al sistema saranno salvate elettronicamente e sarà possibile andare ad inserirle successivamente nel cartellino fisico. Il primo set di dati richiesti per l'implementare del *kanban* sono le informazioni generali, visibili in Figura 6.8, ovvero i dati basilari ed essenziali per il dimensionamento:

- **Codice:** codice articolo per cui si vuole creare un legame. Il codice deve essere già presente nell'anagrafica codici KanbanBOX, altrimenti è possibile crearlo in questa fase tramite il pop-up a cui è possibile accedere premendo l'icona sulla destra della cella;
- **Descrizione:** descrizione dell'articolo in esame. Viene automaticamente richiamata la descrizione precedentemente inserita nell'anagrafica articoli;
- **Unità di misura:** la relativa unità di misura dell'articolo;
- **Fornitore:** indica l'attore più a monte coinvolto nel legame che deve ripristinare ciò che viene consumato. Nel caso in esame è dato dal reparto premontaggio;
- **Cliente:** il processo a valle che consuma e richiede il ripristino dell'articolo in esame; in questo caso è la linea di montaggio;
- **Manager:** di default viene inserito colui che ha creato il legame, rappresenta il responsabile della gestione dell'articolo in essere da notificare in caso di necessità;

- Ubicazione presso il fornitore: codice identificativo della posizione del componente nel relativo magazzino del fornitore;
- Ubicazione presso il cliente: indica l'ubicazione dove il contenitore ripristinato deve essere posizionato;
- *Kanban* card: con questo campo si può scegliere se a ogni rotazione completa di un cartellino *kanban* (ritorno allo stato vuoto o rilasciato) il cartellino vada ristampato con un nuovo codice identificativo oppure no. “Usa e getta”: al momento del rilascio, il cartellino *kanban* assume un nuovo codice univoco (ID *kanban*). Il cartellino *kanban* deve dunque essere ristampato a ogni svuotamento del contenitore. Da utilizzare per semplificare al massimo la manutenzione, consente di eliminare la lavagna fisica. “Riutilizzabili”: il cartellino mantiene il suo identificativo al momento dello svuotamento e può quindi non essere ristampato, è consigliato in questo caso utilizzare una lavagna fisica per gestire i cartellini;
- Prezzo: indica il prezzo unitario del componente;
- Valuta: valuta di riferimento per il codice articolo;
- Tipo di *kanban*: è possibile scegliere tra “Produzione”, “Movimentazione”, “Acquisto” o “Vendita”, nel caso in esame si tratta di *kanban* di produzione.

All'interno dei campi avanzati è possibile inserire dei campi personalizzati al fine di memorizzare informazioni dedicate sulla base di specifiche esigenze aziendali o per salvare informazioni ricavate da gestionale in caso di integrazione tra i due sistemi.

|                               |                                   |  |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| Codice                        | UN9310056887_D                    |    |
| Descrizione                   | PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO |  |
| Unità di misura               | PZ                                |  |
| Legami con lo stesso articolo |                                   |  |
| Fornitore                     | Premontaggio LT7                  |    |
| Cliente                       | Montaggio LT7                     |    |
| Risorsa predefinita           |                                   |    |
| Manager                       | KanbanBOX_AGR                     |  |
| Ubicaz. presso fornitore      |                                   |   |
| Ubicaz. presso cliente        | SMKT Preassemblati                |   |
| Kanban Card                   | Usa e getta                       |   |
| Tipo di kanban                | Produzione                        |  |
| Prezzo                        |                                   |  |


[Chiudi campi avanzati](#) 

Figura 6.8 - Informazioni generali legame kanban

La seconda tipologia di dati necessari al dimensionamento è costituita dalle informazioni di processo, visibili in Figura 6.9, tra cui rientrano:

- *Lead time*: numero di giorni lavorativi necessari per ripristinare un *kanban*, è stato inserito il valore precedentemente definito (cfr. paragrafo 6.1.2);
- *Lead time* di sicurezza: numero di giorni lavorativi da aggiungere al *lead time* per assorbire eventuali ritardi. Viene sommato al *lead time* nel calcolo del dimensionamento, quindi, comporta un sovradimensionamento del *supermarket*. In questo caso è pari a 1 ed è stato introdotto per tutelarsi dalla variabilità del processo di fornitura;
- Consumo massimo per giorno: inserimento del dato ricavato dalla analisi precedente dei consumi (cfr. paragrafo 6.1.3);
- Lotto minimo: quantità minima per emettere un ordine di ripristino di quell'articolo, da inserire nel caso in cui il fornitore imponga dei vincoli relativi a quantità minime di produzione;
- Lotto multiplo: quantità multipla di acquisto al raggiungimento del lotto minimo di acquisto;



- Tempo di lavorazione: tempo stimato per la lavorazione di un singolo pezzo, particolarmente significativo nel caso di *kanban* di produzione.

|                            |     |                        |
|----------------------------|-----|------------------------|
| Lead time                  | 5   | giorni lavorativi      |
| Consumo massimo per giorno | 2.2 | PZ / giorno lavorativo |
| Lead time di sicurezza     | 1   | giorni lavorativi      |
| Lotto minimo               |     | PZ                     |
| Lotto multiplo             |     | PZ                     |
| Tempo di lavorazione       | 0.2 | Ore                    |
| Raggruppamento             |     |                        |
| Multiprocesso              | No  |                        |

Figura 6.9 - Informazioni di processo legame kanban

Infine, è necessario inserire nella sezione presentata in Figura 6.10 i dati relativi al dimensionamento vero e proprio del *kanban*:

- Contenitore: unità di carico utilizzata per stoccare la merce in magazzino o nel *supermarket*, in questo caso è stato utilizzato l'europallet;
- Capienza massima contenitore: indica il numero massimo di unità del componente che può essere stoccata nel contenitore o nell'imballo selezionato. Questo non è un campo obbligatorio, ma permette di utilizzare la calcolatrice *kanban*;
- Gestione: le tipologie di gestione tra cui è possibile scegliere sono “Kanban”, “Lotto di cartellini”, “Kanban segnale”, “Synchro”. La gestione implementata è “Kanban”;
- Numero di cartellini: numero di cartellini *kanban* totali di questo legame. Per calcolare il numero di cartellini si fa riferimento alla formula presentata nel paragrafo precedente, il risultato del calcolo è pari a 3;
- Quantità per *kanban*: quantità di unità da ripristinare per un cartellino *kanban*.

|                              |            |      |
|------------------------------|------------|------|
| Contenitore                  | Europallet |      |
| Capienza massima contenitore | 12         | PZ ⓘ |
| Gestione                     | Kanban     | ▼    |
| Numero di cartellini kanban  | 3          |      |
| Quantità per kanban          | 12         | PZ ⓘ |

Figura 6.10 - Dimensionamento kanban

A supporto dell'analisi numerica, KanbanBOX offre all'utente una calcolatrice *kanban*. Tale strumento, rappresentato in Figura 6.11, in funzione delle informazioni di processo e dei parametri inseriti, è in grado di suggerire il corretto dimensionamento del sistema in termini di gestione, numero di cartellini *kanban* e quantità ottimale per contenitore. Quest'ultimo dato è calcolato attraverso la formula inversa e rappresenta la quantità ottimale di componenti da inserire in ciascun contenitore per evitare sovra scorte.

Di seguito vengono proposti i passaggi per arrivare al calcolo di tale quantità, identificata con la variabile  $X$ , che supporta l'algoritmo della calcolatrice. La formula di partenza è data dal calcolo del numero di cartellini necessari al dimensionamento del sistema *kanban*:

$$\#KB = 1 + \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{X} \right\rceil$$

$$\#KB - 1 = \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{X} \right\rceil$$

$$X = \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{\#KB - 1} \right\rceil$$

Applicando la formula sopra presentata al caso finora osservato, si evince che il numero ottimale di pezzi per contenitore è pari a:

$$X = \left\lceil \frac{C_{max} \cdot (LT + LTS)}{\#KB - 1} \right\rceil = \left\lceil \frac{2,2 \cdot (5 + 1)}{3 - 1} \right\rceil = \lceil 6,6 \rceil = 7 \text{ pezzi}$$

Si può notare infatti in Figura 6.11 che il sistema propone di scegliere una quantità *kanban* pari a sette pezzi per contenitore, inferiore a quella scelta, e consiglia di utilizzare di conseguenza un contenitore di dimensioni minori al fine di ridurre la giacenza e lo spazio occupato. All'utente verrà data

Figura 6.11 - Calcolatrice kanban e prestazioni attese

la possibilità di inserire automaticamente nel form il dimensionamento suggerito dalla calcolatrice in termini di numero di cartellini e quantità per ciascun *kanban*.

La seconda sezione, in celeste, dà informazioni sulle performance del sistema in base al numero di cartellini scelto; in particolare, indica il consumo giornaliero massimo supportato ed il peso massimo del contenitore pieno, calcolato sommando la tara del contenitore ed il peso unitario dell'articolo moltiplicato per il numero di pezzi all'interno.

Il consumo massimo giornaliero supportato è così calcolato:

$$C_{max} = \left\lceil \frac{(\#KB - 1) \cdot X}{(LT + LTS)} \right\rceil$$

Inserendo nella formula i valori corrispondenti si ottiene un risultato confrontabile con quanto riportato nel campo "Consumo massimo supportato" in Figura 6.10.

$$C_{max} = \left\lceil \frac{(3 - 1) \cdot 12}{(5 + 1)} \right\rceil = \lceil 4 \rceil = 4 \text{ pezzi/giorno}$$

### 6.7 Il cartellino *kanban*

L'ultimo passaggio operativo necessario a completare l'implementazione è quello di creare i cartellini *kanban*, i quali dovranno includere tutte le informazioni necessarie all'identificazione del componente ed al ripristino dello stesso. Moltissimi sono i *layout* e le dimensioni sotto cui si può presentare il cartellino; per i legami relativi ai preassemblaggi è stato creato un *layout* semplice, intuitivo e facilmente leggibile, visibile in Figura 6.12, di dimensione 60x95 mm. Nel cartellino sono state riportate le

informazioni relative a: codice articolo, descrizione componente, partner fornitore e cliente, contenitore, data richiesta, quantità, immagine del componente ed il codice ID univoco con il relativo barcode.



Figura 6.12 - Cartellino kanban

### 6.8 La lavagna kanban dei preassemblaggi

In un sistema *kanban* di tipo elettronico, il tabellone *kanban*, destinato alla raccolta dei cartellini da ripristinare, può essere facilmente sostituito da una lavagna elettronica (Figura 6.13), che rappresenta uno degli strumenti più importanti presenti in KanbanBOX. In lavagna è possibile visualizzare lo stato dei materiali in tempo reale per ogni *supermarket* o magazzino tramite un'interfaccia grafica semplificata, basata sull'uso di colori ed indicatori visuali; infatti, ad ogni cartellino fisico è associato una copia digitale il cui stato è identificato mediante colorazione differente del cartellino (cfr. Paragrafo 3.7).

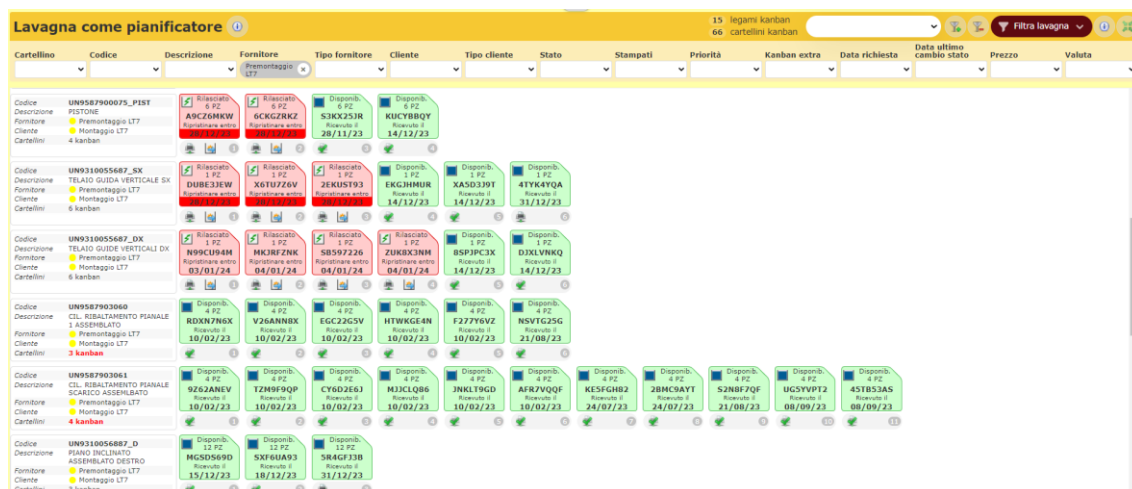


Figura 6.13 - Lavagna kanban premontaggi

Se si filtra la lavagna relativamente al codice articolo finora dimensionato possiamo notare (Figura 6.14) come siano presenti tre cartellini, due nello stato disponibile ed uno in stato rilasciato. Nel riquadro grigio di intestazione è possibile vedere le informazioni di dettaglio del legame e, cliccando su ciascun cartellino apparirà un'infografica con tutte le informazioni di dettaglio, eventuali commenti inseriti e la bacheca relativa ai cambi stato ed alle azioni effettuate sullo specifico cartellino.

**Lavagna come pianificatore**

1 legame kanban  
3 cartellini kanban

Filtro lavagna

| Cartellino | Codice          | Descrizione | Fornitore        | Tipo fornitore | Cliente | Tipo cliente | Stato | Stampati | Priorità | Kanban extra | Data richiesta |
|------------|-----------------|-------------|------------------|----------------|---------|--------------|-------|----------|----------|--------------|----------------|
|            | UN931005688_7_D |             | Premontaggio LT7 |                |         |              |       |          |          |              |                |

Data ultimo cambio stato:   
 Prezzo:   
 Valuta:

Codice: UN931005688\_7\_D  
 Descrizione: PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO  
 Fornitore: Premontaggio LT7  
 Cliente: Montaggio LT7  
 Cartellini: 3 kanban

**Rilasciato** 12 PZ  
 U99F34V8  
 Ripristinare entro 12/01/24

**Disponib.** 12 PZ  
 MGS0569D  
 Ricevuto il 15/12/23

**Disponib.** 12 PZ  
 SXFGUA93  
 Ricevuto il 18/12/23

Figura 6.14 - Esempio legame kanban codice articolo UN9310056887\_D



## **7. Implementazione del sequenziamento degli ordini di produzione e del *pull* sequenziale**

Il capitolo sette affronta la tematica cruciale del sequenziamento degli ordini di produzione nell'ambito della gestione e coordinamento delle attività produttive. La focalizzazione principale è posta sull'implementazione del modulo sequenziatore all'interno della piattaforma KanbanBOX, nel reparto premontaggi e per la linea di produzione. Successivamente, il capitolo si estende all'implementazione del *pull* sequenziale per la gestione ottimizzata di materiali ingombranti destinati a verniciatura ed assemblaggio. Si illustra l'attività di riprogettazione del processo e le considerazioni strategiche per coordinare efficacemente le fasi di asservimento e produzione di tali componenti.

In sintesi, il capitolo si propone di fornire una guida completa e dettagliata sull'implementazione pratica del sequenziatore e del *pull* sequenziale, concentrandosi su come KanbanBOX faciliti la gestione sincronizzata dei materiali attraverso la visualizzazione chiara delle sequenze produttive, evidenziando i benefici concreti che questi approcci hanno portato a Unimec Srl nel contesto della sua attività manifatturiera.

## **7.1 Il sequenziamento degli ordini di produzione**

La seconda area di intervento individuata si concentra sul miglioramento delle attività di gestione e coordinamento delle attività produttive e sul livellamento del carico di lavoro tra operatori e reparti produttivi. In particolare, si è scelto di far ciò implementando il modulo sequenziatore, presente nella piattaforma KanbanBOX, per trasmettere la sequenza produttiva alle due linee di prodotto ed al reparto premontaggi.

### **7.1.1 Il sequenziatore**

Un sequenziatore di produzione è un sistema o un software utilizzato nell'ambito della gestione della produzione per pianificare e controllare i flussi produttivi. Il suo scopo principale è quello di organizzare in modo ottimale le attività di produzione, garantendo che le operazioni siano eseguite nella sequenza corretta e nel rispetto dei tempi previsti. Il modulo sequenziatore per la programmazione operativa della produzione di KanbanBOX permette di cadenzare la produzione a capacità finita risolvendo la complessità della quotidiana attività di programmazione operativa a carico del capo reparto o del responsabile della produzione.<sup>46</sup>

L'introduzione di un sistema di sequenziamento delle attività produttive può portare benefici su più punti di vista, tra questi vi sono:

- L'ottimizzazione delle sequenze produttive: organizzare le attività in modo che siano eseguite nella sequenza più efficiente possibile al fine di massimizzare l'utilizzo delle risorse, ridurre i tempi di produzione ed eliminare sprechi come attese, tempi morti e mancata sincronizzazione tra reparti;
- La programmazione delle risorse: assegnare le risorse necessarie (macchinari, manodopera e materiali) in modo appropriato per evitare ritardi e garantire un flusso costante della produzione;
- Il rispetto delle scadenze: assicurarsi che ogni fase della produzione sia completata entro i tempi previsti, contribuendo così a evitare ritardi e possibili interruzioni nella catena di approvvigionamento;
- La gestione degli ordini: coordinare gli ordini dei clienti con le attività di produzione per garantire la consegna tempestiva dei prodotti.

---

<sup>46</sup> <https://www.kanbanbox.com/it/sequenziatore-programmazione-della-produzione/>



Inoltre, la schedulazione della produzione è un elemento chiave della digitalizzazione dei processi manifatturieri che consente alle aziende di essere più reattive e flessibili di fronte ai cambiamenti nel mercato. L'adozione di questi processi digitali non solo migliora l'efficienza, ma favorisce anche un approccio più sostenibile alla produzione, riducendo gli sprechi, promuovendo l'uso più efficiente delle risorse e contribuendo all'ottimizzazione dei costi.

Il modulo sequenziatore presente in KanbanBOX presenta un funzionamento semplice ed immediato: possono essere sequenziati cartellini *kanban* rilasciati o ordini chiusi (cartellini *Synchro*) che possono essere caricati in KanbanBOX tramite un file Excel o automaticamente dall'ERP. Tali cartellini verranno automaticamente sequenziati dal sistema in logica FIFO e all'utente verrà successivamente data la possibilità di intervenire manualmente sulla sequenza in caso di bisogno. A differenza dei più avanzati schedulatori di produzione, la gestione dei vincoli di reparto non è affidata al sistema informativo ma rimane in carico al responsabile produzione che, in base alla sua esperienza, ottimizzerà la sequenza proposta dal sequenziatore.

### **7.1.2 Il sequenziatore per il reparto premontaggi**

Il primo reparto produttivo per il quale si è scelto di implementare tale strumento è stato la cella di lavorazione dei premontaggi. Le motivazioni che hanno portato a scegliere tale area come progetto pilota sono state diverse: in primis la facilità di implementazione dello strumento, data dal fatto che erano già stati creati in precedenza i *kanban* di produzione per tutti quei componenti soggetti a premontaggio. Questo ha permesso di poter creare un processo di sequenziamento che funzionasse in automatico, eliminando la necessità di importare massivamente gli ordini di produzione all'interno della piattaforma o per di più gestire il caricamento degli ordini da una software esterno tramite integrazione. In secondo luogo, dalle analisi iniziali effettuate (cfr. paragrafo 5.3.1), è emerso che le attività di programmazione operativa e di supervisione della produzione a carico del responsabile pianificazione di stabilimento erano eccessivamente onerose e dispendiose in termini di tempo. Tale figura, infatti, era costantemente interrotta dalle sue attività quotidiane dagli operatori che, terminate le mansioni loro assegnate, chiedevano quali compiti dovessero svolgere successivamente. Questo non solo generava un forte sovraccarico delle risorse coinvolte nel coordinamento delle fasi ma impegnava spesso la manodopera in attività non strettamente necessarie.

Ultima motivazione, ma non per importanza, è data dalla mancanza di visibilità sulle reali necessità produttive di premontaggi in funzione dei fabbisogni delle linee di montaggio. Questo dava origine a continui stock out di materiale necessario, con conseguente interruzione delle attività di montaggio in linea, e al tempo stesso eccessi di materiale preassemblato non richiesto nell'immediato. Quest'ultima criticità, particolarmente sentita dal cliente, è stata parzialmente colmata tramite l'introduzione del sistema di ripristino *kanban* il quale però, se considerato singolarmente, non consente di stabilire in maniera visiva ed immediata delle priorità di lavorazione tra tutti i cartellini consumati. Tutte queste, e non solo, sono state le ragioni che hanno spinto l'azienda a voler investire su uno strumento di *Lean Manufacturing* per la programmazione della sequenza delle operazioni sul reparto premontaggi al fine di dare visibilità agli operatori e ai planner del carico di lavoro, delle date di consegna richieste per ciascun prodotto, del relativo stato di avanzamento, dei tempi di lavorazione e delle priorità produttive.

### **7.1.3 L'implementazione operativa**

Il primo passo verso l'implementazione del modulo sequenziatore in KanbanBOX è la definizione delle risorse, dove con il termine risorsa si intendono reparti produttivi, linee di assemblaggio, centri di lavoro o funzioni. In Unimec Srl, la risorsa che riceve la schedulazione degli ordini è il reparto che si occupa dell'assemblaggio dei premontaggi; nel caso specifico si è scelto di creare due risorse distinte, ciascuna dedicata alle due linee di prodotto, in modo tale che siano visibili due sequenze di lavorazione, la prima riservata al premontaggio LT7, la seconda al premontaggio LT8.

Per far ciò è stato necessario configurare le risorse, andando a modificare le impostazioni relative all'anagrafica partner per i due fornitori in precedenza creati. Nello specifico, nella sezione "Sequenziatore" (Figura 7.1) è stato scelto sì nel campo "Attiva il sequenziatore per il partner" e selezionato "Quando il cartellino è rilasciato" nell'opzione "Inserisci automaticamente i cartellini assegnati nella sequenza". Il secondo passaggio consiste nella configurazione dei legami: affinché i cartellini *kanban* appartenenti a un legame vengano sequenziati all'interno di una risorsa, quest'ultima deve essere assegnata al legame *kanban*. Per i *kanban* dei preassemblaggi non è stato necessario creare dei legami nuovi, ma è stato sufficiente aggiornare le impostazioni dei legami preesistenti. In particolare, nella sezione "Informazioni generali" del legame *kanban* (Figura 7.2), è stata inserita la risorsa predefinita: avendo già creato e configurato la risorsa in precedenza, è

stato sufficiente cliccare sul menù a tendina o sulla lente d'ingrandimento e selezionare la risorsa da associare al legame. Così facendo, ogni cartellino *kanban* o *synchro* appartenente al legame che viene rilasciato, viene sequenziato automaticamente all'interno della risorsa impostata.

The screenshot shows a configuration panel for the sequencer. It contains the following elements:

- A dropdown menu labeled "Attiva il Sequenziatore per il partner" with the value "Sì".
- A text label "Considera il partner una risorsa da sequenziare".
- A dropdown menu labeled "Inserisci automaticamente i cartellini assegnati nella sequenza" with the value "Quando il cartellino è 'Rilasciato'".
- An input field labeled "Area congelata" with a "Cartellini" button to its right.
- A dropdown menu labeled "Attiva il Pull Sequenziale" with the value "No".

Figura 7.1 - Impostazione delle risorse per configurazione sequenziatore

The screenshot shows a configuration panel for the sequencer link. It contains the following elements:

- A dropdown menu labeled "Codice" with the value "UN9310056887\_D".
- A text input field labeled "Descrizione" with the value "PIANO INCLINATO ASSEMBLATO DESTRO".
- A text input field labeled "Unità di misura" with the value "PZ".
- A dropdown menu labeled "Fornitore" with the value "Premontaggio LT7".
- A dropdown menu labeled "Cliente" with the value "Montaggio LT7".
- A dropdown menu labeled "Risorsa predefinita" with the value "Premontaggio LT7".
- A button labeled "Apri campi avanzati" at the bottom right.

Figura 7.2 - Impostazione dei legami per configurazione sequenziatore

#### 7.1.4 Personalizzazione dell'aspetto della sequenza

In Figura 7.3 è presentata l'interfaccia grafica del sequenziatore di produzione per la risorsa LT7; risulta immediatamente visibile come il suo contenuto e la struttura dello strumento siano estremamente chiari e di facile comprensione, anche ad un utente non necessariamente esperto. È infatti importante ricordare che tale strumento è a servizio della produzione ed in quanto tale deve essere facilmente accessibile e consultabile da tutti gli operatori. L'aspetto della sequenza può essere personalizzato per ciascuna risorsa o gruppi di risorse. In particolare, è possibile definire: quali campi visualizzare nel sequenziatore, in quale ordine, la larghezza dei campi ed il formato delle date visualizzate.

Nella sequenza sono presenti solamente in cartellini in stato rilasciato e in lavorazione. Per ogni risorsa, sono riportati in testata:

- Numero cartellini: numero dei cartellini visualizzati e totali assegnati alla risorsa;
- Tempo di lavorazione totale: tempo totale necessario per la lavorazione di tutti i cartellini assegnati alla risorsa.

### Sequenziatore

| Premontaggio LT7   |           | Numero cartellini: 40/40 |           | Tempo di lavorazione totale: 56.4 h |          |      |  |
|--|-----------|--------------------------|-----------|-------------------------------------|----------|------|--|
| Codice   | Data ril. | Data Ric.                | Card Type | Stato                               | Q.tà     | Flag |  |
| 1<br>Premontaggio LT7<br><b>UN_SENSORE_1</b><br>SENSORE FINECORSA SICUREZZA T1 | 02/11     | 09/11                    | Kanban    |                                     | 24<br>PZ |      |  |
| 2  | 23/11     | 30/11                    | Kanban    |                                     | 24<br>PZ |      |  |
| 3<br>Premontaggio LT7<br><b>UN9587900075_BRA</b><br>BRACCIO                    | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |
| 4  | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |
| 5  | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |
| 6<br>Premontaggio LT7<br><b>UN9310055687_DX</b><br>TELAIO GUIDE VERTICALI DX   | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |
| 7  | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |
| 8  | 21/12     | 04/01                    | Kanban    |                                     | 1<br>PZ  |      |  |

Figura 7.3 - Sequenziatore di produzione per la risorsa "Premontaggio LT7"

Per il sequenziatore del reparto premontaggi entrambe le risorse sono state configurate mediante l'inserimento dei seguenti campi:

- *Part number group*: nome del fornitore, codice del componente e descrizione;
- *Data richiesta*: data richiesta del cartellino *kanban*. Nel caso sia oltrepassata, viene evidenziata in rosso;
- *Data di rilascio*: giorno in cui è avvenuto il rilascio del cartellino *kanban*;
- *Card Type*: indica la gestione del cartellino, *kanban* o *synchro*;
- *Stato*: stato del cartellino *kanban*;
- *Quantità*: quantità del cartellino *kanban*, rappresenta la quantità dell'ordine di produzione;
- *Flag*: pulsante per bloccare il cartellino, dichiararlo in rottura di stock o urgente;
- *Card details button*: pulsante per la visualizzazione del pop-up del cartellino dal quale è possibile effettuare la stampa, i cambi stato e visualizzare le informazioni di dettaglio del legame.

### **7.1.5 Procedura operativa**

Ciascuna riga corrisponde ad un cartellino *kanban* rilasciato e, in quanto tale, rappresenta un ordine di produzione. I cartellini vengono sequenziati di default in logica FIFO al momento del rilascio ed il planner può decidere di intervenire sull'ordinamento degli stessi per cambiarne la posizione all'interno della stessa risorsa o per spostare un cartellino da una risorsa ad un'altra tramite meccanismo *Drag & Drop*. All'operatore dunque viene chiesto di:

1. Effettuare l'accesso al sequenziatore per visualizzare in modo autonomo il piano di lavoro;
2. Stampare il primo cartellino della sequenza o i cartellini, nel caso di più righe con il medesimo codice articolo, tramite il tasto rapido di stampa;
3. Effettuare il cambio stato in lavorazione da lavagna o tramite lettore barcode ed iniziare l'assemblaggio del componente nelle quantità richieste;
4. A lavorazione ultimata dichiarare il cartellino disponibile, applicarlo al contenitore indicato sul cartellino stesso e stoccare il pallet nella relativa ubicazione a scaffale.

## **7.2 La gestione degli ordini di produzione delle linee *Lasertube***

Non ci è voluto molto tempo prima che il metodo introdotto ed i nuovi strumenti applicati prendessero piede all'interno dell'azienda. I benefici apportati dall'introduzione del sistema *kanban* e dalla schedulazione visiva degli ordini di lavoro hanno presto spinto la direzione aziendale a proseguire con il lavoro intrapreso. All'interno della visione globale di progetto, al fine di estendere l'implementazione del *pull system* ai processi produttivi esaminati, si è deciso di procedere con l'implementazione del sequenziatore per le due linee di assemblaggio dedicate al cliente Adige Spa al fine di efficientare il processo di pianificazione e controllo della produzione e della gestione degli ordini di conto lavoro.

### **7.2.1 Il processo di pianificazione**

Unimec effettua la pianificazione della sequenza produttiva sulla base degli ordini di conto montaggio che riceve dal gruppo Adige Spa; il piano di produzione viene trasmesso tramite la piattaforma denominata POD con un anticipo di circa un mese rispetto alla data di consegna richiesta. Il POD viene aggiornato con una frequenza settimanale e, con la medesima cadenza, il planner Unimec, inserisce gli ordini di produzione nel proprio

sistema interno dando conferma al cliente, tramite la piattaforma stessa, di aver preso in carico le commesse. In particolare, Adige comunica il modello macchina con il relativo seriale, la configurazione in termini di moduli macchina, la data richiesta, lo stabilimento cliente a cui la macchina è destinata ed eventuali personalizzazioni. A questo punto, la pianificazione di dettaglio della produzione settimanale e giornaliera è nelle mani del planner il quale, sulla base del piano produttivo ricevuto dovrà stabilire le priorità di intervento e comunicare gli ordini di produzione specifici a ciascuna linea di montaggio e a tutti i reparti coinvolti, determinando l’allocazione delle risorse per soddisfare la domanda.

L’aspetto chiave su cui si è deciso di intervenire è proprio quello sopracitato: la comunicazione efficiente e trasparente dei piani produttivi agli operatori addetti al montaggio sulle due linee produttive, al fine di evitare il sovraccarico delle risorse coinvolte nella supervisione dell’avanzamento della produzione e di eliminare flussi informativi ridondanti tra i diversi attori del processo.

### **7.2.2 La creazione dei legami *synchro***

A differenza del caso visto in precedenza (cfr. paragrafo 7.1.2) non è stato possibile creare un processo di sequenziamento che funzionasse in automatico sulla base dei cartellini rilasciati, poiché la produzione delle macchine non è regolata mediante *kanban* ma è attivata dalla ricezione degli ordini cliente, comunicati tramite un sistema esterno alla piattaforma KanbanBOX. Per consentire all’utente di gestire gli ordini chiusi a commessa è possibile utilizzare cartellini a gestione *synchro*, che differiscono dai consueti cartellini *kanban* poiché il consumo di un cartellino *synchro* non richiama automaticamente nessun nuovo ordine di ripristino al fornitore, ma si esaurisce in un unico ciclo di approvvigionamento (cfr. paragrafo 3.8).

Per permettere la creazione o l’importazione di ordini *synchro* in KanbanBOX è necessario che per ciascuno di essi venga creato il legame contenente tutte le informazioni di processo. In quanto legami *synchro*, alla creazione degli stessi, non saranno visibili cartellini in lavagna, i quali saranno presenti solamente nel momento in cui verrà caricato un ordine associato al legame stesso. È stato creato, per ciascuna differente configurazione delle macchine, l’anagrafica componente ed il relativo legame in KanbanBOX. Come si può notare in Tabella 7.1, sono presenti 6 differenti modelli per la

Tabella 7.1 - Creazione dei legami synchro per i codici macchina

| <b>Tipo</b> | <b>Codice</b>     | <b>Descrizione</b>           | <b>Gestione</b> | <b>Fornitore</b> | <b>Risorsa predefinita</b> | <b>Cliente</b>     | <b>Tempo lav. (h)</b> | <b>LT</b> | <b>LTS</b> | <b>KB N°</b> | <b>QTA</b> |
|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------|------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------|------------|--------------|------------|
| Produzione  | 4500 LT7          | LT7 SCARICO 4500             | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 25,5                  | 6         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 4500 SX LT7       | LT7 SCARICO 4500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 25,5                  | 6         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 LT7          | LT7 SCARICO 6500             | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 31                    | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 SX LT7       | LT7 SCARICO 6500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 31                    | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 8500 LT7          | LT7 SCARICO 8500             | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 68                    | 9         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 8500 SX LT7       | LT7 SCARICO 8500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT7    | Montaggio LT7              | PREPARAZIONE SPED. | 68                    | 9         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 4500 LT8          | LT8 SCARICO 4500             | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 41                    | 6         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 4500 SX LT8       | LT8 SCARICO 4500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 36,5                  | 6         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 4500 LT8 MONOLATO | LT8 SCARICO 4500 MONOLATO    | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 41                    | 6         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 LT8          | LT8 SCARICO 6500             | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 54,5                  | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 SX LT8       | LT8 SCARICO 6500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 54,5                  | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 LT8 TP       | LT8 SCARICO 6500 TUBI PULITI | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 65                    | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 6500 LT8 MONOLATO | LT8 SCARICO 6500 MONOLATO    | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 54,5                  | 7         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 8500 LT8          | LT8 SCARICO 8500             | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 66,5                  | 9         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 8500 SX LT8       | LT8 SCARICO 8500 SINISTRO    | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 66,5                  | 9         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 8500 LT8 TP       | LT8 SCARICO 8500 TUBI PULITI | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 68,5                  | 9         | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 10500 LT8         | LT8 SCARICO 10500            | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 82,5                  | 10        | 1          | 0            | 1          |
| Produzione  | 12500 LT8         | LT8 SCARICO 12500            | Synchro         | Montaggio LT8    | Montaggio LT8              | PREPARAZIONE SPED. | 95                    | 12        | 1          | 0            | 1          |

linea di prodotto LT7 e 12 modelli per la famiglia LT8.20; la gestione dei legami è di tipo *synchro*, il fornitore è dato dalla linea di montaggio corrispondente mentre il cliente è un partner interno fittizio creato all'occorrenza, denominato "Preparazione spedizione". Per ciascun legame è già stata inserita la risorsa predefinita, analoga al fornitore, in modo tale da poter sequenziare i cartellini alla loro creazione. Tra le informazioni di processo compare il tempo di lavorazione in ore, necessario a stimare la coda lavoro, il *lead time*, che varia in funzione della complessità di assemblaggio della macchina, ed il *lead time* di sicurezza. Il campo numero *kanban* è lasciato a zero, questo perché nella gestione *synchro* non è previsto che venga dimensionato il numero di cartellini, come avviene invece per la gestione *kanban*; così come la quantità che è lasciata unitaria.

### **7.2.3 Il caricamento degli ordini di produzione in KanbanBOX**

Una delle tematiche sulle quali è stato necessario discutere maggiormente è stata la gestione del caricamento degli ordini di produzione nella piattaforma. Le strade possibili da intraprendere erano tre: la creazione manuale dei cartellini direttamente da KanbanBOX, l'importazione massiva delle righe d'ordine tramite un file excel oppure mediante integrazione tra KanbanBOX ed il sistema esterno di ricezione degli ordini con chiamata API.

La prima soluzione proposta è stata presto scartata, in quanto richiedeva di creare manualmente ogni cartellino associato ad una riga d'ordine; tale operazione si sarebbe rivelata eccessivamente ripetitiva, laboriosa e a basso valore per chi effettua la pianificazione. La terza via, ovvero l'integrazione tra sistemi, nonostante rappresenti la maniera più automatica e veloce per eseguire il task è stata accantonata, almeno in un primo momento. Le motivazioni che hanno fatto propendere verso questa decisione sono state in prima analisi la complessità di realizzazione della soluzione, che avrebbe comportato tempi più lunghi ed un elevato investimento per l'azienda. La soluzione in grado di offrire un giusto compromesso tra rapidità di esecuzione e sforzo richiesto è stata quella di effettuare l'importazione degli ordini *synchro* tramite file excel. L'operazione viene effettuata una volta a settimana e, data la facilità di compilazione, non richiede più di dieci minuti. Il file di import si presenta come in Tabella 7.2; è possibile importare massivamente più ordini *synchro* appartenenti a legami diversi salvo che, per ciascun componente che si vuole caricare, sia già presente il corrispondente legame.



Tabella 7.2 - Importazione ordini di produzione

| Part Number | Supplier Number | Customer number | Total quantity | Required date | Card reference | Magazzino di spedizione |
|-------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|-------------------------|
| 4500 LT7    | LT7             | SPED            | 1              | 22/01/2024    | 0000003777     | ARCESE                  |
| 4500 LT7    | LT7             | SPED            | 1              | 24/01/2024    | 0000003722     | ARCESE                  |
| 4500 LT7    | LT7             | SPED            | 1              | 25/01/2024    | 0000003767     | ARCESE                  |
| 4500 LT8    | LT8             | SPED            | 1              | 30/01/2024    | 0000003671     | CHIMAR MEZZOLOMBARDO    |
| 4500 SX LT7 | LT7             | SPED            | 1              | 02/02/2024    | 0000003775     | ARCESE                  |
| 6500 LT8    | LT8             | SPED            | 1              | 08/02/2024    | 0000003533     | CHIMAR MEZZOLOMBARDO    |
| 6500 SX LT7 | LT7             | SPED            | 1              | 15/02/2024    | 0000003981     | ARCESE                  |
| 4500 LT7    | LT7             | SPED            | 1              | 16/02/2024    | 0000003755     | ARCESE                  |

I campi necessari da inserire al fine di generare i cartellini relativi agli ordini di produzione delle macchine sono i seguenti:

- *Part Number*: campo corrispondente al codice articolo;
- *Supplier Number*: codice identificativo del fornitore del legame *kanban*;
- *Customer Number*: codice identificativo del cliente del legame *kanban*. KanbanBOX cercherà il legame *kanban* usando la combinazione di: “Part Number + Supplier Number + Customer Number” oppure “Part Number + Supplier Number”;
- *Total quantity*: quantità totale per riga d’ordine;
- *Required date*: data di consegna richiesta per questa riga d’ordine. Nonostante si tratti di un campo facoltativo (se lasciato vuoto viene presa come data richiesta la data di caricamento), è un’informazione fondamentale da far apparire nell’ordine di produzione al fine di rispettare le date di consegna stabilite;
- *Card reference*: riferimento cartellino. All’interno di questo campo viene inserito il seriale identificativo della macchina;
- Magazzino di spedizione: si tratta di un campo personalizzato del cartellino che l’azienda ha usato per registrare la sede di consegna della macchina.

#### 7.2.4 Sequenziatore per le linee di produzione

Una volta effettuato l’import, tutti i cartellini saranno visibili in lavagna. Sarà possibile avere un focus su tali specifici *kanban* filtrando la lavagna opportunamente, per esempio scegliendo come cliente il cliente dei legami: “Preparazione spedizione”. Inoltre, i cartellini saranno facilmente individuabili e distinguibili dai tradizionali cartellini *kanban*

poiché presentano l'angolo in alto a destra colorato (Figura 3.11). I cartellini, non solo saranno ispezionabili da lavagna, ma appariranno anche nel sequenziatore di produzione, ciascuno suddiviso a seconda della linea di prodotto. Avendo correttamente configurato le risorse ed i legami, al caricamento delle righe d'ordine si aggiorna in automatico la sequenza produttiva nell'interfaccia grafica; i nuovi cartellini aggiunti andranno a posizionarsi in coda alle righe già presenti, nell'ordine in cui sono stati inseriti.

Come si può osservare in Figura 7.4, tutti i campi importati in precedenza sono ora visibili nella schermata dedicata ai due sequenziatori di produzione per le linee di montaggio. Le interfacce grafiche sono state configurate sulla base delle informazioni da raffigurare necessarie agli operatori addetti al montaggio; in particolare, in intestazione sono presenti il nome della risorsa, il numero di cartellini presenti nel sequenziatore, il tempo totale di assemblaggio necessario per evadere la coda lavoro ed il comando per filtrare la vista o effettuare una specifica ricerca.

**Sequenziatore - Montaggio LT7** Cerca...

| Montaggio LT7  |                | Numero cartellini: 12/12 |                         | Tempo di lavorazione totale: 322.5 h |         |                |                    |      |
|--|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------|----------------|--------------------|------|
| Codice   | Seriale Unimec | Data Ric.                | Magazzino di spedizione | Stato                                | Q.tà    | T. di lav. (h) | T. lav. cumul. (h) | Flag |
| 1<br>Montaggio LT7<br>6500 LT7<br>LT7 SCARICO 6500             | 0000003713     | 12/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 31 h           | 31 h               |      |
| 2<br>Montaggio LT7<br>4500 LT7<br>LT7 SCARICO 4500             | 0000003750     | 17/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 56.5 h             |      |
| 3  | 0000003762     | 17/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 82 h               |      |
| 4<br>Montaggio LT7<br>4500 SX LT7<br>LT7 SCARICO 4500 SINISTRO | 0000003727     | 18/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 107.5 h            |      |
| 5<br>Montaggio LT7<br>4500 LT7<br>LT7 SCARICO 4500             | 0000003769     | 18/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 133 h              |      |
| 6  | 0000003581     | 19/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 158.5 h            |      |
| 7  | 0000003707     | 19/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 25.5 h         | 184 h              |      |
| 8<br>Montaggio LT7<br>6500 LT7<br>LT7 SCARICO 6500             | 0000003767     | 22/01                    | ARCESE                  |                                      | 1<br>PZ | 31 h           | 215 h              |      |

Figura 7.4 - Sequenziatore di produzione per la linea "Montaggio LT7"

Nelle colonne troviamo invece il codice articolo e la relativa descrizione, il seriale della macchina, la data di consegna, il magazzino di spedizione, la grafica del cartellino che riporta l'indicazione dello stato, la quantità per riga, il tempo di lavorazione per singola macchina e cumulato, gli *alert* per bloccare, segnalare come urgente o in rottura di stock il cartellino ed il menu attraverso il quale è possibile accedere alle informazioni del cartellino, alla stampa ed ai cambi stato.

### 7.2.5 Il cartellino *kanban* delle macchine

Per il prodotto in questione è stato necessario creare un nuovo layout per il cartellino, questo perché quello progettato in precedenza per il *kanban* dei preassemblaggi non solo era di dimensioni troppo ridotte, ma soprattutto non conteneva tutte le informazioni specifiche della macchina. Il nuovo cartellino (Figura 7.5) rappresenta a tutti gli effetti un ordine di produzione interno, che viene consegnato agli operatori di linea ed applicato alla macchina non appena terminata la prima fase di montaggio del telaio.

Si è scelto di prediligere un template più grande, in formato A4, stampato su fogli colorati: giallo per la linea LT7 e celeste per la linea LT8.20.

| UNIMEC S.R.L.<br>LAVORAZIONE ASSEMBLAGGI MECCANICI                                  |   | 30      |
|---|---|---------|
| <b>LT7 SCARICO 4500</b>   |   |         |
| SERIALE UNIMEC  | 0000003762                                |         |
| NOTA IMPORTANTE   |   |         |
| DATA CONSEGNA   | 17/01/2024                                |         |
| DATA SPEDIZIONE   |   |         |
| MAGAZZINO DI SPEDIZIONE   | ARCESE                                    |         |
| VERSIONE  | 9187000210-07 9187000200-17 9187000200-01 |         |
| IN LAVORAZIONE  | PRONTA SPED.                              | SPEDITO |
|   |   |         |
|  |   |         |
| ZXSQ55ZV  |   |         |



Figura 7.5 - Cartellino *kanban* per i macchinari di taglio laser

### 7.2.6 Procedura operativa

È importante ricordare che lo strumento introdotto non funge solamente da supporto alla pianificazione ma è a servizio della produzione ed in quanto tale è stato pensato e progettato in modo tale da essere facilmente accessibile e utilizzabile da ciascun tipo di operatore, di qualsiasi età ed esperienza. Nello specifico, l'introduzione di un nuovo metodo e di nuovi strumenti comporta la creazione e la condivisione di standard di lavoro e procedure operative aggiornate. È questa parte del lavoro che è stato svolto a contorno dell'implementazione del *kanban* di produzione e del modulo sequenziatore. Di seguito è proposta la procedura operativa che riflette il metodo di lavoro più corretto ed efficiente:

1. Prima di iniziare una nuova lavorazione, l'operatore di linea verifica da sequenziatore la prossima macchina da produrre, ovvero la prima macchina nella sequenza in stato rilasciato;
2. L'operatore preleva il cartellino della macchina da produrre ed effettua il cambio stato in lavorazione, contestualmente può iniziare l'assemblaggio del macchinario;
3. Quando il collaudatore ha concluso il collaudo, i ripari laterali sono montati e sono stati preparati gli accessori a corredo della spedizione il cartellino viene dichiarato disponibile;
4. A questo punto, l'ufficio amministrativo prepara i documenti per la spedizione e dichiara rilasciato il cartellino relativo alla macchina il giorno della spedizione stessa. I cartellini, essendo appartenenti a legami *synchro*, una volta consumati scompaiono dalla lavagna.

### **7.3 Pull sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio**

Per ottimizzare le attività di programmazione e ridurre la quantità di materiale in circolazione nel processo, è essenziale coordinare le fasi di asservimento e produzione di componenti e semilavorati ingombranti precedenti all'assemblaggio finale. Per tali categorie di articoli, l'adozione di un sistema *kanban* non sarebbe praticabile; questo perché non è possibile disaccoppiare le fasi di processo, inserendo tra le operazioni una scorta di materiale, a causa delle dimensioni ingenti dei componenti di carpenteria e del valore economico degli stessi. Per questa ragione è richiesto di gestire tali componenti *just-in-time*, ovvero in maniera perfettamente livellata al fabbisogno della linea di montaggio. Lo strumento *Lean* che si propone di implementare per il coordinamento di tali materiali è quello denominato *pull* sequenziale (cfr. paragrafo 2.2.3); anche per questa attività è stato suggerito l'utilizzo della piattaforma KanbanBOX.

L'implementazione del *pull* sequenziale è una delle tecniche del *pull system* più complesse da attuare e richiede un dimensionamento del sistema accurato e la definizione di processi standardizzati e ripetibili. Al tempo stesso però, l'introduzione del metodo è in grado di apportare benefici diretti e tangibili nel sistema produttivo; tra questi possiamo sicuramente includere: la riduzione del materiale ingombrante presente in linea, la riduzione del WIP nell'intero processo e la semplificazione delle attività di programmazione di verniciatura e preparazione dei materiali.

### 7.3.1 La verniciatura dei materiali e l'asservimento delle linee di assemblaggio

Al fine di poter riprogettare al meglio i flussi dei materiali è stato necessario analizzare nel dettaglio le fasi del processo coinvolte, le operazioni svolte dai magazzinieri e dal planner per coordinare i trasferimenti di materiale tra le varie sedi dell'azienda. Di seguito è riproposto un focus sulla mappatura del processo *As-Is* (Figura 7.6), per permettere al lettore di comprendere meglio il processo in esame.

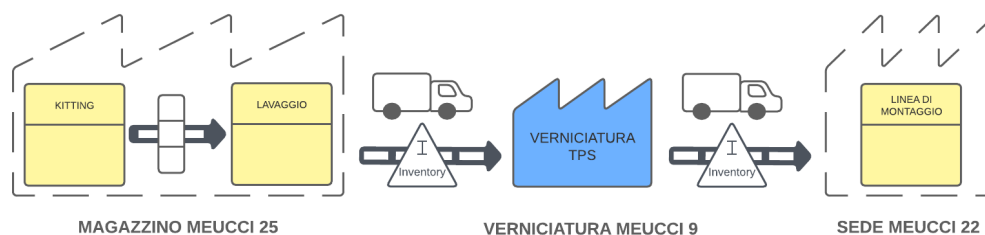


Figura 7.6 - Processo di verniciatura ed asservimento delle linee di assemblaggio *As-Is*

Il materiale grezzo di carpenteria ingombrante, quale i basamenti delle macchine, i montanti laterali, i portelloni e le lamiere di chiusura non sono immagazzinati nella sede principale di via Meucci 22, dove avviene l'assemblaggio delle macchine, ma sono stoccati nel magazzino adiacente in via Meucci 25. Qui si effettuano le attività di ricezione e stoccaggio temporaneo di componenti di acquisto voluminosi in attesa di essere verniciati e portati in linea. Sulla base della sequenza di montaggio delle due linee, il planner, con un anticipo di circa una settimana, comunica ai magazzinieri di preparare i materiali grezzi necessari al montaggio. In seguito alla richiesta di preparazione, i magazzinieri avviano le attività di kittaggio dei materiali in funzione della specifica macchina richiesta; il materiale prelevato viene poi portato al lavaggio per essere pulito con opportuni solventi al fine di rimuovere tracce di sporco, olio o grasso che potrebbero impedire la perfetta adesione della vernice. I componenti metallici, una volta lavati, vengono portati nello stabilimento di via Meucci 9, in gestione al partner Top Paint Solution, per essere verniciati. A questo punto il materiale è pronto per essere portato nella sede di via Meucci 22 dove è reso disponibile agli operatori addetti al montaggio. L'assemblaggio delle macchine può durare da 3 giorni, per le macchine di dimensioni più piccole, fino a 10 giorni per le macchine più complesse; non tutto il materiale verniciato è richiesto fin dalle prime fasi del montaggio della macchina, ma è necessario che gli assiemi corretti vengano portati nel momento esatto in linea, al fine di evitare accumuli

di materiale in eccesso, che occuperebbero inutilmente postazioni da dedicare all'assemblaggio di altre macchine. Questo richiede un forte coordinamento tra le varie fasi produttive e un notevole sovraccarico della risorsa coinvolta nell'avanzamento della produzione. Di fatto, allo stato attuale, tutta la comunicazione tra gli attori coinvolti nel processo, relativamente allo stato di lavorazione dei materiali avveniva principalmente per via telefonica e, oltre a togliere molto tempo a valore alla manodopera, contribuiva ad aumentare il numero di errori e fraintendimenti, causa di continue interruzioni della produzione.

### **7.3.2 La riprogettazione del processo in ottica *pull* sequenziale**

Risulta chiaro come, per ovviare a tali criticità, sia necessario intervenire sul perfetto coordinamento delle operazioni mediante l'introduzione di un sistema unico, in grado di dare visibilità a tutto il personale dello stato di avanzamento della produzione e sullo stato di preparazione dei materiali. Non solo, è anche fondamentale fare in modo che tutte le attività si avviino nel momento opportuno e che i processi siano perfettamente sincronizzati tra di loro, per garantire tutto e solo quello che serve, nell'esatto momento in cui serve.

I sistemi di tipo *pull* sequenziale (cfr. paragrafo 2.2.3) sono anche detti *pull* di capacità produttiva; questo perché, a differenza del *pull* di componenti, dove il cartellino *kanban* richiama la produzione di una ben determinata quantità di pezzi da produrre di un certo codice, il *pull* sequenziale indica semplicemente la disponibilità di capacità produttiva senza specificare cosa produrre.

Nel *pull* sequenziale, quando l'operazione a valle consuma un'unità di lavoro, l'operazione a monte è autorizzata a produrre un'unità di lavoro seguendo la stessa sequenza dell'operazione a valle. In particolare, l'operazione cliente trasmette al processo fornitore le sequenze di produzione o assemblaggio necessarie per soddisfare l'ordine del cliente e l'autorizzazione a procedere a seguito di un effettivo consumo, sempre utilizzando il sistema *kanban*. In questo specifico caso il *kanban* di capacità produttiva indica dunque la disponibilità di un certo ammontare di capacità produttiva nel sistema.

Calando questa logica nel processo di verniciatura ed asservimento delle linee (Figura 7.7) possiamo notare come l'operazione cliente, ossia la linea di montaggio, riceva la schedulazione degli ordini cliente tramite il sistema sequenziatore; in assemblaggio le

macchine vengono prodotte nell'esatto ordine indicato dalla sequenza di montaggio e quando una nuova macchina viene dichiarata in lavorazione (cfr. Paragrafo 7.2.6) si libera capacità produttiva nel sistema. Il cambio stato in lavorazione rappresenta quindi il segnale che permette ai magazzinieri di iniziare la preparazione dei materiali necessari alla lavorazione delle macchine successive. La preparazione dei materiali avverrà perciò sulla stessa sequenza di montaggio, ma in anticipo di circa una settimana, ovvero il tempo necessario allo svolgimento delle attività di preparazione, lavaggio, verniciatura e trasporto dei materiali. La sequenza di montaggio è condivisa e visibile da tutto il personale interessato e tutti i reparti sono tra loro sincronizzati. Il materiale fluisce tra le diverse operazioni del processo in logica FIFO e l'avanzamento nelle lavorazioni è reso visibile mediante i cambi stato sui cartellini identificativi dei materiali stessi.

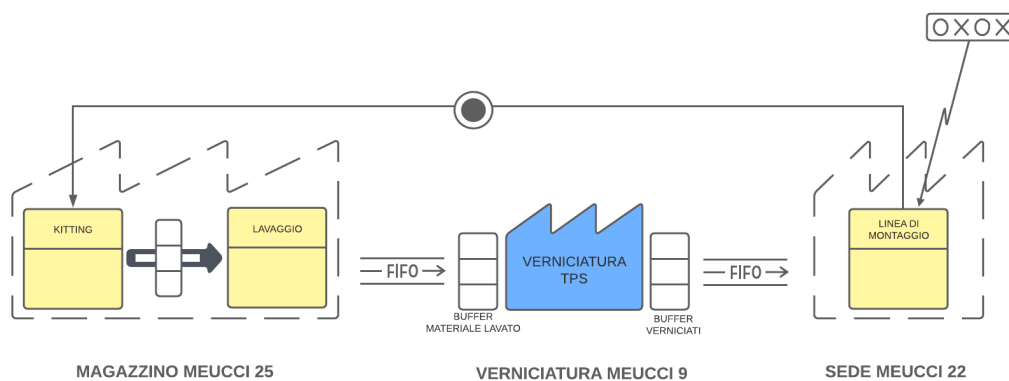


Figura 7.7 - Processo di verniciatura ed asservimento delle linee di assemblaggio To-Be

### 7.3.3 Implementazione del *pull* sequenziale

Tra le prime considerazioni effettuate per l'implementazione operativa del sistema rientra l'analisi delle distinte base delle macchine e l'individuazione di tutti quei componenti da portare in linea in maniera sincrona per ciascuna tipologia e modello di macchina. Più precisamente, è stato deciso di applicare tale gestione a tre categorie di materiali:

- Componenti di carpenteria ingombranti: si è scelto di creare degli assieme di componenti in base alla specifica fase di montaggio per la quale sono richiesti;
- Materiale elettrico, dedicato alla fase di cablaggio, che richiede di essere preparato in precedenza a banco. Tra le preparazioni elettriche vi sono il taglio a misura di cavi elettrici e tubi dell'aria, la preparazione di spine e l'identificazione dei cavi mediante tag;

- Premontaggi dedicati alla linea LT8.20 il cui assemblaggio è complesso, dispendioso in termini di tempo e di spazio occupato per la lavorazione e lo stoccaggio.

È stato necessario inserire all'interno dell'anagrafica componenti KanbanBOX ciascuno di questi componenti e kit individuati e creare il relativo legame di tipo *synchro*; per questi articoli si vuole infatti rendere superflua la presenza di buffer o disaccoppiamenti tra le fasi del processo produttivo, richiamando la loro produzione al bisogno.

Il passo successivo consiste nel mettere in relazione tra di loro i legami delle macchine con i legami dei materiali necessari all'assemblaggio, in una relazione di tipo padre-figlio. Per fare ciò si è scelto di sfruttare la funzione multiprocesso in KanbanBOX, che permette di collegare più legami in sequenza (cfr. paragrafo 3.10). In Tabella 7.3 è proposto un esempio di relazione multiprocesso per due codici articolo, tra il legame più a valle relativo al codice macchina ed i legami figli degli assiemi.

Tabella 7.3 - Relazioni multiprocesso

| LEGAME PADRE        |                   |                         | LEGAME FIGLIO                |  |                        |               | Fattore d'uso |
|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------|--|------------------------|---------------|---------------|
| Codice              | Fornitore         | Cliente                 | Codice                       | Descrizione                                | Fornitore              | Cliente       |               |
| 4500 LT7            | Montaggio LT7     | Preparazione spedizione | Kit cavi LT7 4500            | Cavi elettrici sclt7 4500                  | Premontaggio Elettrico | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit lam. Esterne 4500 LT7    | Kit lamiere laterali di chiusura 45.00 LT7 | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit lamiere inox 4500 LT7    | Lamiere rulliera 4500 SC LT7               | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit piantone ant. / post LT7 | Testa e collo stretto SCLT7                | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit telaio base sc LT7       | Telaio base SCLT7                          | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Telaio rulliera LT7          | Telaio rulliera SCLT7                      | Premontaggio LT7       | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | Telaio verticale LT7         | Telaio verticale SCLT7                     | Premontaggio LT7       | Montaggio LT7 | 1             |
| 4500 LT8            | Montaggio LT8     | Preparazione spedizione | UN9587900050_CP              | Canalina scarico posteriore                | Premontaggio LT7       | Montaggio LT7 | 1             |
|                     |                   |                         | 9578910269_SMC               | Pinza (gr.estrattore) SMC                  | Premontaggio LT8       | Montaggio LT8 | 1             |
|                     |                   |                         | Asse W mobile                | Asse W mobile assemblato                   | Premontaggio LT8       | Montaggio LT8 | 1             |
|                     |                   |                         | Fermapezzo 4500              | Scalette fermapezzo 4500                   | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT8 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit cavi 4500 LT8            | Cavi elettrici SCLT8 4500                  | Premontaggio Elettrico | Montaggio LT8 | 1             |
|                     |                   |                         | Kit lamiere 4500 LT8         | Lamiere chiusura macchina 4500 LT8         | Magazzino Meucci 25    | Montaggio LT8 | 1             |
| Kit telaio base LT8 | Telaio base SCLT8 | Magazzino Meucci 25     | Montaggio LT8                | 1  |                        |               |               |



Grazie all'implementazione del multiprocesso, al cambio stato in lavorazione di un cartellino a valle, si attiva automaticamente il rilascio di un cartellino *synchro* nella fase a monte, il quale avrà un ciclo di vita unico; ciò significa che, una volta che il materiale viene ripristinato, non verrà richiamato nessun nuovo ordine di ripristino al fornitore.

Per abilitare la funzione multiprocesso è necessario configurare correttamente le impostazioni aziendali come mostrato in Figura 7.8; in modo particolare, è stata impostata l'ereditarietà del cartellino, ciò significa che il seriale della macchina inserito nel campo riferimento cartellino verrà ereditato da tutti i legami figli nel momento della loro generazione. Questo non solo permette di associare univocamente i componenti alla macchina ma ne garantisce anche la tracciabilità. Inoltre, il campo immediatamente successivo permette di eliminare dalla lavagna tutti i cartellini dei legami figli nel momento in cui il cartellino padre viene reso disponibile senza doverli necessariamente dichiarare rilasciati. L'impostazione più importante riguarda però il campo "Trigger esplosione": questo consente di far generare i cartellini del legame *upstram* solamente nel momento in cui il cartellino downstream attraversa lo stato in lavorazione.

|  |   |
|--|---|
| Abilità kanban multiprocesso (?)   | Predefinito - Sì                        |
| Ereditarietà riferimento cartellino  | Sì                                      |
| Quando un cartellino padre attraversa lo stato Prodotto i figli vengono chiusi automaticamente | Sì                                      |
| Trigger esplosione   | Quando il cartellino è "In lavorazione" |

Figura 7.8 - Impostazioni aziendali di licenza per configurazione multiprocesso

L'altra impostazione necessaria al funzionamento del *pull flow* è quella relativa alla risorsa che triggera l'avvio delle operazioni di preparazione del materiale, ovvero le due linee di assemblaggio. Come si può notare dalla Figura 7.9, è stato attivato il *pull* sequenziale per il partner ed è stata impostata la lunghezza della coda, pari a 3 macchine. Questo valore non è stato scelto a caso, la produttività settimanale delle linee può infatti variare da 2.6 a 3 macchine a settimana; sulla base di questo valore si è scelto di far lavorare i reparti a monte con un anticipo di tre macchine sulla sequenza di montaggio, ovvero, se la cadenza produttiva rimane costante nel range sopraindicato, la preparazione dei materiali dovrebbe iniziare al più una settimana prima della data richiesta. Questo *lead time*, leggermente sovrastimato, è coerente con la capacità dei processi in esame e

consente di effettuare le preparazioni del materiale e la verniciatura degli stessi nelle tempistiche desiderate.

Figura 7.9 - Impostazione delle risorse per configurazione del pull sequenziale

In Figura 7.10 è riportata una grafica riepilogativa dell’esplosione multiprocesso per il cartellino ZXSQ55ZV relativo al codice macchina 4500 LT7, il quale appartiene al legame padre. Si può notare come tale cartellino sia in stato in lavorazione, questo significa che l’assemblaggio della macchina è già stato avviato; ciò è stato possibile perché sono già stati resi disponibili all’operatore di linea alcuni kit necessari alle prime fasi di lavorazione, ossia i cartellini figli sulla sinistra di colore verde. È possibile notare inoltre che il cartellino G7YP24U4, kit lamiere esterne 4500 LT7, è in stato prodotto, ad indicazione del fatto che gli articoli sono stati verniciati e sono in attesa di essere portati in linea. I cartellini di colore arancione invece corrispondono a materiale che è stato preparato dai magazzinieri, lavato e portato in verniciatura in attesa di essere verniciato. I cartellini rossi in stato rilasciato rappresentano materiale per cui non sono ancora state avviate le preparazioni di magazzino; questo può essere dovuto ad un ritardo da parte dei magazzinieri, sul quale il responsabile produzione ha visibilità e potrà intervenire, o al fatto che i materiali siano richiesti nelle fasi finali dell’assemblaggio.

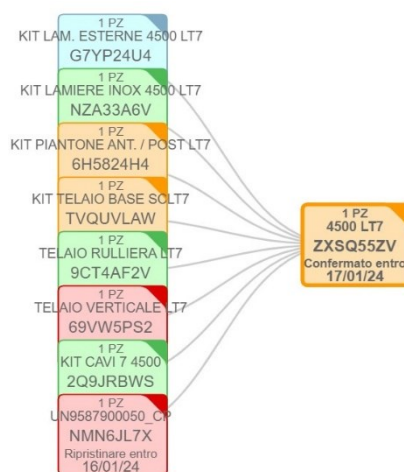


Figura 7.10 - Esempio di esplosione multiprocesso per il prodotto LT7 4500

Per comprendere meglio il funzionamento del *pull* sequenziale, si osservi la Figura 7.11, nella quale è riportato il sequenziatore di produzione per la linea di assemblaggio LT7. È possibile osservare che è stata aggiunte la colonna denominata “C’è tutto?” che offre un’indicazione visiva dello stato del *kanban* multiprocesso. Più precisamente, indica se il

cartellino padre può essere lavorato oppure no, in base alla disponibilità dei cartellini figli: per quelle righe dove l’alert è verde e vi è l’indicazione “Pronto”, tutti i cartellini figli sono stati dichiarati disponibili e dunque il materiale è presente in linea; quando il segnale indica “In attesa”, non tutti i cartellini in multiprocesso sono stati prodotti e resi disponibili. Le prime quattro macchine della sequenza sono state dichiarate in lavorazione, ossia sono presenti in linea di montaggio con stati di avanzamento differenti; le successive tre macchine nella sequenza sono in stato rilasciato ma presentano l’indicazione che è già avvenuta l’esplosione multiprocesso, ossia che sono stati creati i cartellini figli che permettono di avviare la preparazione dei materiali. La verniciatura lavora quindi con un anticipo di tre macchine sulla sequenza della linea, come indicato nella dicitura “Pull sequenziale: 3” nell’intestazione della schermata.

| Codice   | Seriale Unimec | Data Ric. | C'è tutto? | Magazzino di spedizione | Stato   | Q.tà | T. di lav. (h) | T. lav. cumul. (h) | Flag    |
|--|----------------|-----------|------------|-------------------------|---------|------|----------------|--------------------|---------|
| 1<br>Montaggio LT7<br>6500 LT7<br>LT7 SCARICO 6500             | 0000003713     | 12/01     | Pronto     | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 31 h           | 31 h               | [Icone] |
| 2<br>Montaggio LT7<br>4500 LT7<br>LT7 SCARICO 4500             | 0000003750     | 17/01     | Pronto     | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 56.5 h             | [Icone] |
| 3  | 0000003762     | 17/01     | In attesa  | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 82 h               | [Icone] |
| 4<br>Montaggio LT7<br>4500 SX LT7<br>LT7 SCARICO 4500 SINISTRO | 0000003727     | 18/01     | In attesa  | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 107.5 h            | [Icone] |
| 5<br>Montaggio LT7<br>4500 LT7<br>LT7 SCARICO 4500             | 0000003769     | 18/01     | In attesa  | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 133 h              | [Icone] |
| 6  | 0000003581     | 19/01     | In attesa  | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 158.5 h            | [Icone] |
| 7  | 0000003707     | 19/01     | In attesa  | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 25.5 h         | 184 h              | [Icone] |
| 8<br>Montaggio LT7<br>6500 LT7<br>LT7 SCARICO 6500             | 0000003767     | 22/01     |            | ARCESE                  | [Icona] | 1 PZ | 31 h           | 215 h              | [Icone] |

Figura 7.11 - Multiprocesso nel sequenziatore di produzione per la linea "Montaggio LT7"

### 7.3.4 Procedura operativa

Alla procedura già descritta nel paragrafo 7.2.6, vanno ora aggiunte le operazioni che competono ai magazzinieri e agli operatori in verniciatura in funzione dell’estensione del *pull system*. Di fatto, nulla cambia per gli operatori incaricati del montaggio delle macchine, il sistema automaticamente alla messa in lavorazione di una nuova macchina esploderà il multiprocesso del terzo cartellino successivo in sequenza. I nuovi cartellini che si vengono a creare saranno inseriti in una *worklist* specificamente creata per i magazzinieri, ossia un raggruppamento di cartellini che possono essere processati contemporaneamente. A questo punto le attività da eseguire sono le seguenti:

1. Ogni mattina il magazziniere stampa tutti i cartellini rilasciati tramite l'ausilio della *worklist*, avvia il prelievo dei componenti richiesti, applica i cartellini ai pallet e li dichiara contemporaneamente in lavorazione tramite *worklist*;
2. Il materiale preparato viene trasferito al lavaggio dove contestualmente il magazziniere preleva tutto ciò che è stato lavato il giorno precedente e lo porta in verniciatura; qui il materiale viene depositato in un'apposita corsia FIFO in attesa di essere verniciato;
3. Nel momento in cui i componenti vengono verniciati, il verniciatore dichiara i cartellini prodotti;
4. Infine, il magazziniere preleva i componenti verniciati, li porta in linea di assemblaggio e li dichiara disponibili.

Per ottimizzare le operazioni di trasporto dei materiali da uno stabilimento all'altro è stata implementata la logica del *Milk Run*<sup>47</sup>, al fine di massimizzare l'ottimizzazione dei trasporti delle merci, andando a ridurre i tempi impiegati ed i relativi costi.

---

<sup>47</sup> Il *Milk Run*, o “giro del latte”, è un processo logistico di riapprovvigionamento dei materiali che nasce nell'ambito delle metodologie *Lean*. La tecnica logistica prende spunto dal sistema utilizzato per le consegne giornaliere di latte, basato su un percorso pianificato in cui un veicolo effettua una serie di fermate programmate per raccogliere o consegnare merci in un'area specifica.

## 8. Conclusioni

Lo scopo del seguente capitolo è quello di presentare i risultati ottenuti al termine del progetto e di introdurre possibili sviluppi futuri. Diversi erano i benefici attesi dall'applicazione delle azioni di miglioramento presentate nei capitoli 6 e 7, e, a distanza di circa un anno dall'implementazione delle stesse, è stato posto l'obiettivo di misurare i risultati raggiunti in termini sia qualitativi che quantitativi. Attraverso opportune metriche di valutazione saranno illustrati i *saving* di progetto, in merito a risparmio economico e di risorse, distinguendo tra la situazione antecedente all'intervento ed il contesto attuale. Infine, saranno delineati i prossimi passi pianificati per estendere gradualmente l'applicazione delle metodologie *Lean* all'intero stabilimento e per avviare un processo di miglioramento continuo.

## 8.1 Risultati ottenuti

### 8.1.1 Il *kanban* di produzione per i preassemblaggi

Pervenire a dei risultati numerici in tale area non è stato semplice, questo perché il processo di realizzazione dei semilavorati non era standardizzato e contabilizzato a livello gestionale. Prima dell'inizio del progetto, tali assiemi non erano codificati e non erano presenti distinte produttive, ciò implicava che non vi fosse alcun controllo sulla giacenza degli stessi e tantomeno una valorizzazione in termini economici. Questo è uno dei motivi per cui effettuare un confronto puntuale tra il contesto iniziale e la situazione ad oggi risulta complesso se non impossibile. L'assenza di un sistema gestionale è inoltre un fattore che rendeva la pianificazione ed il controllo della produzione dei premontaggi complessa e onerosa in termini temporali e che generava un processo fuori controllo. L'introduzione dell'applicativo KanbanBOX per regolare il ripristino di tali assiemi è dunque un primo grande traguardo in termini organizzativi; questo ha permesso di:

- Dimensionare correttamente la scorta di ciascun componente sulla base del fabbisogno produttivo della linea;
- Mettere in luce le priorità produttive evitando rotture di stock e mantenendo limitata la scorta al tempo stesso;
- Introdurre un sistema per il monitoraggio della giacenza e dei *lead time* produttivi.

Dall'analisi delle performance del sistema *kanban* lungo un arco temporale di un anno possiamo osservare come il metodo abbia apportato benefici sotto più punti di vista. L'evidente miglioramento ottenuto trova conferma dal confronto tra i valori di alcuni indici prima e dopo l'implementazione del *kanban* di produzione presentati in Tabella 8.1.

Vengono presentati brevemente i KPI analizzati in Tabella 8.1 e le relative note di calcolo:

1. Spazio occupato [ $m^2$ ]: indica lo spazio occupato dal magazzino dei semilavorati. È stato preso in considerazione il numero di pallet medio in giacenza nel *supermarket* nei periodi indicati ed è stato poi calcolato lo spazio occupato, considerando una superficie di  $0,96 m^2$  a UDC;

Tabella 8.1 - Indici di performance del kanban di produzione

| <b>Kanban di produzione</b>                               |                           |                          |                          |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Indicatore</b>   | <b>Prima<sup>48</sup></b> | <b>Dopo<sup>49</sup></b> | <b>Miglioramento [%]</b> |
| Spazio occupato [m <sup>2</sup> ]                         | 55,68                     | 30,72                    | -44,8%                   |
| Giacenza media [NR]                                       | 634                       | 283                      | -55,4%                   |
| Indice di rotazione                                       | 6,60                      | 14,29                    | +116,6%                  |
| Periodo di copertura [GG]                                 | 25,5                      | 11,8                     | -53,8%                   |
| Numero di stock out <sup>50</sup>                         | 16                        | 3                        | -81,3%                   |
| Tempo dedicato alla programmazione [Min/GG] <sup>51</sup> | 30                        | 5                        | -83,3%                   |
| Fermate linea per mancanza premontaggi [volte/mese]       | 8 <sup>52</sup>           | 0                        | -100%                    |
| Chiamate al planner da operatori [volte/GG]               | 5                         | 0                        | -100%                    |

2. Giacenza media: indica la giacenza media dei codici presenti nel magazzino premontaggi. L'andamento del livello di stock e la relativa diminuzione nel tempo è visibile nel grafico presentato in Figura 8.1;

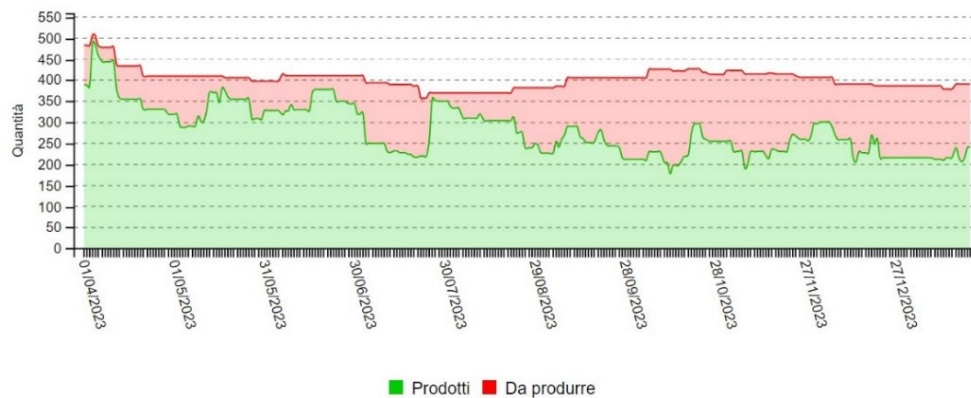


Figura 8.1 - Riempimento del supermarket Premontaggio LT7

<sup>48</sup> I dati presentati fanno riferimento al periodo da ottobre 2022 a maggio 2023, per un arco temporale di 8 mesi

<sup>49</sup> I dati presentati fanno riferimento al periodo da giugno 2023 a gennaio 2024, per un arco temporale di 8 mesi

<sup>50</sup> Dato ricavato da statistiche KanbanBOX

<sup>51</sup> Dati forniti dal responsabile produzione su base esperienziale

<sup>52</sup> Circa il 50% delle machine prodotte subiva fermi produttivi per assenza di premontaggi. Considerando una produttività media mensile variabile tra 16 e 18 macchine è stato stimato una frequenza di fermo linea pari a 8 volte al mese

3. Indice di rotazione (IR): indica il numero di volte in cui le scorte si rinnovano e dunque “ruotano” all’interno del magazzino; nel caso in esame l’indice di rotazione è stato così calcolato:

$$IR = \frac{\text{Consumi nel periodo}}{\text{Giacenza media}}$$

4. Periodo di copertura (GC): è una metrica che indica per quanti giorni un’azienda può soddisfare la domanda utilizzando l’inventario disponibile. In altre parole, rappresenta il periodo di tempo per il quale l’inventario attuale può coprire le vendite o il consumo previsto senza nuovi approvvigionamenti. Il periodo di copertura delle scorte può essere calcolato utilizzando la seguente formula:

$$GC = \frac{\text{Giacenza media}}{\text{Consumo medio giornaliero}} = \frac{\text{Numero di giorni lavorativi}}{IR}$$

5. Numero di rotture di stock: numero di volte in cui la scorta di un premontaggio viene esaurita completamente; il dato è ricavato dalle statistiche di KanbanBOX opportunamente filtrate per periodo temporale.

È possibile, inoltre, affermare di aver ridotto sensibilmente il tempo dedicato dal responsabile produzione alle attività di pianificazione della produzione dei preassemblaggi. Grazie all’introduzione del *kanban*, sono proprio i consumi a determinare in modo automatico la necessità di ripristino dei materiali ed il segnale di ripristino arriva direttamente al reparto produttivo. A testimonianza di ciò possiamo analizzare le seguenti metriche:

5. Tempo dedicato alla programmazione e controllo della produzione: tempo impiegato dal pianificatore alle attività di creazione di un piano di produzione che tenga conto delle risorse disponibili, dei tempi di lavorazione e dei vincoli di produzione. Tempo necessario per monitorare l’avanzamento della produzione e per la comunicazione delle sequenze produttive;
6. Fermate linea per mancanza premontaggi [volte/mese]: numero di interruzioni delle attività di assemblaggio dei macchinari dovuto alla mancanza di materiale premontato;



7. Chiamate al planner da operatori [volte/GG]: numero di volte al giorno in cui il pianificatore veniva interrotto dagli operatori per mancanza di materiale in linea o per richiedere quali materiali produrre.

### **8.1.2 Il sequenziatore di produzione**

L'introduzione di un sistema per il sequenziamento automatico degli ordini di produzione per il reparto semilavorati e per le due linee di produzione ha permesso di ottimizzare maggiormente le attività di pianificazione. In modo particolare, è stata migliorata significativamente la comunicazione tra i diversi reparti produttivi e sono state ridotte le attività di coordinamento e controllo della produzione.

I risultati ottenuti sono semplici ma di grande impatto:

1. Condivisione facile ed immediata dei piani produttivi;
2. Autonomia e responsabilizzazione degli operatori;
3. Riduzione di flussi informativi ridondanti tra i vari partecipanti al processo;
4. Visibilità sulle date di consegna richieste per ciascun prodotto e sul relativo stato di avanzamento;
5. Riduzione dei tempi di attesa e dei ritardi nella catena di approvvigionamento;
6. Ottimizzazione delle risorse.

Prima dell'introduzione del sequenziatore di produzione, le attività di pianificazione venivano effettuate manualmente o tramite l'ausilio di fogli di calcolo. Tali attività comportavano il controllo sullo stato di avanzamento degli ordini in lavorazione, la verifica dei nuovi ordini di conto lavoro ricevuti e delle relative date richieste, il bilanciamento del carico di lavoro tra le due linee di prodotto e la creazione degli ordini di produzione. La pianificazione della produzione occupava il planner per un totale di due giorni a settimana. Tramite l'ausilio del sequenziatore si è riusciti a ridurre tali attività a meno di due ore alla settimana, fornendo una visione chiara dello stato della produzione, delle scorte e delle risorse in tempo reale e consentendo a chi si occupa di pianificazione di prendere decisioni informate. Le attività operative sono state affidate al sistema, lasciando in carico al pianificatore solamente la gestione delle emergenze e dei cambiamenti. La maggiore flessibilità nella gestione della produzione introdotta ha consentito all'azienda di essere in grado di adattarsi più facilmente alle mutevoli richieste dei clienti. In Tabella 8.2 è offerta una stima del risparmio economico apportato.

Tabella 8.2 - Saving apportato dall'introduzione del sequenziatore di produzione

| Sequenziatore di produzione                     |                   |      |                   |
|---|-------------------|------|-------------------|
| Indice  | Prima             | Dopo | Miglioramento [%] |
| Tempo per attività di pianificazione [Ore/sett] | 16                | 2    | -87,5%            |
| Costo dell'attività [€/sett]                    | 640 <sup>53</sup> | 80   | -55,4%            |
| Risparmio complessivo annuo <sup>54</sup>       |                   |      | 29120 [€/anno]    |

### 8.1.3 Pull sequenziale di materiali ingombranti per verniciatura ed assemblaggio

L'attivazione di tecniche di tipo *pull* sequenziale ha permesso di sincronizzare la preparazione di componenti semilavorati e materiali ingombranti con il montaggio delle macchine in linea di produzione nella corretta sequenza produttiva. Le attività di picking e verniciatura di tali componenti sono avviate solamente a seguito di un consumo di componenti in linea di montaggio ed entrambi i reparti lavorano sul medesimo piano produttivo, con uno sfasamento temporale di circa una settimana. La sincronizzazione delle attività ha portato le seguenti migliorie:

1. Eliminazione di logiche di lavorazione dei materiali a “lotti e code”;
2. Riduzione della quantità di materiale circolante nell'intero processo;
3. Riduzione dei materiali inombranti presenti in linea;
4. Aumento degli spazi produttivi;
5. Semplificazione delle attività di programmazione mediante l'introduzione di una piattaforma unica per la gestione dei materiali;
6. Eliminazione della necessità di comunicazione delle corrette sequenze di picking tra pianificazione e magazzino;
7. Riduzione dei trasporti di materiali tra stabilimenti produttivi.

Per poter meglio quantificare il risparmio generato in termini di tempo e risorse, in Tabella 8.3 sono posti a confronto i flussi dei materiali tra i diversi stabilimenti dell'organizzazione nella situazione iniziale e finale. Vengono analizzate le distanze tra stabilimenti, il tipo di spostamento effettuato, la ripetitività giornaliera e annua ed i tempi

<sup>53</sup> Considerando un costo orario medio di 40 €/h

<sup>54</sup> Considerando 52 settimane lavorative all'anno

totali necessari ad effettuare tali trasporti. Infine, in Tabella 8.4 viene calcolato il risparmio economico dato dall'ottimizzazione dei costi operativi complessivi.

Tabella 8.3 - Analisi flussi dei materiali, spostamenti e ripetitività

| Flusso   | Postazione di partenza  | Postazione di arrivo              | Mezzo  | Dist. (m) | Tempo trasporto (s) | Tempo carico scarico (s) | Tempo tot. (s) | Ripet. 2022       | Tempo tot. (s) 2022  | Ripet. 2023 | Tempo tot. (s) 2023 |
|--|-------------------------|-----------------------------------|--------|-----------|---------------------|--------------------------|----------------|-------------------|----------------------|-------------|---------------------|
| Trasporto materiale grezzo verso verniciatura        | MAGAZZINO Via Meucci 25 | VERNICIAT. Via Meucci 9           | Camion | 260       | 93                  | 600                      | 693            | 880 <sup>55</sup> | 609714 <sup>56</sup> | 440         | 304857              |
| Stoccaggio materiale verniciato in magazzino         | VERNICIAT. Via Meucci 9 | MAGAZZINO Via Meucci 25           | Camion | 260       | 93                  | 600                      | 693            | 880               | 609714               | -           |                     |
| Trasporto materiale verniciato in linea di montaggio | MAGAZZINO Via Meucci 25 | LINEA DI PRODUZIONE Via Meucci 22 | Camion | 160       | 57                  | 600                      | 657            | 792 <sup>57</sup> | 520457               | -           |                     |
| Trasporto materiale verniciato in linea di montaggio | VERNICIAT. Via Meucci 9 | LINEA DI PRODUZIONE Via Meucci 22 | Camion | 130       | 46                  | 600                      | 646            | -                 |                      | 440         | 284429              |

Tabella 8.4 - Risparmio generato dalla standardizzazione della logistica

| Totale costi di movimentazione |                       |          |                   | Legenda e dati               |   |
|--------------------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------------------------|---|
|                                | 2022                  | 2023     | Miglioramento [%] |                              |   |
| Totale secondi (s)             | 1739886 <sup>58</sup> | 589286   | -66,1%            | Camion                       | Velocità camion = 10 km/h = 2,8 m/s                 |
| Totale ore (h)                 | 483                   | 164      |                   | Tempo carico/scarico (s)     | 10 min = 600 s                                      |
| Costo orario                   | 25 [€/h]              | 25 [€/h] |                   | Ripetitività 2022            | Numero di tratte tra stabilimenti = 4 volte/giorno  |
| Costo totale                   | 12083 €               | 4092 €   | -66,1%            | Ripetitività 2023            | Frequenza giornaliera del Milk Run = 2 volte/giorno |
|                                |                       |          |                   | Giorni lavorativi in un anno | 220   |
|                                |                       |          |                   | Macchine prodotte 2022       | 198   |

Tra i benefici più importanti ottenuti dall'implementazione del *pull* sequenziale per il ripristino di materiali e semilavorati ingombranti verso le linee di produzione è proprio la riduzione della quantità di materiale circolante nell'intero processo ed in particolar modo dei materiali presenti in linea. Questo ha permesso di ridurre lo spazio necessario al deposito dei componenti in attesa di essere prelevati e conseguentemente diminuire lo spazio totale occupato dalle linee di produzione. Tali superfici liberate hanno consentito

<sup>55</sup> Numero di trasporti giornalieri \* Giorni lavorativi in un anno

<sup>56</sup> Tempo totale (s) \* Ripetitività

<sup>57</sup> Macchine prodotte nell'anno \* frequenza giornaliera dei trasporti

<sup>58</sup> Somma dei valori presenti nelle colonne Ripetitività totale (s) annua

di aumentare le aree produttive, che sono state successivamente destinate all'ampliamento del reparto premontaggi e alla creazione di celle di assemblaggio dedicate ad altri clienti. I dati descritti sono riassunti in Tabella 8.5.

Tabella 8.5 - Superficie occupata dalle aree produttive

|                  | Prima (m <sup>2</sup> ) | Dopo (m <sup>2</sup> ) | $\Delta$ (m <sup>2</sup> ) | Miglioramento [%] |
|------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|
| Linea LT7        | 161,2                   | 115,6                  | -45,6                      | -28,3%            |
| Linea LT8        | 225,9                   | 207,9                  | -18,0                      | -7,9%             |
| Area premontaggi | 42,3                    | 49,3                   | +7,0                       | 16,5%             |

#### 8.1.4 L'efficienza della linea di produzione

Attraverso gli interventi effettuati in ambito logistico e produttivo non si è migliorato semplicemente il sistema di asservimento dei materiali ma è stato possibile incrementare l'efficienza complessiva delle linee di produzione sotto molteplici punti di vista. Questo è stato reso possibile dalla maggiore disponibilità dei materiali necessari all'assemblaggio, garantita dall'introduzione di logiche di produzione e approvvigionamento *pull*, che ha consentito di diminuire drasticamente le fermate della linea ed i tempi di inattività degli operatori.

Il primo dato a conferma di ciò è costituito dalla riduzione drastica del tempo di attraversamento della linea. Con il termine tempo di attraversamento, in ambito *Lean*, si fa riferimento al tempo totale che impiega un'unità di lavoro, ossia un macchinario nel caso analizzato, per attraversare un determinato sistema o processo. Attraverso l'introduzione dell'applicativo KanbanBOX è stato possibile misurare tale intervallo temporale, calcolando il tempo trascorso tra i cambi stato effettuati sui cartellini delle macchine. In tabella 8.6 è offerta una panoramica dei tempi di attraversamento suddivisi nelle macro-fasi di assemblaggio e totali; i tempi sono calcolati in giorni e successivamente convertiti in ore utilizzando come fattore di conversione 7,5 [ore lavorative al giorno]. L'altro indicatore analizzato in Tabella 8.6, direttamente collegato al precedente, è l'indice di flusso, utilizzato per valutare l'efficienza del flusso dei materiali e prodotti attraverso il processo produttivo. Più il valore di questo indice tende a 1, più le prestazioni del sistema sono eccellenti. Nella circostanza specifica il valore dell'indice di flusso è stato così calcolato:

$$GC = \frac{\text{Tempo ciclo [h]}}{\text{Tempo di attraversamento [h]}}$$

Tabella 8.6 - Analisi tempi di attraversamento e indici di flusso

| Analisi tempi di attraversamento - Linea LT8 |                     |                    |        |                   |
|--|---------------------|--------------------|--------|-------------------|
|  | Prima <sup>59</sup> | Dopo <sup>60</sup> | Δ      | Miglioramento [%] |
| Assemblaggio meccanico ed elettrico [GG]     | 10,30               | 7,43               | -2,87  | -28%              |
| Collaudo [GG]                                | 2,11                | 1,43               | -0,68  | -32%              |
| Montaggio portelloni e ripari laterali [GG]  | 1,53                | 0,71               | -0,82  | -54%              |
| Attesa spedizione [GG]                       | 8,70                | 3,62               | -5,08  | -58%              |
| Tempo di attraversamento totale [GG]         | <b>22,64</b>        | <b>13,19</b>       | -9,45  | -42%              |
| Tempo di attraversamento totale [h]          | 169,80              | 98,93              | -70,88 | -42%              |
| Indice di flusso <sup>61</sup>               | <b>0,30</b>         | <b>0,53</b>        | 0,23   | +77%              |

| Analisi tempi di attraversamento - Linea LT7 |              |              |        |                   |
|--|--------------|--------------|--------|-------------------|
|  | Prima        | Dopo         | Δ      | Miglioramento [%] |
| Assemblaggio meccanico ed elettrico [GG]     | 16,40        | 8,16         | -8,24  | -50%              |
| Collaudo e montaggio portelloni [GG]         | 1,23         | 1,14         | -0,09  | -7%               |
| Attesa spedizione [GG]                       | 7,44         | 2,67         | -4,77  | -64%              |
| Tempo di attraversamento totale [GG]         | <b>25,07</b> | <b>11,97</b> | -13,10 | -52%              |
| Tempo di attraversamento totale [h]          | 188,03       | 89,78        | -98,25 | -52%              |
| Indice di flusso                             | <b>0,20</b>  | <b>0,28</b>  | 0,08   | 40%               |

La riduzione drastica dei tempi di attraversamento ha permesso di rendere il processo più efficiente, con un utilizzo ottimale delle risorse ed un aumento significativo della produttività delle linee. Questo si è tradotto principalmente in due effetti:

1. È stato possibile ridurre il numero di postazioni di assemblaggio da 7 a 5 in linea LT7, come si nota in Figura 8.2. A parità di output prodotto, è stata liberata capacità produttiva in termini di risorse impiegate nelle attività di montaggio e diminuito lo spazio occupato dalla linea del 30% (cfr. Tabella 8.5);

<sup>59</sup> I dati presentati fanno riferimento al periodo da ottobre 2022 a maggio 2023, per un arco temporale di 8 mesi

<sup>60</sup> I dati presentati fanno riferimento al periodo da giugno 2023 a gennaio 2024, per un arco temporale di 8 mesi

<sup>61</sup> Calcolato come media degli indici di flusso di ciascuna macchina prodotta

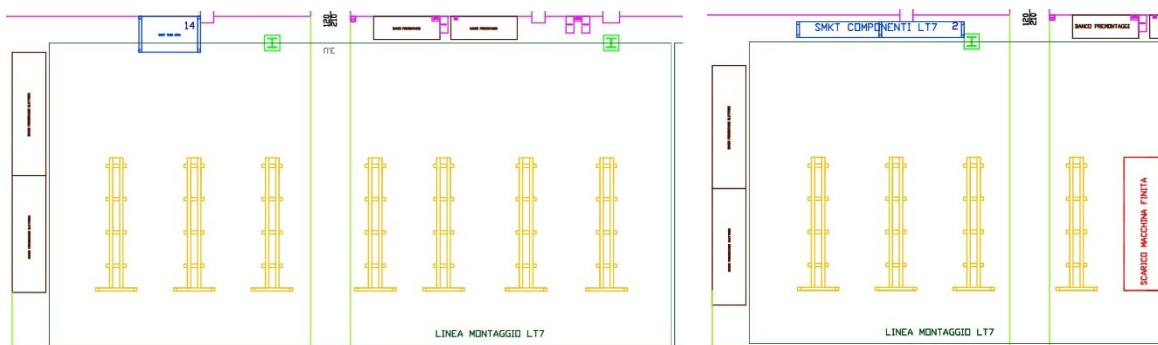


Figura 8.2 - Confronto delle planimetrie della linea LT7 tra situazione iniziale (sinistra) e stato attuale (destra)

2. Per quanto concerne la linea di montaggio LT8, il numero di postazioni e di personale impiegato sono rimasti invariati a seguito però di un aumento dei volumi produttivi del 28% rispetto al 2022.

La maggior agilità organizzativa dimostrata, grazie a processi più veloci e robusti, ha garantito tempi di consegna più rapidi ed un servizio in grado di adattarsi rapidamente ai cambiamenti delle esigenze del cliente, portando a una maggiore soddisfazione del cliente stesso.

## 8.2 Sviluppi futuri

Il progetto presentato in questo elaborato non è da considerarsi concluso, e i risultati esposti non vanno presi come punto di arrivo ma come punto di partenza per ulteriori sviluppi e miglioramenti. L'obiettivo posto in fase di definizione del *Future State* (cfr. paragrafo 5.4.1) era arduo e sfidante, e implicava una trasformazione totale dell'organizzazione verso l'adozione di logiche di produzione, asservimento ed approvvigionamento *pull*. Gran parte delle attività pianificate sono state portate a termine, portando risultati tangibili e insinuando all'interno dell'organizzazione grandi cambiamenti dal punto di vista organizzativo e gestionale, oltre che a livello culturale.

I miglioramenti ottenuti hanno riconfermato la volontà dell'*operation manager* di Unimec, promotore del progetto, nel continuare il percorso intrapreso, ma ha stimolato il desiderio di cambiamento anche in coloro che inizialmente erano restii a modificare le proprie abitudini radicate negli anni. Nessuno all'interno dell'azienda è stato escluso dal processo, a partire dalla direzione fino ad arrivare ai livelli operativi, che si sono dimostrati nel tempo i veri sostenitori del cambiamento in un approccio che potremmo definire *bottom-up*.

L'obiettivo futuro dell'organizzazione è quello di estendere le logiche di gestione *pull*, introdotte all'interno dell'azienda, ai propri fornitori strategici tramite l'implementazione del *kanban* di acquisto per i prodotti di fornitura esterna, al fine di ridurre sia la frequenza delle rotture di stock che le attività indirette connesse alla gestione degli ordini di acquisto. Per far ciò è stata riconfermata la volontà di utilizzare la piattaforma KanbanBOX per poter gestire l'intera *supply chain*, software che è risultato essere di facile e intuitivo utilizzo.





## BIBLIOGRAFIA

ABERNATHY W. J., CLARK, K. B., KANTROW, A. M. *The new industrial competition*. Harvard Business Review, 1981.

FORD, Henry. *My Life and Work - an Autobiography of Henry Ford*. Auckland, Floating Press, 1922.

GRAZIADEI, Giovanni. *Lean Manufacturing. Come Analizzare Il Flusso Del Valore per Individuare Ed Eliminare Gli Sprechi*. Milano, Hoepli Editore, 2006.

HALL, Robert. *Zero Inventories*. Hinsdale, Irwin Professional Publishing, 1983.

LIKER, Jeffrey, ATTOLICO, Luciano. *Toyota Way per La Lean Leadership*. Milano, Hoepli Editore, 2015.

LIKER, Jeffrey. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, Mcgraw-Hill, 2004.

MASLOW, Abraham. *Motivation and Personality*. New York, Harper & Row, 1954.

ŌHNO, Taiichi. *Lo Spirito Toyota: Il Modello Giapponese Della Qualità Totale. E Il Suo Prezzo*. Torino, Einaudi, 1978.

PANIZZOLO, Roberto. *Dispense del corso di Gestione Snella dei Processi*. Padova, Università degli Studi di Padova, 2022.

ROTHER, Mike, SHOOK, John. *Learning to See: La Mappatura Del Flusso Del Valore per Creare Valore Ed Eliminare Gli Sprechi*. Vicenza, Istituto Lean Management, 2017.

SCHONBERGER, Richard. *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. New York, Free Press, 1982.

SENGE, Peter. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. New York, Penguin Random House Business, 2006.

SLACK, Nigel, BRANDON-JONES, Alistair, DANESE, Pamela, ROMANO, Pietro, VINELLI, Andrea. *Gestione delle operations e dei processi*. Milano, Pearson Italia, 2013.

SMALLEY, Art. *Creating Level Pull: A Lean Production-System Improvement Guide for Production-Control, Operations, and Engineering Professionals*. Cambridge, Lean Enterprise Institute, 2004.

TAYLOR, Frederick. *The Principles of Scientific Management*. New York, Harper and Brothers Publishers, 1911.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London, Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T., ROOS, Daniel. *The Machine That Changed the World*. London, Simon & Schuster, 1996.

## SITOGRAFIA

<https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360006520694-Stati-del-Kanban>

<https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360012521960-La-Lavagna-kanban>

<https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360020968694-Il-kanban-multiprocesso>

<https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/360021182314-Ordini-Synchro>

<https://help.kanbanbox.com/hc/it/articles/4413943842066-Sequenziatore>

<https://www.blmgroupp.com/it/chi-siamo>

<https://www.danea.it/blog/analisi-abc/>

<https://www.kanban.it/it/>

<https://www.kanbanbox.com/it/ekanban/>

<https://www.kanbanbox.com/it/manifesto/>

<https://www.kanbanbox.com/it/sequenziatore-programmazione-della-produzione/>

<https://www.unimecsrl.eu/>