



**Politecnico  
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

## **Tesi di Laurea Magistrale**

Miglioramento in ottica Lean Manufacturing della linea di kitting:  
il caso Faiveley Transport



**Relatore**

Professor Maurizio Schenone

**Candidato**

Ruggiero Ragnatela

Anno Accademico 2020/2021

# Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Faiveley Transport .....</b>	<b>5</b>
2.1	Storia .....	5
2.2	Situazione attuale.....	6
2.3	Stabilimento di Piossasco (TO).....	7
<b>3</b>	<b>Lean Manufacturing .....</b>	<b>8</b>
3.1	Storia: dal Toyota Production System alla Lean Manufacturing .....	8
3.2	Principi ed obiettivi .....	10
3.3	Il concetto di valore ed il suo flusso.....	11
3.4	La classificazione dei Muda .....	12
3.5	Tecniche della Lean Manufacturing.....	13
3.5.1	<i>Value Stream Mapping</i> .....	13
3.5.2	<i>Takt Time e Takt Analysis</i> .....	19
3.5.3	<i>Cell design</i> .....	20
3.5.4	<i>Just in Time (Pull System)</i> .....	21
3.5.5	<i>One Piece Flow</i> .....	23
3.5.6	<i>Supermarket e Kanban</i> .....	24
3.5.7	<i>Livellamento del volume e del mix produttivo (Heijunka)</i> .....	29
3.5.8	<i>Metodologia 5S</i> .....	30
3.5.9	<i>Kaizen</i> .....	32
3.5.10	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> .....	34
3.5.11	<i>Visual Management e Sistema Andon</i> .....	37
3.5.12	<i>Jidoka</i> .....	38
3.5.13	<i>Error Proofing: Poka-Yoke</i> .....	39
<b>4</b>	<b>Applicazione degli strumenti della Lean Manufacturing all'area di kitting .....</b>	<b>42</b>
4.1	Presentazione del caso studio .....	42
4.2	Analisi della situazione attuale.....	43

4.2.1	<i>L'attività di kitting 'as-is'</i> .....	43
4.2.2	<i>Current State Value Stream Map</i> .....	48
4.3	Mappatura dello stato futuro e opportunità di miglioramento .....	53
4.3.1	<i>Future State Value Stream map</i> .....	53
4.3.2	<i>Individuazione dei progetti di miglioramento</i> .....	54
4.4	Introduzione di un supermarket con sistema di gestione a Kanban .....	55
4.5	Introduzione del sistema Pick to Light .....	57
4.5.1	<i>Cos'è il Pick to Light</i> .....	57
4.5.2	<i>Kitting con Pick to Light</i> .....	58
4.5.3	<i>Sistema Pick to Light cablato</i> .....	59
4.5.4	<i>Sistema Pick to Light wireless</i> .....	61
4.6	Introduzione di una confezionatrice verticale semi-automatica e di una etichettatrice automatica .....	62
4.6.1	<i>Confezionatrice verticale semi-automatica con stampa diretta sul film di     imballaggio</i> .....	63
4.6.2	<i>Confezionatrice verticale semi-automatica accoppiata ad una stampa-     applica etichette automatica esterna</i> .....	64
4.6.3	<i>Confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo accoppiata ad     una stampa-applica etichette automatica esterna</i> .....	66
4.7	Layout proposti per l'area di kitting.....	67
4.8	Valutazione dell'investimento.....	68
4.8.1	<i>Analisi delle non conformità e calcolo dei costi di non qualità</i> .....	70
4.8.2	<i>Confronto fra attività di kitting manuale e semiautomatizzata</i> .....	75
4.8.3	<i>Costo dell'energia elettrica</i> .....	77
4.8.4	<i>Calcolo degli indicatori</i> .....	79
4.8.5	<i>Analisi degli indicatori e scelta finale</i> .....	85
<b>5</b>	<b>Conclusioni e sviluppi futuri</b> .....	<b>87</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>89</b>

# 1 Introduzione

Il presente lavoro di tesi, frutto di un periodo di stage curriculare presso lo stabilimento produttivo Faiveley Transport di Piossasco (TO), è incentrato sull'applicazione delle tecniche e degli strumenti della Lean Manufacturing per il miglioramento dell'attività di kitting.

Per fare ciò, sarà innanzitutto necessario fornire una panoramica generale della Faiveley Transport per comprenderne la storia, l'attuale struttura e quale è il core business.

Successivamente, sarà fornita una panoramica della Lean Manufacturing e saranno introdotti tutti gli strumenti e le tecniche necessari per affrontare al meglio il caso studio.

Il punto di partenza del caso di studio invece, sarà l'analisi della situazione attuale 'as-is'. Grazie a questa analisi preliminare e all'utilizzo della Value Stream Mapping, sarà possibile identificare quali sono le operazioni che generano più muda (sprechi) e che non aggiungono valore al prodotto finito. Sulla base di tale valutazione saranno dunque proposte diverse soluzioni atte al miglioramento dell'attività di kitting in ottica Lean Manufacturing.

In seguito, attraverso l'analisi degli investimenti ed il calcolo di tutti i relativi indici, si valuterà quale soluzione adottare.

## **2 Faiveley Transport**

La Faiveley Transport è un'azienda multinazionale di produzione e fornitura di accessori ferroviari per ferrovie e locomotive elettriche; è conosciuta universalmente come produttrice di pantografi monobraccio per locomotori e treni elettrici.

### **2.1 Storia**

Il primo stabilimento di produzione venne creato a Saint-Ouen (Senna-Saint-Denis) da Louis Faiveley nel 1919. Nel 1930 tra le altre produzioni furono presentati i dispositivi per le porte scorrevoli dei veicoli ferroviari. Nel 1935 la Faiveley da ditta individuale si trasformò in società anonima. La sua produzione di dispositivi per la captazione di corrente si specializzò sempre più e nel 1955 il suo pantografo monobraccio fu protagonista del record mondiale di velocità a 331 km/h. Negli anni sessanta la Faiveley cominciò la produzione dei sistemi elettronici di bordo dei rotabili ferroviari e negli anni settanta sviluppò il pantografo modello AMDE per alta velocità. Da quegli anni i pantografi Faiveley divennero tra i componenti essenziali dei record di velocità dei TGV.

L'acquisizione di ulteriori settori di produzione a partire dagli anni sessanta fu accompagnata dall'espansione del marchio in altri paesi europei e del mondo.

A dicembre 2016, la società è passata sotto il controllo del gruppo americano Wabtec, creando una delle più grandi aziende al mondo di attrezzature ferroviarie. Oggi, il segmento Transit della società, dedicato al trasporto di passeggeri, continua ad operare sotto il nome di Faiveley Transport.

Nel 2019 Wabtec si fonde con GE Transportation.

## 2.2 Situazione attuale

Oggi il gruppo Wabtec conta più di 27.000 impiegati in 50 paesi. I due business principali sono il segmento Freight, dedicato al trasporto merci, e il segmento Transit, dedicato al trasporto passeggeri.



*Figure 1\_Segmenti operativi serviti da Wabtec*

Il segmento operativo Freight fornisce soluzioni di trasporto merci su rotaia: locomotive, inclusa la più efficiente flotta di locomotive diesel-elettriche nel mondo, un'ampia selezione di controlli mission-critical, tra cui Controllo positivo del treno (PTC), cabine e sistemi di frenatura avanzati. Tale segmento soddisfa quindi le esigenze per l'intero ciclo di vita della flotta: nuove locomotive, ammodernamenti, assistenza e riparazioni.

Il segmento operativo Transit fornisce prodotti e servizi praticamente a tutti i principali sistemi di trasporto ferroviario e autobus in tutto il mondo. Fornisce una serie integrata di componenti per veicoli interurbani e per pendolari, vagoni della metropolitana e veicoli ferroviari leggeri, offrendo sicurezza, efficienza e comfort per i passeggeri. Progetta, produce e commercializza attrezzature per freni pneumatici, elettronici e idraulici, nonché accoppiatori meccanici ed elettrici e collettori di corrente per terza rotaia per veicoli ferroviari per passeggeri. Offre sistemi di igienizzazione e produce una gamma completa di porte passeggeri elettriche e pneumatiche ad alte prestazioni, ascensori per disabili e rampe di accesso, unità HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), una vasta gamma di ganasce e

pastiglie per freni per veicoli nuovi e sostituzioni. Inoltre, offre anche servizi di manutenzione, riparazione, messa a nuovo per locomotive, autovetture e componenti per autovetture.

## **2.3 Stabilimento di Piovasasco (TO)**

Lo stabilimento di Piovasasco fu inaugurato nel 1971. Ad oggi, con i suoi 506 dipendenti e con l'estensione in pianta di 21.350 m<sup>2</sup>, lo stabilimento è suddiviso in quattro unità produttive:

1. Air Generation
2. Brake
3. Overhauling
4. Electronic/ Pneumatronics

All'interno dello stabilimento è inoltre presente un magazzino nel quale vengono gestiti 20.000 part number differenti per un totale di 350.000 trasazioni/anno.

## 3 Lean Manufacturing

La *Lean Manufacturing* o produzione snella è un sistema aziendale per organizzare e gestire lo sviluppo del prodotto, le operations, i fornitori e le relazioni con i clienti che richiede meno risorse umane, meno spazio, meno capitale, meno materiale e meno tempo per realizzare prodotti con meno difetti tali da soddisfare le richieste dei clienti.

Essenzialmente, la Lean manufacturing si concentra sulla creazione di valore con il minor lavoro possibile. È dunque una metodologia di gestione che considera uno spreco le risorse utilizzate per qualsiasi altro obiettivo che non sia la creazione di valore per il cliente.

### 3.1 Storia: dal Toyota Production System alla Lean Manufacturing

Le origini della Lean Manufacturing vanno ricercate in Giappone, in modo particolare vanno ricollegate alla Toyota Motor Corporation, nata nel 1937. Alla fine degli anni quaranta, la Toyota era una piccola impresa automobilistica i cui macchinari erano vecchi e le sue quote di mercato irrisorie. Non potevano essere applicati, in quelle condizioni, i criteri tayloristi-fordisti di produzione.

Nacque così la necessità di una nuova politica industriale che permettesse la riduzione dei costi a fronte di un grande aumento di produttività. Sotto la guida di Taichii Ohno venne definito un nuovo modello di produzione industriale, in un certo qual modo contrapposto al rigido sistema occidentale, che permettesse di rispondere alla necessità di flessibilità della produzione mantenendo comunque elevata la produttività aziendale.

Nacque così il **Toyota Production System (TPS)**, una metodologia innovativa che vuole bandire gli sprechi e punta sul coinvolgimento di tutti all'interno dell'azienda.



Alla base del TPS si trova l'idea di “fare di più con meno”, cioè di utilizzare le poche risorse disponibili nel modo più produttivo possibile puntando ad incrementare la produttività della fabbrica. Il modello prevede non tanto l'introduzione di nuove tecnologie nel sistema produttivo, ma la riorganizzazione industriale rivalutando il contributo umano in termini di intelligenza e responsabilità. Nel TPS la produzione non si basa più sull'offerta, come nelle imprese a stampo fordista-taylorista, ma sulla domanda proveniente dal mercato, e sul continuo miglioramento del prodotto e della produzione stessa.

Le quantità prodotte dipendono fortemente dalle reali variazioni della domanda, spostando di gran lunga l'attenzione verso il cliente piuttosto che sulla produttività. La logica di produzione diventa quindi di tipo PULL (l'attività a valle “tira” quella a monte), abbandonando la logica PUSH (l'attività di monte “spinge” quella di valle, a priori dall'insorgere di un fabbisogno).

Il Toyota Production System fu dunque sviluppato tra il 1945 e il 1970, ma è ancora oggi in continua evoluzione.

Il termine Lean Manufacturing fu coniato da John Krafcik nel suo articolo del 1988, "Triumph of the lean production system". Il termine fu poi ripreso dagli studiosi James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos nel libro "La macchina che ha cambiato il mondo", in cui i tre studiosi confrontarono gli stabilimenti di assemblaggio auto americani, europei e giapponesi, rivelando l'enorme divario tra la qualità e produttività della Toyota rispetto a tutti i concorrenti. Con la pubblicazione di tale libro si ebbe il definitivo riconoscimento del Totale Production System come sistema di produzione di riferimento.

La Lean Manufacturing non è altro che una occidentalizzazione del Toyota Production System (TPS).

## 3.2 Principi ed obiettivi

I principi fondamentali della Lean Manufacturing sono cinque:

1. **Value Definition:** determinare il valore per il cliente;
2. **Value Stream e Muda hunting:** mappare il flusso del valore, identificare gli sprechi (muda) e studiare come eliminarli;
3. **Flow:** creare il flusso, far scorrere le attività a valore in un flusso lineare, ininterrotto;
4. **Pull:** fare in modo che il flusso sia “tirato dal cliente”, producendo solo quanto e quando richiesto dal cliente stesso;
5. **Perfection:** perseguire la perfezione tramite continui miglioramenti (Kaizen) in modo da eseguire il flusso di valore in modo sempre più efficace.

Sulla base di questi cinque principi fondamentali, gli obiettivi della Lean Manufacturing sono:

- Identificare le attività che generano valore per il cliente e mapparne il flusso;
- Riconoscere e minimizzare gli sprechi, cioè tutte le attività che non apportano valore per il cliente;
- Creare un flusso continuo e regolare delle attività che generano valore;
- Fare in modo che tale flusso venga attivato solo quando il cliente lo richiede, secondo la logica pull;
- Adeguare la capacità produttiva al ritmo della domanda;
- Minimizzare i tempi di setup;
- Abbattere il lead time di produzione;
- Ridurre al minimo le scorte di semilavorati;
- Implementare sistemi di controllo visivo e sistemi a prova di errore;
- Attivare un ciclo di miglioramento continuo (kaizen).

### 3.3 Il concetto di valore ed il suo flusso

Come già detto in precedenza, il punto di partenza dell'approccio lean è l'identificazione chiara del valore per il cliente. Il *valore* è un insieme di caratteristiche del prodotto o servizio che soddisfano, attraverso le loro funzioni, un determinato bisogno del cliente e per il quale quest'ultimo è quindi disposto a pagare.

Il *flusso di valore (value stream)* è la combinazione di attività necessarie a creare valore nel prodotto/servizio. Fra le attività di un flusso produttivo possiamo distinguere:

- **Attività a valore aggiunto (Value Adding, VA):** contribuiscono alla creazione di valore ed il cliente è disposto a pagarle. Rientrano fra queste tutte le attività che trasformano il prodotto, modificandone le caratteristiche estetiche, fisiche e/o meccaniche;
- **Attività necessarie (Necessary but non value adding, NNVA):** azioni necessarie secondo le attuali modalità operative, ma che non creano valore e comportano sprechi (set-up, riparazioni);
- **Attività a non valore aggiunto (Non value adding, NVA):** attività che non creano valore, ma aggiungono costo e per le quali il cliente non è disposto a pagare (trasporti, attese, controlli, magazzini, ecc).

Sulla base di tale classificazione, risulta evidente che non bisogna concentrarsi più sul solo ciclo di lavorazione, ma su trasferimenti, movimentazioni, magazzini, controlli, attese, riparazioni che generano costi elevati senza apportare nessun valore al prodotto ed allungano i tempi di evasione dell'ordine.

Il flusso finale dovrà focalizzarsi sulle attività a valore aggiunto, mentre le altre saranno oggetto di attività di miglioramento (kaizen) con l'obiettivo di snellire ed eliminare gli sprechi che generano.

### 3.4 La classificazione dei Muda

Esistono sette tipi di muda (sprechi):

1. **Muda di attesa:** sprechi generati quando gli operatori sono inattivi a causa di sbilanciamenti della linea produttiva, mancanza di parti, indisponibilità delle macchine (guasti, set up, ecc);
2. **Muda di trasporto e movimentazione:** sono necessari alla produzione, ma non apportano valore al prodotto che può essere addirittura danneggiato in tali operazioni;
3. **Muda di eccesso di scorte:** Le scorte, siano esse materie prime, materiale in lavorazione (**WIP**), o prodotti finiti, non apportano valore e comportano un incremento di costo dovuto all'occupazione di spazio e all'utilizzo di personale e attrezzature aggiuntivi per la gestione. Inoltre, giacendo in magazzino, esse vanno incontro a deterioramento ed obsolescenza;
4. **Muda di difettosità:** i difetti causano l'interruzione della produzione e comportano costose rilavorazioni;
5. **Muda di lavorazione e processo:** sprechi generati quando vengono utilizzate lavorazioni più complesse e costose di quelle realmente necessarie. Tali lavorazioni apportano un incremento di valore del bene maggiore di quello richiesto dal cliente e per il quale lo stesso è disposto a pagare;
6. **Muda di movimento:** movimenti generalmente evitabili come raccogliere oggetti, piegarsi o allungarsi comportano degli sprechi e richiedono ai dipendenti sforzi fisici che andrebbero eliminati;
7. **Muda di sovrapproduzione:** questo muda nasce quando si producono i beni prima che siano effettivamente richiesti. Tale muda genera consumo prematuro di materie prime, impiego superfluo di personale e macchinari, movimentazioni e aumento di stock. È uno spreco molto pericoloso per le aziende perché tende a nascondere errori di produzione fino a quando il processo a valle non utilizzerà il prodotto difettoso. In questo modo non sarà possibile rintracciare la causa del difetto e limitarla a pochi codici e saranno necessarie costose rilavorazioni.

## 3.5 Tecniche della Lean Manufacturing

La Lean Manufacturing non va intesa come un approccio rigido ed univoco, ma come un insieme organico di tecniche che vanno selezionate ed adattate alla specifica realtà produttiva. Le principali tecniche lean sono:

- Value stream mapping
- Takt time e takt analysis
- Cell design
- Just in time (pull system)
- One piece flow
- Supermarket e kanban
- Livellamento del volume e del mix produttivo (heijunka)
- 5S
- Kaizen
- Single Minute Exchange of Die (SMED)
- Visual management (sistemi Andon)
- Poka-Yoke (error proofing)
- Total productive maintenance (TPM)
- Total quality control (TQC)

### 3.5.1 Value Stream Mapping

La *Value Stream Mapping* è una metodologia grafica che permette di mappare l'insieme di processi ed attività che concorrono alla realizzazione di un prodotto, partendo dal fornitore fino alla consegna al cliente, passando per tutta la catena di produzione. La VSM consente di comprendere meglio quali sono le attività a valore aggiunto, quelle a non valore aggiunto, e soprattutto permette di evidenziare gli sprechi e le opportunità di miglioramento.

Quindi, con tale metodologia, si mira ad identificare gli sprechi e ad aumentare l'efficienza dei processi che determinano il valore del prodotto.

Il presupposto sul quale basare l'analisi del flusso del valore non è il miglioramento del singolo processo, ma l'ottimizzazione globale e continua dell'intero flusso. Infatti, l'analisi continua del flusso permette di perfezionare iterativamente nel tempo la VSM stessa e di eliminare tutto ciò che non rappresenta valore aggiunto al prodotto finito.

Esistono due tipi di mappe fondamentali:

- **Current state map:** rappresenta una fotografia attuale dei flussi e rappresenta il punto di partenza dell'analisi;

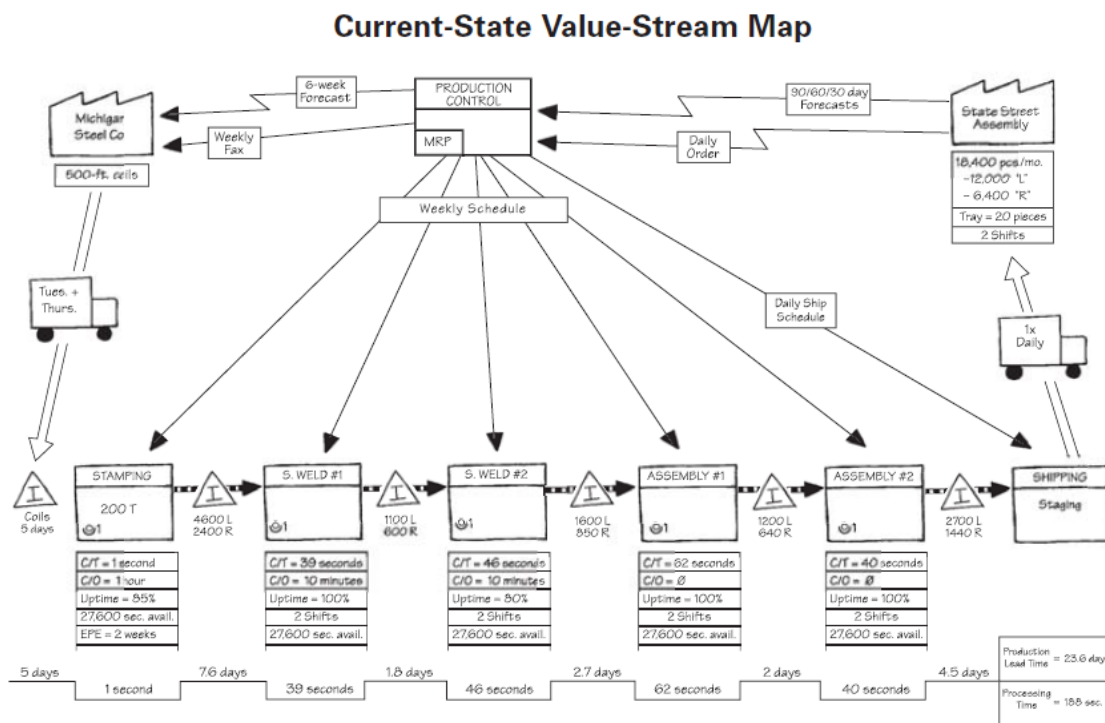
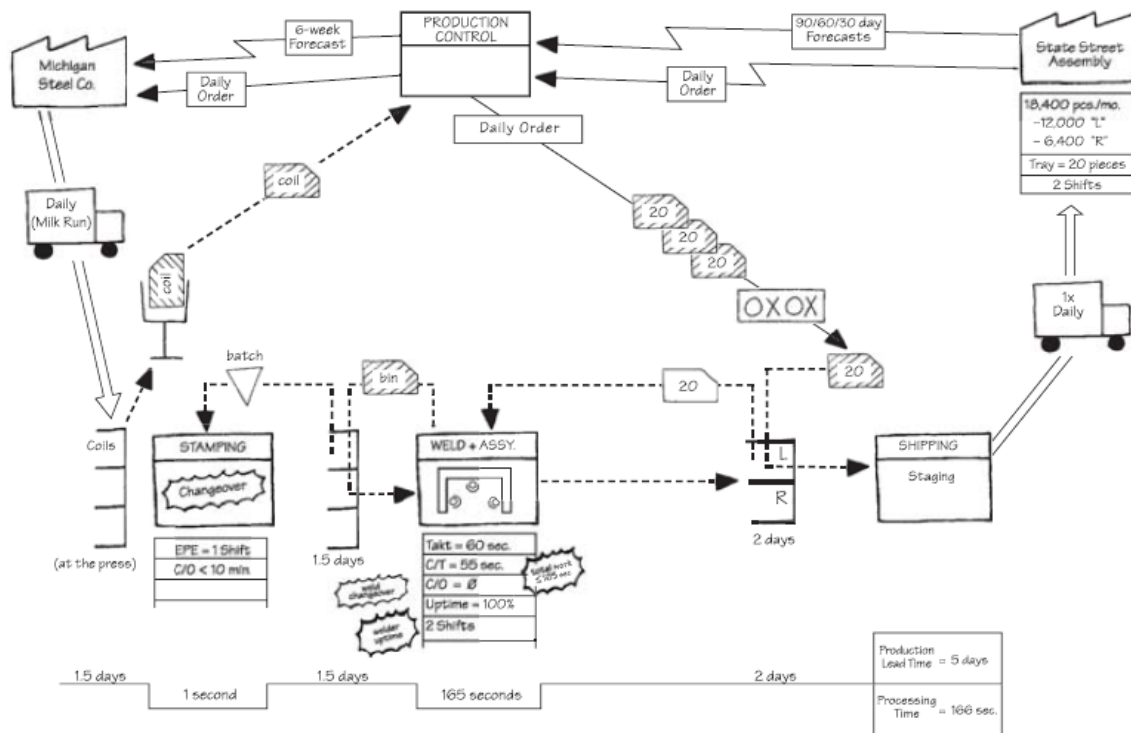


Figure 2\_ Esempio di Current State Map

- **Future state map:** evidenzia le opportunità di miglioramento identificate nella current state map, definisce l'obiettivo da raggiungere e viene elaborata iterativamente avvicinandosi sempre di più al flusso ideale. La mappatura dello stato futuro deve essere quindi ripetuta periodicamente fino a quando il flusso non sarà continuo e regolare, attivato solo dal cliente e caratterizzato da lead time e tempi di set up sufficientemente brevi.

## Future-State Value-Stream Map



*Figure 3\_Esempio di Future State Map*

Ogni VSM in genere ha tre sezioni chiave:

1. **Information flow:** questa sezione mostra la comunicazione delle informazioni relative al processo (cosa, quanto, quando produrre) dal cliente ai singoli reparti. Il senso del flusso delle informazioni è contrario a quello dei materiali e va dal cliente al fornitore;
2. **Material flow:** questa sezione mostra la sequenza delle attività dalla materia prima al prodotto finale;
3. **Lead time ladder:** questa sezione fornisce una rappresentazione visiva semplificata della sequenza temporale del flusso del valore. La parte superiore del time ladder mostra i tempi a non valore aggiunto (code e attese), mentre la parte inferiore mostra i tempi a valore aggiunto (tempi ciclo).

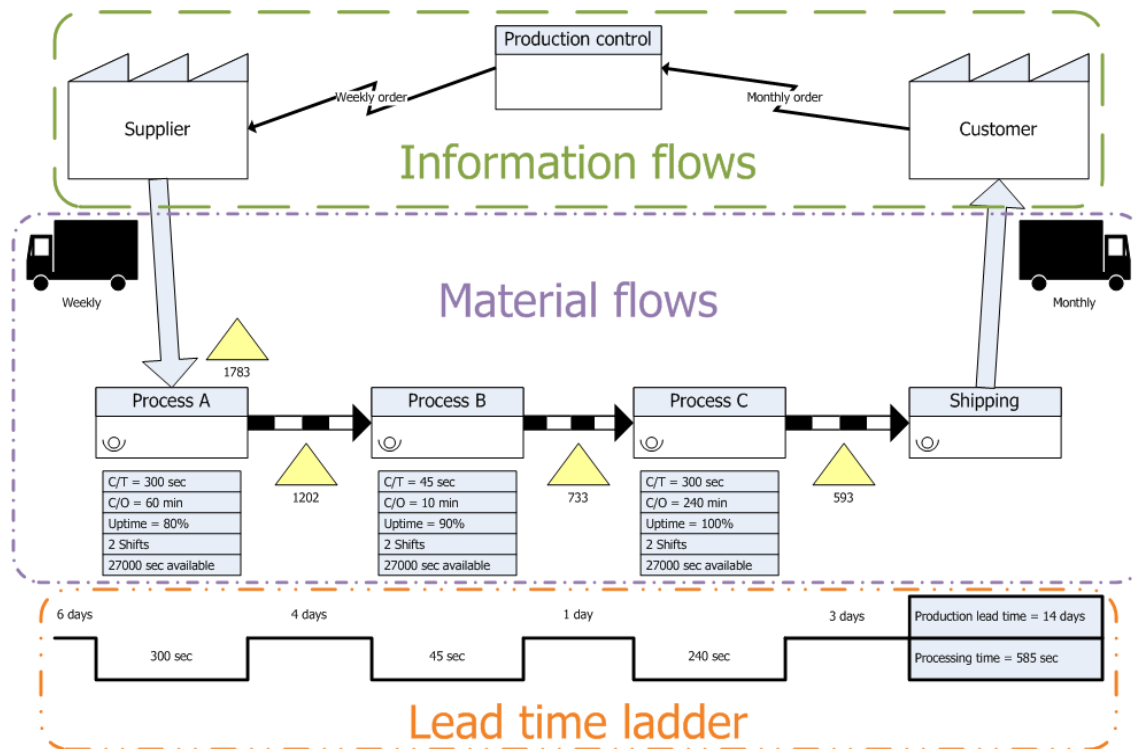

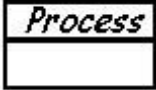



Figure 4\_Le 3 sezioni della VSM

La Value Stream Mapping, utilizza regole che hanno la finalità di essere comprese da tutto il personale, anche se tuttavia non esiste una standardizzazione dei simboli. Nella tabella seguente (Tab 1) sono riportati i simboli comunemente utilizzati nella VSM.

Cliente/ Fornitore		Se posta in alto a sinistra rappresenta il fornitore, punto di partenza del material flow. Se posta in alto a destra rappresenta il cliente, punto finale del material flow.
Process box		Indica un processo, un'attività, una macchina o un dipartimento attraverso cui scorre il materiale.
Data box		Posizionato al di sotto del simbolo del processo produttivo di cui sopra. In esso si evidenziano i dati più importanti del processo stesso. Il tempo ciclo (C/T) e il tempo di set-up o changeover (C/O) compaiono in tutti i box. Altri dati interessanti possono essere le unità prodotte nel giorno o per turno, il downtime o uptime della macchina, le unità rilavorate o lo scarto, la percentuale di tempo o attività a valore aggiunto, ecc.



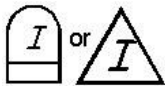





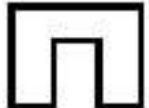
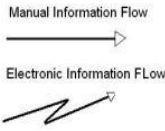





Scorte		Mostrano un magazzino che si trova tra due processi e che, trovandosi all'interno di un flusso in continuo movimento, viene approssimato nel suo valore. Possono indicare anche un magazzino di materie prime o prodotti finiti.
Spedizioni		Indica la spedizione delle materie prime dal fornitore alla fabbrica o il flusso di prodotti finiti dall'azienda fino ai clienti finali.
Freccia push		Questa icona rappresenta l'attività di "spingere" il materiale a valle, cioè di farlo scorrere da un processo a quello successivo.
Supermarket		Indica un piccolo magazzino con gestione a kanban, solitamente posto in reparto.
Pull materiale		I supermarket hanno bisogno di questa icona per segnalare la rimozione fisica del materiale.
Corsia FIFO		Indica un magazzino gestito in base alla logica FIFO (First-In-First-Out) fra due processi.
Cella produttiva		Indica che i processi sono integrati in celle produttive.
Informazioni		La freccia in alto rappresenta lo scambio di tipo cartaceo o informale (es. telefono), quella in basso rappresenta lo scambio di tipo elettronico (es. tramite gestionali, e-mail, portali, ecc.).
Kanban di produzione		Identifica la produzione di un numero predefinito di pezzi. Segnala al processo a monte di produrre materiale per il processo a valle.
Kanban di prelievo		Identifica un semplice cartellino che dà istruzioni in merito al materiale da trasferire al processo a valle.
Operatore		Rappresenta un operatore. Mostra il numero di operatori richiesti per svolgere una certa attività.
Go see scheduling		Identifica il principio del Gemba, ovvero andare sul posto e raccogliere informazioni.
Kaizen burst		Utilizzata ogni volta che si identificano necessità di miglioramento e di pianificazione di eventi kaizen su un processo specifico che risulta critico per l'intera mappa del valore.

Tabella 1\_Simbologia della VSM

Nella realizzazione di una VSM è fondamentale partire dal cliente finale e lavorare a ritroso. Il primo passo per sviluppare una Value Stream Mapping è sempre la chiara definizione del valore per il cliente, ciò che quest'ultimo è disposto a pagare.

Una volta che comprendiamo e definiamo il valore, bisogna definire il nostro focus, il nostro obiettivo. Con un obiettivo chiaro in mente, identifichiamo il giusto flusso da analizzare, mappare ed ottimizzare. Mantenendo l'attenzione sugli obiettivi predeterminati, è molto più probabile che l'attività di mappatura rimanga sulla strada giusta.

Il terzo step è la "Gemba walk": andare nel luogo in cui il lavoro viene svolto, vedere il processo reale, capire il lavoro, porre domande e imparare. Dai dati che abbiamo raccolto dalla "Gemba walk", definiamo i passaggi di base nel Value Stream e costruiamo una prima VSM rudimentale. La cosa chiave qui è delineare solo le basi del processo.

Nella parte alta del foglio vanno disegnate le icone rappresentanti il cliente (a destra), il fornitore (a sinistra) e il controllo di produzione (al centro). Nella parte bassa del foglio si disegnano i processi di base, utilizzando i process box.

Sotto ogni process box va poi inserito il data box in cui si riportano i dati significativi scelti. Fra questi possono esserci:

- Cycle Time (C/T): frequenza con cui un'unità viene fuori da un processo, quindi il tempo medio tra la produzione completa di un'unità alla produzione completa della successiva, inclusi carichi e scarichi (che sono tempi a non valore aggiunto);
- Process Time (P/T): il tempo che un prodotto trascorre su una determinata workstation. Quando su una workstation è presente un solo operatore che lavora su un solo prodotto alla volta, il tempo di processo è uguale al tempo di ciclo. Quando la workstation produce in batch, su stazioni di lavoro parallele o quando ci sono più persone che lavorano in una cella di lavoro, il tempo di ciclo differisce dal tempo di processo;

- Changeover Time (C/O): tempo richiesto per passare dalla produzione di un part number ad un altro; è misurato come il tempo trascorso dall'ultima unità buona del prodotto "A" alla prima unità buona del prodotto "B".
- Uptime: percentuale di tempo in cui una macchina o un impianto è disponibile durante il tempo schedulato richiesto. Può essere inteso come affidabilità degli impianti al momento della richiesta;
- Addetti: numero di operatori richiesti dal processo;
- Unità prodotte nel giorno o per turno;
- Percentuale di scarti;

Va ora tracciato il flusso informativo, ossia tutte quelle informazioni necessarie a comunicare quanto e quando produrre. Nel flusso dei materiali ci sono aree di accumulo e scorte il cui ammontare di pezzi va stimato per poi calcolare il relativo lead time. In seguito, si collegano i vari processi indicando con che logica di programmazione della produzione sono connessi (pull, push, FIFO).

L'ultimo step è il disegno della timeline, utile a definire sia il lead time totale, sia la quota di tempo a valore aggiunto. Sommando tutti i tempi a valore aggiunto e dividendoli per il lead time totale, si ottiene la percentuale di tempo a valore aggiunto (%VA).

A questo punto la VSM dovrebbe dare una visione del flusso di valore del prodotto. Possono dunque essere identificati colli di bottiglia, tempi ciclo lunghi, tempi di set up eccessivi ed altri tipi di muda. La VSM dovrebbe aiutare a costruire una tabella di marcia per i progetti di miglioramento continuo per portare il processo allo stato desiderato.

### **3.5.2 Takt Time e Takt Analysis**

Il *takt time* è il ritmo di produzione a cui è necessario produrre per soddisfare la domanda. In sostanza, è il battito cardiaco di un sistema Lean. Infatti, il termine takt in tedesco significa ritmo e il takt time ci dice ogni quanto tempo bisogna completare un prodotto per rispettare le richieste dei clienti.

Il takt time fu usato per la prima volta come metrica negli anni '30 in Germania per la produzione di aeroplani. Venti anni dopo, ha contribuito in modo significativo all'ascesa della Toyota. La formula per il calcolo è la seguente:

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo disponibile per la produzione}}{\text{domanda del cliente}}$$

Per calcolare il takt time occorre dunque definire l'orizzonte temporale, la domanda del cliente nel periodo stabilito e il tempo disponibile per la produzione, nel quale non sono ovviamente conteggiate le pause e la manutenzione programmata. Se per esempio il turno lavorativo è di 8 ore, corrispondenti a 28.800 secondi, con due pause da 15 minuti, il pranzo da 30 minuti, un meeting da 10 minuti e manutenzione ordinaria da 10 minuti, il tempo disponibile è di 24.000 secondi/turno. Se la richiesta del cliente è pari a 400 pezzi al giorno e si lavora su un singolo turno, allora il takt time sarà pari a 60 secondi (24.000 secondi/turno ÷ 400 pezzi/turno).

Per evitare sovrapproduzione, scorte e minimizzare gli sprechi bisogna produrre al takt time, cercando di mantenere il cycle time di ogni singolo processo il più vicino possibile al takt time stesso. Il takt time è dunque il tempo obiettivo di riferimento.

### 3.5.3 Cell design

Le celle di produzione sono unità di lavoro ben definite e circoscritte, nelle quali solitamente vi sono dai 3 ai 12 addetti, con un numero di stazioni di lavoro (macchinari, attrezzature, impianti, ecc) che va da 5 a 15.

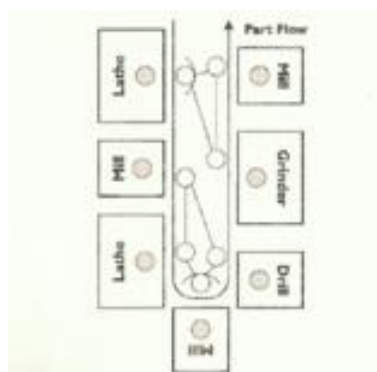


Figure 5 \_Esempio di cella di produzione

Nelle celle si produce la gamma più alta possibile di prodotti con cicli produttivi simili fra loro (group technology), raggruppando macchine diverse disponendole secondo il flusso di lavorazione.

I vantaggi principali ottenibili con l'introduzione delle celle di produzione sono:

- Riduzione dei tempi di attraversamento in quanto vengono evitati i lunghi percorsi e gli stock intermedi tipici dei layout per processo
- Riduzione del Work in progress (WIP) in quanto sono ridotti gli stock intermedi
- Flessibilità degli operatori che diventano responsabili di una famiglia di prodotto e sono quindi coinvolti in tutte le lavorazioni ad essa connesse
- Riduzione dei tempi e dei costi di set up che porta quindi ad un aumento di flessibilità dell'intera cella
- Facile identificazione dei difetti
- Aumento del coordinamento e della comunicazione in quanto gli operatori sono al centro della cella, vicini fra di loro

Il layout più utilizzato per le celle è il layout ad "U", il quale permette di minimizzare le distanze che gli operatori devono percorrere e consente diverse combinazioni di attività per gli operatori stessi.

### **3.5.4 Just in Time (Pull System)**

Il *Just in time* (comunemente abbreviato in JIT) è una tecnica di programmazione e controllo della produzione che permette di produrre solo ciò che è necessario, quando è necessario ed esclusivamente nella quantità richiesta, rispettando le condizioni pattuite con il cliente.

Il JIT fu introdotto per la prima volta negli anni cinquanta in Giappone dalla Toyota Motors Corporation.

Con tale filosofia è possibile passare dal classico approccio di produzione "make to stock", tipico della logica produttiva di tipo PUSH, ad un approccio di produzione "make to order", tipico della logica di produzione di tipo PULL.

Nella logica di produzione di tipo PUSH, la decisione di avviare la produzione di un dato bene in una determinata quantità, cioè di dare il via a tutta la sequenza di attività a partire dall'approvvigionamento, avviene a priori, ovvero indipendentemente dall'insorgere di un fabbisogno. La programmazione dell'attività è fatta, dunque, su una previsione dei fabbisogni che saranno necessari per la produzione. In questo caso i materiali vengono “spinti” dai reparti a monte verso quelli a valle.

Nella logica di produzione di tipo PULL, la decisione di avviare la produzione di un dato bene in una determinata quantità avviene solo all'insorgere di un fabbisogno. I processi a valle segnalano i loro fabbisogni ai processi a monte, indicando cosa, quanto e quando è necessario. Niente viene prodotto dai processi a monte se un processo a valle non ha segnalato un fabbisogno. La produzione viene dunque “tirata” dai processi a valle.

Gli obiettivi del JIT, perfettamente allineati con quelli della Lean Manufacturing, possono essere così riassunti:

- Produrre solo quanto, cosa e quando occorre
- Ridurre il lead time
- Raggiungere la migliore qualità possibile
- Produrre al minor costo possibile, con il minor utilizzo di risorse possibile
- Eliminazione delle attese e degli accumuli
- Eliminazione degli sprechi (muda) e delle attività a non valore aggiunto

Alla luce di quanto detto fino ad ora, è possibile notare come la filosofia Just in time abbina elementi quali affidabilità, abbassamento del livello delle scorte e del lead time, ad un aumento della qualità e del servizio al cliente. In tal modo si riducono enormemente i costi di gestione, carico e scarico di magazzino e di material handling.

### 3.5.5 One Piece Flow

Con il termine *One Piece Flow* si intende letteralmente la produzione e lo spostamento tra le varie fasi di lavorazione di “un pezzo alla volta”, nel modo più continuo possibile.

Il One Piece Flow si contrappone alla produzione a lotti. Supponiamo che un item debba subire tre diverse lavorazioni A, B e C, tutte con tempo ciclo pari ad un minuto. Nella produzione a lotti, supponendo lotti da 10 item, essi verrebbero sottoposti prima tutti alla lavorazione A, poi alla lavorazione B ed infine alla lavorazione C, generando un accumulo di scorte intermedie fra le varie stazioni. Con il metodo One Piece Flow invece, ogni singolo item verrebbe lavorato consecutivamente nelle 3 stazioni, andando ad eliminare le scorte intermedie e riducendo drasticamente il lead time.

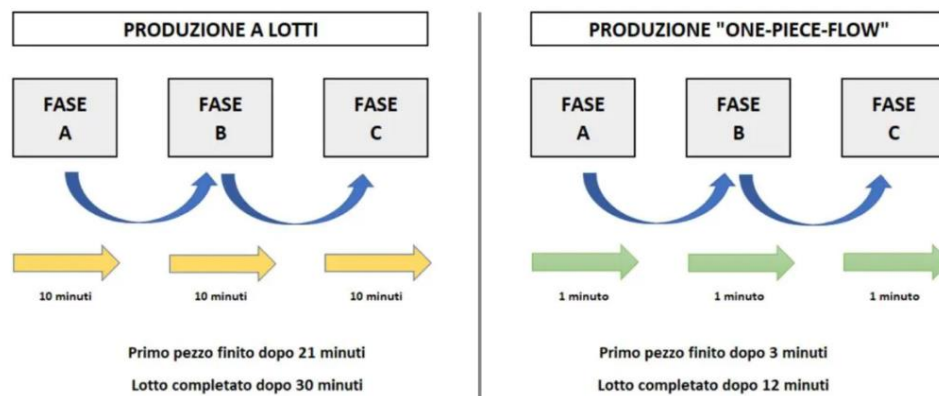


Figure 6\_Confronto fra produzione a lotti e One Piece Flow

Il metodo One Piece Flow funziona meglio in combinazione con un layout cellulare in quanto in questo tipo di layout, come detto precedentemente, tutte le risorse necessarie si trovano vicine l'una alle altre all'interno di una cella nella sequenza in cui vengono utilizzate.

Dunque, i vantaggi del One Piece Flow sono:

- Eliminazione delle scorte tra i processi
- Diminuzione del lead time di produzione
- Possibilità di evidenziare e migliorare il processo collo di bottiglia, con cycle time più alto, da cui dipende direttamente il lead time totale

- Riduzione della specializzazione dei lavoratori e conseguente aumento della loro poli-funzionalità. Lavorando per lotti, come nell'esempio precedente in cui vi erano le tre lavorazioni A, B e C, si hanno presumibilmente tre lavoratori, uno per ognuna delle tre lavorazioni. Implementando il One Piece Flow, soprattutto nelle celle di assemblaggio, si potrebbe arrivare alla situazione in cui una persona è in grado di effettuare tutte le lavorazioni, aumentando così la flessibilità degli operatori.

### 3.5.6 Supermarket e Kanban

Ottenere un flusso continuo, basato sul One Piece Flow, non è spesso possibile e realizzabile. Alcuni processi hanno infatti tempi ciclo brevissimi e tempi di setup elevati tali da rendere sconveniente l'utilizzo di tale metodologia. Inoltre, per alcuni processi, come per esempio quelli gestiti da fornitori esterni, i costi e le distanze non permettono la movimentazione e la spedizione di pezzi singoli.

Qualora il flusso fosse interrotto, per tenere sotto controllo un processo fornitore che necessita di lavorare a lotti si utilizza il sistema *pull-supermarket*.

Il supermarket è un'area fra due processi da cui il processo a valle attinge ciò di cui ha bisogno. All'interno del supermarket viene stoccato un inventario standard predeterminato necessario all'approvvigionamento del processo a valle. Solitamente i supermarket sono ubicati vicino al processo fornitore così da permettere agli operatori di quest'ultimo di controllare i livelli di consumo e le richieste del processo cliente. Ogni articolo in un supermarket ha una posizione specifica da cui un addetto alla movimentazione dei materiali preleva i prodotti nelle quantità precise richieste dal processo a valle. Quando un articolo viene prelevato dal supermarket, viene prontamente inviato un segnale al processo di fornitura per il ripristino di ciò che è stato effettivamente prelevato. Il processo fornitore può dunque produrre solo al ricevimento di tale segnale dal processo a valle.

Il sistema tipicamente più utilizzato per inviare questo segnale al processo di monte è il cartellino *kanban*. Un kanban, termine giapponese che significa letteralmente "cartello", è un dispositivo di segnalazione che dà autorizzazione e istruzioni per la



produzione o il prelievo di articoli in un sistema pull. Di solito il cartellino kanban si configura come un cartellino quadrato plastificato che contiene le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo. Su di esso infatti sono generalmente riportati il part number, il nome ed il codice del pezzo, i volumi presenti nel contenitore, la stazione di prelievo e quella di consegna, il nome del fornitore ed altre informazioni personalizzate a seconda delle necessità.

KANBAN 2/14	
	CODICE : KAT38
DESCRIZIONE	
QUANTITA': 50	LEAD TIME: 10
FORNITORE: LOTTO:	POSIZIONE
 BARCODE	 BARCODE

Figure 7\_Esempio di cartellino kanban

Esistono due tipologie di kanban:

1. **Kanban di prelievo (o di movimentazione):** è impiegato nel reparto in cui il part number viene utilizzato e riporta la quantità che l'operatore deve ritirare dal supermarket presente all'uscita della stazione di monte.
2. **Kanban di produzione:** è impiegato nel reparto in cui un determinato part number viene prodotto e riporta la quantità da produrre; rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle.

Quando i reparti sono contigui fra di loro, non è necessario l'utilizzo del kanban di prelievo, ma è sufficiente l'utilizzo del solo kanban di produzione.

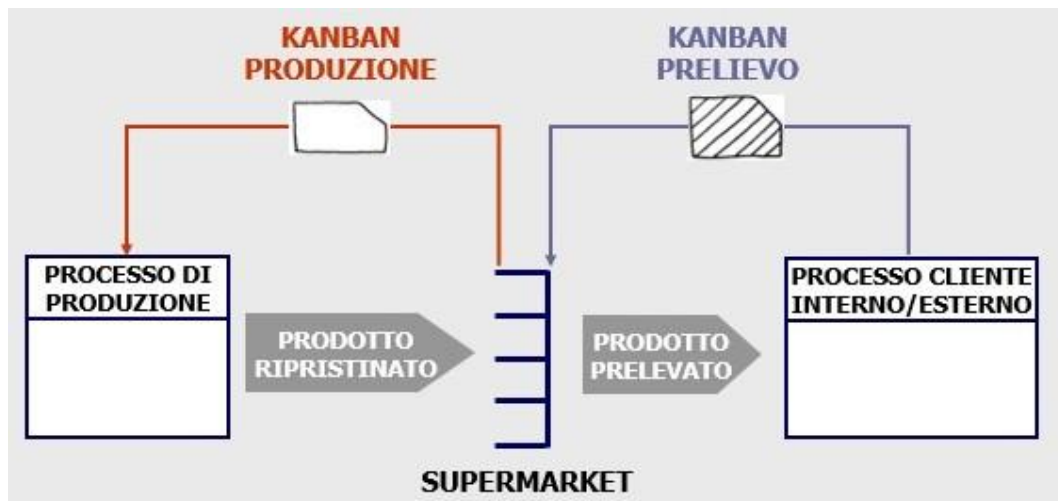


Figure 8 \_Esempio di kanban di prelievo e kanban di produzione

Il funzionamento del sistema kanban può essere così schematizzato:

1. L'operatore del reparto a valle che ha terminato i componenti porta il contenitore vuoto con il kanban di prelievo associato al deposito di contenitori vuoti previsto nel supermarket
2. L'operatore stacca il kanban di produzione dal contenitore pieno che vuole prelevare e lo appone su di una apposita rastrelliera o lavagna
3. L'operatore stacca il kanban di prelievo presente sul contenitore vuoto che ha depositato e lo attacca sul contenitore pieno che preleva, al posto del kanban di produzione che ha appena rimosso
4. L'operatore porta il contenitore pieno appena prelevato alla sua postazione e riprende il lavoro
5. L'operatore del reparto a monte produce quanto indicato dal kanban di produzione che ha preso dalla rastrelliera; terminata la produzione attacca il kanban di produzione al contenitore pieno che verrà poi messo nel supermarket.



*Figure 9\_Esempio di rastrelliera kanban*

Per utilizzare efficacemente i cartellini kanban, è importante seguire determinate regole:

1. I processi clienti (a valle) prelevano gli item dalla stazione a monte solo quando necessario e nella quantità indicata dal kanban di prelievo
2. I processi fornitori (a monte) producono gli item solo quando vi è un kanban di produzione ad autorizzarli; essi producono esclusivamente la quantità specificata sul kanban di produzione stesso
3. Nessun item è prodotto o prelevato senza un kanban
4. Tutti gli item ed i materiali hanno sempre attaccato un kanban
5. Al processo a monte non vengono mai inviate parti difettose o quantità errate
6. Il numero di kanban viene ridotto per abbassare il livello delle scorte interoperazionali e facilitare l'individuazione dei problemi

Il numero di cartellini kanban rappresenta dunque il numero di contenitori presenti fra il processo fornitore ed il processo cliente. Il livello delle scorte interoperazionali risulta essere proporzionale al numero di cartellini in circolazione: minimizzare le scorte significa quindi ridurre il numero di cartellini kanban.

Per calcolare il numero di kanban è necessario stimare il lead time di produzione di un singolo contenitore di parti. Questo lead time è funzione del tempo impiegato per

processare un contenitore, degli eventuali tempi di attesa e del tempo necessario per trasferire all'utilizzatore il materiale richiesto.

Per il calcolo del numero dei cartellini kanban necessari a far funzionare efficacemente il sistema di approvvigionamento si utilizza la seguente formula:

$$N = \frac{D * LT(1 + \alpha)}{C}$$

dove:

- N = numero di cartellini kanban
- D = consumo medio di pezzi (es. pz/ora, pz/giorno)
- LT = Lead Time medio totale calcolato come il tempo che intercorre tra il sorgere del fabbisogno e l'effettiva disponibilità del materiale corrispondente nell'apposita area (espresso in una unità di misura congruente con D)
- C = numero di pezzi per contenitore
- $\alpha$  = coefficiente di sicurezza (da 0 ad 1) indicante l'affidabilità del sistema (rappresenta una sorta di scorta di sicurezza interoperazionale)

Arrotondando all'intero superiore il risultato ottenuto, si ottiene il numero di cartellini kanban necessari.

Oltre al cartellino kanban, esistono diverse soluzioni alternative:

- Double bin: per ogni part number vi sono due contenitori che riportano tutte le informazioni necessarie. In questo caso è il contenitore stesso che, quando è vuoto, funge da dispositivo segnaletico. Infatti la presenza di un contenitore vuoto in una apposita rastrelliera segnala la necessità di quel determinato part number.
- Aree colorate: sul pavimento o sul banco di lavoro vengono disegnate delle aree di stoccaggio colorate. Quando l'area è vuota, il processo di monte è autorizzato a produrre; quando l'area è piena, non occorrono parti e quindi il processo di monte non deve produrre.
- Signal kanban: basato sulla metodologia del punto di riordino come gestione delle scorte di materiale. Generalmente viene utilizzato quando il lotto di

produzione del fornitore è grande rispetto ai consumi del cliente. Il kanban non è più associato ad un contenitore, ma viene inviato al fornitore quando si è consumato un determinato quantitativo di pezzi (o di contenitori).

### 3.5.7 Livellamento del volume e del mix produttivo (Heijunka)

*Heijunka* è un termine giapponese che significa livellamento. Nel caso della Lean Manufacturing, essa indica il livellamento del tipo (mix produttivo) e della quantità di produzione in un determinato periodo di tempo. E' una tecnica utilizzata per prevenire gli sprechi causati dalle fluttuazioni e dalle irregolarità del carico del lavoro, a loro volta causate da fluttuazioni della domanda. In questo modo la produzione può soddisfare in modo efficiente la domanda dei clienti evitando grossi lotti e riducendo al minimo le scorte, la manodopera ed il lead time.

Quando la domanda è costante, il livellamento della produzione è di facile attuazione. Come è ben noto, però, la domanda del cliente raramente è stabile e livellata. Vi sono due tipi di approcci per far fronte alle fluttuazioni della domanda:

- **Livellamento della produzione per volume:** si calcola la media della domanda per definire il lotto minimo di produzione e si stabilisce una scorta minima che permetta di coprire eventuali picchi della domanda.
- **Livellamento della produzione per mix di prodotto:** si distribuisce il mix produttivo in maniera omogenea nel tempo. Supponiamo che una azienda produca gli articoli A, B e C e che la domanda settimanale sia rispettivamente di 5 pezzi dell'articolo A, 3 pezzi dell'articolo B e 2 pezzi dell'articolo C. In un'ottica di produzione di massa, nella quale si cerca l'economia di scala e la minimizzazione dei changeover, si produrrebbe con la sequenza AAAAABBBCC. In un'ottica lean, invece, applicando la tecnica dell'heijunka, si produrrebbe secondo la sequenza AABCAABCAB. Questa sequenza sarebbe periodicamente ridefinita in funzione dei cambiamenti negli ordini del cliente.

Livellare la produzione significa eliminare i principali sprechi lungo il value stream, ma significa anche aumentare la difficoltà del processo in quanto aumentano i changeover con conseguente aumento delle difettosità e dei tempi di setup ad essi collegati.

Occorre allora:

- Ridurre i tempi di set up con tecniche specifiche (SMED)
- Standardizzare il più possibile i processi ed i componenti così da evitare i changeover
- Prestare particolare attenzione alla manutenzione delle macchine così da aumentare l'affidabilità delle stesse

### 3.5.8 Metodologia 5S

La metodologia 5S è una semplice procedura sistemica e ripetibile utilizzata per la gestione dell'ordine e pulizia delle postazioni di lavoro (Gemba). Le 5S derivano da cinque termini giapponesi che rappresentano le fasi principali della metodologia:

- **Seiri – Separare:** Classificare e separare ciò che è necessario da ciò che non lo è (strumenti, materiali o documenti) ed eliminare il superfluo dalla postazione di lavoro; bisogna dunque riorganizzare gli strumenti necessari per la propria attività. Inizialmente si può classificare come non necessario ciò che si prevede di non utilizzare entro 30 giorni. Gli oggetti impiegati meno frequentemente verranno, dunque, posizionati leggermente più lontani.
- **Seiton – Ordinare:** Disporre gli elementi della postazione in maniera tale da renderli immediatamente identificabili e disponibili quando occorrono, riducendo così al minimo il tempo e lo sforzo necessari per la ricerca. Ad ogni elemento viene assegnato un nome ed una collocazione ben definita.
- **Seiso – Pulire:** Mantenere l'ambiente di lavoro ordinato e pulito. Bisogna ripulire le macchine e le attrezzature in modo tale da rendere facilmente identificabili eventuali anomalie (perdite di olio, cavi scoperti, bulloni allentati, ecc).

- **Seiketsu – Sistemizzare o standardizzare:** Definire delle metodologie standard per le fasi precedenti e ripeterle sistematicamente. In tale fase vengono solitamente utilizzati strumenti di verifica, come per esempio check list ed audit periodici, al fine di verificare la corretta applicazione degli standard.
- **Shitsuke – Disciplina:** Imporre disciplina e rigore per la regolare applicazione delle 5S. La metodologia deve diventare un’abitudine e deve entrare a far parte del lavoro quotidiano in ogni reparto aziendale.

Le 5S diventano dunque uno stile di vita lavorativa che consiste nell’applicare sistematicamente i 5 passi su elencati: rimuovere dal gemba tutto ciò che non serve (Seiri) e disporre secondo un ordine razionale ciò che rimane (Seiton), mantenere pulito l’ambiente in modo da riconoscere subito eventuali anomalie (Seiso), standardizzare le procedure utilizzate (Seiketsu) e perseverare con disciplina nell’applicazione quotidiana della metodologia (Shitsuke).



*Figure 10\_Schematizzazione della metodologia 5S*

I principali vantaggi derivanti dall’applicazione della metodologia 5S sono i seguenti:

- Ambiente di lavoro più pulito, confortevole e sicuro
- Maggiore entusiasmo e soddisfazione nel gemba

- Attrezzi a portata di mano e facilmente individuabili con conseguente riduzione degli sprechi di tempo per la ricerca di attrezzi ed utensili
- Maggiore spazio a disposizione
- Eliminare la possibilità di utilizzare pezzi, componenti o parti errate
- Eliminare la possibilità di utilizzare attrezzi non idonei
- Riduzione degli spostamenti improduttivi e degli sforzi inutili
- Maggiore facilità nell'individuazione delle inefficienze, degli sprechi (*muda*), di eventuali anomalie e di eventuali problemi di qualità
- Aumento dell'efficienza operativa e riduzione dei costi

### 3.5.9 Kaizen

Il termine giapponese *Kaizen* è la composizione dei due termini Kai (cambiamento, miglioramento) e Zen (buono, migliore) e significa letteralmente “cambiare per diventare migliore”. Nella lingua giapponese la parola *Kaizen* viene dunque utilizzata per indicare il miglioramento continuo. Quando applicato ai luoghi di lavoro, *Kaizen* significa migliorare continuamente coinvolgendo chiunque, tanto i manager quanto gli operatori.

Il termine *Kaizen* è stato coniato dall'economista giapponese Masaaki Imai nel 1986 con la pubblicazione del suo libro “*Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*”. Lo stesso Masaaki Imai ha affermato che *Kaizen* è miglioramento quotidiano, miglioramento di tutti, miglioramento ovunque. Questo permette di capire come la strategia *Kaizen* punti al rinnovamento a piccoli passi, da farsi giorno dopo giorno, con continuità, in conflitto con il concetto di innovazione radicale, proprio delle aziende occidentali. Ognuno viene dunque incoraggiato ad apportare ogni giorno piccoli cambiamenti che possano avere effetto positivo sull'intera organizzazione.

Il top management ha il ruolo più importante nell'implementazione della strategia *Kaizen* all'interno dell'azienda. La strategia *Kaizen* deve partire dall'alto, dai manager, per poi essere diffusa all'interno di ogni reparto, di ogni ufficio e ad ogni livello. I manager devono mostrare il loro impegno, la loro determinazione e devono fungere da guida nell'applicazione di tale strategia.



Esistono due livelli di Kaizen, entrambi necessari, che si integrano e completano nella lean manufacturing:

- **Flow Kaizen:** attività di miglioramento globale del value stream condotta dal management aziendale; rappresenta la fase di partenza di un progetto lean ed inizia con la tracciatura del flusso dei materiali e delle informazioni alla individuazione degli sprechi.
- **Process Kaizen:** viene condotto direttamente in linea dai team del reparto ed ha quindi un taglio molto più operativo ed una durata più breve rispetto al Flow Kaizen; in questa fase, utilizzando gli strumenti di miglioramento tipici della lean manufacturing (5S, SMED, TPM, Cell design, ecc.), vengono attuate tutte le azioni correttive atte all'eliminazione degli sprechi individuati nel Flow Kaizen.

Uno dei primi passi da eseguire per poter introdurre una strategia Kaizen è il ciclo di Deming, anche noto come ciclo PDCA (Plan – Do – Check – Act). Tale ciclo è costituito da quattro fasi:

1. **Plan:** stabilire un obiettivo di miglioramento ed individuare il piano operativo da intraprendere per raggiungerlo
2. **Do:** Mettere in pratica il piano operativo precedentemente stabilito
3. **Check:** Valutare i risultati ottenuti in seguito all'applicazione del piano operativo e verificare se ha portato al miglioramento atteso
4. **Act:** Eseguire ed elevare a standard le nuove procedure in modo da evitare il ripresentarsi del problema iniziale



*Figure 11 \_Il ciclo di Deming (PDCA)*

Il ciclo PDCA è continuativo: appena si realizza un miglioramento, la nuova situazione diventa oggetto di ulteriori tentativi di miglioramento.

### 3.5.10 Single Minute Exchange of Die (SMED)

La tecnica SMED (Single Minute Exchange of Die) è una metodologia operativa volta alla riduzione dei tempi di setup e cambio di produzione.

L'espressione SMED letteralmente vuol dire “Single Minute Exchange of Die”, espressione che tradotta in italiano significa “cambio stampo in un solo digit”. Infatti, la frase “single minute” non significa che ogni changeover debba durare solo un minuto, ma che debba durare meno di dieci minuti (quindi il tempo totale di changeover è rappresentato da una sola cifra, un solo digit).

Il concetto di SMED nasce tra gli anni '50 e gli anni '60 in Toyota Motors Corporation, quando l'ingegnere giapponese Shigeo Shingo si trovò di fronte all'incapacità di produrre con la massima efficienza lotti economici di produzione (EMQ, Economic Manufacturing Quantity). Per operare il cambio in produzione da una tipologia di pezzo all'altro, nello stesso impianto, ci volevano diverse ore, a causa di tempi di setup elevatissimi; questi rappresentavano e tuttora rappresentano attività a non valore aggiunto. Toyota riuscì in questo modo a raggiungere l'obiettivo di avere lotti economici mantenendo comunque standard di efficienza elevatissimi.

Analizzando i costi che determinano la dimensione ottimale del lotto di produzione (EMQ, Economic Manufacturing Quantity), si comprende quanto sia importante la riduzione dei tempi di setup.

Tali costi sono:

- Costo di set up: decrescente iperbolicamente rispetto alla dimensione del lotto, in quanto al crescere di quest'ultima, esso può essere ripartito su un numero maggiore di pezzi;
- Costo di mantenimento a scorta: direttamente proporzionale alla dimensione del lotto, in quanto all'aumentare di quest'ultima e a pari profilo di consumo, aumenta la quantità che entra in magazzino e dunque la giacenza media.

Il lotto economico di produzione (EMQ) è la dimensione del lotto in corrispondenza della quale è minimo il costo totale, dato dalla somma dei costi fissi, costi di set up e costo di mantenimento a scorta. L'EMQ può essere calcolato come segue:

$$EMQ = \sqrt{\frac{2 \times a \times D}{P \times C_m}}$$

Dove:

- a è il costo di setup
- D è la domanda da soddisfare
- P il costo variabile unitario di produzione
- $C_m$  è il tasso di mantenimento a scorta, solitamente espresso in percentuale di P

Per ridurre la dimensione del lotto ed ottenere così maggiore flessibilità, mantenendo il costo totale minimo, occorre traslare l'intera curva di costo totale verso sinistra e quindi l'EMQ come mostrato in Figura 12. Per fare ciò, non potendo ridurre la domanda D o aumentare il costo variabile di mantenimento a scorta  $P \times C_m$ , bisogna agire sul costo di setup a, direttamente proporzionale al tempo di setup.

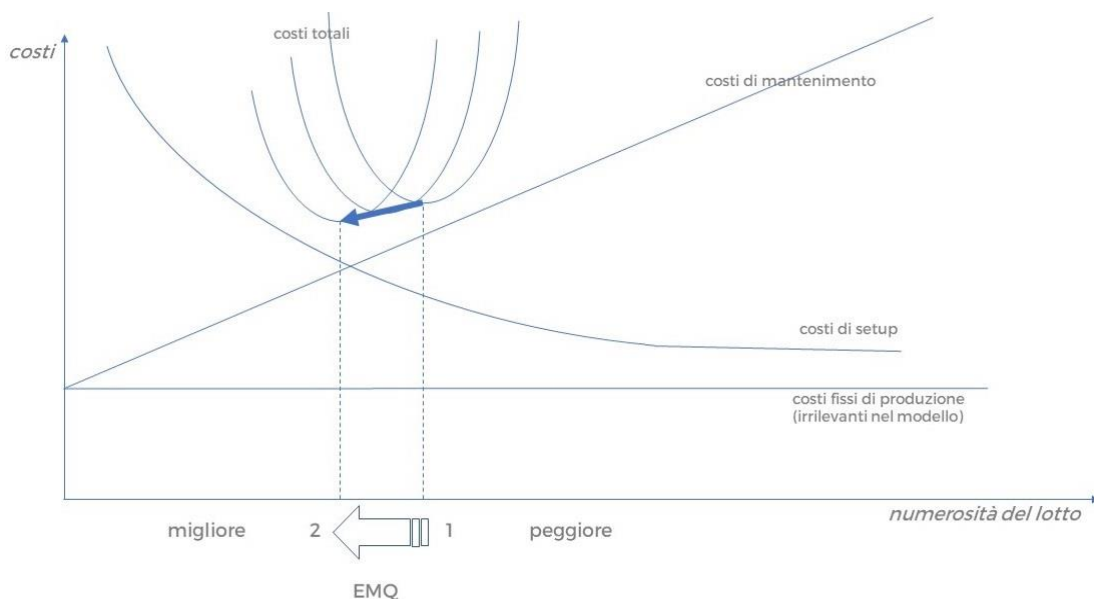


Figure 12\_Economic Manufacturing Quantity

Come già detto in precedenza, il Changeover Time (C/O) è il tempo richiesto per passare dalla produzione di un part number ad un altro; è misurato come il tempo trascorso dall'ultima unità buona del prodotto "A" alla prima unità buona del prodotto "B".

Alla base della tecnica SMED vi è la distinzione fra due tipologie fondamentali di attività riscontrabili durante un set up:

- **Attività IED (Inside Exchange of Die):** tutte quelle attività che per ragioni tecniche devono essere svolte a macchina ferma;
- **Attività OED (Outside Exchange of Die):** tutte quelle attività che possono essere svolte con la macchina in funzione (trasporti, pulizie, controlli delle attrezzature, ecc.).

Per ottenere una riduzione del changeover time vengono generalmente seguite queste sei fasi:

1. Misurazione del tempo di set up allo stato attuale
2. Identificazione delle Inside Exchange of Die (IED) e delle Outside Exchange of Die (OED)
3. Conversione del maggior numero possibile di IED in OED e stesura del nuovo ciclo di set up
4. Riduzione della durata delle operazioni IED rimaste
5. Riduzione della durata delle operazioni OED
6. Affinamento e standardizzazione della nuova procedura

La tecnica SMED permette di rispondere efficacemente alle seguenti esigenze Lean:

- Produrre lotti piccoli: minore è il costo di fisso di set up minore può essere la dimensione del lotto che lo ammortizza;
- Ridurre i costi di produzione: l'incidenza sul singolo pezzo del costo di set up si riduce;
- Ridurre il lead time di consegna
- Ridurre le scorte

- Ridurre l'indisponibilità degli impianti: riducendo il tempo di fermo per cambio produzione, aumenta il tempo disponibile per la produzione.

### **3.5.11 Visual Management e Sistema Andon**

Il Visual Management è un metodo di gestione che si avvale quanto più possibile della rappresentazione visiva delle informazioni e del facile accesso a tutti gli strumenti, parti, attività produttive e indicatori delle prestazioni del sistema di produzione, per permettere, a manager ed operatori, di comprendere immediatamente la situazione corrente, verificare l'andamento rispetto agli obiettivi prefissati e individuare prontamente eventuali anomalie.

Gli strumenti del Visual Management sono dunque prettamente visivi e devono essere presenti direttamente nel gemba per essere utilizzati in modo efficace dai singoli lavoratori.

Uno degli strumenti di Visual Management più diffusi ed utilizzati è il sistema Andon. L'Andon è generalmente costituito da un tabellone luminoso che mostra in tempo reale lo stato della produzione e tutti i relativi dati (takt time, unità lavorate, unità da lavorare, macchine in funzione, ecc.), le anomalie (fermo macchina, guasti degli utensili, mancanza di materiale, ecc.) e le azioni necessarie (changeover, ecc.)

L'Andon è installato a bordo linea ed è collegato al sistema produttivo da cui raccoglie i dati in tempo reale. All'insorgere di un problema, il sistema luminoso e l'allarme vengono attivati o manualmente dall'operatore o automaticamente dal sistema produttivo stesso. Inoltre, è solitamente previsto un dispositivo per fermare la produzione quando non si è in grado di trovare rapidamente una soluzione al problema occorso.

L'andamento del processo produttivo è usualmente segnalato con tre colori. La luce verde indica che la produzione procede senza problemi; quella arancione quando viene segnalata una criticità (richiesta di changeover, attività di manutenzione pianificata, ecc.) e, infine, quella rossa quando il processo si ferma a causa di un problema.

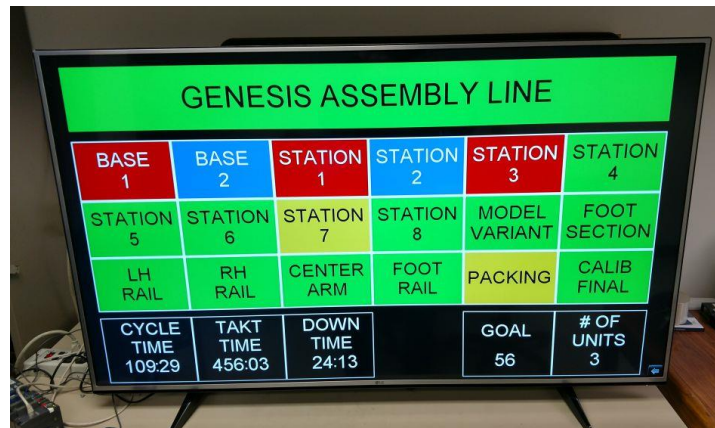


Figure 13 \_Esempio di tabellone luminoso di un sistema Andon

Un sistema Andon più elementare è costituito da una semplice colonnina luminosa installata direttamente sulle macchine.



Figure 14 \_Esempio di sistema Adon con colonnina luminosa

Tutti i segnali di allarme generati vengono registrati in archivi dati al fine di poter essere successivamente studiati durante i programmi di miglioramento continuo.

### 3.5.12 Jidoka

Tradizionalmente tradotto con “autonomazione”, il termine giapponese Jidoka sta ad indicare una particolare tipologia di automazione intelligente dotata di un “tocco umano”. Questo perché ogni singola macchina è dotata di sistemi che le permettono di riconoscere autonomamente situazioni anomale, senza la necessità di un

monitoraggio continuo da parte di un operatore. Pertanto, non sarà più necessario che un operatore presidi continuamente una singola macchina, ma esso potrà gestirne diverse contemporaneamente. Ogni stazione dovrà essere adeguatamente equipaggiata per poter sospendere le attività al sopraggiungere del minimo imprevisto e l'operatore, riscontrando una criticità, dovrà subito arrestare la produzione per porvi rimedio. In questo modo la qualità diventa un elemento insito nel processo stesso, separando gli uomini dalle macchine allo scopo di ottenere maggiore efficienza.

Le quattro fasi del Jidoka sono:

1. Rilevare l'anomalia
2. Fermare il processo
3. Riparare o correggere la condizione nell'immediato
4. Ricercare la causa principale e implementare una soluzione

A fronte della vasta gamma di problematiche che possono presentarsi (procedure non appropriate, materie prime difettose, errori umani o di taratura delle strumentazioni...), il lavoratore dovrà esercitare autonomia di giudizio arrestando la macchina ogni qualvolta sia compromessa la conformità. Appare dunque chiaro il significato di autonomazione, neologismo che unisce l'automazione del processo produttivo all'autonomia dell'operatore che ha facoltà di arrestare il flusso quando necessario.

L'arresto del ciclo produttivo, anche se dispendioso, fa in modo che il semilavorato difettoso non avanzi alla stazione successiva, riducendo così sprechi e non conformità. Affinché sia possibile individuare prontamente le cause del problema e attuare le opportune contromisure è dunque necessario investire sulla formazione del personale, in modo da renderlo capace di riconoscere autonomamente condizioni di anomalia e risolverle in tempi ragionevoli.

### **3.5.13 Error Proofing: Poka-Yoke**

Il termine giapponese Poka-Yoke sta ad indicare scelte progettuali, precauzioni tecniche o apparecchiature che, ponendo dei limiti al modo in cui un'operazione può

essere compiuta, forzano l'utilizzatore a una corretta esecuzione della stessa, al fine di prevenire ed evitare degli errori. Il concetto espresso dalla parola stessa è, infatti, quello di «evitare (yokeru) gli errori di distrazione (poka)».

La parola venne ideata dall'ingegnere industriale Shigeo Shingō, il quale distingueva tre tipi di Poka-Yoke:

1. **Metodo del contatto (contact method):** le caratteristiche fisiche di un oggetto (forma, colorazione, ecc.) permettono di distinguere la posizione corretta o impediscono di connettere tra loro degli oggetti permettendo di evitare così i malfunzionamenti causati da un errato contatto. Un esempio di questo metodo sono i connettori d'alimentazione sagomati (e/o colorati) di una scheda madre.
2. **Metodo del valore fisso (fixed-value or constant number method):** permette di verificare se è stato compiuto un certo numero di operazioni (ex: una spia che si accende quando una valvola è stata ruotata un determinato numero di volte).
3. **Metodo delle fasi di lavoro (motion-step method):** permette di verificare se sono state eseguite, nel corretto ordine, tutte le fasi di un determinato processo (ex: spuntare gli elementi di una checklist).

Con l'utilizzo dei Poka-Yoke si può:

- Prevenire che l'errore venga commesso (per esempio le chiavette USB sono disegnate in modo tale da poter essere inserite solo in un verso). In questo caso si parla di **Control Poka-Yoke**.
- Evidenziare l'errore in modo che l'operatore possa correggerlo immediatamente (ad esempio le automobili dotate di un segnale acustico che segnala che si sono lasciate le luci accese si basano proprio su questo principio). In questo caso si parla invece di **Warning Poka-Yoke**.

Shingo sosteneva che gli errori sono inevitabili in qualsiasi processo produttivo, ma che con l'implementazione dei Poka-Yoke appropriati, gli errori possono essere evitati e si può impedire che si traducano in difetti.



Gli step per applicare il Poka-yoke sono:

- Identificare l'operazione o il processo sul quale vogliamo concentrarci;
- Capire come si verifica l'errore;
- Scegliere il meccanismo poka-yoke giusto per evitare che si verifichi il problema o per evidenziarlo una volta che è stato generato. Questo strumento dovrà essere semplice da utilizzare, comprensibile da parte di tutti gli operatori, non troppo costoso da implementare;
- Testare il metodo e verificarne l'efficace funzionamento;
- Formare l'operatore che dovrà utilizzarlo, rivedere la performance e misurare il miglioramento.

## **4 Applicazione degli strumenti della Lean Manufacturing all'area di kitting**

### **4.1 Presentazione del caso studio**

Nel seguente capitolo verrà illustrata l'applicazione di alcune delle tecniche descritte nel capitolo precedente con lo scopo ultimo di migliorare in ottica Lean Manufacturing l'attività di kitting all'interno dello stabilimento della Faiveley Transport di Piossasco.

Il progetto in esame nasce dalla necessità di aumentare l'efficienza dell'attività di kitting, con l'obiettivo di ridurre gli errori in fase di creazione dei kit e di conseguenza i costi di non qualità ad essi correlati.

Gli obiettivi del progetto sono stati:

- Riduzione del lead time verso il cliente
- Riduzione del tempo necessario per svolgere l'attività di kitting
- Riduzione dei costi correlati all'attività di kitting
- Riduzione del prezzo di vendita ai clienti con conseguente aumento della competitività del processo
- Aumento dell'accuratezza, dell'efficienza e dell'affidabilità del processo con conseguente riduzione dei costi di non qualità

Il primo step fondamentale nell'approcciare il caso studio è stato lo studio e l'osservazione dell'attività di kitting direttamente sulla linea, nel Gemba. Una volta identificate le fasi che lo compongono e valutato i tempi necessari allo svolgimento delle stesse, è stata realizzata la Value Stream Mapping dello stato attuale (CSVSM). In seguito ad un'analisi approfondita della CSVSM, è stato possibile realizzare la Future State Value Stream Mapping (FSVSM), nella quale sono stati evidenziati tutti i possibili kaizen burst utili per raggiungere gli obiettivi prefissati. Alla luce dei kaizen burst identificati, è stata studiata l'implementazione sulla linea del sistema

Pick to light e di una confezionatrice automatica ed è stato ridisegnato il layout dell'area stessa. È stato altresì calcolato il saving ore/costi ottenibile con l'implementazione del PTL e della macchina confezionatrice automatica. Infine è stata condotta un'analisi dell'investimento prendendo in considerazione i più importanti indici al fine di effettuare la migliore scelta.

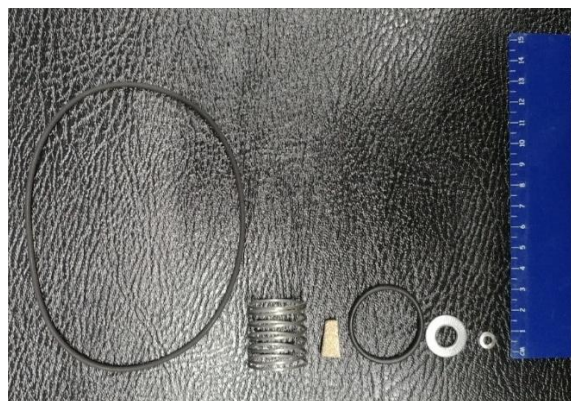
## 4.2 Analisi della situazione attuale

### 4.2.1 L'attività di kitting 'as-is'

Generalmente, con il termine **kitting** viene indicata la raccolta in una singola unità o kit di componenti e materiali necessari per la produzione di un particolare assemblaggio o prodotto. Il team di produzione definisce i kit da preparare in funzione degli ordini, mentre il team del magazzino preleva i singoli componenti dal magazzino e li raccoglie insieme in un Kitting Cart per poi rilasciarli al punto esatto di utilizzo in funzione del takt time aziendale.

I kit preparati in Faively, invece, sono kit di revisione che vengono spediti direttamente al cliente finale che li richiede. Tali kit vengono utilizzati dai clienti stessi per effettuare le attività di manutenzione, ordinaria o straordinaria, sui prodotti acquistati in precedenza.

All'interno dei kit è possibile trovare materiali di ogni forma e dimensione: viti, dadi, molle, o-ring, valvole, guarnizioni, rivetti, stantuffi, ecc.



*Figure 15\_Esempi di materiale presente nei kit*

Di seguito, un esempio di distinta base di un kit di revisione di una elettrovalvola:


		KIT REVISIONE		Doc. Rev. Data Pag.	F00 10/10/18 1/1
Elettrovalvola					
Codice	DESCRIZIONE				Q.tà
1/184596	Anello o-ring				1
1/170073	Guarnizione				1
1/170040	Nucleo mobile completo				1
1/170048	Molla				1
1/170083	Guarnizione				1
2/507868	Anello o-ring				1
1/072153	Anello o-ring				2
1/169623	Valvola completa				1
1/203416	Anello o-ring				2
1/277166	Anello o-ring				1
1/296635	Guarnizione				1
1/169628	Molla				1
1/169631	Stantuffo completo				1
1/158467	Anello o-ring				1
1/169632	Molla				1
1/156099	Anello o-ring				1
1/197258	Anello o-ring				1
1/170042	Valvolina				1
1/170047	Molla				1
4/313009/0	Rondella elastica				4
FT0021087-000	Targhetta di revisione				1
2/509910	Rivetto				2

Figure 16\_ Esempio di distinta base di un kit di revisione di una elettrovalvola

Attualmente, l'attività di kitting in Faiveley è così realizzata:

1. Ricevimento ordine da parte del cliente: il customer service riceve l'ordine da parte del cliente e provvede al caricamento dello stesso sul sistema gestionale aziendale. Al cliente viene inviata l'accettazione dell'ordine.
2. Pianificazione dell'attività di kitting: il Planner pianifica l'attività di kitting e rilascia il relativo Job Order.

3. Ordine del materiale al fornitore: se necessario, viene lanciato un ordine ai fornitori dei part number presenti all'interno dei kit.
4. Prelievo del materiale in magazzino: un operatore della logistica provvede al prelievo del materiale presente nel kit, in quantità coerente con quanto indicato sul Job Order. Il conteggio dei pezzi viene svolto con l'ausilio di una bilancia contapezzi. Una volta prelevato e contato, il materiale viene inserito in appositi contenitori.



*Figure 17\_Bilancia contapezzi*

5. Trasporto del materiale dal magazzino all'area picking: un operatore della logistica trasporta i contenitori con l'ausilio di un carrello e li deposita in una apposita area, detta area picking.
6. Prelievo del materiale dall'area picking: l'operatore della linea di kitting si sposta nell'area picking e preleva il contenitore corrispondente al Job Order assegnatogli. Una volta prelevato, porta l'intero contenitore nell'area di kitting.



*Figure 18\_Area di picking*

7. Kitting primario: l'operatore, procedendo un part number alla volta, inserisce i componenti nelle apposite bustine, secondo la quantità indicata in distinta base, ed applica l'etichetta, precedentemente stampata, sulla quale sono riportati part number e bar code. I componenti insacchettati vengono collezionati in un apposito contenitore. L'operazione viene ripetuta per tutti i componenti necessari a formare il kit.



*Figure 19\_Kitting primario: componenti insacchettati ed etichettati*

8. Kitting secondario: i componenti insacchettati precedentemente adesso vengono smistati in modo da formare il kit. Ogni kit completo viene dunque confezionato ed etichettato e riposto nell'imballaggio finale contenente l'intero Job Order.



*Figure 20 \_Kitting secondario: ogni scatola è un kit*



*Figure 21 \_Job Order completo*

9. Trasporto all'area spedizioni: un operatore della logistica trasporta l'intero Job Order all'area spedizioni.

## 4.2.2 Current State Value Stream Map

Partendo dalle fasi dell'attività di kitting precedentemente descritte, si è realizzata la Value Stream Map dello stato attuale:

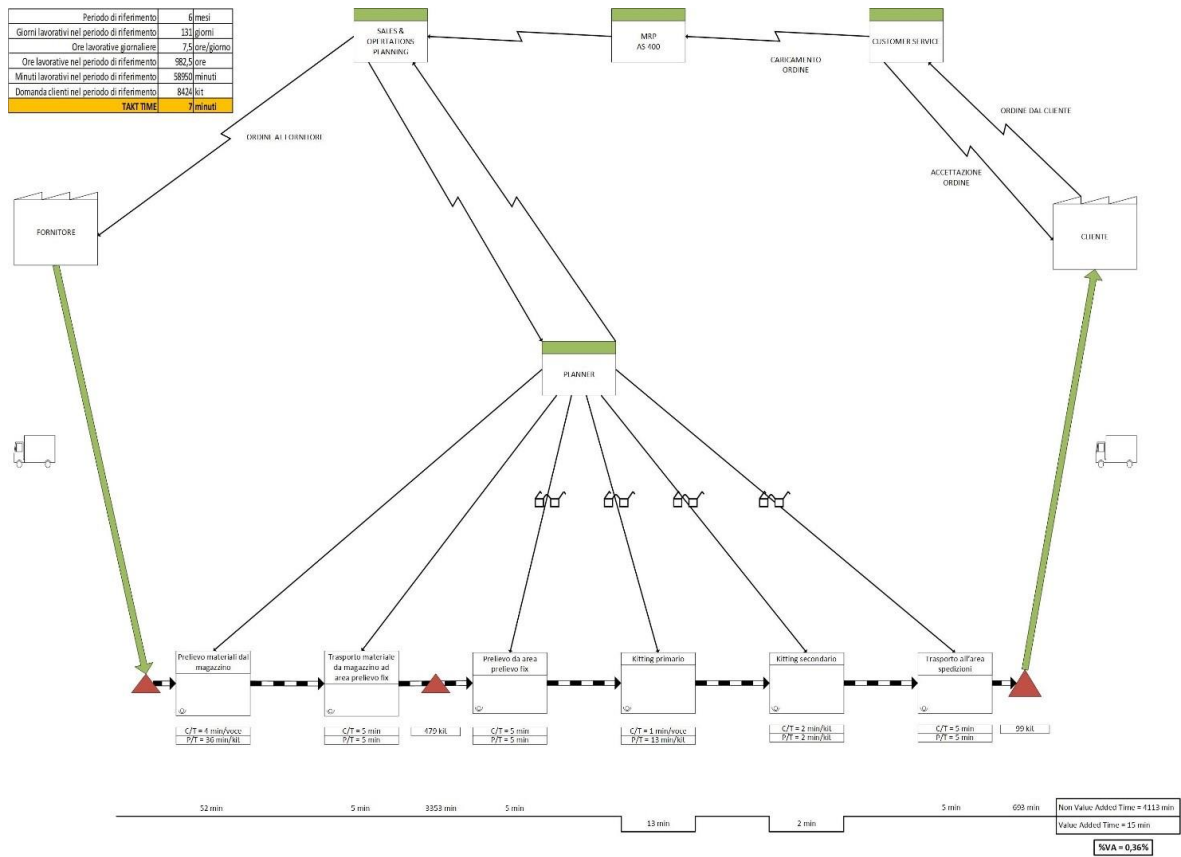


Figure 22\_ Value Stream Mapping dello stato attuale dell'attività di kitting

Un primo passaggio preliminare fondamentale nella costruzione della Current State Value Stream Mapping è stata la definizione del takt time. Come descritto nel capitolo precedente, il takt time è il ritmo di produzione a cui è necessario produrre per soddisfare la domanda del cliente. In sostanza, è "il battito cardiaco" di un sistema Lean.

La formula del takt time è la seguente:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{tempo disponibile per la produzione in un certo intervallo di tempo}}{\text{produzione richiesta dal cliente in un certo intervallo di tempo}}$$



Per il calcolo del takt time è stato preso in esame un periodo di sei mesi (novembre 2019 – aprile 2020). In tale periodo, la domanda di kit, estratta dal portafoglio ordini, è stata di 8424 kit. Il tempo disponibile per la produzione è stato invece di 131 giorni lavorativi, l'equivalente di 58950 minuti. Pertanto, il takt time è risultato pari a 7 minuti.

Nella seguente tabella (Tabella 2) sono riassunti tutti i dati utilizzati per il calcolo del takt time:

Periodo di riferimento	6	mesi
Giorni lavorativi nel periodo di riferimento	131	giorni
Ore lavorative giornaliere	7,5	ore/giorno
Ore lavorative nel periodo di riferimento	982,5	ore
Minuti lavorativi nel periodo di riferimento	58950	minuti
Domanda clienti nel periodo di riferimento	8424	kit
<b>TAKT TIME</b>	<b>7</b>	<b>minuti/kit</b>

*Tabella 2\_Calcolo del takt time*

Un'ulteriore analisi preliminare è stata effettuata sulle distinte base dei kit. Da tale analisi è emerso che in media ogni kit è composto da 13 part number differenti e che gli stessi hanno nella maggior parte dei casi numerosità uno all'interno dei kit. Pertanto, la CSVSM è stata realizzata considerando la realizzazione di un singolo kit composto da 13 parte number.

Successivamente, per completare la realizzazione della CSVSM, sono stati misurati i tempi ciclo di ogni fase e calcolati i tempi di completamento degli stock presenti nel processo. Tutti i tempi sono stati rilevati direttamente nel gemba.

I tempi sono stati rilevati come segue:

- Prelievo materiali dal magazzino: l'attività di prelievo dal magazzino è composta da due fasi distinte: il picking della cassetta contenente il part number ed il conteggio dei pezzi. L'attività di picking prevede le operazioni di recarsi al vano, accedervi, prelevare e tornare alla postazione di partenza. Il conteggio

dei pezzi viene invece effettuato con l'ausilio della bilancia contapezzi, come già detto in precedenza. I tempi di tali operazioni sono stati cronometrati direttamente nel magazzino, prendendo come esempio il prelievo di due job order differenti, composti rispettivamente da 30 kit da 22 voci e da 100 kit da 9 voci. In entrambi i casi, la media dei tempi di picking per ogni singolo part number è risultata all'incirca di 2 minuti. L'attività di conteggio dei pezzi ha anche essa presentato un tempo medio di 2 minuti/part number. Quindi, per l'intera attività il tempo medio richiesto è di 4 minuti/part number. Considerando il prelievo di un singolo kit composto da 13 parte number, il tempo necessario è di 52 minuti/kit.

- Trasporto materiale da magazzino ad area kitting: una volta completato il prelievo ed il conteggio, un operatore della logistica trasporta il materiale necessario al completamento dell'intero job order nell'apposita area di picking (o area prelievo fix). L'attività prevede il caricamento delle cassetine sul carrello, il trasporto all'area ed il deposito nella posizione assegnata al job order. Tale operazione richiede all'incirca 5 minuti. Nell'area di prelievo lo stock medio di kit in attesa di lavorazione è di 479 kit. Supponendo di lavorare al takt time, il tempo richiesto per azzerare tale stock sarebbe di 3353 minuti.
- Prelievo del materiale dall'area picking: l'operatore della linea di kitting si reca nell'area picking, preleva il contenitore corrispondente al Job Order assegnatogli e ritorna nell'area di kitting. Tale operazione richiede all'incirca 5 minuti.
- Kitting primario: per ogni part number, l'attività di kitting primario richiede all'incirca 1 minuto. Considerando il prelievo di un singolo kit composto da 13 parte number, il tempo necessario è di 13 minuti/kit.
- Kitting secondario: per ogni kit, l'attività di kitting secondario richiede all'incirca 2 minuti.
- Trasporto all'area spedizioni: una volta completato l'intero Job Order, un operatore della logistica lo trasporta all'area spedizioni. Tale operazione richiede all'incirca 5 minuti. Nell'area spedizioni lo stock medio di kit in attesa

di spedizione è di 99 kit. Supponendo di lavorare al takt time, il tempo richiesto per azzerare tale stock sarebbe di 693 minuti.

Nella seguente tabella sono riassunti tutti i tempi:

N°medio di part number per ogni kit	13	
Takt Time	7	minuti/kit
Tempo medio prelievo in magazzino	2	minuti/part number
Tempo medio conteggio pezzi in magazzino	2	minuti/part number
Tempo medio totale prelievo per ogni part number	4	minuti/part number
Tempo medio totale prelievo per ogni kit	52	minuti/kit
Tempo trasporto materiale da magazzino ad area prelievo fix	5	minuti
Stock medio nell'area prelievo fix	479	kit
Tempo medio completamento stock	3352	minuti
Tempo prelievo materiale in area prelievo fix	5	minuti
Tempo kitting primario per singolo part number	1	minuto/part number
Tempo medio kitting primario per ogni kit	13	minuti/kit
Tempo medio kitting secondario per ogni kit	2	minuti/kit
Tempo trasporto all'area spedizioni	5	minuti
Stock medio nell'area spedizioni	99	kit
Tempo medio completamento stock	693	minuti

Tabella 3\_ Calcolo dei tempi della Current State Value Stream Map

Il lead time totale per la realizzazione di un kit è dunque di 4127 minuti.

Nella Tabella 3, vengono evidenziate in rosso le attività a non valore aggiunto (NVA), mentre in verde quelle a valore aggiunto (VA). È possibile notare come le uniche due attività a valore aggiunto siano l'attività di kitting primario e l'attività di kitting secondario.

Il tempo richiesto dalle attività a valore aggiunto è di 15 minuti, mentre quello richiesto dalle attività a non valore aggiunto è di 4112 minuti.

La Value Added Percentage (%VA) è stata così calcolata:

$$\%VA = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Lead Time}} = 0,36\%$$

Lead Time	4127	minuti
Value Added Time	15	minuti
Non Value Added Time	4112	minuti
<b>Value Added Percentage</b>	<b>0,36</b>	<b>%</b>

*Tabella 4\_ Calcolo della Value Added Percentage*

## 4.3 Mappatura dello stato futuro e opportunità di miglioramento

Analizzando la Current State Value Stream Map, sono state evidenziate tutte le opportunità di miglioramento, utili al raggiungimento degli obiettivi prefissati. È stata dunque realizzata la Future State Value Stream Map e sono stati rappresentati tutti gli appositi kaizen burst, i quali sono stati poi opportunamente approfonditi e studiati.

### 4.3.1 Future State Value Stream map

La mappatura dello stato futuro parte dall'analisi della mappa dello stato attuale, nella quale si cerca di individuare ogni imperfezione nel flusso di valore. Una volta individuate tali imperfezioni, segnalate opportunamente sulla mappa con un kaizen burst, vengono intraprese le giuste azioni correttive, ai fini di ottimizzare l'affidabilità e l'efficienza del processo.

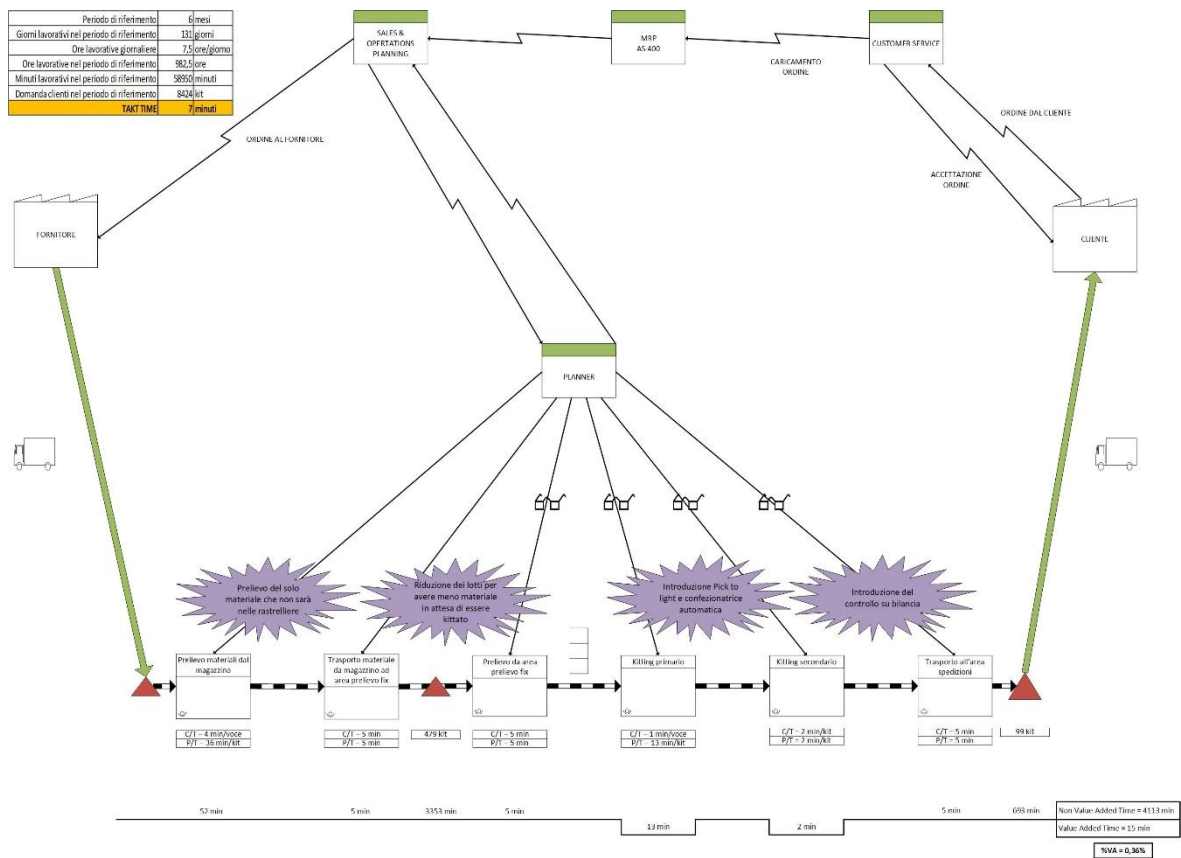


Figure 23\_Future State Value Stream Map dell'attività di kitting

### 4.3.2 Individuazione dei progetti di miglioramento

In viola sono evidenziati tutti i kaizen burst relativi alle azioni di miglioramento da apportare all'attività di kitting:

- Riduzione del numero di kit per singolo job order: basandosi sul concetto ideale del One Piece Flow, si è pensato di ridurre la dimensione dei singoli lotti. Ciò permetterebbe la riduzione delle scorte intermedie nell'area di picking, con conseguente diminuzione del lead time totale.
- Introduzione di un supermarket con sistema di gestione a Kanban: i part number che rientrano più frequentemente nelle distinte base dei kit verranno gestiti con un sistema kanban a due cassettoni (double bin) e saranno dunque direttamente disponibili nell'area di kitting all'interno del supermarket. Quelli che non verranno gestiti a kanban saranno gestiti come nel processo attuale. In tal modo, nell'area di picking saranno presenti solo questi ultimi part number.
- Introduzione del sistema Pick to light: per evitare errori di prelievo che renderebbero inutilizzabile l'intero kit, si è pensato di installare il sistema Pick to Light.
- Introduzione di una confezionatrice verticale semi-automatica e di una etichettatrice automatica: per ridurre i tempi necessari all'attività di kitting primario verranno introdotte una confezionatrice verticale semi-automatica ed una etichettatrice automatica. Le due macchine saranno collegate da un nastro trasportatore di piccole dimensioni.
- Introduzione di un sistema di controllo finale in linea: per il controllo finale in linea le possibili soluzioni sono:
  - Scansione del barcode per i vari part number e macro Excel di controllo
  - Sistema RFID (Radio-Frequency IDentification)
  - Bilancia

## 4.4 Introduzione di un supermarket con sistema di gestione a Kanban

Nell'area di kitting è stato già introdotto un supermarket per permettere la gestione a kanban dei part number.

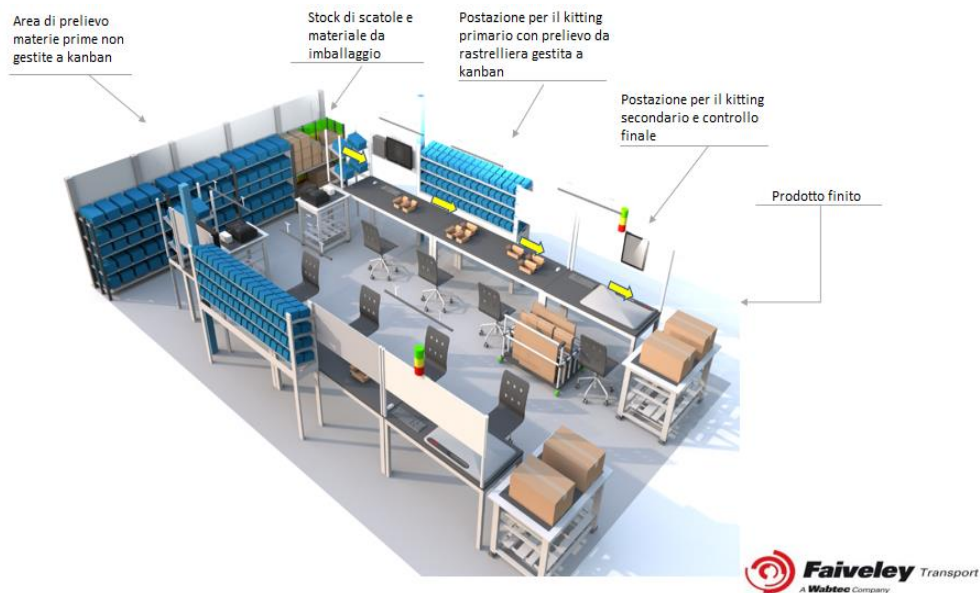


Figure 24 \_Layout dell'area di kitting con supermarket

Il supermarket è composto da due rastrelliere poste l'una di fronte all'altra, installate a ridosso della postazione di kitting primario. Ciascuna rastrelliera presenta due campate con quattro livelli contenenti 8 cassette ciascuno. Ogni cassetta ha al suo interno un part number differente, per un totale di 128 referenze.



Figure 25 \_Supermarket nell'area di kitting

Ogni cassetta presenta due etichette:

- La prima, posta sulla parte anteriore della cassetta, riporta le informazioni relative al part number: codice articolo, quantità presente all'interno della cassetta.



*Figure 26\_Etichetta anteriore della cassetta*

- La seconda, posta sulla parte posteriore della cassetta, riporta le informazioni relative alla postazione della cassetta all'interno del supermarket: numero della rastrelliera, livello, posizione.



*Figure 27\_Etichetta posteriore della cassetta*

La gestione a kanban sarà implementata utilizzando un sistema double bin: all'interno della rastrelliera, vi saranno due contenitori per ogni part number. Non appena il primo contenitore verrà svuotato, esso sarà riposto all'interno di una rastrelliera al di sotto del banco di lavoro dall'operatore dell'area di kitting. Il contenitore vuoto fungerà da kanban e segnerà la necessità di quel determinato part number.

Un operatore della logistica, incaricato di controllare periodicamente la rastrelliera, prenderà la cassetta vuota e si recherà in magazzino per il reintegro del materiale, in



quantità coerente con quanto riportato sull'etichetta anteriore. Al termine di tale operazione, egli riporrà la cassetta nella postazione della rastrelliera indicata dall'etichetta posteriore.

## **4.5 Introduzione del sistema Pick to Light**

Nell'esecuzione delle attività di composizione dei kit, gli operatori si trovano a dover prelevare un elevato numero di referenze, molto simili tra loro, in tempi brevissimi. In tal caso, è facile intuire che un errore di prelievo in termini di referenza o di quantità rende inutilizzabile l'intero ordine (kit), determinando l'impossibilità di utilizzare l'intero assieme e provocando la contestazione della fornitura. Per non ritrovarsi in tale situazione, si può far ricorso ad un sistema Pick to Light.

### **4.5.1 Cos'è il Pick to Light**

Il Pick to Light è una soluzione di prelievo manuale, nella quale ciascuna ubicazione viene dotata di un dispositivo elettronico provvisto di pulsanti, uno o più led ad alta luminosità e un display, che indicano all'operatore sia la posizione dalla quale prelevare il prodotto, sia la quantità esatta di articoli necessari per allestire un ordine. I sistemi pick-to-light si collegano direttamente al software di gestione aziendale, mediante il quale vengono coordinati. Quando l'operatore termina di prelevare le unità indicate, preme un bottone di conferma, comunicando al sistema che l'operazione è stata finalizzata.

Il Pick to light è a tutti gli effetti un dispositivo poka-yoke ideale per ridurre gli errori nello svolgimento dell'attività di prelievo di parti e componenti. Le luci indirizzano gli operatori direttamente al part number corretto, permettendone il prelievo nelle quantità e nella sequenza esatte, come richiesto dalla distinta base. In alcuni sistemi, per i processi che richiedono la massima affidabilità, vi sono sensori che rilevano automaticamente se l'articolo selezionato è quello giusto, avvertendo l'operatore in caso di errore.



*Figure 28\_Esempio di sistema Pick to Light*

In aggiunta, il sistema Pick to Light è del tutto paperless: oltre ad avere entrambe le mani completamente libere, l'operatore non ha l'impaccio di leggere le specifiche di prelievo, né di rilevare codici a barre o di inserire manualmente le quantità prelevate e movimentate. Grazie a ciò, l'operatore può quindi muoversi agevolmente, a mani libere, dedicandosi attivamente all'attività assegnatagli: è evidente che questa semplificazione dell'attività permette l'adozione di personale meno specializzato, e quindi più flessibile e meno oneroso.

#### **4.5.2 Kitting con Pick to Light**

Il Kitting mediante dispositivi pick-to-light permette di ridurre il tempo necessario agli operatori per selezionare i pezzi e garantisce sia la qualità che l'accuratezza, evitando errori nella composizione dei kit.

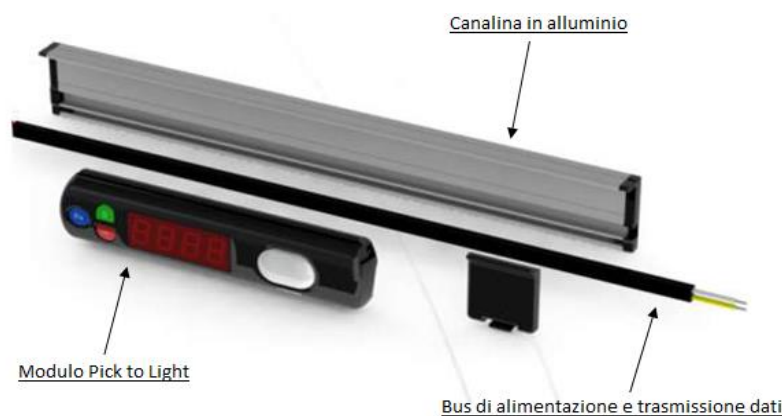
I vantaggi derivanti dall'inserimento del sistema Pick to Light per lo svolgimento dell'attività di kitting sono:

- Riduzione degli errori nella preparazione dei kit
- Incremento dell'accuratezza e della velocità di prelievo
- Aumento della produttività e della flessibilità aziendale
- Potenziamento dell'affidabilità dell'attività di kitting
- Miglioramento dell'immagine aziendale
- Valorizzazione del livello di servizio fornito alla clientela
- Azzeramento dei tempi d'apprendimento

### 4.5.3 Sistema Pick to Light cablato

La prima configurazione di Pick to Light approfondita nel corso del progetto è stata quella cablata.

Nella configurazione cablata una canalina in alluminio viene montata direttamente sulla rastrelliera ed i moduli luminosi sono montati su di essa. Il sistema gestisce tutti i dispositivi ad esso connessi sfruttando un singolo cavo a due fili, attraverso il quale si trasmette la potenza elettrica e avviene il flusso dei dati.



*Figure 29\_Sistema Pick to Light cablato*

La struttura hardware del sistema è la seguente:

- Controller Ethernet: collegato direttamente alla line LAN aziendale.
- Junction Box: Collegata al controller, alimenta e trasmette il flusso dei dati da/verso i moduli luminosi e gli altri dispositivi del sistema.
- Modulo Pick to Light: uno per ciascuna postazione nella rastrelliera, che guida l'operatore indicandogli la posizione esatta e il numero di unità per prodotto da prelevare.

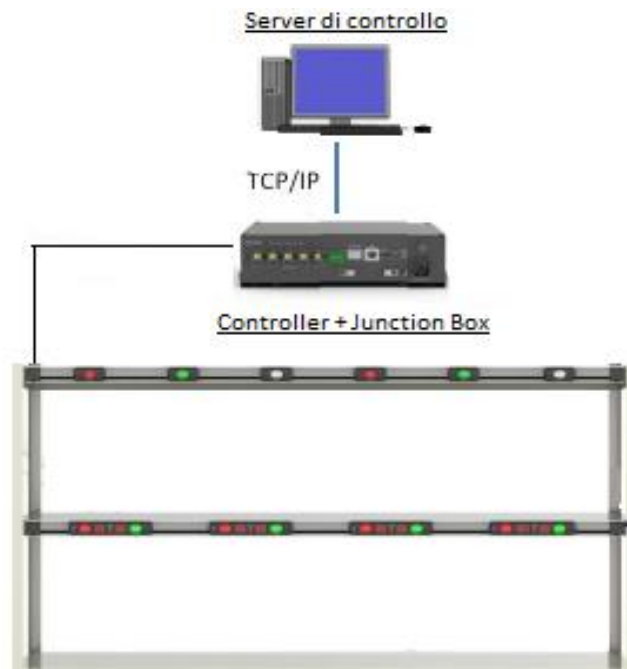


Figure 30 \_Struttura hardware del Pick to Light cablato

Il modulo luminoso selezionato per questa configurazione è così composto:

- Display a 3 digit alfanumerici che mostra le quantità da prelevare e qualsiasi altra informazione necessaria. Per esempio, i primi due digit possono essere dedicati all'indicazione della quantità, mentre il terzo può essere utilizzato per indicare quale operatore deve prelevare (operatore A, operatore B, ecc.).
- LED di colore bianco ad alta intensità che guida gli operatori verso il punto esatto in cui devono prelevare. Questo LED può essere attivato sia in modalità fissa che lampeggiante, consente una buona visibilità da qualsiasi angolazione e funziona anche come pulsante di conferma di prelievo avvenuto.
- Tasti +/- che consentono di aumentare/ridurre le quantità indicate dal display. Vi è la possibilità di personalizzare le funzioni di questi tasti. Per esempio, tenendoli premuti più a lungo, si potrebbe far partire una richiesta di materiale al magazzino. Pertanto la gestione kanban del materiale sarebbe gestita direttamente dal modulo, evitando che l'operatore della logistica debba controllare le rastrelliere.
- Buzzer programmabile a diverse velocità



*Figure 31 \_Modulo luminoso per Pick to Light cablato*

In seguito ad un'analisi di mercato e dopo aver contattato diversi fornitori, è emerso che il costo di una soluzione cablata è di circa 13.000 €.

#### **4.5.4 Sistema Pick to Light wireless**

La seconda configurazione di Pick to Light approfondita nel corso del progetto è stata quella wireless.

Il sistema Pick to Light wireless prevede un'antenna Master in grado di gestire fino a 500 pulsanti luminosi, ad un massimo di 70 metri di distanza.



*Figure 32 \_Antenna Master e modulo luminoso per Pick to Light wireless*

Il modulo luminoso selezionato per questa configurazione è così composto:

- Display con tecnologia E-ink con possibilità di personalizzare le informazioni ed i dati da visualizzare (caratteri alfanumerici, barcode 1D e 2D facilmente leggibili dagli appositi lettori).
- Due LED ad alta efficienza con angolo di visuale di 65°, visibili fino a 50 m. I due led hanno colore differente (uno rosso ed uno verde) così da permettere

a due diversi operatori di lavorare contemporaneamente, senza possibilità di errore.

- Due pulsanti, uno rosso ed uno verde, utilizzati dai rispettivi operatori per confermare l'avvenuto prelievo. In caso di materiali mancanti o insufficienti, tenendo premuto il pulsante per 3 secondi, viene inviato automaticamente il messaggio di "materiale mancante" al sistema gestionale e viene pertanto generata una richiesta di materiale al magazzino.
- Una batteria al litio caratterizzata da una durata di oltre 3 anni, con 200 cicli al giorno con LED acceso per 10 secondi in ogni ciclo. È possibile conoscere in tempo reale lo stato delle batterie e implementare una mail di segnalazione con l'elenco delle batterie che si stanno scaricando.

La configurazione wireless del sistema Pick to Light presenta notevoli vantaggi rispetto alla soluzione cablata grazie alla comunicazione bidirezionale in radio frequenza che consente di semplificare l'integrazione e l'installazione del sistema azzerando i costi di cablaggio.

In seguito ad un'analisi di mercato e dopo aver contattato diversi fornitori, è emerso che il costo di una soluzione wireless è di circa 46.000 €.

## **4.6 Introduzione di una confezionatrice verticale semi-automatica e di una etichettatrice automatica**

Analizzando l'attività di kitting primario, è stato possibile evidenziare come imbustare i componenti, sigillare il sacchetto ed etichettarlo richieda circa il 75% del tempo richiesto dall'intera operazione. Per tale ragione si è pensato di introdurre una confezionatrice verticale semi-automatica accoppiata ad un sistema di etichettatura automatico.

La confezionatrice verticale semi-automatica semplifica le operazioni di confezionamento e rappresenta il giusto compromesso fra l'imbustamento manuale, più oneroso in termini di tempo, e quello completamente automatico eseguito con

macchine più grandi e complesse, spesso inadeguate rispetto alle reali esigenze di confezionamento, e con maggiori costi di funzionamento e manutenzione.

L'implementazione di tale soluzione sulla linea di kitting porterà a:

- Riduzione del tempo necessario per svolgere l'attività di kitting primario
- Aumento del throughput della linea di kitting
- Riduzione delle attività manuali sulla linea di kitting con conseguente aumento dell'affidabilità

Anche in questo caso, sono state analizzate e approfondite diverse soluzioni e diverse macchine di vari fornitori.

#### **4.6.1 Confezionatrice verticale semi-automatica con stampa diretta sul film di imballaggio**

Questa confezionatrice, prevede un colpetto di carico che rende tale operazione molto semplice. L'operatore, posto frontalmente alla macchina, deve semplicemente inserire i componenti da confezionare all'interno di tale colpetto.



*Figure 33\_ Confezionatrice verticale con stampa diretta su film*

Grazie alla sua facilità di utilizzo, alla sua adattabilità a diversi oggetti e formati garantisce un packaging rapido e sicuro. Inoltre, essendo caratterizzata da dimensioni ridotte, permetterebbe di ottenere una maggiore flessibilità dell'area di kitting per eventuali futuri re-layout dell'area stessa.

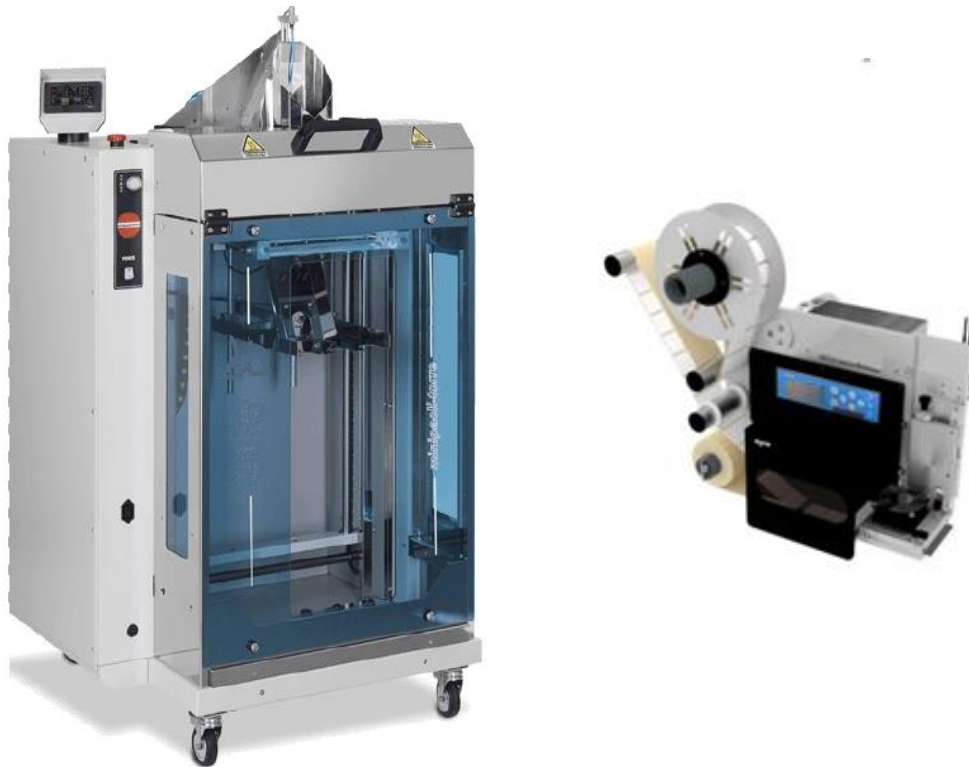
La possibilità di interfacciare direttamente questa confezionatrice con una stampante a trasferimento termico in grado di stampare dati, immagini, codici a barre, ecc. direttamente sul film di imballaggio, permette di personalizzare il più possibile il packaging e di parallelizzare le due operazioni di imbustamento ed etichettatura. Infatti, le operazioni di bagmaking, sigillatura, imballaggio e stampa avvengono in un'unica operazione. Con questa confezionatrice verticale è possibile realizzare fino a 35/40 sacchetti al minuto.

Il costo di tale soluzione è di 19.400 €.

#### **4.6.2 Confezionatrice verticale semi-automatica accoppiata ad una stampa-applica etichette automatica esterna**

Questa confezionatrice risulta essere molto compatta e pertanto facilmente collocabile anche in aree ristrette. L'attività di carico manuale risulta essere molto semplice, in quanto l'operatore deve semplicemente inserire i componenti da confezionare nel colpetto di carico. Inoltre, è possibile cambiare rapidamente formato del sacchetto sostituendo esclusivamente il colpetto stesso.





*Figure 34\_ Confezionatrice verticale semi-automatica e stampa-applica etichette automatica*

Per la stampa delle etichette tale confezionatrice deve essere necessariamente accoppiata con una stampa-applica etichette esterna. Risulta pertanto necessario inserire un nastro trasportatore di piccole dimensioni che convogli gli imballaggi dalla confezionatrice alla stampante, la quale, essendo dotata di una fotocellula per il rilevamento del sacchetto da etichettare, applica l'etichetta al solo passaggio del sacchetto. L'applicazione dell'etichetta è a getto d'aria, tecnologia indicata per prodotti irregolari ed in movimento come i kit del nostro caso.

Il costo totale di tale soluzione è di 23.440 €.

#### 4.6.3 Confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo accoppiata ad una stampa-applica etichette automatica esterna



*Figure 35\_ Confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo*

Questa confezionatrice prevede un sistema di carico differente dalle confezionatrici viste precedentemente. Essa infatti presenta un banco di lavoro posto a ridosso di un piccolo trasportatore a catene, sul quale sono fissate delle vaschette. L'operatore, posto lateralmente alla macchina, riversa nelle vaschette i componenti da confezionare. Con l'avanzare del trasportatore a catena, i componenti vengono riversati in una tramoggia e successivamente sigillati nel sacchetto.



*Figure 36\_ Vaschette di carico*

Per la stampa delle etichette la soluzione da adottare è la stessa vista in precedenza. Infatti, anche in questo caso, la confezionatrice deve essere accoppiata, tramite un nastro trasportatore, alla stampa-applica etichette esterna su descritta.

Il costo totale di tale soluzione è di 33.940 €.

## 4.7 Layout proposti per l'area di kitting

Alla luce di quanto analizzato fino ad ora, sono state prese in considerazione tre diverse combinazioni e layout per l'area di kitting.

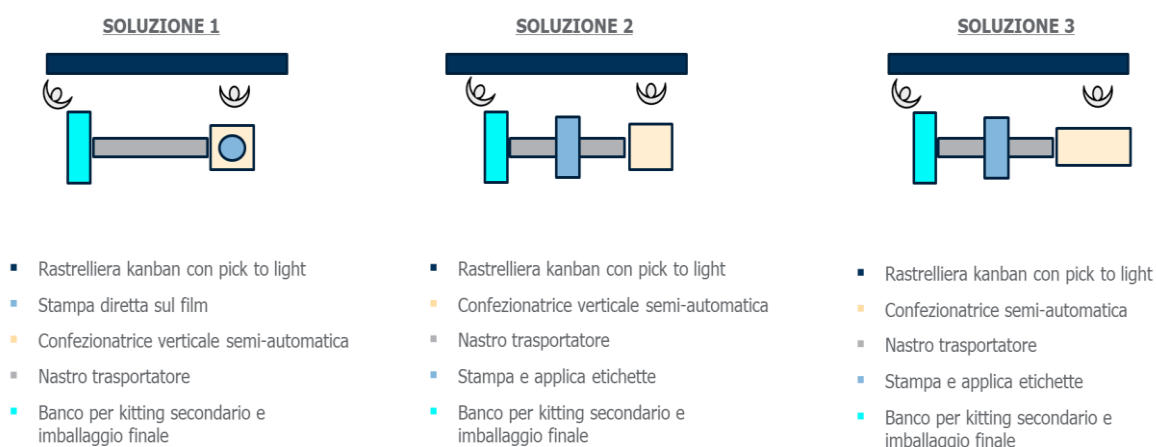


Figure 37 \_Layout proposti per l'area di kitting

Per tutte le soluzioni si è optato per il sistema Pick to Light wireless. Tale scelta è dettata dalla facilità di installazione dello stesso e dalla flessibilità che questo offre in caso di re-layout dell'area.

Nella prima soluzione è stata inserita la confezionatrice verticale semi-automatica con stampa diretta sul film di imballaggio, nella seconda la confezionatrice verticale semi-automatica accoppiata ad una stampa-applica etichette automatica esterna e nella terza la confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo accoppiata ad una stampa-applica etichette automatica esterna.

In tutte le soluzioni è stato inserito un piccolo nastro trasportatore di piccole dimensioni per convogliare i sacchetti del kitting primario verso un banco di lavoro su cui un operatore effettua il kitting secondario.

Per determinare la soluzione ottimale per il caso studio in questione, oltre alla valutazione degli aspetti puramente tecnici e di processo, è stata effettuata una valutazione economica. A tale scopo è stata svolta un'analisi dell'investimento.

## 4.8 Valutazione dell'investimento

La valutazione dell'investimento è stata effettuata per verificare l'impatto che il progetto di investimento avrebbe, in termini di redditività, sull'azienda.

Ai fini di tale valutazione sono stati calcolati i seguenti indicatori per le tre soluzioni proposte:

- **PAY BACK PERIOD (PBP):** Rappresenta il periodo di reintegro del capitale investito. In altre parole, è il periodo di tempo in cui il capitale investito viene ripagato dall'utile ottenuto. Si misura normalmente in mesi o anni. Per il calcolo del Pay Back Period la formula è la seguente:

$$PBP = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Utile Anno rappresentativo}}$$

Nel calcolo del PBP è necessario parlare di anno rappresentativo perché, nel caso di investimenti pluriennali, l'utile annuo ha un andamento non costante nel tempo in quanto nella fase iniziale, per ragioni di messa a regime, l'impianto produce al di sotto della capacità nominale mentre nel tempo crescono le esigenze di manutenzione con conseguenti incrementi di costi e di fermi macchina (che incidono negativamente sulla produzione).

- **PRESENT VALUE (PV):** E' la differenza tra i ricavi e i costi attualizzati lungo tutto l'arco di vita del progetto. Con il termine attualizzazione si definisce la tecnica che permette di confrontare quantità di denaro erogate in tempi diversi. Il coefficiente di attualizzazione è definito come:

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

dove:

- $i$  = tasso di sconto medio annuo
- $n$  = numero di anni sui quali si vuole attualizzare

Il Present Value è dunque calcolato come:

$$PV = \sum_{j=1}^n M_j \frac{1}{(1+i)^j}$$

- NET PRESENT VALUE (NPV): Il Net Present Value tiene conto anche dell'investimento iniziale  $I_0$ . È calcolato come la differenza fra il Present Value e l'investimento iniziale:

$$NPV = PV - I_0$$

- RATE OF RETURN (ROR): è il rapporto fra il Net Present Value del progetto e l'investimento iniziale:

$$ROR = \frac{NPV}{I_0}$$

Il ROR consente di evidenziare la redditività (percentuale), sull'intero arco di vita del progetto, del capitale investito.

- INTERNAL RATE OF RETURN (IRR): È il tasso di sconto che rende nullo il valore attuale netto (NPV) del progetto. È utile calcolare l'Internal Rate of Return in quanto il confronto con il tasso di sconto  $i$  corrente fornisce una chiara indicazione sul grado protezione verso possibili variazioni del costo del denaro.

Per poter calcolare tali indici sono stati presi in considerazione i seguenti costi e ricavi su un periodo di riferimento di 6 anni ed un tasso di sconto medio annuo  $i$  pari a 0,07:

- Investimento iniziale  $I_0$
- Costo dell'energia elettrica

- Costo della licenza software del sistema Pick to Light
- Savings derivanti dall'abbattimento dei costi di non qualità
- Savings derivanti dall'introduzione del Pick to Light, della confezionatrice e dell'etichettatrice

Come già detto in precedenza, gli indici sono stati calcolati per le tre soluzioni proposte e sulla base di una analisi degli stessi è stata poi effettuata la scelta finale.

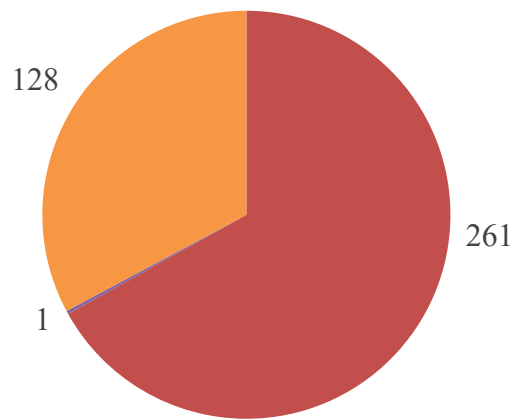
#### **4.8.1 Analisi delle non conformità e calcolo dei costi di non qualità**

Per comprendere quanto gli errori durante l'attività di kitting impattino economicamente sull'azienda, sono state analizzate tutte le segnalazioni di non conformità ricevute dai clienti. Sono stati dunque analizzati tutti i report di non conformità ricevuti nel periodo Gennaio 2019 – Novembre 2019.

Tutti i report ricevuti per non conformità riguardanti i kit provenivano tutti dalla consociata di Landskrona, in Svezia. Tale consociata è la principale cliente per i kit, infatti nel periodo di riferimento la domanda è stata di 7434 kit. Nello stesso, da tale consociata sono stati inviati 13 report di non conformità, per un totale di 390 kit contestati. È possibile dunque notare come la percentuale di kit errati con il processo 'as-is' è del 5,25%.

Le tipologie di errore riscontrate nei kit sono state tre:

- Componenti errati: 261 kit su 390 (66,92%)
- Componenti danneggiati: 1 kit su 390 (0,26%)
- Componenti mancanti: 128 kit su 390 (32,82%)



■ Componenti errati ■ Componenti danneggiati ■ Componenti mancanti

*Figure 38\_Tipologie di errori riscontrate nei kit*

È dunque possibile notare come quasi la totalità degli errori in fase di composizione dei kit è dovuta ad errori di prelievo (errata referenza o quantità).

Nella tabella seguente sono riportati sinteticamente i dettagli presenti nei report di non conformità ricevuti:

Customer name	NCR part description	Customer findings	Tipo di errore nel kit	Kit non conformi
Facility LKR Customer	EPAC OVERHAUL KIT	Ricevuti 2 pezzi del p/n 2/517029, ma sarebbero dovuti essere p/n 2/517024.	Componenti errati	2
Facility LKR Customer	SPRING - SPRING	Nel kit la molla p/n 1/170048 era danneggiata	Componenti danneggiati	1
Facility LKR Customer	OH KIT INTEGRATED RELAY VALVE(1/167860)(1/167748)(1/167880) - OH KIT INTERGRATED RELAY VALVE	1 O-ring p/n 1/760286 e 2 p/n 2/514318 mancanti nel KIT p/n 167860-k00	Componenti mancanti	45
Facility LKR Customer	OH KIT APPLICATION VALVE (1/170508) - OH KIT APPLICATION VALVE	2 p/n 2/514510 e 1 p/n 2/514182 mancanti nel KIT p/n 170508-K00	Componenti mancanti	3
Facility LKR Customer	O-RING - O-RING	O-ring p/n 2/519542 mancante nel KIT FT0020756-k00	Componenti mancanti	1
Facility LKR Customer	MEMBRANE	p/n 1/447124 mancanti nel KIT 167860-k00	Componenti mancanti	3
Facility LKR Customer	SPRING	Arrivato un p/n diverso. Serviva p/n 1/121288.	Componenti errati	250
Facility LKR Customer	ELASTIC WASHER M6	4 p/n 4/313009/0 mancanti in 72 KIT p/n KT-0346.	Componenti mancanti	72
Facility LKR Customer	PISTON - PISTON	Il diametro del part.no 1/169631 è troppo grande. KIT part.no KT-0346	Componenti errati	1
Facility LKR Customer	KIT FOR CHECK VALVE 1/2 "1/118170 - KIT FOR CHECK VALVE 1/2 "	Part.no 1/118173 mancanti nel KIT part.no KT-0323	Componenti mancanti	1
Facility LKR Customer	OH KIT PUSH BUTTON (1/012440) - OH KIT PUSH BUTTON	Anello elastico p/n 3/1/155248 errato nel kit	Componenti errati	8
Facility LKR Customer	OH KIT RELAY VALVE (1/169672) - OH KIT RELAY VALVE	O-ring 1/072153 mancante nel KIT-0369	Componenti mancanti	1
Faiveley Transport Nordic AB	MAINT.KIT FOR VALVE E/RP2 2-2 - MAINT.KIT FOR VALVE E/RP2 2-2	1/170037 mancante nel KT-0434.	Componenti mancanti	2
				390

Tabella 5\_Non conformità kitting



La gestione di una non conformità comporta una serie di costi che comprendono la gestione dell'intero inter (apertura non conformità), il controllo dei kit contestati, la sostituzione di tali kit con i kit corretti (kitting primario e secondario), la spedizione dei nuovi kit.

Si riportano di seguito tutti i dati utilizzati per il calcolo dei costi di non qualità:

Periodo di riferimento (Gen 2019-Nov 2019)	11	mesi
Domanda kit da parte di LKR nel periodo di riferimento	7434	kit
Kit non conformi confermati nel periodo di riferimento	390	kit
Numero RNC nel periodo di riferimento	13	RNC
Costo apertura NC	150,00	€/NC
Costo orario addetto qualità	64,49	€/h
Costo al minuto addetto qualità	1,07	€/min
Tempo controllo kit contestati	3	min/kit
Tempo gestione claim	60	min/NC
Costo orario operatore kitting	64,49	€/h
Costo al minuto operatore kitting	1,07	€/min
Tempo kitting primario	1	min/voce
Tempo kitting secondario	2	min/kit
Costo spedizione collo	42	€/spedizione

*Tabella 6\_Dati per il calcolo dei costi di non qualità*

Nella Tabella 7 è riportato il calcolo del costo totale di ogni singola non conformità. Per le 13 non conformità segnalate dalla consociata di Landskrona il costo totale è stato dunque di 7.197,05 €.

Con l'introduzione del sistema Pick to Light, l'obiettivo dell'azienda è quello di ridurre tali costi del 70%, portandoli pertanto a circa 21.000-22.000 €. In tale modo, i savings derivanti dall'abbattimento dei costi di non qualità sarebbero pari a 5.037,94 €. Tale dato è stato utilizzato nell'analisi dell'investimento per il calcolo di tutti gli indici precedentemente indicati.

Customer name	MCR part description	Customer findings	Tipo di errore nel kit	PIN contestati in ogni kit	Kit contestati	Kit non conformi confermati	Kitting primari da rifare	Costo controllo kit contestati	Costo kitting primario	Costo kitting secondario	Costo apertura NC (penale)	Costo gestione claim	Costo spedizioni	Costo materiale	Costo totale NC
Facility LKR Customer	EPAC OVERHAUL KIT	Ricevuti 2 pezzi del pin 21517023, ma sarebbero dovuti essere pin 21517024.	Componenti errati	2	2	2	4	6,45	4,30	4,30	150,00	64,49	42	0,26	271,80
Facility LKR Customer	SPRING - SPRING	Nel kit la molla pin 1170048 era danneggiata	Componenti danneggiati	1	1	1	1	3,22	1,07	2,15	150,00	64,49	42	0,12	263,06
Facility LKR Customer	OH KIT INTERGRATED RELAY VALVE (1167748) (1167880) - OH KIT INTERGRATED RELAY VALVE	1 O-ring pin 11780286 e 2 pin 21514316 mancanti nel KIT pin 167880-K00	Componenti mancanti	2	45	45	90	145,10	96,74	96,74	150,00	64,49	42	3,92	598,98
Facility LKR Customer	OH KIT REPLICATION VALVE (1170508) - OH KIT APPLICATION VALVE	2 pin 21514510 e 1 pin 21514182 mancanti nel KIT pin 170508-K00	Componenti mancanti	2	3	3	6	9,67	6,45	6,45	150,00	64,49	42	0,69	279,75
Facility LKR Customer	O-RING - O-RING	O-ring pin 21519542 mancante nel KIT FT0020756-K00	Componenti mancanti	1	1	1	1	3,22	1,07	2,15	150,00	64,49	42	0,31	263,25
Facility LKR Customer	MEMBRANE	pin 1447124 mancanti nel KIT 167880-K00	Componenti mancanti	1	3	3	3	9,67	3,22	6,45	150,00	64,49	42	9,07	294,90
Facility LKR Customer	SPRING	Arrivato un pin diverso. Serviva pin H121288.	Componenti errati	1	250	250	250	806,13	268,71	537,42	150,00	64,49	42	1238,75	3107,49
Facility LKR Customer	ELASTIC WASHERS	4 pin 43130090 mancanti in 72 KIT pin KT-0346.	Componenti mancanti	1	72	72	72	232,16	77,39	164,78	150,00	64,49	42	1,15	721,97
Facility LKR Customer	PISTON - PISTON	Il diametro del partno 1163631 è troppo grande. KIT partno KT-0346	Componenti errati	1	1	1	1	3,22	1,07	2,15	150,00	64,49	42	12,95	275,89
Facility LKR Customer	KIT FOR CHECK VALVE 12 "1118170 - KIT FOR CHECK VALVE 12"	Partno 1118173 mancanti nel KIT partno KT-0323	Componenti mancanti	1	1	1	1	3,22	1,07	2,15	150,00	64,49	42	0,60	263,54
Facility LKR Customer	OH KIT PUSH BUTTON (1102440) - OH KIT PUSH BUTTON	Anello elastico pin 31115248 errato nel kit	Componenti errati	1	10	8	8	32,25	8,60	17,20	150,00	64,49	42	0,38	314,92
Facility LKR Customer	OH KIT RELAY VALVE (1163672) - OH KIT RELAY VALVE	O-ring 11072163 mancante nel KIT-0369	Componenti mancanti	1	1	1	1	3,22	1,07	2,15	150,00	64,49	42	0,01	262,95
Fairley Transport Nordic AB	MAINT.KIT FOR VALVE EIRP2 2-2 - MAINT.KIT FOR VALVE EIRP2 2-2	1170037 mancante nel KIT-0434.	Componenti mancanti	1	2	2	2	6,45	2,15	4,30	150,00	64,49	42	19,18	288,57
				16	392	390	440	1264	472,93	838,37	1950,00	838,37	546	1287,38	7197,05

Tabella 7 - Calcolo dei costi di non qualità

#### 4.8.2 Confronto fra attività di kitting manuale e semiautomatizzata

Per calcolare i savings derivanti dall'abbattimento dei costi di non qualità sono state confrontate, in termini di tempi e costi, l'attività di kitting primario eseguita manualmente e l'attività di kitting semiautomatica.

Il tempo necessario per l'attività manuale di kitting primario è stato cronometrato direttamente nel gemba, grazie ad una serie di simulazioni svolte in linea.



*Figure 39\_Simulazione kitting primario manuale*

L'attività di kitting primario manuale di una singola referenza prevede le seguenti operazioni svolte nei tempi sotto riportati:

1. Lettura sulla distinta base del part number da prelevare (3 secondi)
2. Identificazione della vaschetta corrispondente al part number (2 secondi)
3. Prelievo del part number dalla vaschetta nella quantità indicata in distinta base (3 secondi)
4. Prelievo del sacchetto ed insacchettamento (20 secondi)
5. Applicazione dell'etichetta, stampata ad inizio attività (5 secondi)

Dunque, l'attività di kitting primario manuale richiede complessivamente 33 secondi per una singola referenza. Considerando un costo orario dell'operatore dell'area di kitting di 64,49 €/h, una domanda annuale di kit pari a 16.000 kit, un numero medio

di referenze per ogni kit pari a 13, il costo annuale dell'operazione di kitting primario manuale risulta essere di 122.960,93 €/anno.

Costo orario operatore	64,49	€/h
Domanda annuale kit	16000	kit/anno
Numero medio PN per kit	13	PN/kit
Tempo totale kitting primario manuale [s/PN]	33	s/PN
Tempo totale kitting primario manuale [min/PN]	0,55	min/PN
Ore annue kitting primario manuale	1906,67	h/anno
Costo annuo kitting manuale	122960,93	€/anno

*Tabella 8\_Calcolo costi kitting primario manuale*

Per quanto riguarda il calcolo di tempi e costi dell'attività di kitting semiautomatizzata, questo è stato effettuato sulla base di video dimostrativi ricevuti dai fornitori e sulla base di alcune ipotesi di funzionamento della nuova linea di kitting. Prima ipotesi fatta è quella di dover gestire 7 part number con l'utilizzo della confezionatrice automatica e 6 part number manualmente. Questo perché, come detto in precedenza, non tutti i part number presenti nei kit verranno gestiti a kanban sulla rastrelliera. Alcuni part number che rientrano raramente nei kit o part number che hanno dimensioni tali da non poter essere gestiti sulla rastrelliera, verranno gestiti su una scaffalatura secondaria, come evidenziato in Figura 24. La condizione scelta per l'analisi è una condizione peggiorativa ed estrema che raramente si presenterà. Nella maggior parte dei casi la totalità dei part number sarà gestita a kanban e sarà kittata con l'utilizzo del sistema pick to light e della confezionatrice.

L'attività di kitting primario semiautomatizzata di una singola referenza prevede le seguenti operazioni svolte nei tempi sotto riportati:

1. Identificazione della vaschetta indicata dal led del sistema pick to light (2 secondi)
2. Prelievo del part number dalla vaschetta nella quantità indicata dal display del sistema pick to light (3 secondi)

3. Insacchettamento ed etichettatura con l'utilizzo della confezionatrice (5 secondi)

Dunque, l'attività di kitting primario semiautomatizzata richiede complessivamente 10 secondi per una singola referenza. Considerando un costo orario dell'operatore dell'area di kitting di 64,49 €/h, il costo annuale dell'operazione di kitting primario semiautomatizzata risulta essere di 76.814,76 €/anno.

Costo orario operatore	64,49	€/h
Domanda annuale kit	16000	kit/anno
Numero medio PN per kit gestiti con PTL e confezionatrice	7	voci/kit
Numero medio PN per kit gestiti manualmente	6	voci/kit
Tempo per PN gestito con con PTL e confezionatrice [s/voce]	10	s/voce
Tempo per PN gestito con con PTL e confezionatrice [min/voce]	0,16667	min/voce
Tempo per PN gestito manualmente [s/voce]	33	s/voce
Tempo per PN gestito manualmente [min/voce]	0,55	min/voce
Costo annuo per PN gestito con con PTL e confezionatrice [€/voce]	20063,56	€/voce
Costo per voce gestita manualmente [€/voce]	56751,20	€/voce
Ore annue kitting primario semiautomatizzato	1191,11	h/anno
Costo annuo totale kitting primario semiautomatizzato	76814,76	€/anno

*Tabella 9\_ Calcolo costi kitting primario semiautomatizzato*

Confrontando i due processi è possibile notare come il processo semiautomatizzato consentirebbe di ridurre il tempo annuo necessario all'attività di 715,56 h/anno e porterebbe ad un risparmio di 46.146,8 €/anno. Tale dato è stato utilizzato nell'analisi dell'investimento per il calcolo di tutti gli indici precedentemente indicati.

#### **4.8.3 Costo dell'energia elettrica**

Per il costo dell'energia elettrica sono stati utilizzati i dati presenti sulle schede tecniche delle varie macchine presenti nei tre layout precedentemente illustrati (sistema pick to light, confezionatrici, etichettatrici, nastro trasportatore).

Nella Tabella seguente sono riportati i dati utilizzati per il calcolo del costo dell'energia elettrica per i tre layout:

<b>DATI</b>	<b>LAYOUT 1</b>	<b>LAYOUT 2</b>	<b>LAYOUT 3</b>
Potenza richiesta confezionatrice [kW]	2,2	0,5	2,2
Potenza richiesta etichettatrice [kW]	0,8	0,8	0,8
Potenza richiesta nastro [kW]	0,75	0,75	0,75
Costo orario energia elettrica [€/kWh]	0,22	0,22	0,22
Ore funzionamento macchina [h/giorno]	7,5	7,5	7,5
Giorni lavorativi anno [gg/anno]	220	220	220

*Tabella 10\_Dati per il calcolo del costo dell'energia elettrica*

Sommando tutte le potenze richieste e moltiplicando tale somma per il costo orario dell'energia elettrica, per il numero di ore di funzionamento giornaliero e per il numero di giorni lavorativi in un anno, si ottiene il costo annuale dell'energia elettrica.

Pertanto, il costo dell'energia elettrica calcolato per i tre layout è:

	<b>LAYOUT 1</b>	<b>LAYOUT 2</b>	<b>LAYOUT 3</b>
Costo annuale energia elettrica [€/anno]	1361,25	744,15	1361,25

*Tabella 11\_Costo annuale dell'energia elettrica per i tre layout*

Tali dati sono stati utilizzati nell'analisi dell'investimento per il calcolo di tutti gli indici precedentemente indicati.

## 4.8.4 Calcolo degli indicatori

Una volta calcolati tutti i costi ed i savings relativi all'investimento, sono stati calcolati tutti gli indicatori precedentemente illustrati per tutti i layout proposti.

Come già detto precedentemente, per poter calcolare tali indici sono stati presi in considerazione i costi e i ricavi su un periodo di riferimento di 6 anni ed un tasso di sconto medio annuo  $i$  pari a 0,07.

### 4.8.4.1 Indicatori per il layout 1

Come riportato al paragrafo 4.7, il primo layout proposto è così composto:

- Sistema Pick to Light wireless
- Confezionatrice verticale semi-automatica con stampa diretta sul film di imballaggio
- Nastro trasportatore

L'investimento iniziale previsto per tale layout è il seguente:

<b>SOLUZIONE 1</b>	
<b>Descrizione</b>	<b>Costo [€]</b>
Pick to light wireless	45.720
Confezionatrice verticale semi-automatica con stampa diretta sul film di imballaggio	19.400
Nastro Trasportatore	2.440
	<b>67.560</b>

*Tabella 12\_Investimento iniziale layout 1*

Di seguito sono riportati tutti i costi ed i savings previsti nei 6 anni analizzati ed è calcolato l'utile per ogni anno:

<b>INVESTIMENTO INIZIALE [€]</b>	67560					
<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>SAVING OPERAZIONE SEMIAUTOMATICA [€]</b>	46146	46146	46146	46146	46146	46146
<b>SAVING COSTI NON QUALITA' [€]</b>	5037	5037	5037	5037	5037	5037
<b>COSTO LICENZA SOFTWARE [€]</b>	3000	3000	3000	3000	3000	3000
<b>COSTO ENERGIA ELETTRICA [€]</b>	1361	1361	1361	1361	1361	1361
<b>UTILE [€]</b>	46822	46822	46822	46822	46822	46822

Tabella 13\_Calcolo dell'utile per il layout 1

Come si può notare, l'utile è uguale per ogni anno e dunque, nel calcolo del PBP, l'utile dell'anno rappresentativo utilizzato è pari a 46.882,86 €.

Il Pay Back Period è pertanto uguale a:

$$PBP = \frac{\text{Investimento}}{\text{Utile Anno rappresentativo}} = \frac{67.560 \text{ €}}{46.882,86 \text{ €}} = 1,44 \text{ anni} = 17,3 \text{ mesi}$$

Per il calcolo del Present Value, gli utili sono stati attualizzati secondo quanto detto nel paragrafo 4.8:

<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>UTILE [€]</b>	46822	46822	46822	46822	46822	46822
<b>UTILE ATTUALIZZATO [€]</b>	43759	40896	38221	35720	33384	31200

Tabella 14\_Attualizzazione degli utili per il layout 1

Il Present Value, ottenuto sommando gli utili attualizzati, è pari a:

$$PV = \sum_{j=1}^n M_j \frac{1}{(1+i)^j} = 223.183,02 \text{ €}$$

Il Net Present Value è invece uguale a:

$$NPV = PV - I_0 = 155.623,02 \text{ €}$$



Il Rate of Return è pari a:

$$ROR = \frac{NPV}{I_0} = 2,303$$

mentre invece l'Internal Rate of Return è pari a:

$$IRR = 0,659$$

#### 4.8.4.2 Indicatori per il layout 2

Come riportato al paragrafo 4.7, il secondo layout proposto è così composto:

- Sistema Pick to Light wireless
- Confezionatrice verticale semi-automatica
- Stampa-applica etichette automatica esterna
- Nastro trasportatore

L'investimento iniziale previsto per tale layout è il seguente:

<b>SOLUZIONE 2</b>	
<b>Descrizione</b>	<b>Costo [€]</b>
Pick to light wireless	45.720
Confezionatrice verticale semi-automatica	10.500
Stampa-applica etichette automatica esterna	10.500
Nastro Trasportatore	2.440
	<b>69.160</b>

*Tabella 15\_Investimento iniziale layout 2*

Di seguito sono riportati tutti i costi ed i savings previsti nei 6 anni analizzati ed è calcolato l'utile per ogni anno:

<b>INVESTIMENTO INIZIALE [€]</b>	69160					
<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>SAVING OPERAZIONE SEMIAUTOMATICA [€]</b>	46146	46146	46146	46146	46146	46146
<b>SAVING COSTI NON QUALITA' [€]</b>	5037	5037	5037	5037	5037	5037
<b>COSTO LICENZA SOFTWARE [€]</b>	3000	3000	3000	3000	3000	3000
<b>COSTO ENERGIA ELETTRICA [€]</b>	744	744	744	744	744	744
<b>UTILE [€]</b>	47439	47439	47439	47439	47439	47439

Tabella 16\_Calcolo dell'utile per il layout 2

Come si può notare, l'utile è uguale per ogni anno e dunque, nel calcolo del PBP, l'utile dell'anno rappresentativo utilizzato è pari a 47.439,96 €.

Il Pay Back Period è pertanto uguale a:

$$PBP = \frac{\text{Investimento}}{\text{Utile Anno rappresentativo}} = \frac{69.160 \text{ €}}{47.439,96 \text{ €}} = 1,46 \text{ anni} = 17,5 \text{ mesi}$$

Per il calcolo del Present Value, gli utili sono stati attualizzati secondo quanto detto nel paragrafo 4.8:

<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>UTILE [€]</b>	47439	47439	47439	47439	47439	47439
<b>UTILE ATTUALIZZATO [€]</b>	44336	41435	38725	36191	33824	31611

Tabella 17\_Attualizzazione degli utili per il layout 2

Il Present Value, ottenuto sommando gli utili attualizzati, è pari a:

$$PV = \sum_{j=1}^n M_j \frac{1}{(1+i)^j} = 226.124,46 \text{ €}$$

Il Net Present Value è invece uguale a:

$$NPV = PV - I_0 = 156.964,46 \text{ €}$$

Il Rate of Return è pari a:

$$ROR = \frac{NPV}{I_0} = 2,269$$

mentre invece l'Internal Rate of Return è pari a:

$$IRR = 0,652$$

#### 4.8.4.3 Indicatori per il layout3

Come riportato al paragrafo 4.7, il terzo layout proposto è così composto:

- Sistema Pick to Light wireless
- Confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo
- Stampa-applica etichette automatica esterna
- Nastro trasportatore

L'investimento iniziale previsto per tale layout è il seguente:

<b>SOLUZIONE 3</b>	
<b>Descrizione</b>	<b>Costo [€]</b>
Pick to light wireless	45.720
Confezionatrice semi-automatica con motore passo-passo	21.000
Stampa-applica etichette automatica esterna	10.500
Nastro Trasportatore	2.440
	<b>79.660</b>

*Tabella 18\_Investimento iniziale layout 3*

Di seguito sono riportati tutti i costi ed i savings previsti nei 6 anni analizzati ed è calcolato l'utile per ogni anno:

<b>INVESTIMENTO INIZIALE [€]</b>	79660					
<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>SAVING OPERAZIONE SEMIAUTOMATICA [€]</b>	46146	46146	46146	46146	46146	46146
<b>SAVING COSTI NON QUALITA' [€]</b>	5037	5037	5037	5037	5037	5037
<b>COSTO LICENZA SOFTWARE [€]</b>	3000	3000	3000	3000	3000	3000
<b>COSTO ENERGIA ELETTRICA [€]</b>	1361	1361	1361	1361	1361	1361
<b>UTILE [€]</b>	46822	46822	46822	46822	46822	46822

Tabella 19\_Calcolo dell'utile per il layout 3

Come si può notare, l'utile è uguale per ogni anno e dunque, nel calcolo del PBP, l'utile dell'anno rappresentativo utilizzato è pari a 46.822,86 €.

Il Pay Back Period è pertanto uguale a:

$$PBP = \frac{\text{Investimento}}{\text{Utile Anno rappresentativo}} = \frac{79.660 \text{ €}}{46.822,86 \text{ €}} = 1,7 \text{ anni} = 20,4 \text{ mesi}$$

Per il calcolo del Present Value, gli utili sono stati attualizzati secondo quanto detto nel paragrafo 4.8:

<b>ANNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>UTILE [€]</b>	46822	46822	46822	46822	46822	46822
<b>UTILE ATTUALIZZATO [€]</b>	43759	40896	38221	35720	33384	31200

Tabella 20\_Attualizzazione degli utili per il layout 3

Il Present Value, ottenuto sommando gli utili attualizzati, è pari a:

$$PV = \sum_{j=1}^n M_j \frac{1}{(1+i)^j} = 223.183,02 \text{ €}$$

Il Net Present Value è invece uguale a:

$$NPV = PV - I_0 = 143.523,02 \text{ €}$$

Il Rate of Return è pari a:

$$ROR = \frac{NPV}{I_0} = 1,802$$

mentre invece l'Internal Rate of Return è pari a:

$$IRR = 0,544$$

#### 4.8.5 Analisi degli indicatori e scelta finale

Nella Tabella 21 riportata di seguito sono riassunti i risultati ottenuti per i tre layout proposti:

	<b>PBP</b>	<b>NPV</b>	<b>ROR</b>	<b>IRR</b>
<b>Layout 1</b>	17,3 mesi	155.623,02 €	2,303	0,659
<b>Layout 2</b>	17,5 mesi	156.964,46 €	2,269	0,652
<b>Layout 3</b>	20,4 mesi	143.523,02 €	1,802	0,544

*Tabella 21 \_Risultati ottenuti per i tre layout*

Occorre specificare che l'obiettivo aziendale per il Pay Back Period è fissato a 20 mesi. Pertanto, l'investimento previsto per il layout 3, per il quale il PBP risulta essere di 20,4 mesi, non rientra negli obiettivi aziendali. Per tale motivo il layout 3 è stato scartato.

Per il layout 1 ed il layout due l'obiettivo aziendale per il PBP è invece rispettato. È possibile notare come per queste due soluzioni i valori di PBP, NPV, ROR e IRR siano all'incirca uguali. Fra le due è stata scelta la soluzione che permette di ottenere il minor PBP.

La soluzione scelta è dunque quella proposta nel layout 1.

Tale proposta, oltre a permettere un periodo di reintegro del capitale investito più breve rispetto alle altre soluzioni, è anche la soluzione più convincente dal punto di vista tecnico in quanto, come già detto in precedenza, la possibilità di avere la stampa

diretta sul film di imballaggio permette di parallelizzare le operazioni di bagmaking, sigillatura, imballaggio e stampa rendendo il processo più rapido e snello.

## 5 Conclusioni e sviluppi futuri

In tale lavoro di tesi è stata descritta l'attività svolta all'interno della Faiveley Transport di Piossasco (TO), volta al miglioramento in ottica Lean Manufacturing dell'area di kitting presente nello stabilimento.

Grazie a tale lavoro è stato possibile comprendere come l'approccio Lean permetta di determinare il valore per il cliente, mappare il flusso dello stesso e comprendere quali attività generano realmente tale valore, individuare gli sprechi e studiare soluzioni atte all'abbattimento di questi ultimi, perseguire la perfezione tramite continui miglioramenti (Kaizen) in modo da eseguire il flusso di valore in modo sempre più efficace.

L'attività di tesi ha inoltre permesso di mettere in luce l'imprescindibilità del Gemba: recarsi in linea, raccogliere dati ed informazioni dagli operatori, osservare il processo in prima persona è stato di fondamentale importanza.

Con l'applicazione degli strumenti e delle tecniche della Lean Manufacturing si è dunque arrivati a proporre soluzioni reali per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti. Le varie soluzioni sono state dunque studiate e valutate con il continuo confronto con i vari reparti aziendali e con i fornitori.

Oltre tutti gli aspetti tecnici e logistici, per la scelta finale sono state anche valutati gli aspetti economico-finanziari. È stata dunque svolta un'analisi dell'investimento. La soluzione scelta è la migliore sotto tutti i punti di vista e permette di rispettare quelli che sono gli obiettivi aziendali relativamente al Pay Back Period (PBP).

Al termine del lavoro svolto all'interno della Faiveley Transport, tutte le attività svolte e le soluzioni proposte atte al raggiungimento dell'obiettivo iniziale di miglioramento dell'attività di kitting sono state approvate dal management aziendale e saranno presto completate e faranno parte della vita lavorativa quotidiana dell'azienda.

Purtroppo, a causa della pandemia SARS-CoV-2, l'intero progetto ha subito dei rallentamenti. Nonostante ciò, le soluzioni proposte sono state accolte dall'azienda con grande entusiasmo, creando aspettative ottimistiche e grande fiducia nei

miglioramenti attesi dalla loro attuazione. L'azienda ora si occuperà di portare a termine il lavoro iniziato per realizzare un'attività di kitting sempre più efficace ed efficiente in tutte le sue parti, con il obiettivo di snellire sempre più i processi in un'ottica di lean manufacturing e miglioramento continuo.

Nel futuro, gli strumenti della Lean Manufacturing applicati a questo caso studio potrebbero essere applicati ad altre attività aziendali (assemblaggio dei prodotti finiti, prelievi dal magazzino, ecc.) per arrivare a soluzioni che permetterebbero il miglioramento delle stesse.



## 6 Bibliografia

- Masaaki Imai, 2015, 'Gemba Kaizen – Un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo', Franco Angeli, pp. 27-108
- Giovanni Graziadei, 2005, 'Lean Manufacturing – Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi', Hoepli Editore, pp. 57-110
- Giovanni Graziadei, 2004, 'Gestione della produzione industriale – Strumenti e applicazioni per il miglioramento delle performance', Hoepli Editore, pp. 117-136
- The Lean Enterprise Institute, Inc., 2008, 'Lean Lexicon – a graphical glossary for Lean thinkers'
- Schenone, M., Impianti Meccanici, a.a. 2018/19
- Schenone, M., Programmazione della produzione e logistica, a.a. 2018/19