



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

**Dimensionamento di linee di produzione attraverso tecniche  
della Value Stream Mapping**

**Design of production lines by Value Stream Mapping  
techniques**

Relatore: Chiar.mo

Prof. Filippo Emanuele Ciarapica

Tesi di Laurea di:

Federico Campanella

A.A. 2019 / 2020



<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>Capitolo 1. La Lean Production</b>	<b>2</b>
1.1 I principi della Lean Production	2
1.2 Le tipologie di spreco nei sistemi produttivi	6
1.3 Gli strumenti della Lean Production: il metodo delle 5S, i Kanban, i sistemi pull e il Processo Pacemaker	14
1.3.1 Il metodo delle 5S	14
1.3.2 I Kanban	16
1.3.1.1 Kanban Temporanei	23
1.3.1.2 Considerazioni finali sull'uso dei Kanban	24
1.3.1.3 Regole sull'uso dei Kanban	25
1.3.3 I sistemi pull	25
1.3.3.1 Supermarket pull system (sistema pull a supermercato)	26
1.3.3.2 FIFO Lane e Sequenced pull system	26
1.3.4 Il Processo Pacemaker	28
<b>Capitolo 2. La Value Stream Mapping</b>	<b>29</b>
2.1. Selezione della famiglia di prodotti	30
2.2 La Current State Map	31
2.3. La Future State Map	35
<b>Capitolo 3. Casi di studio</b>	<b>45</b>
3.1 Case Study 1: Value Stream Mapping applicata ad un impianto di produzione di sacchetti di plastica.	45
3.1.1 Disegno della Current State Map	46
3.1.2 Disegno della Future State Map	49
3.2 Case Study 2: Value Stream Mapping applicata ad un impianto di produzione di reti da pesca.	53
3.2.1 Disegno della Current State Map	55
3.2.2 Disegno della Future State Map	56
3.3 Case Study 3: Value Stream Mapping applicata ad un'azienda di produzione di escavatori	65
3.3.1 Disegno della Current State Map	65
3.3.2 Disegno della Future State Map	67
<b>Conclusioni</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>71</b>
<b>Sitografia</b>	<b>74</b>

# Introduzione

La *Value Stream Mapping* è una metodologia che è stata sviluppata per individuare ed eliminare ogni forma di spreco ed inefficienza nei sistemi produttivi.

La presente tesi ha come obiettivo quello di mostrare il suo l'impiego nella progettazione di sistemi produttivi che seguano i principi della filosofia di produzione nota come *Lean Production* o “produzione snella”.

Nel Capitolo 1 viene illustrata la *Lean Production*, il contesto in cui la *Value Stream Mapping* è nata; nella prima parte del capitolo vengono descritti i principi del pensiero *lean* e le tipologie di spreco più comuni nei sistemi produttivi mentre successivamente vengono presentati alcuni degli strumenti *lean* più importanti, nello specifico il *metodo delle 5s*, i sistemi *pull* e i *Kanban*; a fine capitolo viene invece definito il concetto di *Processo Pacemaker*.

Il Capitolo 2 è dedicato alla *Value Stream Mapping*, di cui vengono descritte le diverse fasi in cui si articola dando particolare rilievo alle procedure per il disegno di una *Current State Map* e relativa *Future State Map*.

Nel Capitolo 3 sono infine riportati tre casi di studio, tratti dalla letteratura scientifica, allo scopo di mostrare alcuni esempi di applicazione reale della *Value Stream Mapping* nella progettazione di sistemi produttivi *lean*; più in dettaglio, nel *Case Study 1* essa viene applicata ad un impianto di produzione di sacchetti di plastica, nel *Case Study 2* ad un impianto di fabbricazione di reti da pesca e nel *Case Study 3* ad un impianto di fabbricazione di escavatori.

# Capitolo 1. La Lean Production

## 1.1 I principi della Lean Production

La *Lean Production*<sup>1</sup>, o *Lean Manufacturing*, traducibile letteralmente come “*produzione snella*”, è una filosofia di produzione nata sulle basi del cosiddetto Toyota Production System (TPS), un sistema industriale introdotto dall’ingegnere meccanico Taiichi Ohno (1912-1990) e dall’industriale Eiji Toyoda (1913-2013) negli stabilimenti della Toyota Corporation a partire dal 1950.<sup>2</sup>

Elbert (2018) definisce la Lean Production come

*“una metodologia, basata sulla prospettiva del cliente finale, usata per ridurre ed eliminare dispendiosi costi di non valore aggiunto risultanti da step non necessari in un processo di produzione o aziendale.”*<sup>3</sup>

L’aggettivo “*lean*”, cioè “*snello*”, sottolinea la peculiarità di questo approccio di essere estremamente flessibile, al fine di assecondare tempestivamente le fluttuazioni della domanda dei clienti, ricorrere a sempre minori scorte di materiale e ridurre gli sprechi in produzione.<sup>4</sup>

I concetti base della Lean Production possono essere individuati in 5 principi fondamentali:<sup>5</sup>

### I. *Definire il valore per il cliente*

Il “*valore*” di un prodotto, sia esso un bene materiale o un servizio, è un concetto estremamente soggettivo infatti, come afferma Barlotti (2013)

*“è strettamente legato al concetto di “valore per il cliente”, inteso come capacità del bene di soddisfare le esigenze, i bisogni del cliente in un dato momento e a un dato prezzo.”*<sup>6</sup>

Il prezzo, in particolare, è un aspetto fondamentale del valore di un prodotto; infatti, da un lato deve comprendere il massimo profitto per l’azienda, dall’altro deve corrispondere il più possibile a quanto il cliente è disposto a pagare per avere il prodotto o il servizio offerto. Per conciliare queste esigenze è quindi essenziale per l’azienda comprendere,

<sup>1</sup> L’espressione “*Lean Production*” fu coniata da John F. Krafcik nel suo articolo “*Triumph of the lean production system*”, in *MIT Sloan Management Review*, vol. 30, n° 1, 1988.

<sup>2</sup> Elbert, M.; *Lean Production for the Small Company*, CRC Press, 2018, p. 3. (Traduzione propria).

<sup>3</sup> Ivi, p. 22. (Traduzione propria).

<sup>4</sup> Barlotti, C., *Industrial Engineering & Lean Manufacturing: La rivoluzione dell’organizzazione aziendale*, Società Editrice Esculapio, 2013, p. 81.

<sup>5</sup> Womack, J.P.; Jones, D.T.; *Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi*, Editore goWare & Guerini Next, 2017.

<sup>6</sup> Barlotti, C., *op. cit.*, p. 89.

nella maniera più esatta possibile, quali sono le caratteristiche che creano la percezione del valore per il cliente.<sup>7</sup>

## II. *Analizzare il “flusso del valore”*

Il “flusso del valore”, o “*value stream*” nel gergo della Lean Production, è definito da Rother e Shook (1999) come

*“l’insieme di tutte le attività (sia quelle che aggiungono valore, sia quelle che non aggiungono valore) attualmente richieste per condurre un prodotto attraverso i principali flussi essenziali per ogni prodotto: il flusso di produzione, dalle materie prime alle braccia del cliente, e il flusso del progetto, dall’idea del prodotto fino al lancio in produzione.”*<sup>8</sup>

Analizzando i processi e le lavorazioni coinvolte nella realizzazione di un prodotto, famiglia di prodotti o servizio, si può acquisire una panoramica complessiva di come si svolge il ciclo produttivo e del ruolo di ogni singolo processo nell’aggiungere valore, portando così alla luce sprechi, inefficienze e attività non connesse, o non indispensabili, alla creazione del valore.<sup>9</sup>

Per fare ciò si ricorre allo strumento *lean* noto come *Value Stream Mapping* (VSM), letteralmente “mappatura del flusso di valore”, che consente di studiare l’intero processo di produzione facilitando l’individuazione dei punti del *value stream* in cui viene creato il valore e le sorgenti degli sprechi.<sup>10</sup>

## III. *Creare un “flusso continuo” di produzione*

Rother ed Harris (2001) definiscono “*flusso continuo*”

*“un concetto che, nel suo stato ideale, significa che gli elementi vengono processati e spostati direttamente da una fase di processo alla successiva, un pezzo alla volta. Ogni step di processo lavora solo sul pezzo di cui ha bisogno lo step di produzione successivo appena prima che tale step ne abbia bisogno, e la dimensione del lotto di trasferimento è unitaria.”*<sup>11</sup>

<sup>7</sup> Donini, C.; *Lean Manufacturing. Manuale per progettare e realizzare un’azienda snella*, Volume 664 di Azienda Moderna, Editore FrancoAngeli, 2007, p. 19.

<sup>8</sup> Rother, M.; Shook, J., *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda*, A Lean tool kit method and workbook, the Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA, www.lean.org, version 1.2, June 1999, p. 3. (Traduzione propria).

<sup>9</sup> Womack, J.P.; Jones, D.T.; *op. cit.*

<sup>10</sup> Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*, pp. 3-4. (Traduzione propria).

<sup>11</sup> Rother, M.; Harris, R., *Creating Continuous Flow: An action Guide for Managers, Engineers and Production Associates*, A Lean tool kit method and workbook, the Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA, www.lean.org, version 1.0, June 2001, p. 133. (Traduzione propria).

L'importanza di organizzare la produzione secondo un flusso continuo è dovuta al fatto che esso costituisce la modalità di lavoro più efficiente che si possa realizzare in quanto richiede la quantità minima di risorse (personale, macchine, materiali, ecc.), permette di avere un *Lead Time*<sup>12</sup> di produzione ridotto, rendendo l'azienda maggiormente capace di rispondere alle richieste dei clienti, agevola e velocizza l'individuazione dei problemi nel processo produttivo e stimola la comunicazione fra le lavorazioni che risultano fra loro maggiormente connesse.<sup>13</sup>

#### IV. *Impostare la produzione secondo una logica “pull” anziché “push”*

Nel gergo *lean* si utilizza il termine “*push*”, dall'inglese “spinta, spingere”, per indicare un processo che lavora senza tener conto di quanto effettivamente necessario al processo cliente a valle e “spinge” il materiale verso tale processo.<sup>14</sup>

Un sistema di produzione di tipo *push* funziona seguendo un programma di lavoro multi periodo che viene elaborato sulla base delle domande future dei prodotti dell'azienda; un sistema computerizzato, solitamente un sistema MRP<sup>15</sup>, suddivide il programma di lavoro e, sulla base di questo, definisce un programma di produzione indipendente per ciascun processo della catena produttiva.<sup>16</sup>

In questo modo ciascun processo si trova però ad essere completamente disconnesso dal proprio cliente a valle, lavorando parti che al momento attuale non sono necessarie e che vengono quindi “spinte” nelle zone di stoccaggio.<sup>17</sup>

La filosofia *lean* prevede al contrario l'impostazione della produzione su una logica “*pull*”, dall'inglese “tirare”, in cui i processi a monte (*upstream processes*) producono solo in base alla domanda e alle richieste provenienti dai processi a valle (*downstream processes*).<sup>18</sup>

---

<sup>12</sup> Il *Lead Time* è “il tempo che impiega un pezzo per muoversi attraverso un processo o un flusso di valore, dall'inizio alla fine.”

Definizione tratta da: Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*, p. 21. (Traduzione propria).

<sup>13</sup> Rother, M.; Harris, R.; *op. cit.*, p. 134. (Traduzione propria).

<sup>14</sup> Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*, p. 27. (Traduzione propria).

<sup>15</sup> I sistemi MRP (*Material Requirements Planning*) sono sistemi computerizzati di gestione della produzione utilizzati per definire le quantità e i requisiti temporali di consegna e produzione dei prodotti.

Lean Enterprise Institute, *Glossary of Value Stream Mapping Terms: LIST OF TERMS*, [https://www.lean.org/Workshops/vsm\\_online\\_demo/glossary.pdf](https://www.lean.org/Workshops/vsm_online_demo/glossary.pdf), (Traduzione propria). [11/09/2020].

<sup>16</sup> Black, J. T.; Hunter, S. L., *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*, Society of Manufacturing Engineers, 2003, p. 236. (Traduzione propria).

<sup>17</sup> Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*, p. 27. (Traduzione propria).

<sup>18</sup> Nicholas, J., *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*, CRC Press, 2015, p. 80. (Traduzione propria).

## V. *Adottare nell'azienda la filosofia Kaizen per perseguire la "perfezione"*

“Kaizen” è una parola giapponese traducibile letteralmente come “miglioramento”; più in dettaglio il termine sottintende la ricerca della perfezione attraverso un processo di miglioramento continuo.<sup>19</sup>

L'aspetto peculiare di questo concetto è che esso coinvolge in egual misura tutto il personale dell'azienda, dai dirigenti fino agli operai poiché sono tutti responsabili del successo e dei risultati che l'azienda può raggiungere.<sup>20</sup>

Rother e Shook (1999) affermano che in un'azienda sono necessari due diversi tipi di Kaizen:<sup>21</sup>

### 1. Kaizen del flusso (*Flow Kaizen*)

Riguarda il miglioramento continuo del flusso del valore (*value stream*) e si concentra sul flusso di materiali e sul flusso delle informazioni relativi alla produzione.

### 2. Kaizen di processo (*Process Kaizen*)

Riguarda l'eliminazione degli sprechi dal processo di produzione e si concentra sul flusso del personale e sul flusso del processo produttivo.

L'importanza di implementare il Kaizen in una realtà produttiva, al fine di renderla *lean*, può essere motivata tenendo conto di due aspetti, cioè:

1. solo attraverso un continuo miglioramento è possibile mantenere e migliorare lo standard produttivo raggiunto, evitando che questo diventi obsoleto;<sup>22</sup>
2. il valore di un prodotto cambia nel tempo per cui è fondamentale adeguare il sistema produttivo alle esigenze sempre nuove dei clienti.<sup>23</sup>

<sup>19</sup>Bonfiglioli Consulting S.r.l; *Kaizen*; <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/kaizen/> [31/08/2020].

<sup>20</sup>Ibidem.

<sup>21</sup>Rother, M; Shook, J., *op. cit.*, p. 8.

<sup>22</sup>Bonfiglioli Consulting S.r.l; *Kaizen*; <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/kaizen/> [31/08/2020].

<sup>23</sup>Di Medio, P., *I Cinque Principi della Lean Production*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/i-cinque-principi-della-lean-production/2157>, [11/09/2020].



## 1.2 Le tipologie di spreco nei sistemi produttivi

Come detto nel precedente paragrafo, per implementare un sistema produttivo snello è necessario determinare le attività che contribuiscono a “costruire il valore” di un prodotto, in modo da concentrare gli sforzi di produzione solo su di esse.

A questo proposito, Womack e Jones (2017) suddividono le attività connesse alla realizzazione di un prodotto in tre categorie:<sup>24</sup>

### 1. *Attività che creano valore*

Sono tutte le attività che contribuiscono a dare al prodotto finale delle qualità, o caratteristiche, che il cliente è disposto a pagare.

### 2. *Attività che non aggiungono valore ma sono necessarie*

Sono tutte le attività che, pur non creando valore, all’attuale stato dell’arte sono indispensabili per il funzionamento del processo produttivo e quindi non possono essere subito eliminate (un esempio sono i controlli qualità).

### 3. *Attività che non aggiungono valore e non sono necessarie*

Sono tutte le attività che impiegano risorse senza dare valore al prodotto finale e sono totalmente inutili; queste costituiscono un puro spreco di capitali e risorse.

Queste ultime sono indicate anche con il termine giapponese “*muda*”, cioè “spreco”, in quanto, oltre a non aggiungere valore, causano problemi e inefficienze nel sistema produttivo.<sup>25</sup>

Taiichi Ohno (1912-1990), nell’implementazione dei sistemi *lean* in Toyota, distinse sette diverse tipologie di spreco principali:<sup>26</sup>

### 1. Sovrapproduzione

Per sovrapproduzione si intende “*produrre in misura maggiore, prima o più velocemente di quanto richiesto dal processo successivo.*”<sup>27</sup>

<sup>24</sup>Womack, J.P.; Jones, D.T., *op. cit.*

<sup>25</sup>Bini, S., Trenitalia - Divisione Cargo - Qualità Cargo, *Il modello giapponese delle “cinque esse”: come partire dall’ordine industriale per realizzare una gestione efficace e costruire un’organizzazione snella*, in “LA TECNICA PROFESSIONALE”, N.6, GIUGNO 2012, p. 2.; <https://www.lumsa.it/sites/default/files/UTENTI/u261/BINI%20Sergio%20%282012%20b%29%20-%20IL%20MODELLO%20DELLE%20CINQUE%20ESSE%20%28articolo%20Tecnica%20Professionale%20n%2006%202012%29.pdf> .[31/08/2020].

<sup>26</sup> Ibidem.

<sup>27</sup>Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 43. (Traduzione propria).

Essa può avere origine da diversi fattori, fra i quali:

- lotti economici sovradimensionati;<sup>28</sup>
- tempi di setup di macchinari e attrezzature lenti;<sup>29</sup>
- utilizzo di macchinari troppo veloci o in numero eccessivo;<sup>30</sup>
- prodotti in più realizzati per compensare i problemi di qualità che insorgono durante il ciclo produttivo;<sup>31</sup>
- tendenza delle aziende a realizzare prodotti extra rispetto agli ordini effettivi per costituire un certo livello di scorte e/o per ottenere un elevato tasso di utilizzo delle risorse produttive.<sup>32</sup>

La sovrapproduzione costituisce la fonte di spreco più rilevante per le imprese poiché causa tutte le altre tipologie di spreco<sup>33</sup>, oltre ad altre criticità fra le quali si menzionano:

- deficit nei processi, poiché si è occupati a lavorare le parti sbagliate;<sup>34</sup>
- necessità di spazio, trasporti e magazzini aggiuntivi per i prodotti in più e per le risorse utilizzate per produrli;<sup>35</sup>
- rallentamento del processo produttivo;<sup>36</sup>
- aumento dei livelli di scorte (*Inventory*);<sup>37</sup>
- in caso di annullamento dell'ordine, riduzione della quantità richiesta o modifiche nel prodotto, l'azienda si trova ad aver consumato in anticipo tempo e risorse ed ad aver impiegato macchinari e personale prima che fosse effettivamente necessario.<sup>38</sup>

## 2. Eccesso di scorte (Inventory)

Con il termine *Inventory*, traducibile come “scorte”, si indicano i prodotti finiti, le materie prime o i semilavorati che sono immagazzinati per un certo periodo di tempo all'interno, o

---

<sup>28</sup> Chiarini, A., *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Volume 3 di Perspectives in Business Culture, editore Springer Science & Business Media, 2012, p. 20. (Traduzione propria).

<sup>29</sup> Ibidem.

<sup>30</sup> Ibidem.

<sup>31</sup> Wilson, L., *How To Implement Lean Manufacturing*, McGraw Hill Professional, 2009, p. 25. (Traduzione propria).

<sup>32</sup> Nicholas, J., *op. cit.*, p. 63. (Traduzione propria).

<sup>33</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 43. (Traduzione propria).

<sup>34</sup> Ibidem.

<sup>35</sup> Cudney, E.A; Furterer, S.; Dietrich, D., *Lean Systems: Applications and Case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare*, CRC Press, 2013, p. 437. (Traduzione propria).

<sup>36</sup> Chiarini, A., *op. cit.*, p. 20.

<sup>37</sup> Ibidem.

<sup>38</sup> Di Medio, P., *Eliminare gli sprechi in produzione - parte seconda*,

<https://www.organizzazioneaziendale.net/eliminare-gli-sprechi-in-produzione-2/864>. [18/02/2020]

all'esterno, dell'azienda; si utilizza invece l'acronimo WIP (*Work in Process*) per indicare i prodotti in attesa di essere lavorati.<sup>39</sup>

Le scorte sono un aspetto molto importante all'interno dei sistemi produttivi e ciò è dovuto al ruolo che queste rivestono nella produzione; infatti, un livello di scorte troppo basso può generare problemi nell'impianto come ad esempio:<sup>40</sup>

- attese nei processi per i materiali necessari;
- necessità di trasporti più frequenti;
- necessità di maggiori straordinari.

D'altra parte, disporre di scorte in eccesso può rappresentare un problema in grado di compromettere le performance produttive dell'azienda generando diversi disagi, fra i quali:<sup>41</sup>

- aumento del lead time di produzione;
- obsolescenza dei prodotti, dei materiali e delle materie prime;
- danneggiamento delle merci;
- costi di trasporto e magazzinaggio maggiori;
- ritardi;
- problemi come gli squilibri di produzione, i ritardi nelle consegne da parte dei fornitori, i difetti, i periodi di inattività dei macchinari e l'allungamento dei tempi di avviamento rimangono nascosti.

Questa forma di spreco può avere diverse cause scatenanti fra le quali si possono menzionare:

- tempi lunghi di riattrezzaggio (*Changeover*) dei macchinari;<sup>42</sup>
- produzione anticipata rispetto alle reali necessità;<sup>43</sup>
- attività a monte più veloci di quelle a valle;<sup>44</sup>
- parti del processo che generano problemi o disservizi;<sup>45</sup>

---

<sup>39</sup> Chiarini, A., *Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics, strumenti Toyota Production System e Lean Agile Scrum*, Editore FrancoAngeli, 2° edizione, 2016, p. 34.

<sup>40</sup> Smalley, A., *Creating Level Pull, A lean production-system improvement guide for production-control, operations, and engineering professionals*, Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, www.lean.org, Version 1.0, March 2009, p. 14. (Traduzione propria).

<sup>41</sup> Liker, J.K., Attolico, L.; *Toyota Way, I 14 principi per la rinascita del sistema industriale italiano – con 14 casi di studio italiani*; HOEPLI EDITORE, 2014.

<sup>42</sup> Chiarini, A., *Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics, strumenti Toyota Production System e Lean Agile Scrum*, Editore FrancoAngeli, 2° edizione, 2016, p. 34.

<sup>43</sup> Ibidem.

<sup>44</sup> Ibidem.

- in alcuni casi le aziende acquistano più forniture di quanto necessario per tutelarsi da possibili aumenti dei prezzi o dal fatto che esse possano venire a mancare;<sup>46</sup>
- acquisto di forniture in più da parte delle aziende per far fronte a possibili picchi di domanda o interruzione della catena di approvvigionamento.<sup>47</sup>

### 3. Trasporto

Lo spreco di trasporto è legato a qualunque attività connessa con il trasferimento di parti e materiali all'interno dell'azienda.<sup>48</sup>

Queste sono indispensabili per il funzionamento del sistema produttivo tuttavia si configurano come spreco perché non creano valore per il prodotto finale in quanto non contribuiscono alla sua lavorazione o trasformazione fisica.<sup>49</sup>

Alcune delle cause legate allo spreco di trasporto sono:

- sovrapproduzione ed eccesso di scorte: la realizzazione di prodotti in più rispetto a quanto richiesto rende necessario l'impiego di nuove risorse e, di conseguenza, di personale e attrezzature per il loro spostamento;<sup>50</sup>
- layout inefficiente delle postazioni di lavoro;<sup>51</sup>
- attrezzature eccessivamente grandi;<sup>52</sup>
- progettazione non ottimale del layout di impianto;<sup>53</sup>
- limitata comprensione del flusso del processo produttivo.<sup>54</sup>

Le attività connesse al trasporto devono essere ridotte al minimo indispensabile<sup>55</sup> in quanto causano problemi nel conteggio delle scorte, favoriscono lo stoccaggio eccessivo di

---

<sup>45</sup> Ibidem.

<sup>46</sup> Goldsby, T. J.; Martichenko, R., *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*, J. Ross Publishing, 15/08/2005, p. 22. (Traduzione propria).

<sup>47</sup> Ibidem.

<sup>48</sup> Voehl, F.; Harrington, J.; Mignosa, C.; Charron, R., *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*, Management Handbooks for Results, CRC Press, 2016, 83. (Traduzione propria).

<sup>49</sup> Payaro, A., *Lean Management. Cose Mai Dette*, Società Editrice Esculapio, 23/01/2017, p. 40.

<sup>50</sup> Ortiz, C. A., *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*, CRC Press, 2006, p. 29. (Traduzione propria).

<sup>51</sup> Dennis, P., *Lean Production Simplified, Second Edition: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*, 2a Edizione, CRC Press, 2007, p. 23. (Traduzione propria).

<sup>52</sup> Ibidem.

<sup>53</sup> Chiarini, A., *Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics, strumenti Toyota Production System e Lean Agile Scrum*, Editore FrancoAngeli, 2° edizione, 2016, p. 40.

<sup>54</sup> Voehl, F.; Harrington, J.; Mignosa, C.; Charron, R., *op. cit.*, p. 84.

<sup>55</sup> Dolcemascolo, D., *Improving the Extended Value Stream: Lean For the Entire Supply Chain*, CRC Press, 2006, p. 133. (Traduzione propria).

materiale e aumentano il rischio di danneggiamento delle parti durante il loro spostamento attraverso l'impianto produttivo.<sup>56</sup>

#### 4. Eccesso di movimento

Lo spreco di movimento riguarda, al contrario del trasporto, lo spostamento di persone o informazioni che non aggiunge valore al prodotto finale o al servizio.<sup>57</sup>

Negli impianti di trasformazione lo spreco di movimento più comune è costituito dal camminare infatti, poiché questi impianti hanno spesso dimensioni notevoli, gli operatori impiegano molto del loro tempo di lavoro per spostarsi da un'estremità all'altra di una macchina.<sup>58</sup>

Alcune delle cause che portano all'eccesso di movimento sono:

- metodologie di lavoro inadeguate;<sup>59</sup>
- basso rendimento di macchinari, materiali e persone;<sup>60</sup>
- cattiva gestione delle informazioni;<sup>61</sup>
- layout inadeguato dell'azienda o delle celle di produzione;<sup>62</sup>
- errata progettazione del ciclo di lavoro;<sup>63</sup>
- errata progettazione delle sequenze di lavoro;<sup>64</sup>
- errata progettazione dell'ergonomia del lavoro.<sup>65</sup>

Questa forma di spreco influisce pesantemente sulla produttività dei lavoratori sia perché, impegnati nello svolgere movimenti non necessari, essi consumano parte del loro tempo destinato alla produzione e sia perché tali movimenti, nel lungo periodo, possono portare ad infortuni e malattie sul lavoro.<sup>66</sup>

---

<sup>56</sup> Ortiz, C. A., *op. cit.*, p. 29.

<sup>57</sup> Voehl, F.; Harrington, J.; Mignosa, C.; Charron, R., *op. cit.*, p. 81.

<sup>58</sup> King, P.L.; *Lean thinking per le aziende di processo: Gestire la complessità senza sprechi per essere più flessibili e veloci*, Editore HOEPLI, 2017.

<sup>59</sup> Voehl, F.; Harrington, J.; Mignosa, C.; Charron, R., *op. cit.*, p. 81.

<sup>60</sup> Ibidem.

<sup>61</sup> Ibidem.

<sup>62</sup> Ibidem.

<sup>63</sup> Donini, C., *Lean Manufacturing: Manuale per progettare e realizzare un'azienda snella*, Volume 664 di Azienda moderna, Editore FrancoAngeli, 2007, p. 15.

<sup>64</sup> Ibidem.

<sup>65</sup> Ibidem.

<sup>66</sup> Earley, T.; *The Waste of Motion; causes, symptoms, examples, solutions*; <https://leanmanufacturingtools.org/96/the-waste-of-motion-causes-symptoms-solutions/>, [21/09/2020]. (Traduzione propria).

## 5. Difetti di produzione

La produzione di componenti difettosi costringe a mettere in atto diverse procedure come rilavorazioni, fabbricazione di prodotti di rimpiazzo e riparazioni che si traducono in uno spreco di risorse e di tempo utile alla produzione.<sup>67</sup>

Le cause dei difetti possono essere diverse, ad esempio:<sup>68</sup>

- nei processi di assemblaggio dipendono principalmente da parti meccaniche fuori tolleranza;
- nell'industria di trasformazione, gran parte dei difetti sono causati da proprietà dei prodotti fuori specifica;
- nella produzione di parti, i difetti sono dovuti generalmente ad attrezzature usurate o set-up non corretti dei macchinari.

Per individuare i difetti, e scongiurare malfunzionamenti dei prodotti, vengono quindi condotti controlli di qualità e collaudi che però, non aggiungendo valore al prodotto finale, vanno a costituire uno spreco di risorse.<sup>69</sup>

## 6. Attese

Lo spreco delle attese può riguardare diversi aspetti, ad esempio:<sup>70</sup>

- il tempo speso dagli operatori per attendere che un macchinario automatizzato termini la lavorazione; a questo proposito, Rother ed Harris (2001) sottolineano come  
*“aspettare una macchina che lavora è puro spreco e deve essere eliminato[...]. Va bene fare in modo che le macchine finiscano il ciclo e restino inattive fino a quando l'operatore non ritorna al ciclo successivo, ma un operatore non dovrebbe mai aspettare una macchina.”*<sup>71</sup>
- operatori inoperosi a causa dell'esaurimento delle scorte di produzione, di ritardi nella lavorazione di un lotto o nell'attesa che un macchinario venga riparato;
- operatori in attesa per i materiali necessari, le attrezzature da utilizzare o del passo successivo della produzione.

<sup>67</sup> Liker, J.K., Attolico, L.; *op. cit.*

<sup>68</sup> King, P.L.; *op. cit.*

<sup>69</sup> Di Medio, P., *Eliminare gli sprechi in produzione – parte prima*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/eliminare-gli-sprechi-in-produzione/844> . [31/08/2020].

<sup>70</sup> Liker, J.K., Attolico, L.; *op. cit.*

<sup>71</sup> Rother, M.; Harris, R.; *op.cit.*; p. 38.

Lo spreco di attesa può essere dovuto a vari fattori, fra i quali:

- mancanza delle parti necessarie;<sup>72</sup>
- scarsa comunicazione fra i processi produttivi e inefficienti sistemi di comunicazione per la gestione delle azioni di manutenzione in caso di problemi sulla linea produttiva;<sup>73</sup>
- mancanza di sincronizzazione fra i processi produttivi;<sup>74</sup>
- standard e metodi di lavoro inadeguati;<sup>75</sup>
- interruzioni nei rifornimenti di materie prime;<sup>76</sup>
- tempi di inattività per le attività di manutenzione non pianificati;<sup>77</sup>
- attrezzature o layout dell'azienda inadeguati;<sup>78</sup>
- lunghi tempi di setup dei processi;<sup>79</sup>
- programmazione e carichi di lavoro sbilanciati.<sup>80</sup>

Tutto ciò produce una dilatazione dei lead time dei vari processi produttivi costringendo il cliente finale ad aspettare per i propri prodotti.<sup>81</sup>

## 7. Processi e lavorazioni non necessarie

Questa forma di spreco può essere vista come la combinazione di tre diverse componenti, in particolare:<sup>82</sup>

1. fornire al prodotto più valore di quanto richiesto dal cliente, ad esempio aggiungendo caratteristiche che per il cliente finale non hanno valore;
2. eseguire operazioni che si rilevano necessarie per identificare i difetti ed analizzare i prodotti fuori specifica, come ispezioni e test;
3. svolgere attività che divengono necessarie per correggere i difetti e le caratteristiche del prodotto fuori specifica, come ad esempio la rilavorazione del prodotto.

---

<sup>72</sup> Ortiz, C. A., *op. cit.*, p. 29.

<sup>73</sup> Ibidem.

<sup>74</sup> Ibidem.

<sup>75</sup> Ibidem.

<sup>76</sup> Charron, R.; Harrington, J.; Voehl, F.; Wiggin, H., *The Lean Management Systems Handbook*, Volume 4 di Management Handbooks for Results Productivity Press Book, CRC Press, 2014, p. 180. (Traduzione propria).

<sup>77</sup> Ibidem.

<sup>78</sup> Ibidem.

<sup>79</sup> Ibidem.

<sup>80</sup> Ibidem.

<sup>81</sup> Ibidem.

<sup>82</sup> King, P. L., *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity*, Second Edition, CRC Press, 5/06/2019. (Traduzione propria).

Riguardo alle attività menzionate negli ultimi due punti occorre considerare che collaudi, test, controlli qualità sono di fatto degli sprechi di risorse in quanto esse non aggiungono valore al prodotto finale.<sup>83</sup>

Tuttavia senza controlli c'è il rischio che i difetti non siano rilevati e prodotti non conformi alle specifiche attraversino l'intero processo produttivo con un notevole danno per l'azienda, senza contare la possibilità che prodotti difettosi possano giungere al cliente con gravi conseguenze e danni di immagine per l'azienda.<sup>84</sup>

L'esecuzione di processi e lavorazioni non necessarie può essere dovuto a diverse cause, fra le quali alcune sono:<sup>85</sup>

- requisiti del cliente non correttamente definiti;
- modifiche del prodotto effettuate senza che siano stati modificati anche i processi;
- mancanza di comunicazione o informazioni eccessive fra i processi di produzione;
- attrezzature non ben allestite o tenute in efficienza; ciò può richiedere agli operatori sforzi extra per eseguire le lavorazioni, introducendo difetti nei prodotti che, per poter essere risolti, necessitano di ulteriori lavorazioni con un incremento dei costi di produzione.<sup>86</sup>

## 8. Spreco della creatività umana

King (2017) cita il mancato sfruttamento del talento del personale come un'ulteriore fonte di spreco affermando che

*“Molte aziende, sia nell'industria dell'assemblaggio sia in quella della trasformazione, hanno una cultura nella quale si apprezzano i dipendenti principalmente in funzione delle loro capacità di svolgere lavori manuali. Il fatto che comprendano a fondo i processi a cui lavorano, che siano in grado di vedere molti esempi di sprechi e che abbiano le idee utili per correggerli e il desiderio di implementarle spesso è messo da parte.”<sup>87</sup>*

Ciò costituisce uno spreco molto grave in quanto, come sottolineato anche da Womack e Jones (2017),

<sup>83</sup> Di Medio, P., *Eliminare gli sprechi in produzione - parte prima*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/eliminare-gli-sprechi-in-produzione/844> , [24/09/2020].

<sup>84</sup> Barlotti, C., *op. cit.*, p. 86.

<sup>85</sup> Rajkishore, N.; Rajiv, P., *Garment Manufacturing Technology*, Woodhead Publishing Series in Textiles, Elsevier, 2015, 101. (Traduzione propria).

<sup>86</sup> Sowell, T. J., *Competitive Manufacturing*, Xlibris Corporation, 2005, p. 41. (Traduzione propria).

<sup>87</sup> King, P.L.; *op. cit.*



*“[...] la separazione fra chi decide e chi esegue è una separazione fuorviante. Certamente esistono differenze di funzioni e di responsabilità all'interno dell'impresa e quindi esisterà comunque un principio di gerarchia, ma ciò non toglie che esista un gran numero di problemi gestionali che possono essere affrontati in modo efficiente ed efficace solo con l'attiva partecipazione e il contributo creativo di ogni lavoratore, anche di quello che opera al più basso livello della scala operativa. Pensare ad esempio che <<l'ingegnere>> possa studiare soluzioni migliorative del processo produttivo[...], prescindendo dalla conoscenza diretta maturata da <<l'operaio>> sul luogo di lavoro è un peccato di presunzione [...].”<sup>88</sup>*

Rinunciare alle capacità del personale significa quindi non disporre di una risorsa già presente in azienda che potrebbe fornire un contributo importante al funzionamento della stessa.

## **1.3 Gli strumenti della Lean Production: il metodo delle 5S, i Kanban, i sistemi pull e il Processo Pacemaker**

### **1.3.1 Il metodo delle 5S<sup>89</sup>**

Il metodo delle 5S è una procedura standardizzata e ripetibile nel tempo, nata in Giappone nel secondo dopoguerra, basata sull'eliminazione di tutto ciò che può essere considerato spreco, cioè Muda.

Il nome deriva dalle iniziali delle 5 parole giapponesi che indicano le fasi in cui procedura si articola, nel seguito descritte in dettaglio:

#### **I. Seiri: Organizzare, separare**

Questa prima fase consiste nell'organizzare, seguendo precisi criteri, l'ambiente di lavoro separando gli elementi utili, necessari e indispensabili ad eseguire le attività lavorative da quelli inutili, non essenziali e/o obsoleti.

L'implementazione di questa fase richiede un accurato studio dell'ambiente lavorativo al fine di individuare gli elementi essenziali al lavoro e anche le cause di problemi come

<sup>88</sup> Womack, J.P.; Jones, D.T; *op. cit.*

<sup>89</sup> Bini, S., Trenitalia - Divisione Cargo - Qualità Cargo, *Il modello giapponese delle “cinque esse”: come partire dall'ordine industriale per realizzare una gestione efficace e costruire un'organizzazione snella*, in “LA TECNICA PROFESSIONALE”, N.6, GIUGNO 2012, p. 2.; <https://www.lumsa.it/sites/default/files/UTENTI/u261/BINI%20Sergio%20%282012%20b%29%20-%20IL%20MODELLO%20DELLE%20CINQUE%20ESSE%20%28articolo%20Tecnica%20Professionale%20n%2006%202012%29.pdf> .[31/08/2020].

l'eccesso di materiali, difetti e danni nelle attrezzature, sporco, semilavorati o utensili non utilizzati, ecc.

Alcune attività connesse a questa fase sono l'eliminazione di scarti, sfridi di materiale, utensili o attrezzature in eccesso o inutili, lo studio delle cause di rotture e difetti degli attrezzi e la risoluzione dei problemi legati allo sporco dei luoghi di lavoro.

## **II. Seiton: ordinare, sistemare**

L'obiettivo di questa seconda fase è quello di stabilire una posizione specifica per ciascuno degli elementi essenziali al lavoro individuati nella fase precedente.

In questo senso materiali, attrezzature, documenti e tutto ciò che è stato ritenuto necessario va collocato in una propria posizione, opportunamente indicata ad esempio tramite apposite etichette, in modo da facilitarne l'individuazione e l'utilizzo da parte di tutto il personale.

Per agevolare il lavoro inoltre i contenitori, gli scaffali e le bacheche sui cui vengono posizionati gli elementi devono essere posti ad un'altezza accessibile ed adeguata.

## **III. Seiso: pulire, ispezionare**

La fase Seiso prevede la pulizia e l'ispezione degli ambienti di lavoro al fine di mantenere l'ordine ottenuto nelle fasi precedenti e individuare problemi e criticità nascosti; è importante che l'attività Seiso venga condotta a livello aziendale e non solo nelle singole postazioni di lavoro. All'attività di ispezione e pulizia devono essere associate anche minime operazioni di manutenzione al fine di ripristinare la funzionalità delle attrezzature, degli impianti e più in generale delle postazioni di lavoro.

## **IV. Seiketsu: standardizzare**

La fase Seiketsu è incentrata sulla definizione di procedure standardizzate, condivise a tutti i livelli dell'azienda, che aiutino il personale nell'applicazione e nel mantenimento nel tempo delle attività connesse al metodo delle 5S.

La standardizzazione consente infatti di definire un *modus operandi* che, se condiviso da tutti, fornisce una guida per l'esecuzione delle attività in azienda agevolando l'individuazione di problemi e anomalie.

Questo processo è agevolato ricorrendo alla cosiddetta "gestione a vista" che prevede l'utilizzo di opportuni segnali, etichette, codici, linee, ecc., posti ben in vista al personale,

per indicare le corrette regolazioni di macchinari e impianti e le condizioni ottimali di lavoro.

In questo modo, dovendo seguire una prassi standardizzata, il personale sa perfettamente cosa fare e quali risultati devono essere raggiunti facilitando in tal modo l'integrazione delle attività Seiri, Seiton e Seiso nelle normali operazioni di lavoro.

#### **V. Shitsuke: rispettare le procedure e progredire**

Quest'ultima fase ha come obiettivo quello di rendere le attività legate alle fasi precedenti una prassi comune dell'azienda e assicurarsi che le buone abitudini apprese vengano conservate nel tempo.

Per fare ciò è necessario istruire il personale, considerando anche la direzione e il management, in modo che comprenda l'importanza di seguire le procedure predefinite in ogni attività svolta e che ciò è importante anche per il loro benessere sul posto di lavoro oltre che per l'azienda nel suo complesso.

È fondamentale inoltre che i risultati ottenuti con l'applicazione del metodo siano condivisi all'interno dell'azienda, in modo che tutti si sentano più motivati alla sua implementazione e, in più, siano stimolati a fare sempre meglio.

Il metodo delle 5S è uno strumento che richiede grandi risorse in termini di tempo per poter essere correttamente implementato all'interno dell'azienda; ciò che è fondamentale è che venga diffuso a tutti i livelli della realtà produttiva, controllando costantemente che vengano applicate correttamente tutte le fasi e rendendo partecipi tutti dei miglioramenti ottenuti.

Una corretta applicazione del metodo delle 5S permette di ridurre gli sprechi di denaro dovuti all'esecuzione di attività inutili, eccessi di risorse e tempi morti, aumentare le performance produttive degli impianti e rendere gli ambienti di lavoro più puliti e sicuri, contribuendo ad un miglioramento delle condizioni lavorative degli operatori e del loro benessere.

### **1.3.2 I Kanban<sup>90</sup>**

I *Kanban*, termine giapponese traducibile come “segnale” o “cartellino”, sono schede, generalmente di carta, eventualmente contenute in buste di vinile trasparenti per evitarne il danneggiamento, utilizzate nei sistemi produttivi che adottano i principi della Lean Production per controllare le informazioni e regolare il trasferimento dei materiali tra i processi di

---

<sup>90</sup> Smalley, A., *op. cit.*; pp. 107-113. (Traduzione propria).

produzione; nel caso i processi siano lontani, al posto delle normali schede vengono spesso impiegati segnali elettronici.

I Kanban si differenziano dai tradizionali metodi di gestione della produzione per due aspetti principali:

1. mentre nella produzione tradizionale ciascun processo della catena produttiva lavora seguendo un proprio programma, attraverso i Kanban viene coordinata e sincronizzata l'attività di produzione tra i processi a monte (in inglese *upstream processes*) e i processi a valle (in inglese *downstream processes*) in quanto il processo a monte produce solo dopo aver ricevuto il segnale dal processo a valle e questi ritira dal processo a monte solo ciò che gli è necessario quando gli è necessario;
2. il movimento di materiale fra i processi avviene solo quando il processo a monte riceve il segnale dal processo a valle, al contrario di quanto accade nella produzione tradizionale in cui il trasferimento avviene quando il processo a monte completa il prodotto, senza tenere conto delle reali necessità del processo a valle.

I sistemi Kanban sono impiegati principalmente con quattro finalità, ossia evitare la sovrapproduzione e l'eccessivo trasporto di materiali fra i processi produttivi, pianificare la produzione nei processi stabilendo i tempi di trasferimento dei materiali e le quantità trasferite, costituire uno strumento di controllo visivo per i supervisori di produzione, permettendo loro di capire se vengono o meno rispettati i programmi di lavoro e come mezzo per migliorare il sistema produttivo; a questo proposito infatti, dato che ogni Kanban corrisponde nel value stream ad una certa quantità di materiale, riducendo nel tempo, secondo un preciso programma, il numero di Kanban impiegati nel sistema, si riducono anche i materiali utilizzati ed il lead time di produzione.

Sulle carte Kanban sono riportate diverse informazioni di base come:

- nome della parte a cui è riferito il Kanban;
- numero identificativo della parte a cui è riferito il Kanban;
- dimensione del lotto del processo fornitore della parte, interno o esterno all'impianto;
- quantità di parti contenute nella confezione in cui è posto il Kanban;
- indirizzo del luogo in cui è stoccata la parte indicata sul Kanban;
- ubicazione del processo destinatario della parte riportata sul Kanban;
- un codice a barre, eventualmente stampato sulla scheda, per il tracciamento o la fatturazione automatica.

I Kanban si dividono principalmente in due categorie: i Kanban di produzione (in inglese *Production Instruction Kanban*) e i Kanban di ritiro (in inglese *Parts Withdrawal Kanban*).

## I. Kanban di produzione (Production Instruction Kanban)

I Kanban di produzione sono utilizzati per inviare istruzioni di produzione al processo a monte e si dividono in due tipologie, i *Kanban In-process* e i *Signal Kanban*.

### 1. Kanban In-process

I Kanban In-process sono impiegati per inviare istruzioni di produzione che riguardano piccole quantità, idealmente una quantità singola o al minimo un *Pitch*<sup>91</sup> di produzione corrispondente ad una confezione di parti.

Un esempio di Kanban In-process è riportato in Figura 1.1.

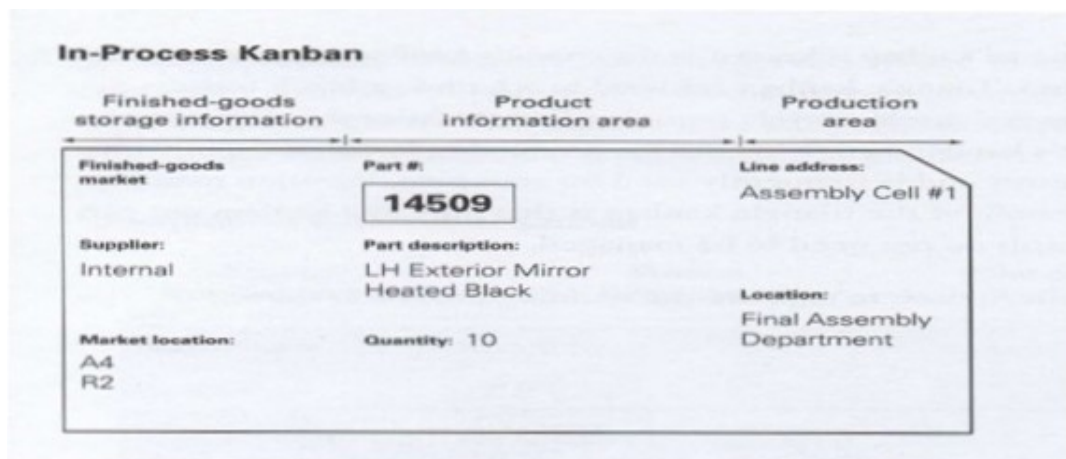


Figura 1.1. Esempio di Kanban In-process.  
Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p.109.

### 2. Signal Kanban (Kanban di segnale)

I *Signal Kanban* vengono invece utilizzati per inviare istruzioni di produzione che riguardano grandi quantità a processi a monte che lavorano per lotti (in inglese *batch processes*).

Questi Kanban sono utilizzati insieme ai mercati di parti<sup>92</sup> in modo da fornire ai processi a valle i pezzi richiesti e allo stesso tempo permettere ai processi a monte di eseguire i riattrezzaggi nel passaggio da una tipologia di prodotto ad un'altra.

I Signal Kanban esistono in tre varianti differenti, in particolare:

<sup>91</sup> Vedi paragrafo 2.3.3.1, Step 7.

<sup>92</sup> In questo contesto con il termine *mercato* si fa riferimento ad un luogo in cui vengono stoccati i materiali (pezzi, componenti, prodotti, ecc.) in attesa di essere prelevati dal processo successivo.

## 1. *Pattern production*

Questo metodo di programmazione viene impiegato soprattutto quando è possibile trovare una sequenza di produzione ottimale per realizzare i diversi prodotti sulla base dei materiali utilizzati oppure quando occorre stabilire una sequenza efficace per eseguire i riattrezzaggi nel batch process.

Il metodo consiste nel definire una sequenza di produzione fissa per i diversi prodotti i quali vengono realizzati in lotti le cui dimensioni possono variare a seconda delle esigenze di produzione; questi vengono poi stoccati in appositi mercati in attesa di essere prelevati dal processo a valle.

I principali vantaggi connessi a questo metodo di programmazione sono il poter realizzare ogni tipo di prodotto ad ogni ciclo di lavoro e avere una sequenza di riattrezzaggi fissa e prevedibile; di contro, una volta stabilita la sequenza di produzione, un dato prodotto potrà essere realizzato soltanto quando arriva il proprio turno nella sequenza.<sup>93</sup>

## 2. *Lot-making*<sup>94</sup>

In questo caso ad ogni confezione di parti utilizzata nel sistema è associato un Kanban che viene staccato e recapitato al processo di produzione a monte non appena la corrispondente confezione viene ritirata dal mercato dal processo a valle.

Le carte Kanban vengono posizionate su un pannello sul quale sono riportate tutte le parti impiegate nella produzione, a ciascuna delle quali sono associati degli slot in cui vengono poste le rispettive carte Kanban (vedi esempio di Fig. 1.2).

In questo modo, i Kanban presenti sul pannello indicano il materiale che è stato prelevato dal mercato e che deve essere rimpiazzato mentre gli slot vuoti segnalano il materiale ancora presente nel mercato.

La produzione di una parte viene avviata non appena essa raggiunge il proprio *trigger point* (punto d'innescio) predefinito, indicato sul pannello e che può essere differente da parte a parte; l'operatore del processo a monte avvia quindi la produzione della parte realizzandone la quantità corrispondente al numero di carte Kanban presenti per quella parte sul pannello<sup>95</sup> così da ripristinarla nel mercato.

---

<sup>93</sup> Smalley, A., *op. cit.*; p. 70.

<sup>94</sup> Ivi, p. 71.

<sup>95</sup> Ivi, p. 108.

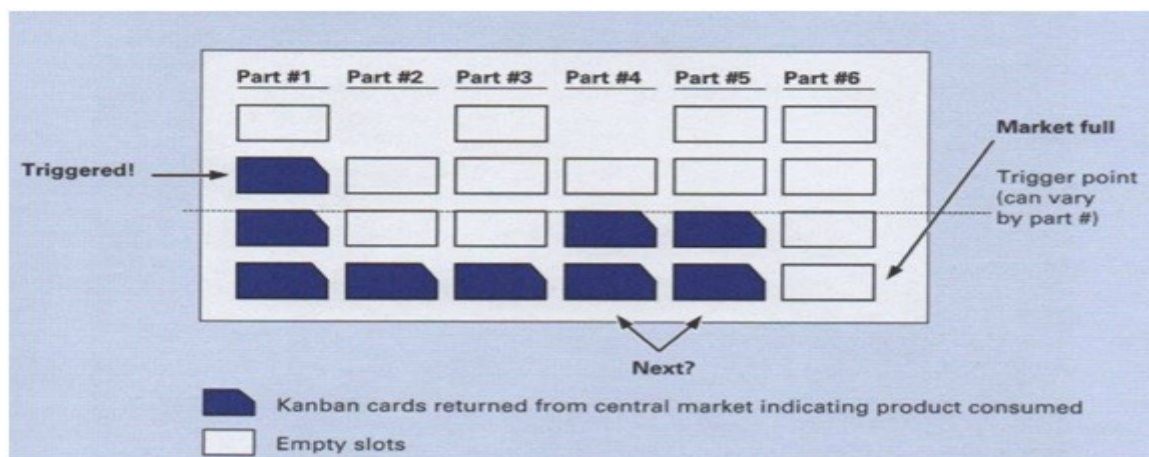


Figura 1.2. Esempio di pannello di raccolta Kanban nel metodo Lot-making.

Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p. 71.

Uno dei vantaggi di questo metodo è che esso fornisce un'indicazione visiva di come viene utilizzato il materiale durante la produzione consentendo anche di individuare eventuali problemi nel mercato in cui vengono stoccate le parti.

D'altro canto richiede un elevato numero di carte Kanban, in generale dipendente dalla numerosità delle parti e delle confezioni nel sistema, e che i Kanban siano consegnati in maniera tempestiva ed affidabile per fare in modo che il pannello di raccolta dei Kanban descriva accuratamente la situazione del materiale nel mercato.

### 3. *Triangle Kanban: Kanban Triangolare*

I *Triangle Kanban*, così chiamati per via della loro caratteristica forma a triangolo, vengono utilizzati per programmare processi che producono per lotti aventi tempi di riattrezzaggio molto lunghi e tempi di ciclo delle macchine molto più rapidi rispetto al *Takt Time*<sup>96</sup> della produzione a valle.

Il funzionamento di un Kanban Triangolare è il seguente: tutte le tipologie di parti realizzate dal *batch process* sono stoccate in un mercato, ciascuna in una propria posizione (Fig. 1.4); ad ognuna di esse è associato uno specifico Kanban Triangolare, unico per ogni tipo di parte, contenente, in generale, le seguenti informazioni (vedi esempio di Fig. 1.3)

- codice identificativo della tipologia di parte;
- breve descrizione della tipologia di parte;
- posizione della tipologia di parte nel mercato;
- dimensione del lotto di produzione della tipologia di parte;
- quantità a cui è predefinito il *trigger point* della tipologia di parte;

<sup>96</sup> Per la definizione di Takt Time vedi paragrafo 2.5.2. *Step 1*.

- macchina su cui si produce la tipologia di parte;
- numero identificativo dell'utensile da usare nella macchina per produrre quella tipologia di parte;
- data in cui si pone il Kanban Triangolare sulla *Signal Kanban rail*.<sup>97</sup>

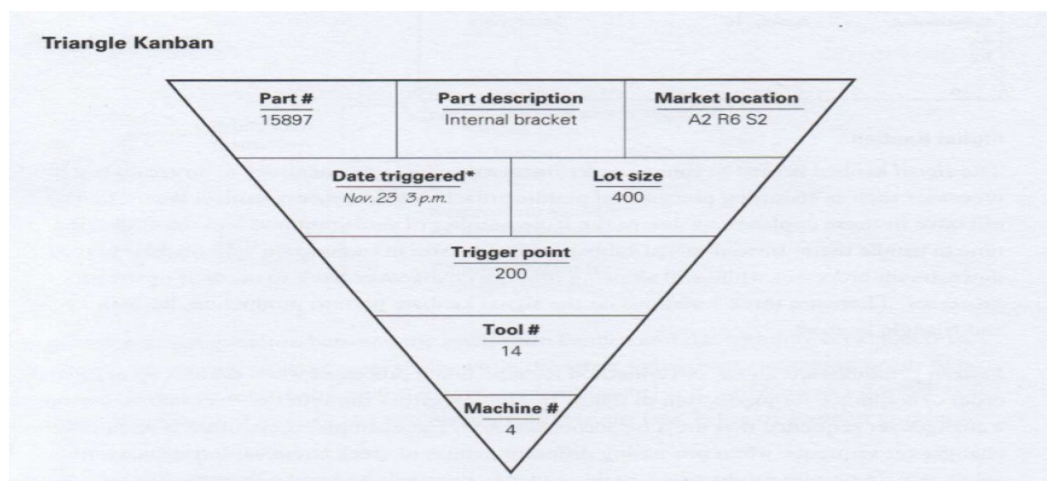


Figura 1.3. Esempio di Kanban triangolare.

Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p. 110.

Per ciascuna tipologia di parte è definito un *trigger point*, cioè un “livello di scorte” nel mercato raggiunto il quale viene avviata la produzione; ciò avviene quando sono stati emessi, per la generica tipologia di parte, un certo numero di Kanban di ritiro e dal mercato ne è stata prelevata una precisa quantità.

Il ripristino delle parti nel mercato mediante Kanban Triangolare avviene in tre fasi.<sup>98</sup>

1. la generica tipologia di parte viene ritirata dal mercato nella quantità richiesta dal processo in cui sarà usata;
2. quando viene raggiunto il trigger point predefinito, il Kanban Triangolare corrispondente a quella tipologia di parte viene rimosso dal mercato e posizionato su una rotaia (*Signal Kanban rail*) collocata di fronte al *batch process*;
3. l'operatore di tale processo seguirà le istruzioni contenute sul Kanban Triangolare e realizzerà un lotto di dimensione pari a quella riportata sul Kanban stesso, in modo da ricostruire nel mercato l'inventario di quella tipologia parte.

<sup>97</sup> La *Signal Kanban rail* verrà definita a breve.

<sup>98</sup> Adattato da Smalley, A., *op. cit.*; p. 62.



Un esempio di impiego di Kanban triangolare è riportato in Figura 1.4.

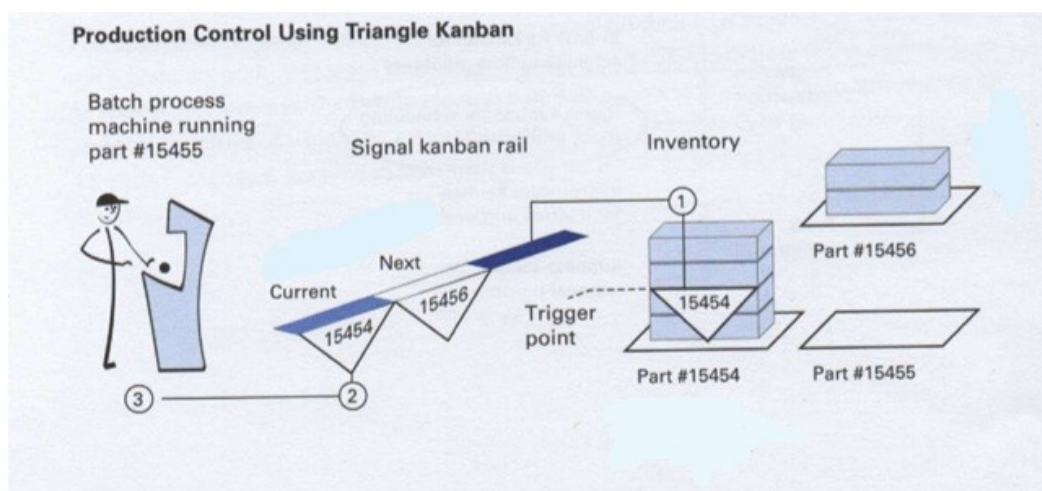


Figura 1.4. Esempio di funzionamento di un Kanban Triangolare.  
Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p. 62.

Come mostrato in Figura 1.4, mano a mano che ciascuna parte raggiunge il proprio trigger point, il relativo Kanban Triangolare viene posto sulla *Signal Kanban rail*; in questo modo si realizza una sequenza di produzione per il *batch process* che rimpiazzerà le parti nel mercato secondo l'ordine dei rispettivi Kanban Triangolari sulla rotaia.

Poiché il raggiungimento del trigger point per ciascuna tipologia di parte dipende dalle richieste dei processi a valle, con il sistema descritto si ottiene una programmazione del *batch process* tale che si ottiene un ripristino delle parti nel mercato in maniera dipendente a come queste vengono utilizzate nella produzione.

## II. Kanban di ritiro parti (Parts withdrawal Kanban)

I Kanban di ritiro sono utilizzati per comunicare il ritiro di parti da un mercato per poi trasferirle al processo a valle; se ne distinguono due tipologie:

### 1. Interprocess withdrawal Kanban

L'*Interprocess withdrawal Kanban* viene utilizzato per segnalare la necessità di ritirare parti da un'area di stoccaggio e trasportarle a un processo a valle all'interno dell'impianto produttivo.

In Figura 1.5 è riportato un esempio di Interprocess withdrawal Kanban.

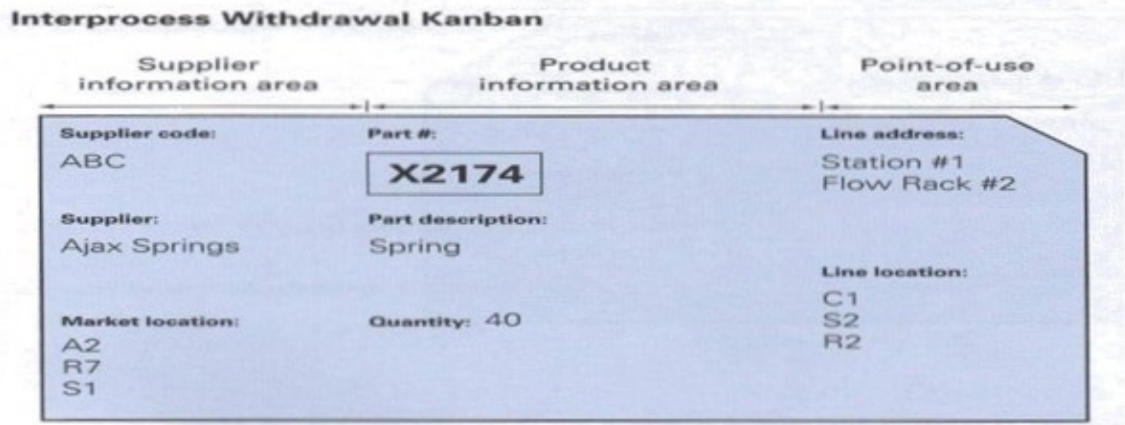


Figura 1.5. Esempio di Interprocess Withdrawal Kanban.

Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p. 111.

## 2. Supplier Kanban

Il *Supplier Kanban* è impiegato per segnalare la necessità di ritirare parti provenienti da fornitori esterni all'impianto e trasferirle ad un mercato di parti acquistate oppure al mercato centrale presso il processo cliente a valle.

In Figura 1.6 è riportato un esempio di Supplier Kanban.

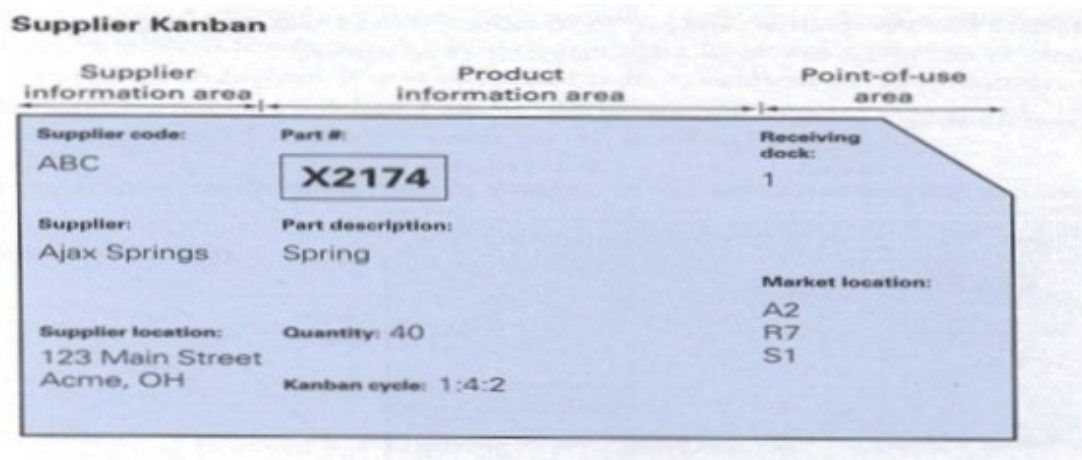


Figura 1.6. Esempio di Supplier Kanban.

Fonte: Smalley, A., *op. cit.*; p.112.

### 1.3.1.1 Kanban Temporanei

I Kanban temporanei sono utilizzati nel caso in cui si verificano eventi a breve termine che richiedono l'introduzione di Kanban aggiuntivi per regolarizzare la produzione; alcuni motivi possono essere:

- creazione di scorte per compensare le differenze nei giorni lavorativi tra clienti e fornitori;

- compensare il tempo che si è perso per la manutenzione e le riparazioni delle macchine.

I Kanban temporanei sono impiegati solo occasionalmente e dovrebbero chiaramente mostrare una data di scadenza; inoltre, per evitare che questi rimangano nel sistema una volta terminata la loro funzione, è opportuno identificarli o indicarli ad esempio attraverso un opportuno codice di colori in modo da distinguerli dalle altre tipologie di Kanban.

### 1.3.1.2 Considerazioni finali sull'uso dei Kanban

Per poter utilizzare i Kanban è necessario tenere conto dei meccanismi di trasporto dei materiali all'interno dell'impianto in quanto occorre avere un metodo di movimentazione standard per poter controllare il flusso di produzione mediante carte Kanban.<sup>99</sup>

A questo proposito sono possibili due soluzioni:<sup>100</sup>

#### 1. *trasferimento a tempo fisso e quantità variabile*

L'operatore addetto al trasporto dei materiali compie una precisa sequenza di passaggi in un tempo fisso, mentre la quantità di materiale trasportata ad ogni intervallo di prelievo varia a seconda del suo utilizzo precedente nell'area di produzione.

#### 2. *trasferimento a tempo variabile e quantità fissa*

In questo caso, in base alle quantità necessarie alla produzione, viene emesso un segnale visivo, o sonoro, per indicare la necessità di trasferire il materiale ad un processo di produzione. Il tempo necessario per consegnare le quantità richieste varia in base alle esigenze così come il percorso effettuato per la consegna.

In generale, nei sistemi produttivi *lean* sono utilizzati entrambi questi metodi, in particolare:<sup>101</sup>

- quando lo scopo è quello di spostare piccole quantità, come una confezione di parti, molto frequentemente si utilizza il metodo a tempo fisso;
- quando occorre trasferire prodotti ingombranti con poca frequenza il metodo più conveniente è quello a quantità fissa.

---

<sup>99</sup> Smalley, A., *op. cit.*; p. 113.

<sup>100</sup> Ivi, p. 57.

<sup>101</sup> Ibidem.

### 1.3.1.3 Regole sull'uso dei Kanban<sup>102</sup>

Per un corretto uso delle carte Kanban è fondamentale che siano rispettate alcune importanti regole:

- il materiale (pezzi, prodotti, componenti, ecc.) deve essere “tirato” dal processo a monte da parte del processo a valle;
- il processo a monte produce nuovamente solo la quantità di prodotto che è stata prelevata dal processo a valle;
- nessun difetto nei prodotti dovrebbe essere trasmesso al processo successivo;
- i Kanban devono essere allegati e trasferiti insieme alla parte o alla confezione relativa;
- nessuna parte può essere prodotta senza l'istruzione di un Kanban di produzione o trasferita senza l'istruzione di un Kanban di ritiro;
- affinché le informazioni di produzione siano corrette, la quantità di prodotto indicata sul Kanban deve corrispondere a quella attualmente presente nella confezione in cui viene messo il Kanban.

### 1.3.3 I sistemi pull<sup>103</sup>

I “*sistemi pull*” (letteralmente sistemi di “tiro”) sono strumenti impiegati nella Lean Production con l'obiettivo di programmare la produzione in modo che ciascun processo elabori solo la quantità di materiale richiesta dal proprio processo cliente quando questi lo richiede, utilizzando i Kanban per la trasmissione delle istruzioni di produzione e di ritiro.<sup>104</sup>

Questi sistemi vengono utilizzati in quei punti di un flusso di valore in cui non è possibile collegare i processi e realizzare un flusso di lavoro continuo e si è obbligati a produrre o trasferire i materiali in lotti, come ad esempio nel caso di processi che lavorano con tempi di ciclo molto veloci o molto lenti e richiedono riattrezzaggi per lavorare più famiglie diverse di prodotti, oppure aventi *lead time* troppo lunghi o siano particolarmente soggetti a guasti o anche siano in posizioni tali per cui un flusso continuo, con il trasferimento di una sola unità di materiale o di prodotto alla volta, sia poco pratico, come nel caso dei processi a monte del value stream che ricevono le materie prime da fornitori esterni.<sup>105</sup>

Nelle pagine successive verranno descritti alcuni dei principali sistemi *pull*.

---

<sup>102</sup> Smalley, A., *op. cit.*; p. 38.

<sup>103</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; pp. 46-48.

<sup>104</sup> Chiarini, A., *op. cit.*, p. 11.

<sup>105</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; pp. 46-47.

### 1.3.3.1 Supermarket pull system (sistema pull a supermercato)

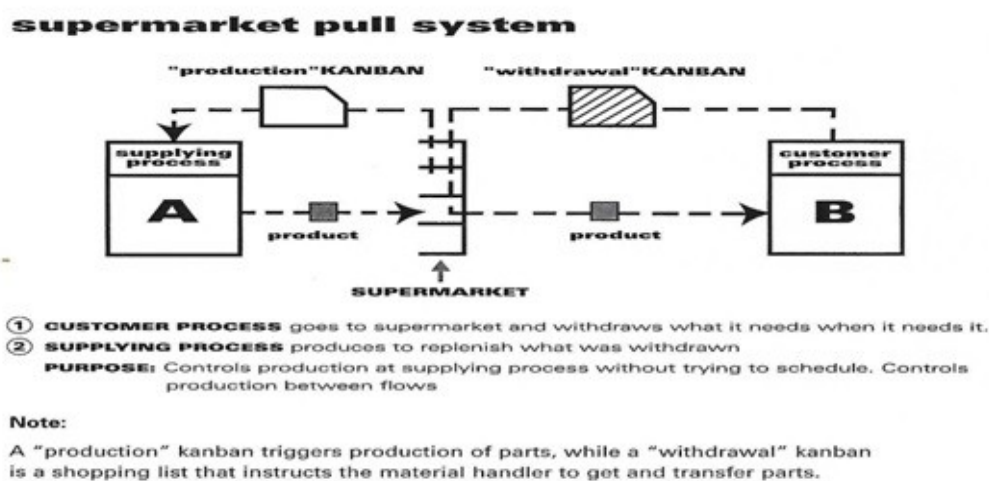


Figura 1.7. Rappresentazione schematica del funzionamento di un sistema pull a supermercato.

Fonte: Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 46.

Il funzionamento di un *Supermarket pull system* può essere descritto facendo riferimento allo schema riportato in Figura 1.7: il processo cliente B consegna all'operatore addetto al trasporto dei materiali un Kanban di ritiro (Parts withdrawal Kanban), con il quale egli si reca presso il supermercato (*supermarket*) del processo fornitore A.

Qui l'operatore preleva la quantità e la tipologia di prodotti riportata sul Kanban e contemporaneamente deposita in un raccogliatore (in inglese *Kanban Post*) i Kanban di produzione contenuti nelle confezioni dei prodotti che ha ritirato (ogni confezione di prodotto depositata nel supermercato ha il proprio Kanban di produzione).

I Kanban di produzione vengono in seguito ritirati dal processo A che provvederà a ripristinare i nel supermercato i prodotti prelevati.

Con questo sistema i processi realizzano solo quanto viene effettivamente utilizzato, riducendo così gli sprechi di risorse e realizzando un flusso di produzione continuo.

### 1.3.3.2 FIFO Lane e Sequenced pull system

Esistono delle situazioni in cui sistemi a supermercato risultano essere poco pratici, come ad esempio nella produzione di parti personalizzate (ciascuna delle quali costituisce un pezzo unico destinato ad uno specifico cliente), parti che tendono a deteriorarsi sugli scaffali o, ancora, parti costose che sono usate raramente. In tutti questi si dovrebbe organizzare i supermercati in modo che contengano tutte le possibili parti o materiali necessari a realizzare le diverse tipologie di prodotti, con notevoli costi economici e logistici.

In questi situazioni possono essere le seguenti soluzioni:

## 1. *FIFO Lane*

La *FIFO Lane* (acronimo di “first in, first out”) è un metodo che consiste nel realizzare fra i processi da collegare una corsia avente all’ingresso il processo a monte che vi deposita i materiali e in uscita il processo a valle che li preleva.

Il nome deriva dal fatto che il materiale posto per primo sulla corsia dal processo a monte è anche il primo ad essere utilizzato dal processo a valle.<sup>106</sup>

Sulla corsia è possibile collocare solo una quantità predefinita di materiale cosicchè, quando questa è piena, il processo a monte cessa di produrre fino a quando il processo a valle non avrà consumato parte del materiale sulla corsia, evitando in questo modo il pericolo di andare in sovrapproduzione.

In Figura 1.8 è riportata un esempio di FIFO Lane.

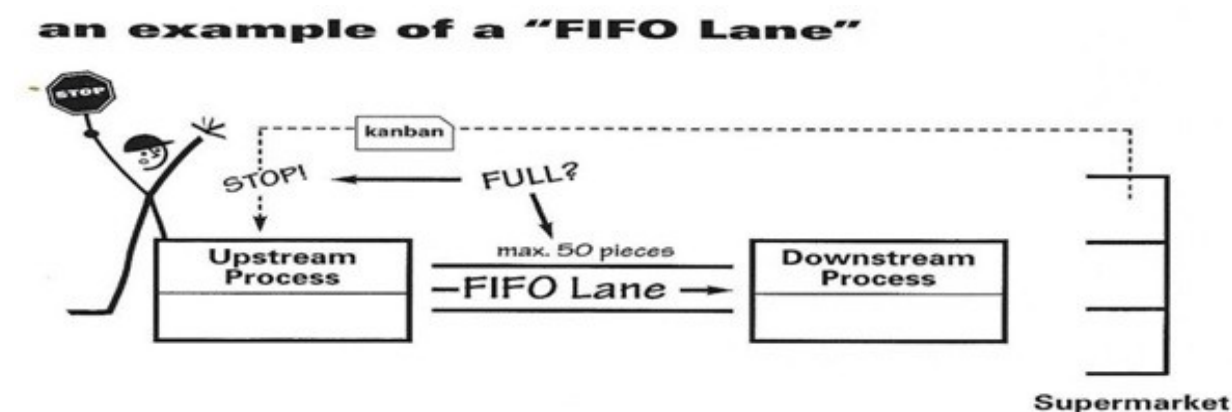


Figura 1.8. Esempio di FIFO lane.

Fonte: Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 48.

## 2. *Sequenced pull system*

In questo caso il processo fornitore produce una quantità prestabilita di parti (spesso un sottoassieme) direttamente all’ordine del processo cliente.

Affinchè il sistema funzioni è necessario che il lead time del processo fornitore sia abbastanza breve da permettergli di produrre su ordinazione e che il processo cliente emetta gli ordini seguendo precise regole.

<sup>106</sup> [https://www.lean.org/Workshops/vsm\\_online\\_demo/glossary.pdf](https://www.lean.org/Workshops/vsm_online_demo/glossary.pdf).

### 1.3.4 Il Processo Pacemaker

In un sistema produttivo lean il *Processo Pacemaker* è quel processo (l'unico) che riceve il programma di produzione; è detto "*pacemaker*" perché imposta il ritmo di lavoro di tutti i processi che si trovano a monte che sono a questo collegati mediante sistemi pull.<sup>107</sup>

Stabilire il punto nel value stream che costituirà il Processo Pacemaker non è facile poiché tale scelta determina anche quali attività del flusso di valore influiranno sul tempo che intercorre dall'ordine del cliente fino alla consegna dei prodotti finiti<sup>108</sup>; inoltre il trasferimento di materiale dalla valle del Processo Pacemaker verso i prodotti finiti deve avvenire secondo un flusso continuo, senza supermercati o sistemi pull poiché questi causerebbero problemi di sincronia con il Pacemaker.<sup>109</sup>

A causa di ciò, il Processo Pacemaker è spesso il più grande processo a flusso continuo di un value stream, di solito coincidente con una cella di assemblaggio finale.<sup>110</sup>

---

<sup>107</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 49.

<sup>108</sup> Ibidem.

<sup>109</sup> Nicoletti, B.; *Gli strumenti del Lean & Digitize. Come migliorare ed automatizzare i processi*; FrancoAngeli editore; 1° edizione 2010; p.186.

<sup>110</sup> Ibidem.

## Capitolo 2. La Value Stream Mapping

La *Value Stream Mapping* (d'ora in avanti VSM), traducibile come “mappatura del flusso del valore”, è una metodologia utilizzata nell'ambito della Lean Production per identificare e visualizzare gli sprechi nei processi produttivi.<sup>111</sup>

La VSM consiste nel disegnare a matita su un foglio di carta, usando opportuni simboli, tutti i processi che compongono il *value stream* del prodotto o servizio che si è scelto di analizzare, partendo dal cliente finale e procedendo a ritroso fino ai fornitori, con l'obiettivo di evidenziare il flusso dei materiali e delle informazioni relativi alla produzione del bene considerato.<sup>112</sup>

L'importanza di tali flussi è tale che è opportuno descriverne le caratteristiche principali.<sup>113</sup>

**flusso dei materiali:** descrive la movimentazione attraverso la fabbrica di materie prime, semilavorati, accessori, pezzi, componenti, materiali; consente di conoscere gli spostamenti e le quantità trasferite delle risorse fra i processi;

**flusso delle informazioni:** racchiude tutte le informazioni necessarie a programmare il lavoro dei processi e a fare andare avanti la produzione.

La VSM si articola in 4 fasi:<sup>114</sup>

1. Selezione della famiglia di prodotti di cui studiare il value stream;
2. Disegno della *Current State Map*, cioè la mappa del value stream relativo allo stato attuale di produzione della famiglia di prodotti scelta.
3. Disegno della *Future State Map*, cioè la mappa del value stream che si otterrebbe una volta eliminati gli sprechi e risolti i problemi rilevati durante il disegno della *Current State Map*.
4. Redazione del piano di lavoro (*Work Plan*), un documento nel quale sono riportate le informazioni necessarie per poter realizzare concretamente il flusso di valore rappresentato nella *Future State Map*.

Nel seguito verranno trattate solo le prime tre fasi.

---

<sup>111</sup> Brown, A.; Amundson, J.; Badurdeen, F., *Sustainable value stream mapping (SUS-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies*, p. 1; Department of Mechanical Engineering, University of Kentucky, Lexington, KY 40506, United States; Journal of Cleaner Production 85 (2014) 164-179; journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro) ; <http://dx.doi.org/10.016/j.jclepro.2014.05.101> ; 0959-6526/© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. (Traduzione propria).

<sup>112</sup>Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*, pp. 3-4.

<sup>113</sup> Ivi, p. 5.

<sup>114</sup> Ivi, p. 9.



## 2.1. Selezione della famiglia di prodotti

Per “famiglia di prodotti” si intende “*un gruppo di prodotti che subiscono step di processo simili condotti con lo stesso set di macchinari*”.<sup>115</sup>

Ci si concentra su una famiglia di prodotti poiché mappare il flusso di valore di ogni singolo prodotto realizzato nell’impianto risulterebbe estremamente complicato.<sup>116</sup>

L’individuazione delle famiglie può essere agevolata, specialmente nel caso di mix produttivi estremamente ampi, ricorrendo ad opportune matrici in cui si riportano in ascissa i processi, le macchine e le attrezzature usate nella produzione e in ordinata i prodotti realizzati all’interno dell’azienda.<sup>117</sup>

Un esempio di matrice del tipo descritto è riportato in Figura 2.1.

**Apex's Product Family Matrix**

		Assembly Steps and Machines							
		end form	pierce	braze	bend	sub-assembly	final assembly	crimp	test
PRODUCTS	automotive	X				X	X	X	X
	truck S	X			X	X	X	X	X
	truck L	X			X	X	X	X	X
	truck A	X			X	X	X	X	X
	heavy truck		X	X	X				X
	heavy equipment	X	X	X	X		X		X

Figura 2.1. Esempio di matrice per l’individuazione delle famiglie di prodotti.

Fonte: Rother, M.; Harris, R.; *op.cit.*; p. 12.

È possibile che per uno stesso cliente vengano individuate più famiglie di prodotti; in questi casi, alcuni criteri per scegliere la famiglia da cui partire possono essere:<sup>118</sup>

- impatto sui *lead time* di produzione e sui magazzini;

<sup>115</sup> Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J.; Korde, V., Mechanical Department, Yeshwantrao Chavan College of Engineering, Nagpur, 440001, Maharashtra, India; *Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit*, pp.7668-7677; 2214-7853 © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. Selection and/or Peer-review under responsibility of International Conference on Emerging Trends in Materials and Manufacturing Engineering (IMME17), Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com); Materials Today: Proceedings 5 (2018) 7668–7677; [www.materialstoday.com/proceedings](http://www.materialstoday.com/proceedings); p. 3. (Traduzione propria).

<sup>116</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*, p. 6.

<sup>117</sup> Ibidem.

<sup>118</sup> Q&O Consulting S.r.l.; Lean Company; <http://www.valuestreammapping.it/>. [12/12/2019].

- volumi e quantità dei prodotti della famiglia;
- visibilità dei prodotti della famiglia agli stakeholders;
- impatto dei prodotti sul cliente;
- nuovi prodotti o nuove linee produttive.

Scelta la famiglia da cui partire, si determinano il numero dei diversi prodotti finiti che la compongono, la quantità di ciascun prodotto richiesta dal cliente e il ritmo di domanda del cliente per ciascun prodotto.<sup>119</sup>

## 2.2 La Current State Map<sup>120</sup>

Il disegno della CSM parte dal cliente finale (o clienti finali) che viene rappresentato nella parte in alto a destra del foglio con l'icona di una fabbrica (icona *Outside Sources* in Fig. 2.3).

Sotto di questa, viene disegnata una “*Data box*”, cioè una casella nella quale si riportano le richieste del cliente finale (Fig. 2.2).

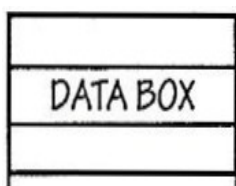


Figura 2.2. Icona Data Box.

Fonte: Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p.16.

Si procede quindi rappresentando i processi base della produzione usando le icone chiamate *Process Box* (icona *Manufacturing Process* in Fig. 2.3).

Per rendere la CSM più maneggevole una *Process Box* non rappresenta un singolo processo ma indica un'area del flusso di valore in cui c'è un flusso di materiale, idealmente un flusso continuo.

In altre parole, se fra più processi esiste un flusso di materiale ed essi sono connessi si utilizzerà una sola *Process Box* per rappresentarli viceversa si disegnerà una *Process Box* per ciascuno di essi.

Al di sotto di ogni *Process Box* si disegna una *Data Box* nella quale si riportano i dati relativi ai processi che la *Process Box* rappresenta, i quali vengono raccolti recandosi presso le aree operative di ciascun processo e prendendo nota in particolare di tutte le informazioni che possono essere utili per progettare lo stato futuro della produzione e per il disegno della *Future State Map*.

<sup>119</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*, p. 6.

<sup>120</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*, pp. 16-31.

Rother e Shook (1999) hanno stilato una possibile lista di informazioni di processo da cui partire per redigere la CSM:<sup>121</sup>

**Cycle Time (C/T):** è il tempo di ciclo, cioè l'intervallo di tempo, espresso in secondi, che intercorre tra l'uscita consecutiva di due prodotti da un processo.

**Changeover Time (C/O):** è il tempo necessario a un processo per eseguire un riattrezzaggio, cioè passare dalla produzione di una tipologia di prodotto ad una diversa.

**Numero di operatori:** è il numero di persone necessarie all'esecuzione di un processo; è indicato affianco all'icona "operatore" rappresentata nella Process box del processo (icona *Operator* in Fig. 2.3);

**Numero delle tipologie di prodotti:** è il numero delle diverse tipologie di prodotti realizzate da un processo.

**Uptime dei macchinari (Machine Uptime):** è definito come il tempo in cui la macchina funziona o è in grado di funzionare<sup>122</sup>; esso può essere calcolato utilizzando le formule seguenti:<sup>123</sup>

$$Uptime = \frac{\text{tempo operativo attuale}}{\text{tempo di lavoro disponibile}} \quad (2.1)$$

- oppure -

$$Uptime = \frac{\text{tempo di lavoro disponibile} - \text{tempo di riattrezzaggio}}{\text{tempo di lavoro disponibile}} \times 100. \quad (2.2)$$

**Available Working Time (tempo di lavoro disponibile):** è il tempo, per ogni turno di lavoro, a disposizione di un processo per eseguire le lavorazioni ad esso assegnate, tolti i tempi di pulizia delle stazioni di lavoro, delle pause e delle riunioni tecniche. È espresso in secondi;

**Scrap rate:** è il tasso di scarto del processo.

**Pack Size:** è la quantità di prodotti contenuta in una confezione da consegnare al cliente.

**EPEI:** acronimo per "every part every interval" (ogni parte in ogni intervallo), tale parametro indica quanto spesso un processo si riattrezza per produrre tutte le tipologie di prodotti.<sup>124</sup>

<sup>121</sup> Definizioni tratte da: Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*; pp. 19-20.

<sup>122</sup> Harris, R.; Harris, C.; *Lean Connections. Making Information Flow Efficiently and Effectively*; CRC Press, 2008, p. 80. (Traduzione propria).

<sup>123</sup> P. M. Masuti and U. A. Dabade, *Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company*, Materials Today: Proceedings, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740>.

<sup>124</sup> Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*; p. 54. (Traduzione propria).

È importante riportare sulla CSM anche le zone dell'impianto in cui si hanno materiali accumulati in attesa di essere processati come scorte, materie prime, semilavorati, ecc.; queste aree possono essere individuate mentre si attraversa l'impianto per raccogliere le informazioni sui processi ed è importante riportarle sulla mappa poiché sono punti in cui il value stream si interrompe.

Queste zone si rappresentano sulla CSM con l'icona *Inventory* (Fig. 2.3), sotto la quale si riportano la quantità accumulata e il tempo di giacenza del materiale nella zona considerata.

Il passo successivo è quello di rappresentare il flusso dei materiali e quello delle informazioni.

Riguardo il flusso dei materiali, esso può essere visto come l'insieme di tre componenti:

### **1. Flusso dei materiali diretto dai fornitori all'impianto di produzione**

I fornitori si rappresentano nella parte in alto a sinistra del foglio usando la stessa icona usata per rappresentare i clienti, disegnando sotto ogni fornitore la relativa Data Box con le informazioni, come quantità e tipologia, dei materiali forniti.

Il flusso dei materiali dai fornitori all'impianto si rappresenta con una freccia bianca (Fig. 2.3) diretta verso i processi che elaborano per primi le materie prime, associata ad un'icona, ad esempio un camion (icona *Truck Shipment* in Fig. 2.3.), treno, ecc. che descrive la modalità di consegna e al cui interno si riporta la frequenza di consegna;

### **2. Flusso dei materiali diretto dall'impianto di produzione ai clienti**

In questo caso si disegna una freccia bianca che parte dall'ultimo processo dell'impianto, associata ad un'icona (camion, ecc.) per indicare la modalità e la frequenza di consegna dei prodotti finiti ai clienti.

### **3. Flusso dei materiali tra i processi di produzione**

Per rappresentare il flusso dei materiali fra i processi occorre prima studiare come avvengono i trasferimenti di materiale fra questi, il che può essere fatto durante la fase di raccolta delle informazioni. Questo passaggio consente di rilevare i processi che stanno lavorando secondo una logica di tipo *push*, cioè seguendo un proprio programma di lavoro.

In questi casi, il flusso di materiale "spinto" si rappresenta con l'icona *Push Arrow* (Fig. 2.3) disegnata fra i processi interessati dal flusso *push* e diretta dal processo a monte a quello a valle.

Il flusso delle informazioni si rappresenta nella parte alta della CSM partendo dal cliente finale e proseguendo verso i fornitori, quindi da destro verso sinistra.

Nel caso le informazioni vengano inviate attraverso sistemi elettronici, ad esempio sistemi MRP, fax o computer, si utilizza una freccia sottile a *zig zag* per distinguerle da quelle trasmesse mediante sistemi manuali, rappresentate invece con una freccia sottile diritta (icone *Manual Information Flow* e *Electronic Information Flow* in Fig. 2.3); per spiegare il significato di ciascuna freccia, si disegnano sopra di esse delle piccole Data Box.

Per quanto riguarda il flusso di informazioni relativo alle previsioni di domanda e agli ordini di produzione, esso costituisce un flusso di informazioni di natura differente per cui va rappresentato in maniera distinta dai flussi di informazioni descritti in precedenza.

Nel caso i flussi di informazioni siano complessi, sulla CSM si rappresenta l'icona *Go see* (“vai a vedere”) per indicare la necessità di modificare i programmi di produzione basandosi sul controllo dei livelli di scorte (Fig. 2.3).

La CSM si completa disegnando la *Timeline* sotto le Process Box e le icone *Inventory*, riportando su di essa:

1. il *value-adding time*<sup>125</sup> o il *processing time*<sup>126</sup> per ogni processo del flusso di valore;
2. il *lead time* relativo a ciascun deposito di materiale<sup>127</sup>, di solito espresso in giorni, calcolato dividendo la quantità di materiale presente nel deposito considerato per la quantità giornaliera di prodotto richiesta dal cliente.<sup>128</sup>

La Timeline consente di confrontare il lead time totale di produzione, stimato sommando i lead time di ogni processo e quelli relativi ai depositi di materiale, e il tempo di processo totale, o il tempo di valore aggiunto totale, ottenuto sommando i tempi di processo o di valore aggiunto di ogni processo del value stream.

In Figura 2.3 sono riportate le icone principali utilizzate nella Value Stream Mapping.

---

<sup>125</sup>Il *value-adding time*, traducibile letteralmente come “tempo di valore aggiunto”, è “*il tempo impiegato per fare qualcosa che crea un beneficio per il quale il cliente è disposto a pagare*”. Definizione tratta da: Martin, C., *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks*, 3<sup>rd</sup> Edition, Financial Times Series, Financial Times/Prentice Hall, Pearson Education, 2005, p. 155. (Traduzione propria).

<sup>126</sup> Il *processing time*, traducibile letteralmente come “tempo di processo”, è “*il tempo durante il quale si lavora sul prodotto (quando si sta aggiungendo valore)*”. Definizione tratta da: Szwejczewski, M.; Jones, M., *Learning From World Class Manufacturers*, EBL ebooks online, Editore Springer, 2012, p. 114. (Traduzione propria).

<sup>127</sup> Il *lead time* in questo caso è il tempo in cui rimangono accumulati i materiali nel deposito considerato.

<sup>128</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 30.

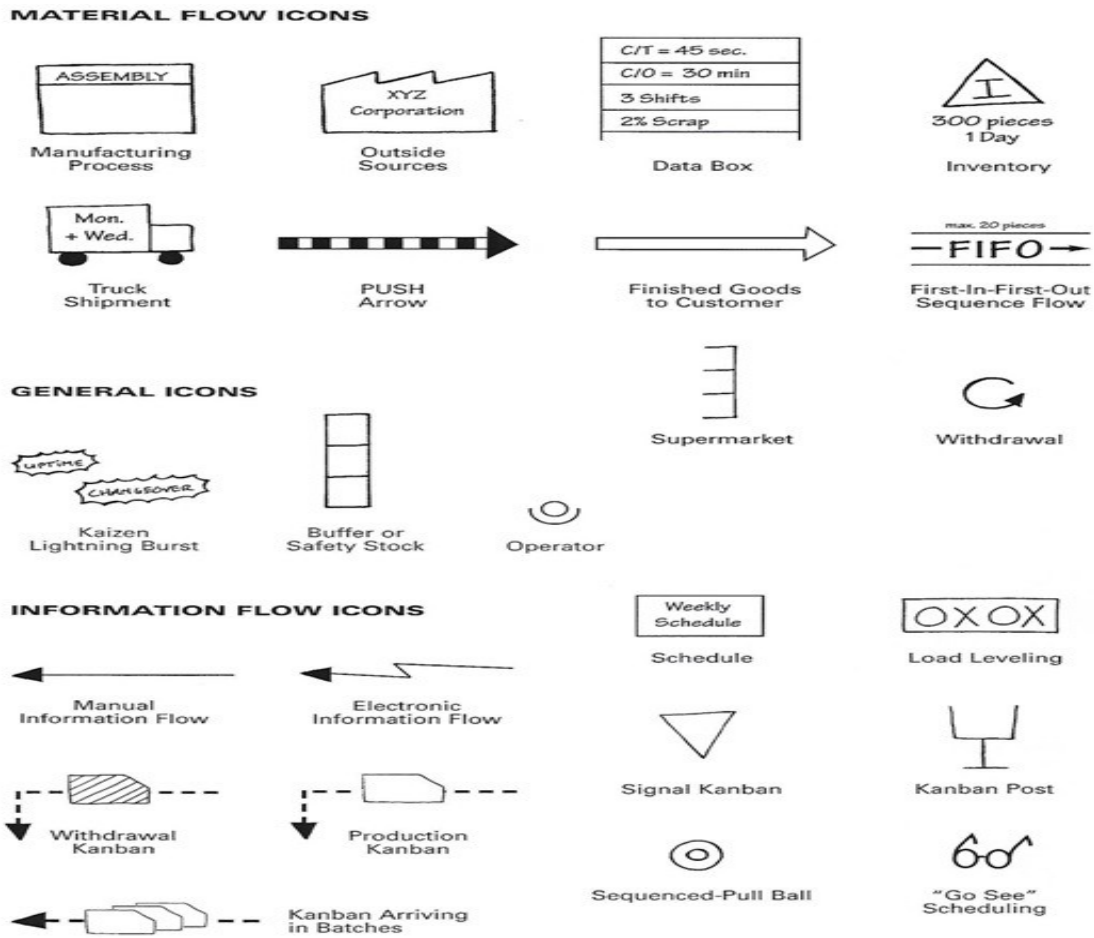


Figura 2.3. Icone principali della Value Stream Mapping.

Fonte: Rother, M.; Shook, J., *op. cit.*; p. 114.

## 2.3. La Future State Map

La Future State Map (d'ora in avanti FSM) è la mappa del flusso di valore della famiglia di prodotti scelta che si otterrebbe una volta apportate le modifiche ritenute necessarie per eliminare le fonti di spreco e risolvere i problemi evidenziati durante il disegno della CSM, in modo da ottenere un flusso di produzione continuo in cui ciascun processo lavora esclusivamente solo ciò che viene richiesto dal proprio processo cliente, nella quantità richiesta e quando questi lo richiede.<sup>129</sup>

Il disegno della FSM è condotto in diverse iterazioni, in ciascuna delle quali viene realizzata una mappa che descrive uno step di miglioramento del value stream della famiglia di prodotti considerata.

Il carattere iterativo è legato al fatto che, come affermano Rother e Shook (1999), parte delle criticità e dei problemi presenti nel flusso di valore attuale (*current state*) dipendono da fattori difficilmente modificabili nell'immediato come il progetto del prodotto, macchinari già

<sup>129</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 57. (Traduzione propria).

acquistati per la lavorazione e attività in zone lontane nell'impianto; gli autori consigliano quindi di realizzare una prima mappa nella quale si cerca di eliminare gli sprechi non causati da questi fattori, i quali potranno poi essere presi in considerazione nelle iterazioni successive.<sup>130</sup>

Per la realizzazione della prima FSM Rother e Shook (1999) hanno definito una procedura strutturata in otto step.<sup>131</sup>

***Step 1. Calcolare il “Takt Time” di produzione basandosi sul tempo di lavoro disponibile dei processi a valle che sono più vicini al cliente finale.***

Il *Takt Time* è un numero che indica quanto spesso dovrebbe essere realizzata una parte o un prodotto, in base al ritmo delle vendite, per poter incontrare la domanda dei clienti.<sup>132</sup>

Il *Takt Time* si calcola applicando la formula seguente.<sup>133</sup>

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo effettivo di lavoro disponibile in un turno}}{\text{Domanda del cliente in un turno di lavoro}} \quad (2.3)$$

Per eseguire il calcolo è necessario quindi conoscere:

**1. Tempo effettivo di lavoro disponibile in un turno<sup>134</sup>**

Il tempo di lavoro disponibile in un turno, solitamente espresso in secondi/turno, viene calcolato sottraendo al tempo totale del turno i tempi delle pause programmate per gli operatori, delle riunioni, delle pulizie, ecc.

Nell'eseguire il calcolo è importante *non* sottrarre i tempi di inattività delle macchine, dei riattrezzaggi o degli altri eventuali problemi interni alla produzione perché il *Takt Time* deve rappresentare l'*attuale* ritmo di domanda del cliente.

**2. Domanda del cliente in un turno di lavoro<sup>135</sup>**

Solitamente la domanda del cliente è espressa in unità/giorno o unità/settimana; nota questa, è possibile determinare la domanda del cliente in un turno di lavoro applicando la formula seguente:

<sup>130</sup> Ibidem. (Traduzione propria).

<sup>131</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 58. (Traduzione propria).

<sup>132</sup> Ivi, p. 44.

<sup>133</sup> Ibidem.

<sup>134</sup> Rother, M., Harris, R., *op. cit.*, p. 25.

<sup>135</sup> Ibidem.

$$\text{Domanda in unità/turno} = \frac{\text{Domanda in unità/giorno (o unità/settimana)}}{\text{Numero turni/giorno (o settimana)}} \quad (2.4)$$

Sulla base di (2.1) e (2.2) è possibile ricavare l'unità di misura del Takt Time:

$$[\text{Takt Time}] = \frac{\text{secondi/turno}}{\text{unità/turno}} = \frac{\text{secondi}}{\text{unità}} \quad (2.5)$$

Il Takt Time viene espresso in secondi/unità per due motivi principali:<sup>136</sup>

1. rendere più semplice la sua comprensione a tutto il personale coinvolto nella produzione;
2. descrivere gli attuali ritmi di produzione.

Il Takt Time è usato per coordinare il ritmo di produzione con quello delle vendite, in particolare al Processo Pacemaker<sup>137</sup>; infatti, confrontando il suo tempo di ciclo con il Takt Time, si può conoscere il ritmo al quale il Processo Pacemaker deve realizzare un prodotto per incontrare la domanda dei clienti.<sup>138</sup>

A questo proposito, è opportuno far lavorare il Processo Pacemaker ad un ritmo che sia il più vicino possibile al Takt Time.<sup>139</sup>

In alcuni casi tuttavia, come nel caso in cui si lavora a ciclo continuo, è necessario lavorare con un tempo di ciclo leggermente più basso del Takt Time, cioè più velocemente, perché non ci sarebbe tempo a disposizione poter recuperare eventuali ritardi nella produzione in caso di guasti nei macchinari o nei sistemi di gestione dei materiali.<sup>140</sup>

Produrre più rapidamente rispetto al Takt Time, se fatto costantemente, può tuttavia aumentare il rischio di andare in sovrapproduzione e richiedere l'impiego di operatori aggiuntivi, oltre che nascondere i problemi di produzione e limitare la capacità di trovarne le cause.<sup>141</sup>

Un importante aspetto da considerare nel calcolo del Takt Time è la fluttuazione della domanda dei clienti; può accadere infatti che, come nel caso in cui i prodotti siano destinati ad impianti clienti i cui Takt Time non cambiano spesso, la domanda si mantenga abbastanza costante rendendo facile determinare la domanda giornaliera o settimanale da usare nei calcoli.

<sup>136</sup> Ivi, p. 26.

<sup>137</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 44.

<sup>138</sup> Rother, M.; Harris, R.; *op. cit.*; p. 26.

<sup>139</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 59.

<sup>140</sup> Rother, M., Harris, R., *op. cit.*, p. 27.

<sup>141</sup> Ibidem.



Tuttavia può accadere che la domanda media di lungo periodo e l'attuale domanda giornaliera differiscano fra loro<sup>142</sup>; in questo caso, per stabilire l'intervallo temporale rispetto al quale determinare la domanda del cliente per il calcolo del Takt Time, Rother ed Harris (2001) suggeriscono di controllare il range di variazione della domanda esaminando le spedizioni effettive relative agli ultimi 12 mesi.

Per gestire eventuali picchi occasionali della domanda gli stessi autori affermano che la soluzione migliore è quella di lavorare con un Takt Time costante, basato sulla domanda media di lungo periodo, utilizzando anche un magazzino tampone di prodotti finiti o eseguire alcuni straordinari in modo da non interrompere la fornitura dei prodotti ai clienti.<sup>143</sup>

***Step 2. Stabilire se produrre per un supermercato di prodotti finiti o direttamente per la spedizione al cliente.***

La scelta tra produrre direttamente per la spedizione al cliente (in inglese *Make to Order*) o stoccare i prodotti finiti in un apposito supermercato dipende da diversi fattori, quali:<sup>144</sup>

- pattern di acquisto del cliente, cioè la quantità e la tipologia dei prodotti richiesti;
- affidabilità dei propri processi produttivi;
- caratteristiche dei prodotti che si realizzano.

Nella produzione per un supermercato di prodotti finiti l'ordine del cliente viene inviato dal Dipartimento di controllo della Produzione al reparto di spedizione per mezzo di uno o più Kanban di ritiro, a seconda delle tipologie di prodotti richieste; l'operatore addetto si reca presso il supermercato di prodotti finiti e ritira quanto riportato nei Kanban; contemporaneamente, pone in un apposito raccoglitore (Kanban Post, vedi Fig. 2.3) i Kanban di produzione necessari al processo a monte per avviare il ripristino nel supermercato dei prodotti appena ritirati.<sup>145</sup>

La seconda soluzione prevede invece che l'ordine del cliente sia trasmesso, tramite Kanban di produzione, direttamente al Processo Pacemaker che invia, una volta completati, i prodotti al reparto spedizioni per la consegna al cliente finale.<sup>146</sup>

---

<sup>142</sup> Ivi, p. 26.

<sup>143</sup> Ivi, p. 27.

<sup>144</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 58.

<sup>145</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*, p. 60-61. (Traduzione propria).

<sup>146</sup> Ibidem.

***Step 3. Individuare i punti del value stream in cui è possibile implementare un flusso continuo di produzione.***

Partendo dai dati sui processi del value stream rappresentati nella Current State Map, si può pensare di introdurre un flusso continuo fra quei processi che risultano dedicati alla realizzazione della stessa famiglia di prodotti, che hanno tempi di ciclo simili fra loro e abbastanza prossimi al Takt Time e collocati vicini nel ciclo produttivo.<sup>147</sup>

Rother e Shook (1999) suggeriscono di implementare inizialmente un sistema combinato di flusso continuo e supermercati (o sistemi FIFO), per poi passare al flusso continuo vero e proprio quando si sarà riusciti, attraverso opportune azioni Kaizen, a ridurre i tempi dei riattrezzaggi, a migliorare l'affidabilità dei processi e ad organizzare le attrezzature per una produzione in linea.<sup>148</sup>

Una volta individuati i processi fra i quali si può realizzare il flusso continuo, l'approccio *lean* prevede di posizzarli uno di seguito all'altro immediatamente adiacenti, solitamente organizzandoli in una *cella di produzione*.<sup>149</sup>

Sulla Future State Map si rappresenterà quindi un'unica Process Box, ottenuta dalla combinazione delle Process Boxes dei processi collegati<sup>150</sup>, nella cui Data Box si riporteranno le informazioni relative alla futura cella, concepite in base ai tempi di ciclo dei processi combinati, al Takt Time di produzione e alle attività da svolgere nella cella, studiando opportune azioni di Kaizen per migliorare le prestazioni dei processi al fine di ottenere un flusso continuo e fare in modo che le attività siano distribuite fra gli operatori impiegati nella cella cosicché essi lavorino sempre appena sotto il Takt Time.<sup>151</sup>

***Step 4. Individuare i punti del value stream in cui è necessario collocare sistemi pull a supermercato per controllare la produzione dei processi a monte***

Sulla base dei risultati ottenuti allo Step 3 e facendo riferimento a quanto detto nel paragrafo 1.3.2, i processi che non è stato possibile combinare con altri per realizzare un flusso continuo si programmeranno attraverso sistemi pull a supermercato.

Tuttavia occorre considerare che l'obiettivo reale di un sistema *lean* è quello di collegare tutti i processi del value stream in un flusso continuo, per cui i supermercati saranno impiegati solo

<sup>147</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 62. (Traduzione propria).

<sup>148</sup> Ivi, p. 45. (Traduzione propria).

<sup>149</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 62. (Traduzione propria).

<sup>150</sup> Ivi, p. 45. (Traduzione propria).

<sup>151</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 63-64. (Traduzione propria).

fino a quando non saranno state migliorate, attraverso opportune azioni Kaizen, le prestazioni dei processi che attualmente sono gestiti attraverso sistemi pull.<sup>152</sup>

### ***Step 5. Stabilire quale punto del value stream sarà il Processo Pacemaker***

La decisione di quale processo del flusso di valore sarà il Pacemaker è estremamente importante in quanto, come già detto nel paragrafo 1.3.3, sarà il processo che riceverà le istruzioni di produzione e coordinerà il lavoro dei processi a monte.

Poiché il trasferimento dei materiali a valle del Pacemaker deve avvenire in un flusso continuo<sup>153</sup>, sulla base dei risultati ottenuti agli Step 3 e 4, il processo del value stream a valle del quale non si prevede l'impiego di sistemi pull costituirà il Processo Pacemaker del value stream futuro.<sup>154</sup>

Sulla Future State Map il Processo Pacemaker sarà quindi il processo controllato direttamente dagli ordini dei clienti finali e quello più vicino ad essi.<sup>155</sup>

Tuttavia, nel caso in cui la produzione riguardi prodotti personalizzati, cioè con caratteristiche uniche, e sia organizzata per reparti, è spesso necessario programmare il value stream in un punto a monte più lontano dal cliente; in questo caso, a valle del Processo Pacemaker, è solitamente realizzata una FIFO Lane per ottenere un flusso continuo con il cliente.<sup>156</sup>

### ***Step 6. Definire una modalità di livellamento del mix produttivo al Processo Pacemaker***

Per “livellamento del mix produttivo” si intende distribuire equamente, su un dato periodo di tempo, la produzione delle differenti tipologie di prodotti della famiglia.<sup>157</sup>

Ciò è necessario perché realizzare grandi lotti di una sola tipologia di prodotto alla volta rende difficile poter fornire nello stesso momento prodotti di tipo diverso al cliente con un lead time basso, a meno di non mantenere un'elevata quantità di scorte delle componenti necessarie alla produzione a monte del Pacemaker e di prodotti finiti a valle<sup>158</sup>; la produzione in lotti inoltre tende a generare picchi di domanda per particolari componenti che vengono inviati ai processi a monte, rendendo necessario disporre presso tali processi di maggiori inventari di materiale per gestire tali picchi.<sup>159</sup>

---

<sup>152</sup> Ivi, p. 45.

<sup>153</sup> Vedi Paragrafo 1.3.3.

<sup>154</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 72.

<sup>155</sup> Ivi, p. 49.

<sup>156</sup> Ibidem.

<sup>157</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 50.

<sup>158</sup> Rother, M.; Harris, R.; *op. cit.*; p. 87.

<sup>159</sup> Ivi, p. 92.

Con il livellamento della produzione si stabilisce invece, per ciascuna tipologia di prodotto, la dimensione del lotto più appropriata da realizzare prima di passare ad un prodotto diverso.<sup>160</sup>

Maggiore è il grado di livellamento realizzato maggiore sarà la capacità del Processo Pacemaker di rispondere alle differenti richieste dei clienti con un lead time di produzione breve, mantenendo solo un piccolo inventario di prodotti finiti e permettendo anche di ridurre le dimensioni dei supermercati di parti nei processi upstream.<sup>161</sup>

Un livellamento efficace del mix viene raggiunto realizzando un numero maggiore di lotti costituiti dal minor numero possibile di prodotti; in questo senso, il numero di lotti diviene un fattore importante nella progettazione della FSM, poiché influisce sul grado di livellamento del mix di produzione.<sup>162</sup>

In questa fase un importante fattore da considerare è la sequenza con cui realizzare i prodotti in quanto essa influenza le performance del processo produttivo; infatti, dato che possono essercene diverse, è fondamentale scegliere la migliore per il proprio caso.<sup>163</sup>

A questo proposito, la scelta va fatta tenendo conto di diversi fattori come, ad esempio, la dimensione dei supermercati di parti e il numero di riattrezzaggi richiesti da ciascuna sequenza.<sup>164</sup>

Per eseguire il livellamento del mix occorre passare molto velocemente da una tipologia di prodotto all'altra; ciò può essere fatto aumentando la frequenza dei riattrezzaggi, mantenendo nel Processo Pacemaker, a portata di mano degli operatori, le attrezzature e i componenti necessari a realizzare le diverse tipologie di prodotto e predisponendo opportuni dispositivi di sicurezza per prevenire l'assemblaggio di componenti sbagliati.<sup>165</sup>

Il grado di lottizzazione di un processo, ed anche del Pacemaker, può essere misurato attraverso il parametro EPEI, già definito nel paragrafo 2.2; valori appropriati per il Processo Pacemaker sono  $EPEI = 1$  finestra di spedizione oppure  $EPEI = 1$  giorno.<sup>166</sup>

Il livellamento del mix si indica sulla Future State Map con l'icona *Load Leveling* riportata in Figura 2.3.

---

<sup>160</sup> Ivi, p. 88.

<sup>161</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 50.

<sup>162</sup> Taho, Y.; Yiyo, K.; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization*; Institute of Manufacturing Information and Systems, National Cheng Kung University, Tainan 701, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University of Technology, New Taipei City 243, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University, Hsinchu 300, Taiwan; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.010> ; 0278-6125/© 2014 The Society of Manufacturing Engineers. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.; *Journal of Manufacturing Systems* 34 (2015) 66–73; journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jmansys](http://www.elsevier.com/locate/jmansys) ; p. 3. (Traduzione propria).

<sup>163</sup> Ibidem.

<sup>164</sup> Ibidem.

<sup>165</sup> Ivi, pp. 73-74.

<sup>166</sup> Rother, M.; Harris, R.; *op. cit.*; p. 92.

***Step 7. Definire un “incremento di lavoro” in base al quale rilasciare le istruzioni di produzione e ritirare i prodotti finiti dal Processo Pacemaker***

Per “incremento di lavoro”, indicato nel gergo della Lean Production con il termine *Pitch*, si intende la frequenza con la quale si forniscono al Processo Pacemaker le istruzioni di produzione e si ritirano da esso i prodotti finiti<sup>167</sup>; nei sistemi produttivi *lean* costituisce l’unità di base per programmare la produzione di una famiglia di prodotti al Processo Pacemaker.<sup>168</sup>

Il Pitch si calcola con la formula seguente:<sup>169</sup>

$$Pitch = Q_{CFZ} \times Takt\ time\ [secondi\ o\ minuti] \quad (2.6)$$

in cui il Takt Time è quello relativo alla famiglia da realizzare nel Pacemaker mentre  $Q_{CFZ}$  corrisponde ad una quantità di prodotti che consente di programmare in maniera funzionale il ritiro dei prodotti finiti dal Pacemaker e l’invio ad esso di nuove istruzioni di produzione.<sup>170</sup>

Spesso, nel calcolo del Pitch, si considera come  $Q_{CFZ}$  la quantità contenuta in una confezione da spedire al cliente; ciò vuol dire che, ad ogni Pitch, si realizzerà una quantità di prodotti corrispondente ad una confezione da inviare al cliente finale.<sup>171</sup>

Il concetto di Pitch può essere spiegato in questi termini: ad ogni intervallo di tempo pari a un Pitch si forniscono al Processo Pacemaker le istruzioni di produzione relative ai prodotti che devono essere realizzati in quel Pitch e, contemporaneamente, si ritirano i prodotti realizzati durante il Pitch precedente; in questo modo si esegue la programmazione del Pacemaker ad ogni Pitch il che consente di rispettare il Takt Time, rispondere rapidamente a eventuali problemi in produzione e controllare a intervalli regolari le performance produttive del sistema rispetto alla domanda dei clienti.<sup>172</sup>

Noto il Pitch, l’invio delle istruzioni di produzione al Pacemaker avviene tramite Kanban In Process, ciascuno dei quali corrisponde ad uno specifico prodotto della famiglia e riguarda l’istruzione di produzione relativa ad una quantità di materiale pari ad un Pitch.<sup>173</sup>

La sequenza con cui realizzare i diversi prodotti della famiglia e il ritmo con il quale inviare al Pacemaker le istruzioni di produzione vengono di solito stabiliti ricorrendo ad uno strumento

<sup>167</sup>Definizione tratta da: Lean Enterprise Institute, *Glossary of Value Stream Mapping Terms*, [https://www.lean.org/Workshops/vsm\\_online\\_demo/glossary.pdf](https://www.lean.org/Workshops/vsm_online_demo/glossary.pdf). [25/08/2020]

<sup>168</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; pp. 51-52.

<sup>169</sup> Adattato da Rother, M.; Harris, R.; *op. cit.*; p. 90.

<sup>170</sup> Ibidem.

<sup>171</sup> Ibidem.

<sup>172</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; pp. 51-52.

<sup>173</sup> Adattato da Smalley, A., *op. cit.*; p. 37-43.

noto come *Heijunka Box* o *Load leveling box* (vedi esempio in Fig. 2.4), ritenuto dai pensatori snelli il miglior metodo per questo scopo.<sup>174</sup>

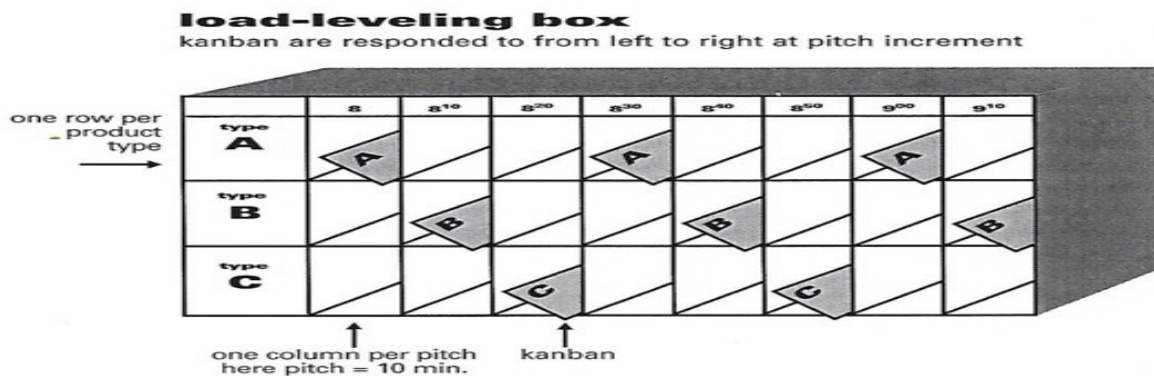


Figura 2.4. Esempio di Heijunka Box.

Fonte: Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 52.

L'Heijunka Box è una scatola in cui le colonne indicano gli intervalli di Pitch e le righe le diverse tipologie di prodotti; i Kanban vengono posti nelle varie caselle secondo una sequenza in base al tipo di prodotto che si deve realizzare.<sup>175</sup>

Per gestire il ritiro dei prodotti dal Processo Pacemaker il sistema Heijunka viene combinato con un altro strumento, il *Paced Withdrawal*<sup>176</sup>, letteralmente “ritiro cadenzato” (vedi esempio in Fig. 2.5).

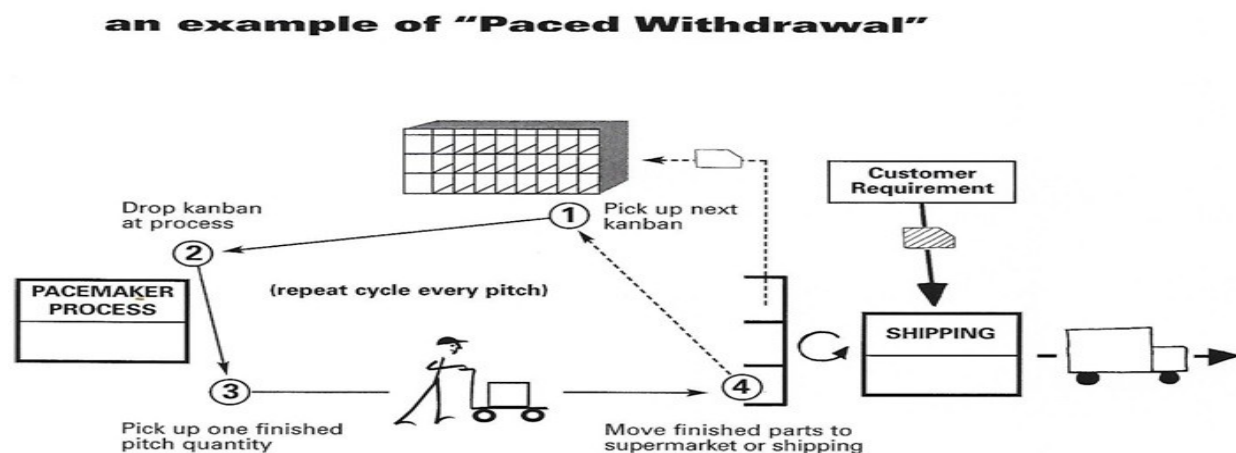


Figura 2.5. Esempio di Paced Withdrawal combinato con Heijunka Box.

Fonte: Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 53.

<sup>174</sup> Ibidem.

<sup>175</sup> Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 52.

<sup>176</sup> Ivi, p. 51.

Il Paced Withdrawal viene condotto in 4 step e ripetuto ad ogni Pitch:<sup>177</sup>

1. all'inizio di un Pitch l'operatore addetto al trasporto dei materiali si reca alla Heijunka Box e ritira i Kanban di produzione relativi ai prodotti che devono essere realizzati durante il Pitch;
2. l'operatore consegna al Processo Pacemaker i Kanban di produzione ritirati dalla Heijunka Box;
3. contemporaneamente l'operatore ritira dal Processo Pacemaker la quantità di prodotto realizzata durante il Pitch appena trascorso;
4. trasporta i prodotti ritirati al supermercato di prodotti finiti o al punto di stazionamento per la spedizione diretta al cliente finale. Alla spedizione dei prodotti, i Kanban di produzione relativi ai prodotti venduti vengono ricollocati nella Heijunka Box in modo che quei prodotti vengano di nuovo realizzati.

***Step 8. Definire quali miglioramenti sono necessari nel processo produttivo per far fluire il value stream come da progetto dello stato futuro***

Negli step precedenti sono state elaborate le idee per risolvere i problemi della produzione iniziale e realizzare un processo produttivo avente le caratteristiche di un sistema *lean*; annotando queste sulla Current State Map con una matita rossa, si ottiene un'immagine di come apparirebbe il value stream privo degli sprechi e dei problemi della produzione iniziale, cioè di quale sarebbe lo stato futuro della produzione<sup>178</sup>; in particolare, ciò che si ricava è una rappresentazione dei flussi dei materiali e delle informazioni che si prevedono di avere una volta realizzate in concreto le idee formulate nei sette step precedenti.<sup>179</sup>

Il passo finale è quello di considerare le modifiche da apportare affinché il value stream attuale fluisca come quello dello stato futuro<sup>180</sup>; a questo proposito, si utilizzano opportune icone, le *Kaizen Lightning Burst* (vedi Fig. 2.3), rappresentate nei punti del processo produttivo in cui occorre intervenire, annotando in esse la soluzione da implementare in quel punto come la necessità di ridurre i tempi di riattrezzaggio, aumentare il tempo di attività dei macchinari oppure introdurre miglioramenti nelle procedure di lavoro<sup>181</sup>. Noti quindi il flusso dei materiali e delle informazioni dello stato futuro e stabiliti i miglioramenti Kaizen da realizzare per ottenerli, si può disegnare la Future State Map della famiglia di prodotti considerata.<sup>182</sup>

<sup>177</sup> Adattato da Rother, M.; Shook, J.; *op. cit.*; p. 53.

<sup>178</sup> Ivi, p. 57.

<sup>179</sup> Ivi, p. 77.

<sup>180</sup> Ivi, p. 58.

<sup>181</sup> Ibidem.

<sup>182</sup> Ivi, p. 77.

## Capitolo 3. Casi di studio

### 3.1 Case Study 1: Value Stream Mapping applicata ad un impianto di produzione di sacchetti di plastica.<sup>183</sup>

In questo caso di studio Deshkar [et. al.] hanno applicato la VSM all'azienda XYZ situata a MIDC, Nagpur, Maharashtra, che si occupa della produzione di sacchetti e fogli di plastica usati per lo stoccaggio degli esplosivi.

L'azienda XYZ realizza tre tipologie di prodotti: fogli LDP (polietilene a bassa densità), sacchetti LDP Layflat e sacchetti LDP.

Il Dipartimento di Controllo della Produzione (PCD) di XYZ gestisce tutte le richieste dei clienti e gli ordini delle materie prime ed è responsabile di soddisfare le esigenze dei clienti nei tempi previsti.

L'azienda XYZ lavora 24 ore al giorno in 3 turni di 8 ore ciascuno per 6 giorni/settimana, con pausa pranzo di 30 minuti e pausa tè di 15 minuti ogni turno.

La famiglia di prodotti scelta per l'analisi del flusso di valore è quella dei sacchetti LDP, di cui è riportato lo schema del processo di fabbricazione in Figura 3.1.

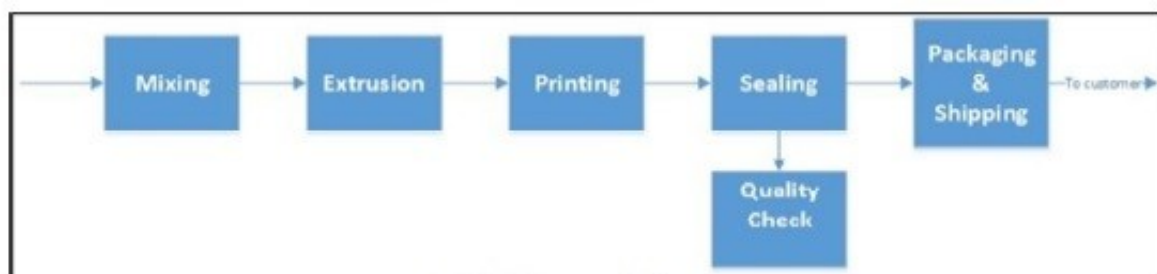


Figura 3.1. Schema del processo di fabbricazione dei sacchetti LDP.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

Il processo di fabbricazione dei sacchetti LDP è costituito da 6 lavorazioni:

1. *Mescolamento*: il 52% in peso di granuli di LLDP (Linear Low Density Polyethylene) vengono mescolati con il 48% in peso di granuli di LDP (Low Density Polyethylene); questi vengono prima mescolati in rapporto ai loro pesi e successivamente inviati all'estrusore.

<sup>183</sup>Il caso di studio qui riportato è stato tratto da: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, V., Mechanical Department, Yeshwantrao Chavan College of Engineering, Nagpur, 440001, Maharashtra, India; *Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit*, pp.7668-7677; 2214-7853 © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. Selection and/or Peer-review under responsibility of International Conference on Emerging Trends in Materials and Manufacturing Engineering (IMME17), Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com); Materials Today: Proceedings 5 (2018) 7668–7677; [www.materialstoday.com/proceedings](http://www.materialstoday.com/proceedings). (Traduzione propria).



2. *Estrusione*: l'estrusore riscalda i granuli fino a fonderli ed estrude un lungo tubo di plastica cavo. Per facilitarne il trasporto, il tubo viene arrotolato su rulli di cartone che sono spediti alla macchina per la stampa;
3. *Stampa*: vengono stampati su entrambi i lati del rotolo il logo e le altre informazioni importanti di prodotto;
4. *Sigillatura a caldo*: dopo essere stati tagliati alla lunghezza desiderata, i rotoli vengono contemporaneamente sigillati a caldo ad un'estremità;
5. *Controllo qualità*;
6. *Confezionamento*: dopo l'operazione di taglio e saldatura, vengono ricavati 500 sacchetti di plastica da ciascun rotolo che vengono poi inviati al reparto di imballaggio e spedizione dove sono confezionati il lotti da 500 unità pronti per la spedizione al cliente.

### 3.1.1 Disegno della Current State Map

Per il disegno della Current State Map, sono state raccolte le seguenti informazioni:

- tempi di ciclo, di riattrezzaggio e di attività per ogni processo;
- quantità di inventario per ciascun processo;
- sequenza delle operazioni di produzione;
- numero di lavoratori per ogni operazione;
- numero di ore lavorative, dei turni e delle pause;
- il cliente finale richiede 60 tonnellate di prodotto al mese;
- l'azienda XYZ deve soddisfare anche una richiesta settimanale di 15 tonnellate;
- il cliente finale invia elettronicamente l'ordine al Dipartimento di Produzione di XYZ 5 giorni prima della previsione;
- l'azienda XYZ ha un Memorandum of Understanding (protocollo d'intesa) con i fornitori di materie prime secondo il quale essa deve ordinare una quantità mensile fissa a prezzo scontato;
- per la produzione della famiglia di sacchetti LDP devono essere ordinate mensilmente 40 tonnellate di LLDP e 20 tonnellate di LDP, acquistate dallo stesso fornitore;
- le materie prime sono consegnate come una combinazione di entrambe le tipologie di polietilene in 4 spedizioni, come mostrato nella tabella riportata in Figura 3.2;
- la capacità massima del camion delle consegne è di 16 tonnellate;
- dopo essere state ricevute, le diverse tipologie di materie prime sono stoccate insieme.

**Table 2. Description of supply system.**

Trip	LLDP (tons)	LDP (tons)	Total (tons)
1	8	8	16
2	8	8	16
3	12	4	16
4	12	-	12
Total	40	20	60

Figura 3.2. Programma delle forniture delle materie prime per l'azienda XYZ

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

I parametri caratteristici delle lavorazioni che compongono il processo di fabbricazione dei sacchetti di plastica LDP sono stati raccolti in una tabella riportata in Figura 3.3.

**Table 3. Process parameters.**

Process	Cycle Time (min)	Changeover Time (min)	Uptime (%)	Number of Operators
Mixing	10	3	50	2
Extrusion	12	2	100	3
Printing	8	3	100	2
Sealing	8	2	100	2
Packaging	8	2	100	1

Figura 3.3. Parametri caratteristici dei processi di fabbricazione dei sacchetti di plastica LDP.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

Raccolte tutte le informazioni, Deshkar [et. al.] hanno determinato i valori dei parametri necessari a descrivere il flusso di valore corrente per disegnare la Current State Map, cioè:

- tempo totale disponibile di lavoro:  $\{(8 \times 60) - (30 + 15)\} \times 3 = 1305$  minuti;
- allo stato attuale l'azienda XYZ produce 28 rotoli/giorno;
- Takt Time <sub>corrente</sub>:  $1305/28 = 46.6$  minuti;
- il cliente attualmente richiede 15 tonnellate/settimana, per cui, per incontrare la domanda, l'azienda deve produrre 50 sacchetti/giorno, da cui si ha:  
Takt Time <sub>richiesto</sub>:  $1305/50 = 26.1$  minuti, molto minore del Takt Time a cui lavora l'azienda attualmente;
- Il Lead Time totale del processo di fabbricazione è risultato di 6.04 giorni;
- Il tempo totale di processo allo stato attuale è risultato di 46 minuti.

La Current State Map è stata convertita in un modello di simulazione utilizzando il programma Process Simulator®<sup>184</sup> in cui, a causa dei vincoli di dimensione del simulatore, la domanda è

<sup>184</sup> Process Simulator; <https://www.promodel.com/products/ProcessSimulator> .

stata ridotta e simulata per 25 unità di lavoro usando due magazzini tampone nel processo di miscelamento, uno per le parti in entrata e l'altro per le parti in uscita.

La simulazione ha prodotto i seguenti risultati:

- tempi di inattività eccessivi nel processo di stampa e in quello di sigillatura a caldo che aggiungono fino al 25% del tempo di turno, causati dai loro tempi di ciclo troppo rapidi rispetto ai processi a valle;
- inventario indesiderato tra il processo di estrusione e quello di miscelazione dovuto al minor tempo di ciclo del processo di miscelazione e al fatto che questi lavora in 10 minuti 200 kg di prodotto in un ciclo, mentre il processo di estrusione utilizza solo 50 kg/ciclo di materiale;
- l'ordine giornaliero da evadere viene inviato a tutti i processi del value stream, tuttavia la spedizione dei prodotti finiti è effettuata una sola volta a settimana così che la domanda giornaliera non viene rispettata perfettamente e, a fine settimana, è necessario ricorrere a straordinari di macchine e operatori per incontrare la domanda;
- l'output corrente dell'impianto è 1.4 tonnellate/giorno, insufficiente per incontrare la domanda del cliente;
- la logica "Push" è emersa in quasi tutti i processi;
- tutti i processi del flusso di valore sono programmati per soddisfare la domanda settimanale;
- le eccessive differenze fra i tempi di ciclo rendono difficile la realizzazione di un flusso continuo a valle;
- l'estrusore non lavora alla massima capacità a causa dell'indisponibilità di un aiuto per l'operatore.

L'azienda ha realizzato il processo per un giorno ed ha prodotto 28 rotoli in un tempo medio di ciclo di 1302 minuti.

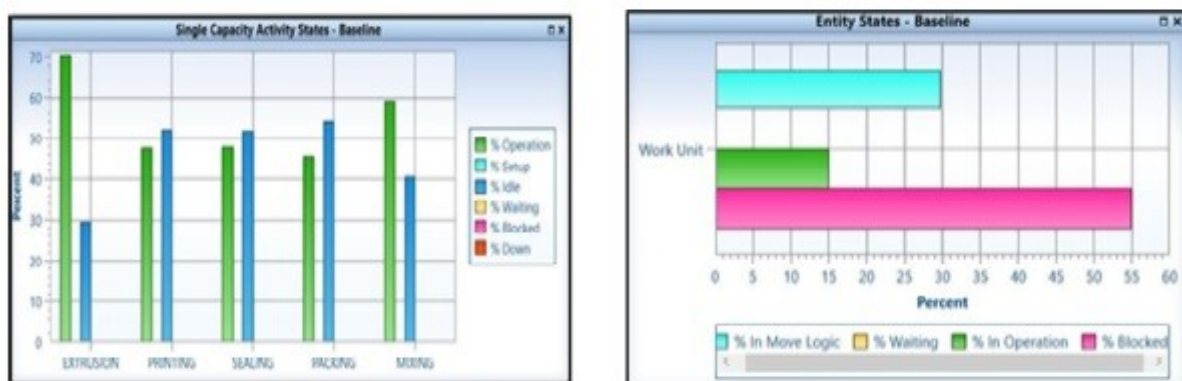


Fig. 4. (a) Amount of idle time in processes (b) VA and NVA time

Figura 3.4. Risultati della simulazione: a sinistra i tempi di inattività dei processi, a destra i tempi di valore aggiunto e di non valore aggiunto nei processi.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J.; Korde, op. cit.

Sulla base dei parametri calcolati e dei dati raccolti Deshkar [et. al.] hanno disegnato la Current State Map riportata in Figura 3.5.

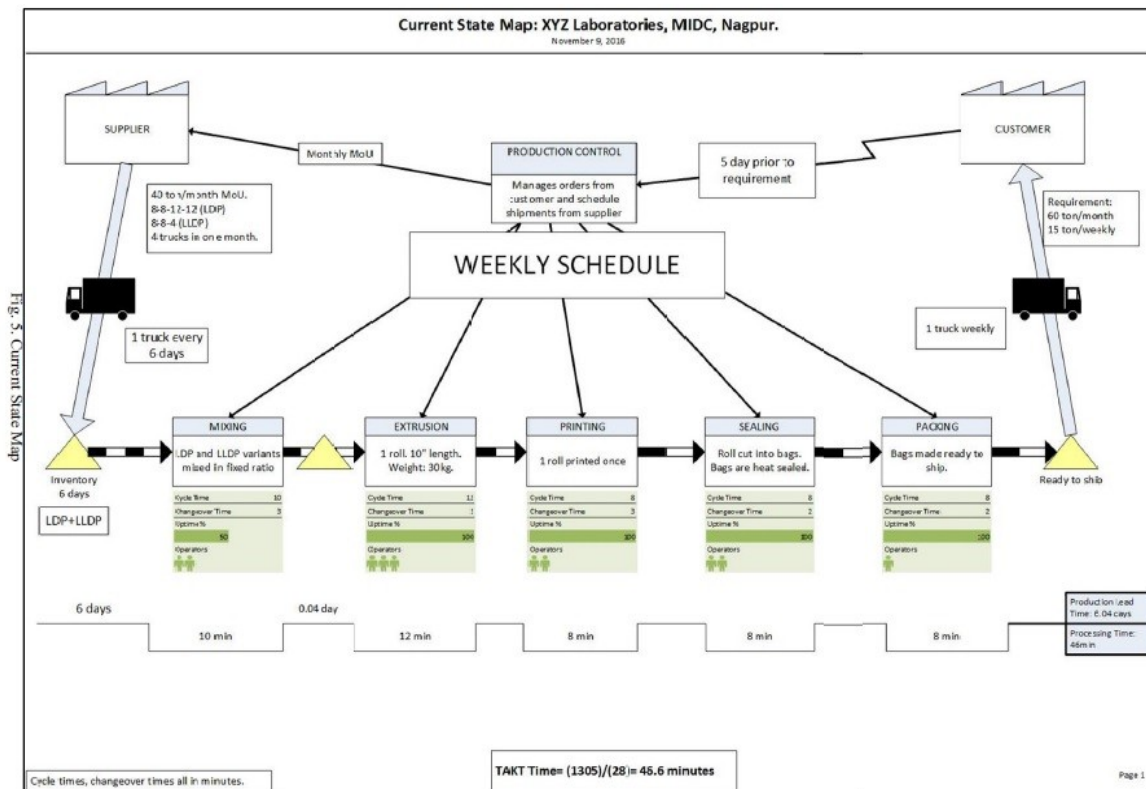


Figura 3.5. Current State Map della famiglia dei sacchetti di plastica LDP.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, op. cit.

### 3.1.2 Disegno della Future State Map

Per eliminare e risolvere le criticità emerse dallo studio del value stream della famiglia dei sacchetti di plastica LDP sono stati creati diversi modelli di simulazione per comparare i risultati; in particolare sono stati proposti i seguenti cambiamenti nella Current State Map:

- eliminare del tutto il processo di miscelazione sostituendolo con due sistemi pull a supermercato; le materie prime provenienti dal fornitore saranno direttamente classificate in LLDP e LDP e stoccate separatamente. Prima di iniziare il processo di estrusione, il secondo supermercato verrà caricato con la quantità di materie prime richiesta quel giorno ed il processo di estrusione invierà un Kanban di ritiro quando sono richieste le materie prime;
- i due operatori impiegati nel processo di miscelazione saranno dislocati presso i processi di imballaggio ed estrusione, in modo tale che, riducendo di ciclo dell'estrusore a 10 minuti, esso potrà lavorare alla massima capacità;

- il Processo Pacemaker sarà il processo di estrusione; riducendo il suo tempo di ciclo, potranno essere ridotti i tempi di ciclo dei processi a valle consentendo loro di lavorare alla massima capacità;
- per realizzare un flusso continuo e far lavorare i processi secondo una logica pull, sarà implementata una FIFO Lane tra le operazioni vicine;
- il Processo Pacemaker sarà programmato ad ogni ciclo; a causa di ciò, tutti i processi a monte dovranno seguire rigorosamente il programma di produzione evitando di ricorrere a straordinari.

Deshkar [et. al.] hanno raccolto i nuovi parametri di processo previsti dall'implementazione delle soluzioni precedenti in una tabella, riportata in Fig. 3.6.

**Table 4. Proposed Process parameters.**

Process	Cycle Time (min)	Changeover Time (min)	Uptime (%)	No. of Operators
Extrusion	10	2	100	4
Printing	6.5	3	100	2
Sealing	6.5	2	100	2
Packaging	3	2	100	2

*Figura 3.6. Parametri di processo previsti a seguito dell'implementazione delle nuove soluzioni .*

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

Sulla base dei dati della tabella è stato realizzato un modello di simulazione che ha prodotto i seguenti risultati:

- i tempi di inattività di tutti i processi sono stati ridotti e il flusso di produzione è stato reso più continuo;
- grazie all'implementazione dei sistemi a supermercato è stato eliminato l'inventario di prodotti tra il processo di miscelazione e quello di estrusione;
- il Lead Time totale è stato ridotto a 6 giorni;
- il tempo di processo è stato ridotto a 26 minuti che coincide con il Takt Time attualmente richiesto;
- numero di rotoli giornalieri:  $1305/26 = 50$  rotoli/giorno;
- numero di sacchetti giornalieri:  $50 \times 500 = 25000$ ;
- massa totale dei sacchetti LDP prodotti giornalmente (1 sacchetto=0.1 kg):  $25000 \times 0.1 = 2.5$  tonnellate/giorno, cioè 15 tonnellate/settimana.

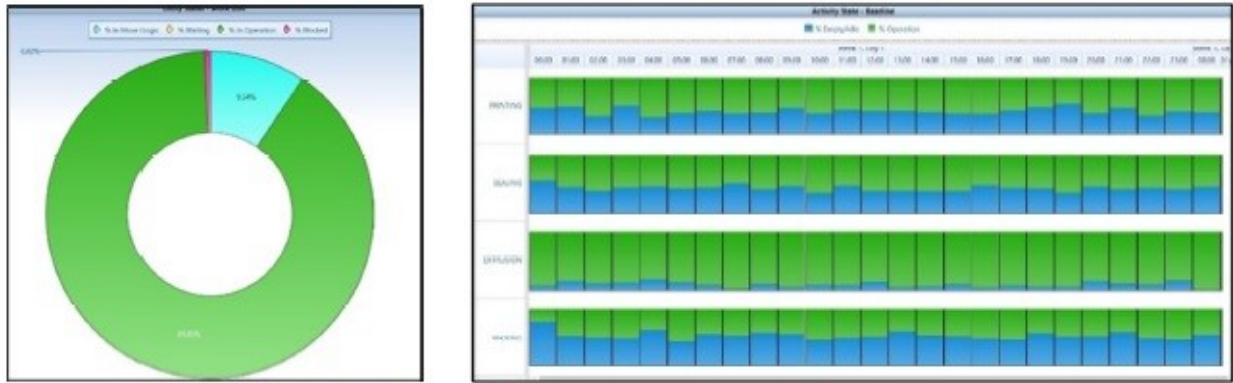


Fig. 6. (a) VA and NVA for future state. (b) Idle and working percentage

Figura 3.7. Risultati della simulazione dello stato futuro: a sinistra sono riportati i tempi di valore aggiunto e di non valore aggiunto dei processi previsti nello stato futuro, a destra le percentuali dei tempi di inattività e di lavoro dei processi nello stato futuro.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*



Fig. 8. Percentage utilization of each activity.

Figura 3.8. Risultati della simulazione dello stato futuro: percentuale di utilizzo di ogni attività.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

Deshkar [et. al.] hanno quindi realizzato una tabella nella quale hanno confrontato i dati dello stato futuro con quelli dello stato corrente al fine di apprezzare i progressi ottenuti con l'utilizzo della VSM (Fig. 3.9).

Parameter	Current State	Future State
TAKT Time	46.6 min	26 min
Max Cycle Time	12 min	10 min
Minimum Cycle Time	8 min	3 min
Value added time	15%	89.85%
Non-value added time	55%	9.54%
Rolls made/day	28	50

Figura 3.9. Comparazione dei valori dei parametri dei processi tra stato corrente e stato futuro.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, *op. cit.*

Sulla base dei risultati precedenti Deshkar [et. al.] hanno disegnato la Future State Map riportata in Figura 3.10.

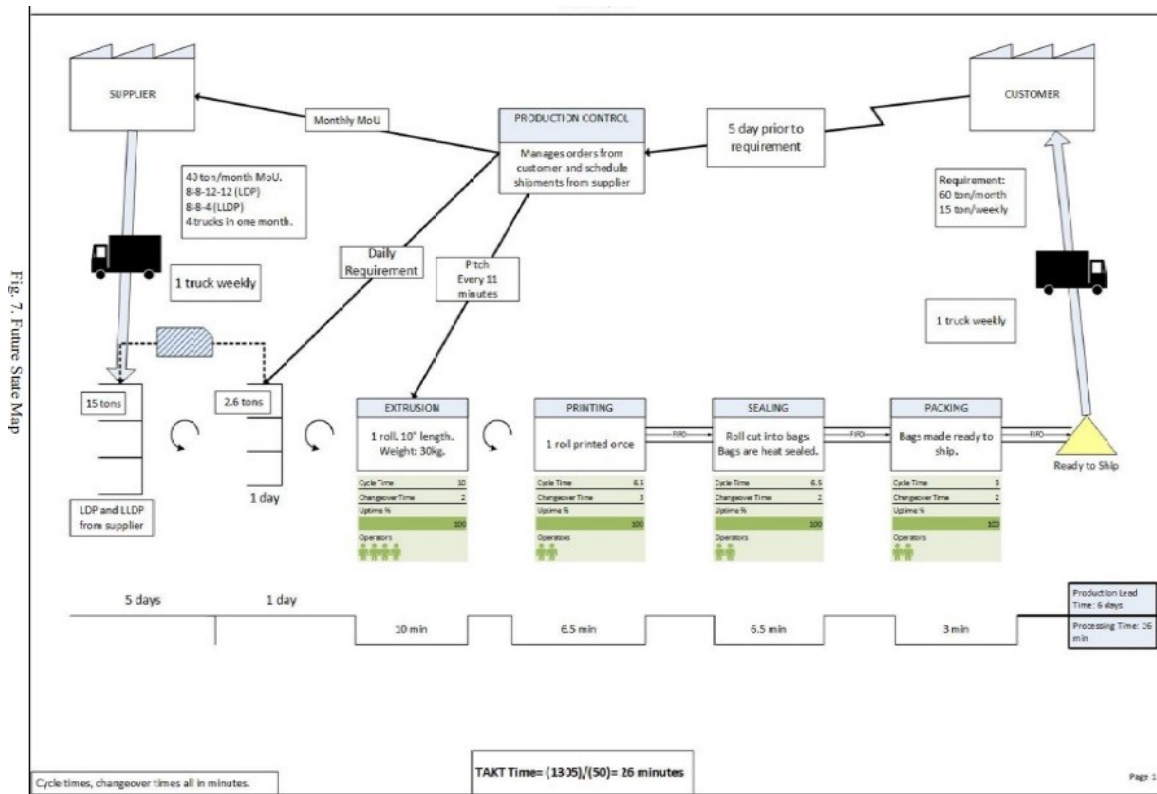


Figura 3.10. Future State Map della famiglia dei sacchetti di plastica LDP.

Fonte: Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J.; Korde, op. cit.

### 3.2 Case Study 2: Value Stream Mapping applicata ad un impianto di produzione di reti da pesca.<sup>185</sup>

Nel presente caso di studio la VSM è stata applicata ad un'azienda di produzione di reti da pesca. La produzione delle reti da pesca presenta diverse problematiche, in particolare:

- a. viene effettuata prevalentemente su ordinazione (Make to Order) in quanto le dimensioni e la tipologia di rete cambiano in base all'ambiente oceanico, alle tipologie di pesci e alla dimensione della nave;
- b. solitamente vengono ricevuti molti ordini contemporanei che differiscono per dimensioni e specifiche, il che tende a far aumentare il livello di WIP fra i processi e richiede diverse tipologie di materie prime;
- c. il processo di produzione delle reti da pesca è tale che il prodotto aumenta di dimensioni man mano che attraversa il processo e nella maggior parte delle fasi il tempo di lavorazione è molto lungo (tra 3 e 10 giorni).

Per questi motivi, Taho Yang [et. al.] hanno scelto di applicare la VSM a questa industria al fine di progettare un sistema produttivo snello capace di regolare il flusso produttivo e controllare il livello di WIP.

Dato che le diverse tipologie di reti hanno tempi di processo differenti fra loro, Taho Yang [et. al.] hanno utilizzato per il calcolo del Takt Time le formule riportate qui di seguito:

$$KS_i = \frac{\text{minimo comune multiplo del tempo di processo per tutti i prodotti}}{P_i} \quad (3.1)$$

$$NK_i = \frac{D_i}{KS_i} \quad (3.2)$$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{tempo di lavoro giornaliero disponibile}}{\sum_{i=1}^N NK_i} \quad (3.3)$$

---

<sup>185</sup> Il caso di studio qui riportato è stato tratto da: Taho, Y.; Yiyo, K.; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization*; Institute of Manufacturing Information and Systems, National Cheng Kung University, Tainan 701, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University of Technology, New Taipei City 243, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University, Hsinchu 300, Taiwan; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.010> ; 0278-6125/© 2014 The Society of Manufacturing Engineers. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.; Journal of Manufacturing Systems 34 (2015) 66–73; journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jmansys](http://www.elsevier.com/locate/jmansys) .(Traduzione Propria).; Hsieh HC, Yang T, Su CT, Lin CT. *The development of a hierarchical rough-cut capacity planning model and demand management system for fishing-net manufacturing*. Eur J Ind Eng 2012; 6(4):422–40.



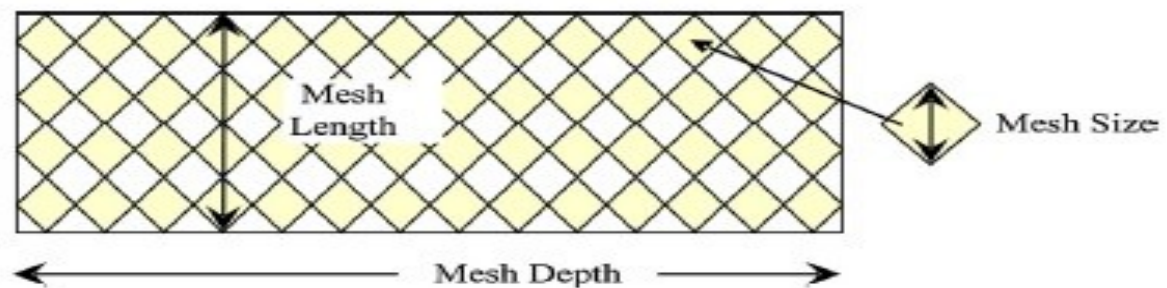
in cui:

- $KS_i$  = dimensione del kanban del prodotto i-esimo ( $i = 1, 2, \dots, N$ ),
- $P_i$  = tempo di processo del prodotto i-esimo,
- $NK_i$  = numero di kanban relativi al prodotto i-esimo,
- $D_i$  = domanda giornaliera del prodotto i-esimo,
- il minimo comune multiplo dei tempi di processo utilizzato per il calcolo di  $K_{si}$  è un valore approssimato e dovrebbe essere il più piccolo possibile.

La famiglia di prodotti scelta per l'analisi è quella delle reti a gabbia che costituiscono il prodotto principale dell'azienda; queste reti sono poste in fondo al mare ed usate per l'allevamento di pesci di acqua salata.

Le specifiche di questo tipo di rete variano a seconda della dimensione e della specie del pesce allevato, in generale:

- il diametro può variare da 10 fino a 30 metri;
- la profondità (*mesh depth*) può variare dai 4 fino a 10 metri;
- le dimensioni delle maglie (*mesh*) variano dai 2 ai 30 mm.



**Fig. 2.** The mesh size.

Figura 3.11. Relazione tra dimensione di una maglia, profondità di una maglia e lunghezza di una maglia in una rete da pesca.

Fonte: Hsieh HC, Yang T, Su CT, Lin CT.; *op. cit.*

Il processo di fabbricazione delle reti a gabbia è svolto su 6 stazioni lavoro:

1. *Stazione di torcitura*: il filamento di materia prima (*filament*) viene attorcigliato per formare il filato (*yarn*) o trefolo (*strand*) (vedi Fig. 3.12.);
2. *Stazione di intrecciatura*: in questa stazione tre trefoli vengono intrecciati per ottenere una corda. Le dimensioni della corda dipendono dalle richieste dei clienti perciò, maggiore è lo spessore richiesto, più trefoli dovranno essere attorcigliati e dunque più operazioni di torsione saranno necessarie;

3. *Stazione di cucitura*: le corde sono cucite insieme in modo da realizzare reti di dimensioni standard;
4. *Stazione di tintura*: le reti di dimensioni standard vengono inviate ad una macchina dove sono colorate;
5. *Stazione di riscaldamento*: le reti vengono sottoposte ad un processo di riscaldamento;
6. *Stazione di sutura*: più reti di dimensioni standard vengono combinate insieme per realizzare le reti a gabbia in accordo con le specifiche del cliente.

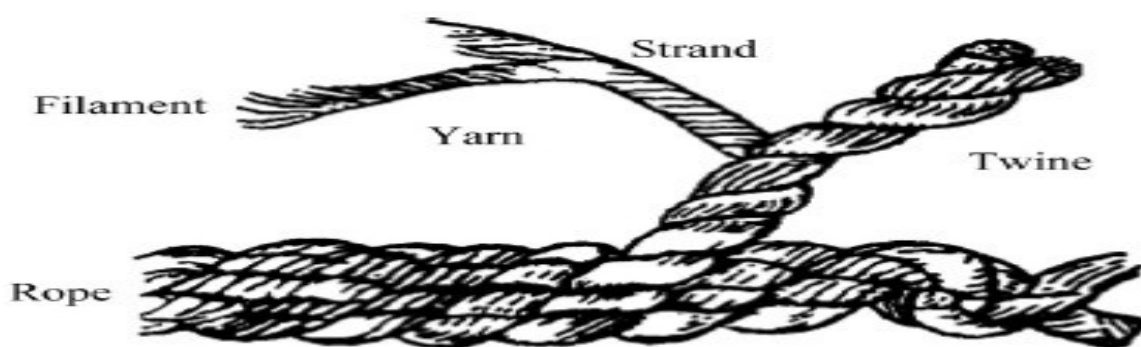


Fig. 1. The composition of a rope.

Figura 3.12. Schema della composizione di una corda per reti da pesca.

Fonte: Hsieh HC, Yang T, Su CT, Lin CT.; *op. cit.*

### 3.2.1 Disegno della Current State Map

Per il disegno della CSM Taho Yang [et. al.] hanno fatto riferimento alle seguenti informazioni:

- *stazione di cucitura*: le macchine da cucire lavorano in continuazione e le loro specifiche tecniche consentono di realizzare reti di dimensioni standard di 10 m x 1 m o 10 m x 2 m. Ciascuna macchina può cucire una singola rete di 10 m x 2 m oppure due reti di 10 m x 1 contemporaneamente;
- *stazione di tintura*: più reti possono essere tinte simultaneamente, purché il peso totale delle reti non ecceda la capacità della macchina per la tintura;
- *stazione di riscaldamento*: è possibile scaldare una sola rete 10 m x 2 m oppure due reti 10 m x 1 m simultaneamente;
- *stazione di sutura*: gli operatori possono iniziare la lavorazione solo quando tutte le reti di dimensioni standard richieste per realizzare la rete sono disponibili, perciò in questa stazione i tempi di attesa sono molto lunghi;
- i tempi di processo delle lavorazioni sono molto lunghi, perciò il controllo di produzione fornisce a ciascun processo un programma settimanale di lavoro nonostante sia una produzione Make to Order;

- il tempo totale di valore aggiunto è stato calcolato in 25.08 giorni, sommando i valori medi dei tempi di processo di ciascuna lavorazione;
- il tempo totale di non valore aggiunto è stato calcolato in 19.78 giorni, sommando i valori medi dei tempi di stoccaggio dei WIP;
- il valore medio del lead time totale è stato calcolato in 44.86 giorni, sommando le due voci precedenti.

Sulla base di queste informazioni è stata disegnata la Current State Map riportata in Figura 3.13.

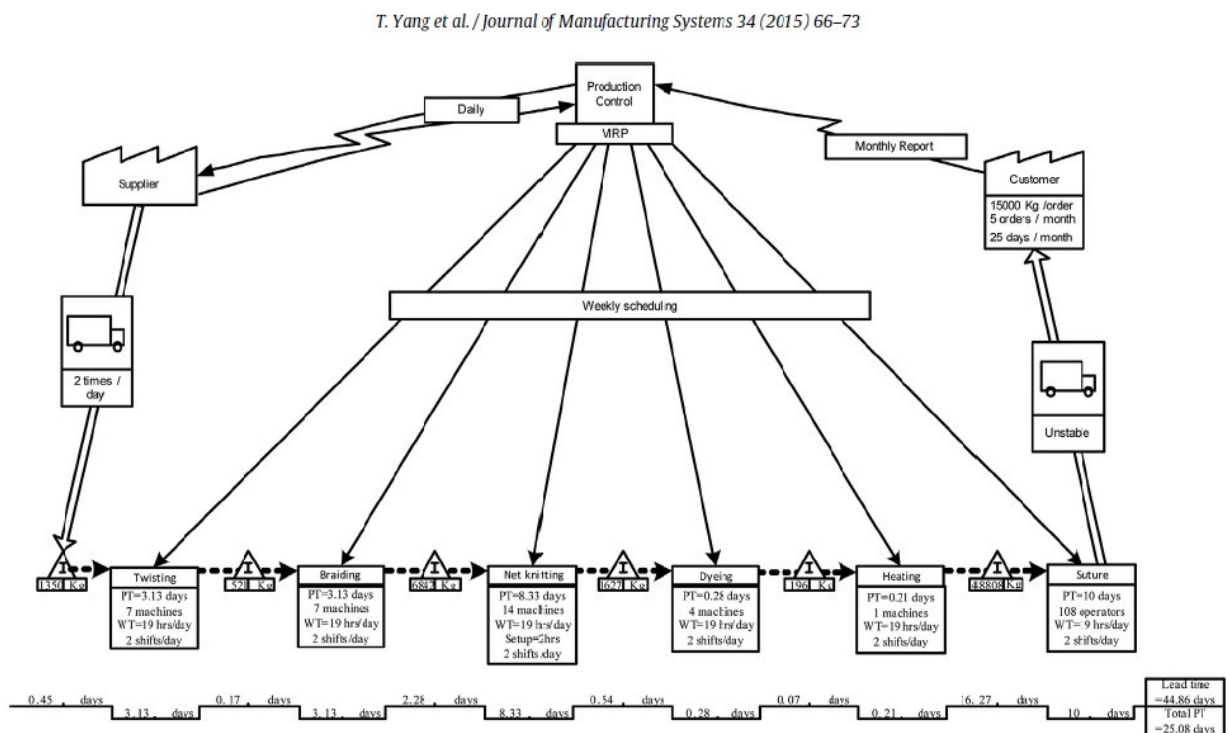


Figura 3.13. Current State Map della famiglia delle reti da pesca a gabbia.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

### 3.2.2 Disegno della Future State Map

Per il disegno della Future State Map, Taho Yang [et. al.] hanno sviluppato un modello di simulazione finalizzato a definire e valutare degli indicatori di prestazione per la produzione ed a determinare la combinazione di fattori in grado di realizzare la migliore FSM per il caso in esame.

Come primo passo sono stati definiti due indicatori di prestazione, quali:

1. **Livello medio di WIP:** il livello di WIP è stato definito come il volume totale di semilavorati nel processo di produzione.

**2. Livello medio di servizio:** il livello di servizio è stato definito come la percentuale degli ordini che sono completati prima della data di scadenza corrispondente.

Per la simulazione, Taho Yang [et. al.] si sono avvalsi del software commerciale Arena<sup>186</sup> grazie al quale hanno inizialmente realizzato l'interfaccia del modello di simulazione in cui tutte le logiche operative sono state convalidate dai manager dell'azienda (Fig. 3.14).

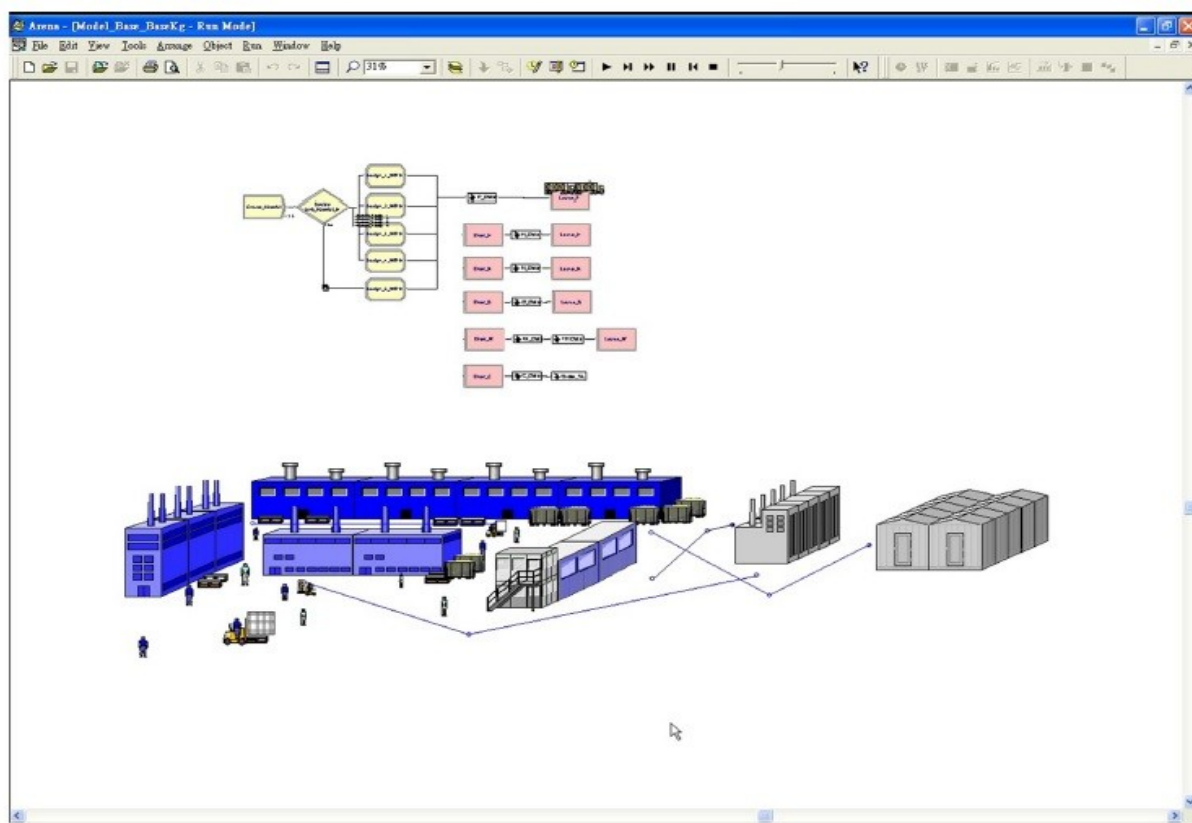


Fig. 4. Simulation interface.

Figura 3.14. Interfaccia del modello di simulazione.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

Al fine di valutare le prestazioni della produzione in ogni possibile scenario, Taho Yang [et. al.] hanno adottato come modello di simulazione una corsa del processo di 750 giorni con un numero di repliche da 3 a 12; il numero di repliche è stato scelto come il 10% della media per un livello di confidenza del 95%.

I risultati della simulazione, validati dai manager dell'azienda, hanno stimato il livello di servizio al 68% e il livello dei WIP a 63971 kg.

Successivamente, Taho Yang [et. al.] hanno identificato ed analizzato 5 fattori chiave su cui agire per ottimizzare l'attuale produzione e redigere la FSM, ricavando le informazioni esposte di seguito.

<sup>186</sup> Kelton WD, Sadowski RP, Sturrock DT. Simulation with Arena. 4th ed. NewYork: McGraw-Hill; 2007.

### ***Fattore 1: dimensione dell'unità di produzione***

Nel processo produttivo in esame le dimensioni dell'unità di prodotto di ogni stazione di lavoro dipendono dalle dimensioni standard della rete le quali, a loro volta, cambiano in base alle specifiche dei clienti; in più, il prodotto aumenta di dimensioni passando da una lavorazione all'altra poiché si trasforma dal filamento alla rete da pesca.

Ciò impedisce un corretto livellamento della produzione in quanto i tempi di processo possono essere differenti tra le diverse stazioni di lavoro al variare delle richieste dei clienti.

Inoltre, per realizzare un livellamento del mix, l'unità di prodotto dovrebbe essere la più piccola possibile ma, nella produzione delle reti da pesca a gabbia, la riduzione dell'unità di produzione comporta un aumento dei riattrezzaggi e un incremento del tempo di processo nella stazione di sutura.

### ***Fattore 2: Processo Pacemaker***

Sono stati scelti come possibili candidati ad essere il Pacemaker il processo di cucitura, quello di tintura e quello di sutura. Le informazioni raccolte su questi processi hanno evidenziato che:

- il processo di cucitura è solitamente quello che ha il più alto utilizzo di macchine;
- il processo di tintura lavora per lotti e la sue capacità produttiva dipende dalle dimensioni del lotto;
- il processo di sutura è quello con il carico di lavoro più alto e il ridotto livello di personale, dovuto alla politica aziendale di contenimento dei costi, lo rende spesso il collo di bottiglia<sup>187</sup> della produzione;
- il potenziale collo di bottiglia può spostarsi tra questi tre processi.

### ***Fattore 3: numero di lotti per una suddivisione dell'ordine***

Il numero di lotti influenza il volume di materiale trasportato fra le diverse stazioni ed il numero di riattrezzaggi necessari per realizzare i vari prodotti; inoltre i tempi di riattrezzaggio tra prodotti diversi sono differenti.

---

<sup>187</sup> Con l'espressione "collo di bottiglia", in inglese "*bottleneck*", si indica la fase di un processo (produttivo, distributivo, ecc.) che impedisce il normale flusso delle operazioni perché rappresenta una strozzatura dello stesso. Definizione tratta da: Giovanni Leonida; *Collo di bottiglia (Bottleneck) – Dizionario della logistica*; <http://www.dizionariologistica.com/index.html>. [10/08/2020].

#### ***Fattore 4: Sequenza di produzione***

Sono state considerate tre possibili sequenze di produzione come criteri alternativi per il progetto della Future State Map:

- a. Earliest Due Date (EDD)<sup>188</sup>;
- b. FIFO Lane;
- c. Shortest Process Time (SPT)<sup>189</sup>.

#### ***Fattore 5: dimensione dei supermercati***

Taho Yang [et. al.] sono ricorsi al software OptQuest, incorporato in Arena, come strumento per determinare le dimensioni ottimali dei supermercati per ogni possibile scenario di produzione.

Per il progetto della Future State Map Taho Yang [et. al.] hanno quindi preso in considerazione i primi quattro fattori, utilizzando il software OptQuest per definire la dimensione migliore dei supermercati per ogni possibile scenario di produzione.

I fattori scelti sono stati designati con lettere maiuscole, in particolare:

1. A = unità di produzione;
2. B = Processo Pacemaker;
3. C = sequenza di produzione;
4. D = numero di lotti.

Sono stati poi definiti, per ciascuno dei fattori, dei livelli di progetto, indicati come segue:

- livello 1 = livello inferiore
- livello 2 = livello medio
- livello 3 = livello superiore

---

<sup>188</sup> La sequenza di produzione EDD (Earliest Due Date) prevede di programmare il lavoro sulla base delle date di scadenza dei prodotti.

Una volta note, queste vengono confrontate fra loro e si procede a realizzare per primo il prodotto con la prima data di scadenza seguito da quello con la seconda data di scadenza e così di seguito.

Definizione tratta da: Roser, C.; *Production Sequences: FCFS, EDD, and Others*; <https://www.allaboutlean.com/fcfs-edd-etc/>; [29/08/2020]. (Traduzione propria).

<sup>189</sup> La sequenza di produzione SPT (Shortest Process Time) prevede di programmare il lavoro in base ai tempi di processo dei prodotti.

Una volta determinati i tempi di processo per ciascun prodotto, si realizza per primo quello avente il primo tempo di processo più breve, seguito da quello con il secondo tempo di processo più breve e così di seguito.

Definizione tratta da: Roser, C.; *Production Sequences: FCFS, EDD, and Others*; <https://www.allaboutlean.com/fcfs-edd-etc/>; [29/08/2020]. (Traduzione propria).

Al fattore “unità di produzione” sono stati assegnati i livelli 1 e 2 mentre agli altri fattori sono stati assegnati tutti e tre i livelli definiti; tutte le informazioni relative ai fattori di progetto sono state poi raccolte in una tabella, riportata in Figura 3.15.

**Table 1**  
The design factors for lean manufacturing.

Factors	Description (unit)	Factor levels		
		Level 1	Level 2	Level 3
A	Production unit (m)	10 m × 1 m	10 m × 2 m	
B	Pacemaker process	Suture workstation	Knitting workstation	Dyeing workstation
C	Production sequence	EDD	FIFO	SPT
D	Number of batches	1	2	3

Figura 3.15. Fattori di progetto della Future State Map relativa alla produzione di reti da pesca a gabbia.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

Taho Yang [et. al.] hanno poi utilizzato il metodo Taguchi per determinare la migliore combinazione di parametri che avesse la varianza minima nelle prestazioni della produzione, utilizzando la grandezza “*signal - to - noise ratio*” (S/N ratio,  $\eta$ ) per trovare parametri significativi dalla valutazione della varianza minima; per il calcolo di  $\eta$  sono state usate le seguenti equazioni:

$$\eta_j = -10 \times \log \left( \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \frac{1}{v_{jk}^2} \right) \quad (3.4)$$

$$\eta_j = -10 \times \log \left( \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r v_{jk}^2 \right) \quad (3.5)$$

in cui:

- $\eta_j$  = rapporto segnale/rumore relativo allo scenario j;
- $v_{jk}$  = risultato della simulazione relativa allo scenario j nella k-esima replica;
- r = numero totale di repliche.

L’equazione (3.4) è stata usata per calcolare S/N del livello di servizio mentre la (3.5) per il calcolo del S/N del WIP.

Per la raccolta dei dati sperimentali relativi alla simulazione è stata usata una matrice ortogonale  $L_{18}$  ( $2^1 \times 3^7$ ) mentre i diversi scenari sperimentali considerati sono stati riportati in una tabella, riportata in Figura 3.16.

**Table 2**  
The experimental scenarios and results.

Scenario	L <sub>18</sub>				Mean value		S/N ratio	
	A	B	C	D	Service level	WIP (kg)	Service level	WIP
1	1	1	1	1	0.83	34,887.11	19.99	-89.94
2	1	1	2	2	0.85	36,725.24	20.23	-88.64
3	1	1	3	3	0.80	35,266.78	19.71	-91.08
4	1	2	1	1	0.82	34,578.18	19.91	-90.59
5	1	2	2	2	0.82	35,939.26	19.90	-89.84
6	1	2	3	3	0.77	36,267.69	19.39	-91.21
7	1	3	1	2	0.81	35,765.61	19.74	-91.11
8	1	3	2	3	0.78	39,411.85	19.41	-91.95
9	1	3	3	1	0.84	37,659.27	20.06	-90.03
10	2	1	1	3	0.85	41,036.15	20.16	-92.29
11	2	1	2	1	0.83	38,989.49	20.01	-90.14
12	2	1	3	2	0.89	36,979.23	20.61	-88.73
13	2	2	1	2	0.82	35,661.37	19.92	-89.78
14	2	2	2	3	0.84	37,201.86	20.10	-90.19
15	2	2	3	1	0.82	39,286.82	19.92	-91.91
16	2	3	1	3	0.84	40,285.11	20.05	-92.12
17	2	3	2	1	0.83	39,868.90	19.97	-89.56
18	2	3	3	2	0.83	38,042.93	20.00	-91.65

Figura 3.16. Scenari sperimentali e risultati della simulazione per il progetto della Future State Map relativa alla produzione di reti da pesca a gabbia.

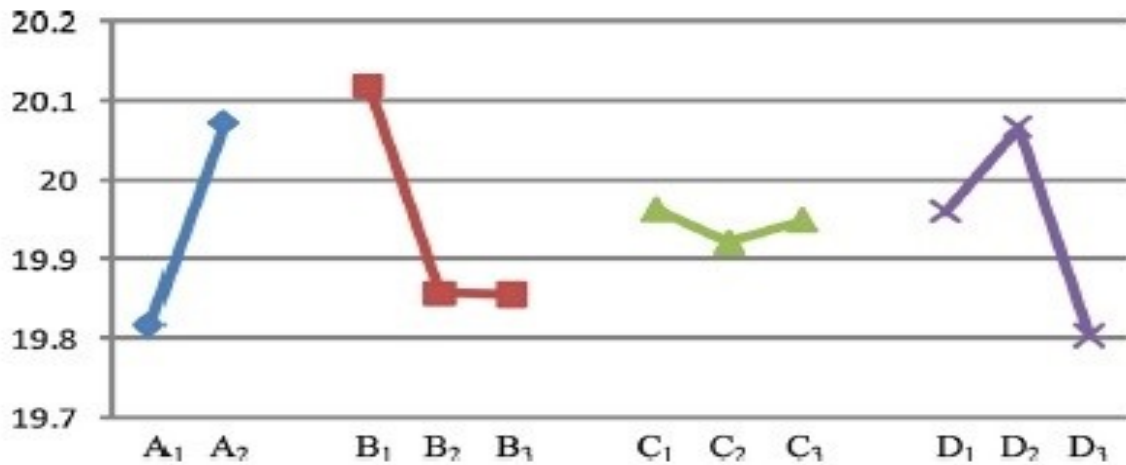
Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

Nella tabella di Figura 3.16 sono state riportate le seguenti informazioni:

- le colonne 2 – 5 mostrano gli scenari sperimentali usati per la simulazione;
- la colonna 6 mostra, per ogni scenario, il valore medio del livello di servizio per il quale si ha la migliore dimensione dei supermercati, individuata con il software OptQuest;
- la colonna 7 mostra, per ogni scenario, il valore medio del WIP per il quale si ha la dimensione migliore dei supermercati, individuata con il software OptQuest;
- la colonna 8 mostra, per ogni scenario, il valore di S/N ( $\eta$ ) relativo al livello di servizio;
- la colonna 9 mostra, per ogni scenario, il valore di S/N ( $\eta$ ) relativo al WIP.

In accordo con i valori di S/N riportati nella tabella, Taho Yang [et. al.] hanno calcolato gli effetti dei livelli di ciascun fattore sul livello di servizio e sul WIP ottenendo i risultati riportati nelle figure 3.17a e 3.17b.

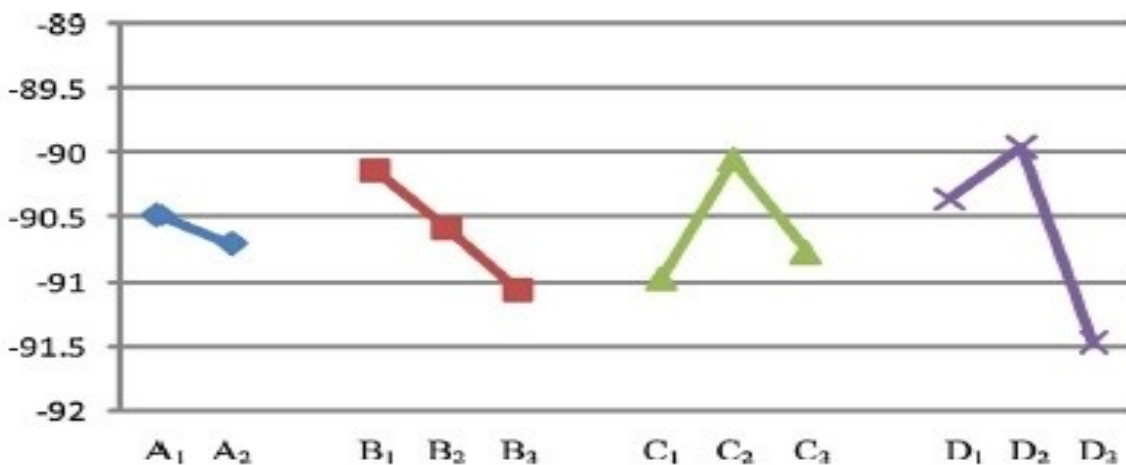




**Fig. 5.** The effect of S/N ratio of service level.

Figura 3.17a. Risultati relativi agli effetti di ogni fattore di progetto e rispettivi livelli sul livello di servizio.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*



**Fig. 6.** The effect of S/N ratio of WIP level.

Figura 3.17b. Risultati relativi agli effetti di ogni fattore di progetto e rispettivi livelli sul WIP.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

Taho Yang [et. al.] hanno poi analizzato la varianza del livello di servizio e del WIP ottenendo i risultati mostrati nelle figure 3.18a e 3.18b.

**Table 3**  
The analysis of variance in service level.

Factors	Sun of squares	Degrees of freedom	Mean square	F
A	0.320	1	0.320	6.065
B	0.259	2	0.130	2.455
C	0.002	2	0.001	0.018
D	0.215	2	0.107	2.037
Error	0.527	10	0.053	
Total	1.324	17		

Figura 3.18a. Risultati relativi all'analisi della varianza del livello di servizio.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

**Table 4**  
The analysis of variance in WIP.

Factors	Sun of squares	Degrees of freedom	Mean square	F
A	0.218	1	0.218	0.257
B	2.614	2	1.307	1.544
C	20,792	2	1.396	1.648
D	70,387	2	3.694	4.361
Error	8.469	10	0.847	
Total	21.481	17		

Figura 3.18b. Risultati relativi all'analisi della varianza del WIP.

Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

Sulla base dei risultati ottenuti, Taho Yang [et. al.] hanno formulato le seguenti considerazioni:

- dal grafico relativo all'effetto dei fattori, e rispettivi livelli, sul livello di servizio (Figura 3.17a), la combinazione di fattori  $A_2B_1C_1D_2$  ( in cui il pedice indica il livello del relativo fattore) offre la miglior soluzione di progetto per la Future State Map per massimizzare il livello di servizio;
- dal grafico relativo all'effetto dei fattori, e rispettivi livelli, sul WIP (Figura 3.17b), la combinazione di fattori  $A_1B_1C_2D_2$  è quella che offre la migliore soluzione di progetto per la Future State Map per minimizzare il livello di WIP;
- dalla tabella in Figura 3.18a si evince che il contributo del fattore C (sequenza di produzione) alla varianza del livello di servizio è molto bassa;
- dalla tabella in Figura 3.18b si evince che il contributo del fattore A (unità di produzione) alla varianza del WIP è molto bassa.

Alla luce di queste, la combinazione ottimale di fattori è stata determinata scegliendo, con riferimento alla Figura 3.17b, il livello del fattore C che ha maggior effetto sul S/N di WIP e il

livello del fattore A, con riferimento alla Figura 3.17a, che ha maggior effetto sul S/N del livello di servizio, ottenendo così la combinazione di fattori  $A_2B_1C_2D_2$  che è stata poi utilizzata per il progetto della Future State Map.

La dimensione ottimale dei supermercati per questa combinazione di fattori è stata determinata usando il software OptQuest, che ha fornito i seguenti risultati:

- con la combinazione  $A_2B_1C_2D_2$  il livello di servizio aumenta dal 68% al 90%;
- il WIP si riduce da 63971 kg a 42269.31 kg;
- il livello di servizio ed il WIP migliorano rispettivamente del 32.25% e del 33.92%;
- il tempo di non valore aggiunto si riduce da 19.78 giorni (44%) a 13.78 giorni (35.46%).

Dai dati di cui sopra Taho Yang [et. al.] hanno disegnato la Future State Map riportata in Figura 3.19.

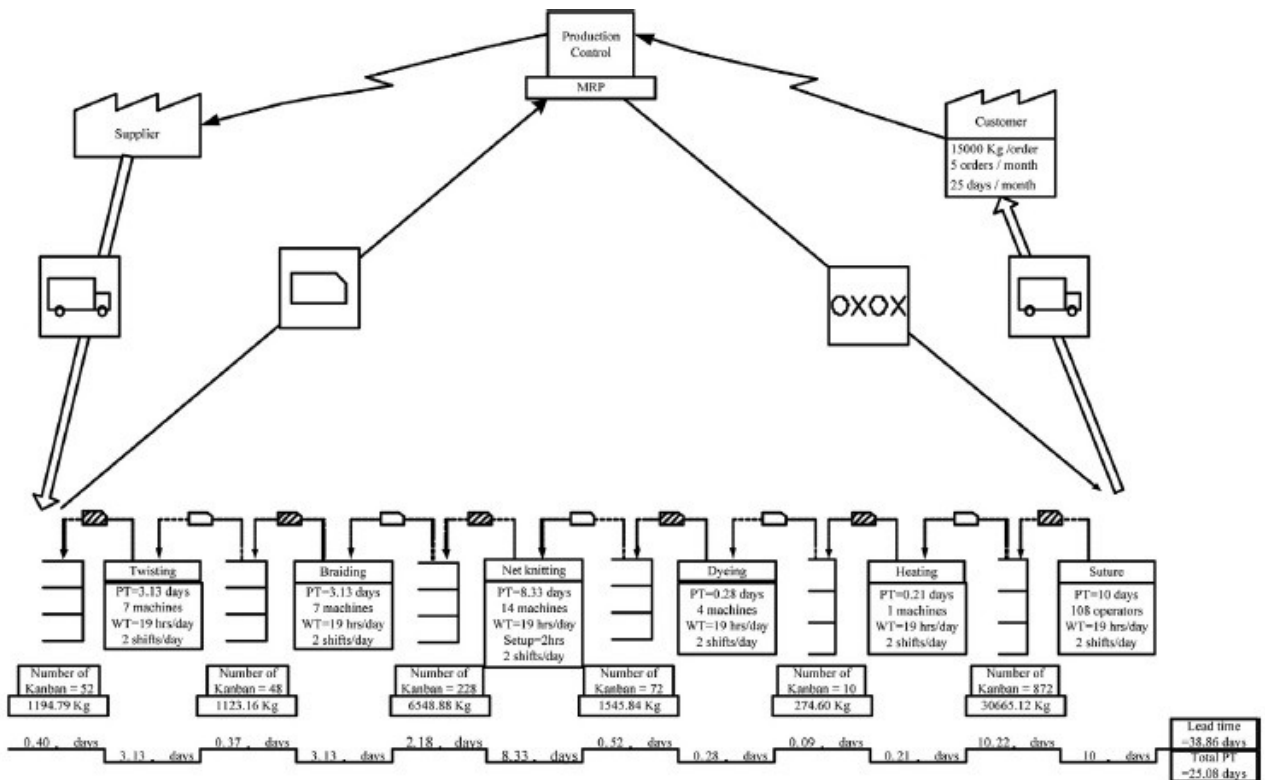


Fig. 7. The future state map of  $A_2B_1C_2D_2$ .

Figura 3.19. Future State Map relativa allo scenario di produzione ottimizzato  $A_2B_1C_2D_2$  di reti da pesca a gabbia. Fonte: Taho, Y.; Yiyo, K.; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *op. cit.*

### 3.3 Case Study 3: Value Stream Mapping applicata ad un'azienda di produzione di escavatori<sup>190</sup>

Nel presente caso di studio viene descritta l'applicazione della VSM all'azienda JCB India Ltd che si occupa della fabbricazione di attrezzature per costruzioni quali escavatori 360°, caricatori gommati, compattatori, terne e simili.

Nello specifico, P.M. Masuti [et. al.] hanno deciso di applicare la VSM alla linea di fabbricazione del braccio di sollevamento universale in quanto era stato previsto per il 2019 una domanda per tale componente di 15 unità/giorno che non poteva essere soddisfatta dall'azienda data l'attuale capacità della linea di produrre solo 12 unità giornaliere; inoltre, il braccio di sollevamento universale è un componente comune alla maggior parte dei prodotti realizzati dall'azienda.

#### 3.3.1 Disegno della Current State Map

Per il disegno della Current State Map, P. M. Masuti [et. al.] sono partiti dalle seguenti informazioni:

- la produzione è organizzata in 3 turni giornalieri;
- il tempo di lavoro nel primo e secondo turno è di 8 ore;
- il tempo di lavoro per il terzo turno è di 7 ore;
- è prevista per ogni turno 1 ora di pausa pranzo e tè;
- il tempo di lavoro giornaliero disponibile è stato calcolato in:  $(8 \times 60 \times 3) - (30 \times 3) = 1350$  minuti;
- per le stazioni quali quella robotizzata, la macchina laser, la macchina smussatrice, la macchina laminatrice e la macchina pressatrice, per le quali non sono previste pause, è stato calcolato un tempo di lavoro giornaliero disponibile di:  $8 \times 60 \times 3 = 1440$  minuti;
- le stazioni di fissaggio della borchia centrale, fissaggio della borchia inferiore e fissaggio della parte frontale del braccio di sollevamento che lavorano solo nel primo

---

<sup>190</sup>Il caso di studio qui riportato è stato tratto da: P. M. Masuti and U. A. Dabade, *Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company*, Materials Today: Proceedings, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740>. (Traduzione propria).

e secondo turno è stato calcolato un tempo di lavoro disponibile di:  $(8 \times 60 \times 2) - (30 \times 2) = 900$  minuti.

Sono stati quindi calcolati per ciascuna stazione di lavoro il tempo di ciclo, il tempo di lavoro disponibile, il numero di operatori, le scorte di materiale disponibili, l'Uptime e il tempo di riattrezzaggio; tali informazioni sono state poi riportate nelle rispettive Data Box sulla CSM.

È stato inoltre studiato il flusso dei materiali di lavoro al fine di individuare colli di bottiglia dovuti a eccesso di materiale nelle stazioni di lavoro, rilavorazioni, inadeguata collocazione delle attrezzature di lavoro e altri problemi nel processo.

Dalle analisi condotte sulla linea di produzione del braccio di sollevamento universale sono emersi i seguenti problemi:

- a. nella stazione di saldatura robotizzata viene utilizzata un'attrezzatura per caricare e scaricare la sezione centrale del braccio di sollevamento universale che ha un peso di 664 kg. L'operazione di fissaggio del pezzo sull'attrezzatura presenta un problema di ergonomia dovuto all'errata posizione dei morsetti di aggancio della stessa il che causa affaticamento ai due operatori richiesti per eseguire l'attività. In totale, l'operazione di carico e scarico del pezzo nella stazione richiede 30 minuti.;
- b. nelle stazioni di lavoro l'eccesso di borchie centrali e di quelle inferiori causa l'arrugginimento di alcune di esse rendendo necessario eseguire un'operazione di rettifica, della durata di 20 minuti, per poterle impiegare nuovamente nel processo;
- c. nella stazione della pressa le parti secondarie del braccio di sollevamento vengono lavorate una alla volta, richiedendo un tempo di ciclo totale di 49,5 minuti per completare l'operazione;
- d. nelle stazioni di lavoro è stato notato disordine e disorganizzazione nella disposizione di utensili e attrezzature;
- e. le parti frontali del braccio di sollevamento universale vengono trasferite da una stazione all'altra, per mezzo di un carrello elevatore, una alla volta.

P. M. Masuti [et. al.] hanno calcolato per lo stato corrente della produzione un tempo totale di valore aggiunto di 2298,3 minuti, un tempo totale di non valore aggiunto di 18209,5 minuti e un lead time di produzione di 20507, 8 minuti.

Sulla base dei dati ottenuti dalle analisi effettuate è stata disegnata la CSM riportata in Fig. 3.20.

## Appendix

## Annexure A: Current State Map

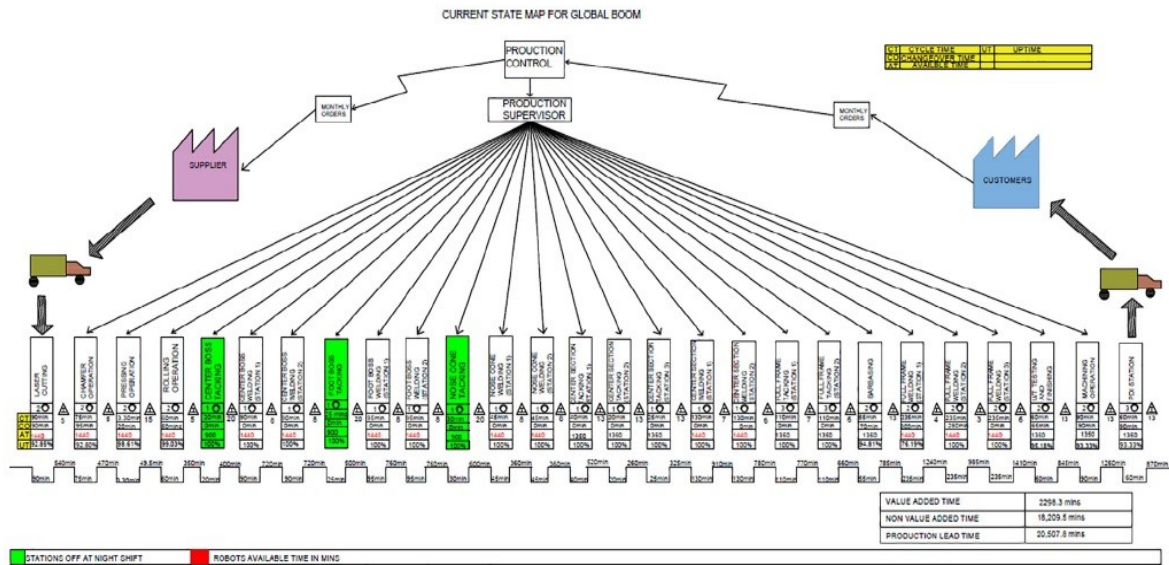


Figura 3.20. CSM relativa al value stream del braccio di sollevamento universale.

Fonte: P. M. Masuti and U. A. Dabade, *op. cit.*, p. 4.

### 3.3.2 Disegno della Future State Map

Al fine di rendere la linea di fabbricazione del braccio di sollevamento universale adatta a soddisfare la domanda di 15 unità/ giorno, P. M. Masuti [et. al.] hanno formulato le seguenti soluzioni per i problemi riscontrati durante il disegno della CSM:

- a. l'attrezzatura nella stazione di saldatura robotizzata verrà sostituita con una meccanica della capacità di una tonnellata, riducendo in tal modo l'operazione di caricamento e scaricamento dei pezzi nella stazione a 12 minuti e rendendola meno faticosa per gli operatori. Ciò porterà ad un risparmio di 18 minuti per ogni pezzo.
- b. per ridurre l'eccesso di inventario delle borchie centrali e di quelle inferiori verrà fornita a ciascuna stazione di lavoro il materiale necessario ad un turno di lavoro, evitando così l'arrugginimento dei pezzi ed eliminando la necessità dell'operazione di rettifica; ciò consentirà un risparmio del tempo totale di ciclo di 80 minuti in ogni stazione di lavoro;
- c. verrà introdotta una nuova attrezzatura nella stazione della pressa per lavorare 3-4 parti secondarie del braccio di sollevamento universale alla volta, riducendo così il tempo totale di ciclo della stazione a 13,20 minuti con un risparmio di 36,30 minuti;

- d. alle stazioni di lavoro il materiale verrà fornito in un pallet adeguatamente dimensionato in modo da facilitare lo stoccaggio dei materiali nelle stazioni, il caricamento e lo scaricamento dei pezzi nelle stesse e il trasferimento dei pallets da una stazione all'altra da parte dell'operatore addetto al carrello elevatore;
- e. in alcune stazioni di lavoro è stata suggerita l'implementazione del metodo delle 5S per migliorarne l'ordine e la pulizia;
- f. la mancanza di ordine delle attrezzature e degli strumenti nelle stazioni di lavoro viene risolta con il pallet di materiale progettato nel quale strumenti e attrezzature sono organizzati in modo da evitarne il danneggiamento e facilitarne l'individuazione da parte degli operatori;
- g. il pallet di materiale è progettato in modo da poter trasportare 4 parti frontali del braccio di sollevamento universale alla volta da una stazione di lavoro all'altra, eliminando così i viaggi non necessari del carrello elevatore in ogni turno.

Questi miglioramenti sono stati indicati sulla FSM (vedi Fig. 3.22) utilizzando le icone Kaizen Lightning Burst.

P. M. Masuti [et. al.] hanno valutato l'impatto degli strumenti lean nella linea calcolando una riduzione di 156 minuti sul tempo delle attività a valore aggiunto e di 430,3 minuti sul tempo delle attività a non valore aggiunto per un risparmio complessivo di 586,3 minuti sul lead time di produzione.

I dati della CSM e della FSM sono stati confrontati in una tabella, riportata in Fig. 3.21.

**Table 1**  
Result Table.

	CSM (mins)	FSM (mins)	Time Saved (mins)
Value Added Time	2298.3	2142.3	156
Non-value Added Time	18209.5	17779.2	430.3
Production Lead Time	20507.8	19921.5	586.3

Figura 3.21. Tabella comparativa dei dati di Current State Map e Future State Map.

Fonte: P. M. Masuti and U. A. Dabade, *op. cit.*, p. 4.

L'effetto economico dell'implementazione delle soluzioni di cui sopra è stato calcolato considerando il risparmio sui salari, sulle tariffe orarie e sulle ore di lavorazione insieme ai

risparmi annuali ottenuti con l'implementazione degli strumenti lean, ottenendo i seguenti risultati:

- l'implementazione della nuova attrezzatura nella stazione di saldatura robotizzata della sezione centrale del braccio di sollevamento universale ha portato un risparmio di 551088 Rs;
- la fornitura della nuova attrezzatura nella stazione della pressa ha consentito di risparmiare di 756014,6 Rs;
- il controllo dell'inventario alla stazione di fissaggio ha prodotto un risparmio di 112002,34 Rs;
- la fornitura dei pallets ha consentito un risparmio di 123000 Rs;

In totale P.M. Masuti [et. al.] hanno riscontrato un risparmio totale dopo l'implementazione della VSM pari a 1542104,94 Rs.

Sulla base delle modifiche concepite sulla linea è stata quindi disegnata la FSM riportata in Fig. 3.22.

Annexure B: Future State Map

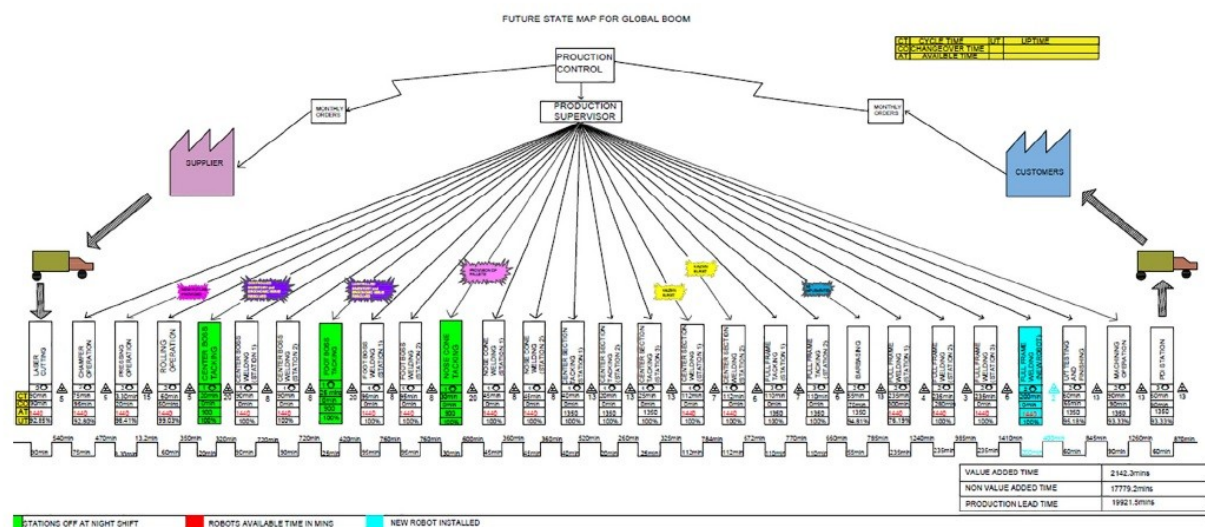


Figura 3.22. Future State Map relativa al value stream del braccio di sollevamento universale.

Fonte: P. M. Masuti and U. A. Dabade, *op. cit.*, p. 5.



# Conclusioni

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di mostrare come la VSM e i metodi ad essa associati possano essere utilizzati per la progettazione di sistemi di produzione efficienti e sempre in grado di assecondare le richieste dei clienti finali.

I casi di studio qui presentati sono stati scelti cercando di trattare, per quanto possibile, esempi di casistiche differenti in modo da evidenziare la versatilità e l'efficacia della VSM e dei principali metodi della Lean Production in diversi settori produttivi.

L'implementazione della VSM e dei metodi *lean* in tutti i casi di studio presentati ha fornito diversi risultati importanti, principalmente:

- a. ha consentito di evidenziare le problematiche nascoste nei sistemi produttivi di partenza;
- b. ha reso visibili gli sprechi presenti nei flussi di valore analizzati, fornendone una precisa collocazione nei rispettivi value stream;
- c. ha permesso di individuare i punti della produzione più critici e le attività di processo inutili e/o non indispensabili;
- d. ha portato all'aumento del tempo totale di valore aggiunto e alla riduzione dei tempi legati alle attività a non valore aggiunto garantendo un abbassamento del Lead Time totale di produzione;
- e. ha prodotto una migliore organizzazione degli iter produttivi portando ad una riduzione dei WIP, ad un miglioramento delle condizioni di lavoro per gli operatori e a un flusso dei materiali e delle informazioni più logico e veloce;
- f. ha permesso di ottenere importanti risparmi economici legati alla miglior esecuzione dei processi produttivi;
- g. ha fornito importanti informazioni su quali fossero le migliori soluzioni da adottare per raggiungere gli standard produttivi richiesti dal mercato.

La Value Stream Mapping è uno strumento semplice ma che può portare a risultati sorprendenti nel tempo purché sia applicata con costanza e la sua implementazione coinvolga tutto il personale dell'azienda.

Infine, come si potuto vedere nel Case Study 1 e Case Study 2, la VSM può essere combinata con sistemi di simulazione computerizzata divenendo un importante strumento decisionale attraverso il quale poter valutare i risultati di differenti scenari produttivi e confrontare gli effetti delle modifiche implementate nel tempo nella produzione attuale.

## Bibliografia

Krafcik, J. F., *Triumph of the lean production system*, in *MIT Sloan Management Review*, vol. 30, n° 1, 1988.

Elbert, M.; *Lean Production for the Small Company*, CRC Press, 2018.

Barlotti, C., *Industrial Engineering & Lean Manufacturing: La rivoluzione dell'organizzazione aziendale*, Società Editrice Esculapio, 2013.

Womack, J.P.; Jones, D.T.; *Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi*, Editore goWare & Guerini Next, 2017.

Donini, C.; *Lean Manufacturing. Manuale per progettare e realizzare un'azienda snella*, Volume 664 di Azienda Moderna, Editore FrancoAngeli, 2007.

Rother, M.; Shook, J., *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda*, A Lean tool kit method and workbook, the Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA, www.lean.org, version 1.2, June 1999.

Rother, M.; Harris, R., *Creating Continuous Flow: An action Guide for Managers, Engineers and Production Associates*, A Lean tool kit method and workbook, the Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA, www.lean.org, version 1.0, June 2001.

Black, J. T.; Hunter, S. L., *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*, Society of Manufacturing Engineers, 2003.

Nicholas, J., *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*, CRC Press, 2015.

Chiarini, A., *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Volume 3 di Perspectives in Business Culture, editore Springer Science & Business Media, 2012.

Wilson, L., *How To Implement Lean Manufacturing*, McGraw Hill Professional, 2009.

Cudney, E.A; Furterer, S.; Dietrich, D., *Lean Systems: Applications and Case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare*, CRC Press, 2013.

Chiarini, A., *Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics, strumenti Toyota Production System e Lean Agile Scrum*, Editore FrancoAngeli, 2° edizione, 2016.

Smalley, A., *Creating Level Pull, A lean production-system improvement guide for production-control, operations, and engineering professionals*, Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, www.lean.org, Version 1.0, March 2009.

Liker, J.K., Attolico, L.; *Toyota Way, I 14 principi per la rinascita del sistema industriale italiano – con 14 casi di studio italiani*; HOEPLI EDITORE, 2014.

- Goldsby, T. J.; Martichenko, R., *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*, J. Ross Publishing, 15/08/2005.
- Voehl, F.; Harrington, J.; Mignosa, C.; Charron, R., *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*, Management Handbooks for Results, CRC Press, 2016.
- Payaro, A., *Lean Management. Cose Mai Dette*, Società Editrice Esculapio, 23/01/2017.
- Ortiz, C. A., *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*, CRC Press, 2006.
- Dennis, P., *Lean Production Simplified, Second Edition: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*, 2a Edizione, CRC Press, 2007.
- Dolcemascolo, D., *Improving the Extended Value Stream: Lean For the Entire Supply Chain*, CRC Press, 2006.
- King, P.L.; *Lean thinking per le aziende di processo: Gestire la complessità senza sprechi per essere più flessibili e veloci*, Editore HOEPLI, 2017.
- Donini, C., *Lean Manufacturing: Manuale per progettare e realizzare un'azienda snella*, Volume 664 di Azienda moderna, Editore FrancoAngeli, 2007.
- Charron, R.; Harrington, J.; Voehl, F.; Wiggin, H., *The Lean Management Systems Handbook*, Volume 4 di Management Handbooks for Results Productivity Press Book, CRC Press, 2014.
- King, P. L., *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity*, Second Edition, CRC Press, 5/06/2019.
- Rajkishore, N.; Rajiv, P., *Garment Manufacturing Technology*, Woodhead Publishing Series in Textiles, Elsevier, 2015, 101.
- Sowell, T. J., *Competitive Manufacturing*, Xlibris Corporation, 2005.
- Brown, A.; Amundson, J.; Badurdeen, F., *Sustainable value stream mapping (SUS-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies*, p. 1; Department of Mechanical Engineering, University of Kentucky, Lexington, KY 40506, United States; Journal of Cleaner Production 85 (2014) 164-179; journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro) ; <http://dx.doi.org/10.016/j.jclepro.2014.05.101> ; 0959-6526/© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
- Deshkar, A.; Kamle, S.; Giri, J; Korde, V., Mechanical Department, Yeshwantrao Chavan College of Engineering, Nagpur, 440001, Maharashtra, India; *Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit*, pp.7668-7677; 2214-7853 © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. Selection and/or Peer-review under responsibility of International Conference on Emerging Trends in Materials and Manufacturing Engineering (IMME17), Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com); Materials Today: Proceedings 5 (2018) 7668–7677; [www.materialstoday.com/proceedings](http://www.materialstoday.com/proceedings) ; p. 3.

Harris, R.; Harris, C.; *Lean Connections. Making Information Flow Efficiently and Effectively*; CRC Press, 2008.

P. M. Masuti and U. A. Dabade, *Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company*, *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740> .

Martin, C., *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks*, 3<sup>rd</sup> Edition, Financial Times Series, Financial Times/Prentice Hall, Pearson Education, 2005.

Szwejcowski, M.; Jones, M., *Learning From World Class Manufacturers*, EBL ebooks online, Editore Springer, 2012.

Taho, Y.; Yiyo, K.; Chao-Ton, S.; Chia-Lin, H.; *Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization*; Institute of Manufacturing Information and Systems, National Cheng Kung University, Tainan 701, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University of Technology, New Taipei City 243, Taiwan; Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University, Hsinchu 300, Taiwan; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.010> ; 0278-6125/© 2014 The Society of Manufacturing Engineers. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.; *Journal of Manufacturing Systems* 34 (2015) 66–73; journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jmansys](http://www.elsevier.com/locate/jmansys).

Hsieh HC, Yang T, Su CT, Lin CT. *The development of a hierarchical rough-cut capacity planning model and demand management system for fishing-net manufacturing*. *Eur J Ind Eng* 2012; 6(4):422–40.

Kelton WD, Sadowski RP, Sturrock DT. *Simulation with Arena*. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2007.

# Sitografia

Lean Enterprise Institute, *Glossary of Value Stream Mapping Terms: LIST OF TERMS*, [https://www.lean.org/Workshops/vsm\\_online\\_demo/glossary.pdf](https://www.lean.org/Workshops/vsm_online_demo/glossary.pdf) .

Bonfiglioli Consulting S.r.l; *Kaizen*; <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/kaizen/> [31/08/2020].

Di Medio, P., *I Cinque Principi della Lean Production*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/i-cinque-principi-della-lean-production/2157> , [11/09/2020].

Bini, S., Trenitalia - Divisione Cargo - Qualità Cargo, *Il modello giapponese delle “cinque esse”*: come partire dall’ordine industriale per realizzare una gestione efficace e costruire un’organizzazione snella, in “LA TECNICA PROFESSIONALE”, N.6, GIUGNO 2012, p. 2.; <https://www.lumsa.it/sites/default/files/UTENTI/u261/BINI%20Sergio%20%282012%20b%29%20-%20IL%20MODELLO%20DELLE%20CINQUE%20ESSE%20%28articolo%20Tecnica%20Professionale%20n%2006%202012%29.pdf> .[31/08/2020].

Di Medio, P., *Eliminare gli sprechi in produzione - parte seconda*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/eliminare-gli-sprechi-in-produzione-2/864>. [18/02/2020].

Earley, T.; *The Waste of Motion; causes, symptoms, examples, solutions*; <https://leanmanufacturingtools.org/96/the-waste-of-motion-causes-symptoms-solutions/> , [21/09/2020].

Di Medio, P., *Eliminare gli sprechi in produzione – parte prima*, <https://www.organizzazioneaziendale.net/eliminare-gli-sprechi-in-produzione/844> .

Q&O Consulting S.r.l; Lean Company; <http://www.valuestreammapping.it/>. [12/12/2019].

Process Simulator; <https://www.promodel.com/products/ProcessSimulator> .

Giovanni Leonida; *Collo di bottiglia (Bottleneck) – Dizionario della logistica*; <http://www.dizionariologistica.com/index.html>. [10/08/2020].

Roser, C.; *Production Sequences: FCFS, EDD, and Others*; <https://www.allaboutlean.com/fcfs-edd-etc/> ; [29/08/2020].