



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

LA TECNICA VSM PER IL MIGLIORAMENTO CONTINUO

DEI PROCESSI MANIFATTURIERI

VSM TECHNIQUE FOR CONTINUOUS

IMPROVEMENT IN MANUFACTURING PROCESSES

Relatore: Chiar.mo

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Elettra Monteverde

Anno Accademico **2020 / 2021**

INDICE

INTRODUZIONE	-4-
1. INTRODUZIONE AL SISTEMA VSM	-5-
1.1 Il sistema VSM.....	-5-
1.2 Il concetto di valore.....	-5-
1.3 Perché il VSM è uno strumento essenziale.....	-5-
1.4 Come si articola il sistema.....	-6-
1.5 Perché applicare il VSM al sistema manifatturiero.....	-8-
1.6 Come disegnare una mappa dello stato.....	-10-
1.7 Introduzione al metodo Toyota.....	-11-
2. COLLEGAMENTO TRA IL VSM E STRUMENTI LEAN	-15-
2.1 Metodo 5S.....	-15-
2.2 Metodo Kanban.....	-16-
2.3 Tecnica SMED.....	-18-
2.4 TPM.....	-21-
2.5 Just In Time.....	-22-
3. ECONOMIA CIRCOLARE	-24-
3.1 VSM sostenibile.....	-28-
3.2 Un modello per aumentare la performance ambientale- economica.....	-30-
4. FASI DELLA VALUE STREAM MAPPING	-34-
4.1 Mappatura dello stato corrente.....	-38-
4.2 Mappatura dello stato futuro.....	-40-
5. CONCLUSIONE	-43-

INTRODUZIONE

In questo elaborato viene esposta la “Value Stream Mapping” o VSM come metodo per la mappatura del flusso di valore e di conseguenza come metodo per l’eliminazione degli sprechi.

Ci troviamo in un’epoca in cui la parola “Sostenibilità” è prorompente nella quotidianità e questo ha portato a diversi cambiamenti socio-culturali tra cui il metodo produttivo e l’approccio che si ha ad esso.

La VSM nacque infatti in un contesto industriale specifico poi con la pratica la sua applicazione è risultata compatibile e vantaggiosa in molti contesti. Nell’elaborato si parlerà dell’ambito manifatturiero come caso specifico ma il suo utilizzo si può vedere nei contesti più disparati come ad esempio quello ospedaliero e anche se poco comune a livello di servizi come possono essere le telecomunicazioni.

Nel primo capitolo viene introdotto il metodo VSM, verranno esposti gli elementi cardine di questa metodologia e verrà data una prima spiegazione della sua struttura.

Nel secondo capitolo verrà fatto un quadro generale sugli strumenti che vanno a completare e il lavoro svolto con la *Value Stream Mapping*, quindi verrà fatta un’analisi dettagliata dei metodi che fanno riferimento alla produzione snella.

Nel terzo capitolo si unirà il tutto al concetto di sostenibilità ed ai parametri che vanno tenuti in considerazione per avere un processo sostenibile sia a livello ambientale che umano.

Nel quarto capitolo verrà fatta una rassegna della simbologia e del relativo utilizzo nell’ambito della VSM. Si analizzerà come si può implementare il miglioramento dello stato futuro partendo dal tracciamento del flusso di valore dello stato corrente.

Infine nel quinto e ultimo capitolo verranno ripresi dei concetti e si parlerà delle azioni necessarie per instaurare una metodologia per il miglioramento continuo.

1.INTRODUZIONE AL SISTEMA VSM

1.1 Il sistema VSM

Il sistema VSM è un sistema di tracciamento visivo del flusso di valore lungo il processo produttivo, si tengono in considerazione sia le azioni che creano valore che quelle che non lo creano.

Compito dell'azienda è quello di eliminare gli ostacoli e far sì che non ci siano interruzioni. Successivamente il flusso sarà "tirato" dai consumatori.

1.2 Il concetto di valore

Esistono vari aspetti da valutare per definire il valore.

Per il cliente ciò che lo definisce sono le azioni ed i processi per i quali è disposto a pagare, perché non si farà carico delle spese che pensa siano superflue ma sarà pronto ad investire in azioni che creano valore aggiunto.

Invece dal punto di vista del processo produttivo per valore si intendono quelle attività che vanno ad incrementare la qualità del prodotto.

Nella rassegna letteraria vi sono varie definizioni di quest'ultimo, ad esempio viene considerato valore qualsiasi attività che utilizza le risorse in modo da massimizzarne l'utilità in tutto il suo ciclo di vita, compreso il fine vita del prodotto, e che va poi a giovare agli stakeholder.

All'interno del contesto produttivo esistono varie forme di valore, perché viene analizzato il processo nella sua interezza, si parte dalle materie prime fino ad arrivare al prodotto finito.

1.3 perché il VSM è uno strumento essenziale

Uno dei libri cardine è "Learning to see" [1] che ha gettato le basi per l'implementazione del metodo VSM dando delle linee guida, sottolineando

quelli che sono gli elementi fondamentali e i benefici che ne derivano dalla sua attuazione.

Questo libro vede la VSM come strumento essenziale perché grazie al tracciamento del flusso di valore si possono evidenziare gli sprechi, si possono legare insieme tecniche snelle e si può evidenziare il collegamento tra il flusso dei materiali e il flusso d'informazioni che sono interdipendenti come mostrato in Figura 1.

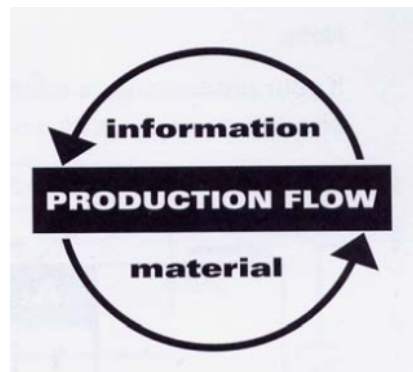


Fig. 1 – Collegamento tra i flussi– Fonte [1]

Ma il VSM è anche altro, infatti viene visto come uno strumento di comunicazione dal momento che collega le varie aree aziendali con una visione a tutto tondo del flusso. Per far sì che questa funzione ci deve essere una stretta interazione e collaborazione delle varie aree.

Il libro descrive una figura fondamentale che svolge da pilastro di questo sistema che è il *Value Stream Manager*.

Senza questa figura le varie aree del sistema lavorerebbero in modo ottimale dal punto di vista del particolare e non dal punto di vista globale, infatti il suo compito è quello di sincronizzarle cercando di valorizzare l'intero flusso e non i singoli processi.

1.4 Come si articola il sistema

I due autori descrivono il sistema VSM come una scaletta con vari step da seguire come mostrato in Figura 2.

Si passerà da una fase iniziale nella quale si raccolgono informazioni per avere una conoscenza del flusso per poi passare all'ultima fase in cui si ha l'implementazione.

Per prima cosa viene presa come punto di riferimento una "famiglia di prodotti" con questo termine si intende un insieme di articoli con un processo di lavorazione simile o per i quali si necessitano gli stessi tipi di apparecchiature.

Come secondo step si ha il disegno della mappa dello stato corrente che verrà fatto attraverso delle icone accessibili da tutti all'intero del complesso.

Come terzo step si ha il disegno della mappa dello stato futuro. Tra il secondo e il terzo step si ha una stretta interdipendenza come mostrato in figura 2.

Infine abbiamo il piano di lavoro ovvero come dovremmo agire per attualizzare il VSM e l'implementazione stessa.

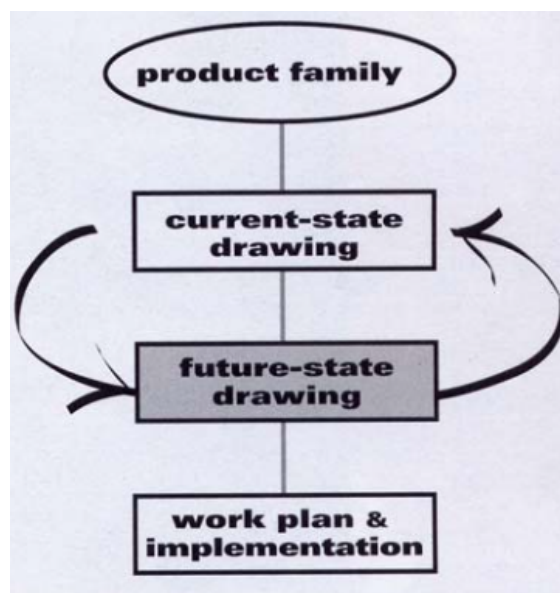


Fig.2 –VSM step– Fonte [1]

Per descrivere il processo si utilizzeranno delle caselle nelle quali verranno riportate diverse informazioni tra cui: il tempo ciclo, il tempo necessario per effettuare i cambi, il tempo a disposizione, tempo di attività delle macchine, gli operatori necessari, i turni di lavoro e così via.

La casella di processo si interrompe quando il flusso di materiale si ferma, si parte dalla mappatura dei processi principali e se serve vengono ricavati gli altri.

1.5 Perché applicare il VSM al sistema manifatturiero

Uno dei maggiori temi affrontati dalle aziende è la riduzione dei costi.

Nell'articolo "*Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis*" [2], vengono proposti metodi efficienti e convenienti per farlo.

Viene evidenziata l'importanza della riduzione delle scorte, perché questo tipo di problema con il tempo può sovrapporsi ad altri come il guasto dei macchinari, le non conformità, l'assenteismo e così via.

Interesse dell'azienda è far sì che il cliente sia il più lontano possibile dall'essere colpito dalle inefficienze all'interno del complesso, infatti si attuano misure preventive per fronteggiare i diversi imprevisti.

Per questo nell'articolo viene proposta l'integrazione di sistemi VSM con sistemi SDA.

Per sistemi SDA si intende l'analisi dei sistemi dinamici. I sistemi dinamici nacquero come tecnica di simulazione nel 1958 e vennero utilizzati per parecchi anni come metodo per simulare complessi logistici e produttivi.

Attraverso gli SD si va ad avere un quadro di quelle che sono le possibili relazioni causa effetto e si può fare un'analisi preventiva sui possibili scenari.

Attraverso la *value stream mapping* si portano alla luce i rifiuti e le possibili problematiche legate ad essi ed attraverso la SDA si monitora la risposta del sistema. Nell'articolo vengono anche introdotti degli indicatori di performance della linea per capire quelli che sono effettivamente gli sprechi.

Abbiamo:

L'FTY (First Time Yield) è il rapporto tra il numero di unità accettate e il numero totale di unità ispezionate che escono da un processo.

$$FTY = N_{PO} / N_{PI}$$

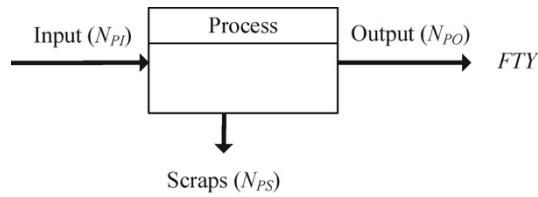


Fig.3 – fonte [2]

L'FPY (First Pass Yield) è il rapporto tra le unità che escono da un processo e quelle che entrano, in un determinato lasso di tempo.

$$FPY = (N_{PO} - N_{PR}) / N_{PI}$$

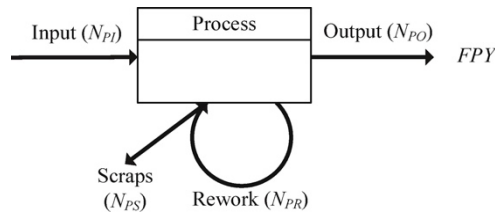


Fig.4 -fonte [2]

L'RTY (Rolled Throughput Yield) è uguale all'FPY ma vengono considerati più processi.

$$RTY = FPY_1 \cdot FPY_2 \cdot \dots \cdot FPY_n$$

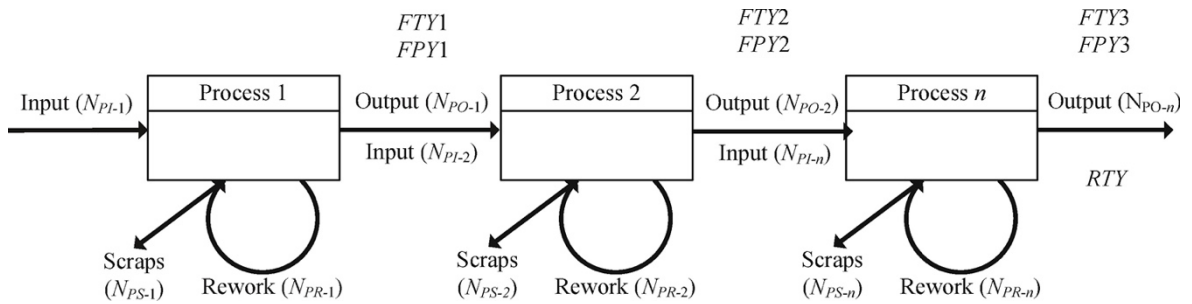


Fig.5 - fonte [2]

A questi indicatori ne vengono aggiunti altri una volta che si va a implementare il modello simulativo.

Avere degli indicatori che monitorano il modello di efficienza della linea produttiva può essere di grande giovamento per l'impianto perché si capisce quali sono i passaggi che creano più sprechi e quindi dove bisogna andare ad agire.

Gli scarti nel contesto manifatturiero implicano dei costi e capire l'origine di questi può far risparmiare grandi quantità di tempo e denaro all'azienda.

Ci sono due scenari che possono prendere campo quando si ha un difetto lungo la linea di produzione, o il pezzo può essere recuperato quindi viene fatto ripassare per un determinato processo oppure il pezzo viene scartato. In entrambi i casi si hanno delle perdite, in quanto nel primo caso si ha un doppio utilizzo delle materie prime per lo stesso prodotto e l'occupazione di quest'ultimo nella linea produttiva di un posto che sarebbe stato destinato ad un altro pezzo, invece nel secondo caso si ha una completa perdita delle materie utilizzate per la produzione di quel prodotto sommato al costo dello smaltimento.

Seguendo il filo di questo ragionamento le aziende preferiscono evitare i difetti il più possibile e cercano di attuare misure preventive partendo appunto dal capire quali sono i processi per i quali si hanno più sprechi. Utilizzando software di simulazione si vanno a contenere i costi che deriverebbero dalla prova fisica di scenari sperimentali e si hanno giovamenti anche per la ripetibilità del processo, azione che risulterebbe impegnativa nella realtà.

1.6 Come disegnare una mappa dello stato

Riprendendo il libro "*Learning to see*" [1] si parlava di una scaletta da seguire per tracciare il flusso del valore e di conseguenza per eliminare gli sprechi.

Per prima cosa si controlla che l'inventario non sia eccessivo poi si guarda quanto i processi sono disconnessi tra di loro e infine quanta differenza c'è tra il tempo di elaborazione e quello di consegna.

Gli autori si sono posti una domanda, come si fa a produrre solo quello di cui si ha bisogno quando se ne ha bisogno?

Per sviluppare questo concetto hanno ripreso il metodo Toyota, con il quale c'è stato un cambio radicale nella percezione del sistema produttivo.

Questo metodo anche chiamato Toyotismo racchiude tutte le filosofie di pensiero "lean", come la filosofia delle 5S, il sistema kanban, il just in time e la tecnica SMED.

Non si avrà più un sistema centralizzato che si fa guidare dall'offerta ma si ha un tipo di sistema che si fa trainare dalla domanda.

Infatti si sono ridotti i lead time e i lotti di produzione così da avere una produzione più flessibile che permetta di rispondere prontamente e senza troppe difficoltà alle richieste provenienti dal mercato.

1.7 Introduzione al metodo Toyota

Il metodo Toyota prende il nome dai suoi fondatori, Sakichi, Kiichirō Toyoda, e dall'ingegnere Taiichi Ōno negli anni tra il 1948 e il 1975.

Questo sistema produttivo è una diretta conseguenza del contesto storico in cui si è sviluppato poiché si parla del dopoguerra e dell'esigenza di rendere le poche risorse a disposizione le più produttive possibili.

Nasce così con la Toyota la filosofia just in time, che si basa sul produrre solo ciò che viene richiesto dal mercato quando viene richiesto.

Adottando questo stile di produzione si ha una forte riduzione delle merci in magazzino che comporta una riduzione degli spazi necessari, delle movimentazioni dei materiali all'interno dello stabilimento e di tutto ciò che ne consegue come riduzione del personale e di investimenti su macchinari più flessibili.

Secondo Ohno (1988), che può essere considerato il fondatore della Toyota production system (TPS) esistono 7 rifiuti individuabili che sono:

- Sovraproduzione
- Eccessivo inventario
- Trasporto
- Prodotti con dei difetti
- Ritardi/attese
- Sovra elaborazione
- Movimento inutile

Andando a attuare misure preventive si può velocizzare l'uscita dei prodotti finiti e si possono ridurre i costi di produzione.

Per cui il metodo Toyota non si basa su un sistema centralizzato come l'MRP che dalle richieste dei clienti invia le istruzioni a ciascuna attività di produzione ma attua un livellamento degli ordini dei clienti e li invia in un solo luogo, direttamente al processo del pacemaker, dove la merce richiesta verrà prodotta in tempo per la spedizione.

Nel 2003 è stato pubblicato online un documento dall'agenzia per la protezione dell'ambiente degli stati uniti (EPA) [3] nel quale si parla di una ricerca condotta in quattro società americane.

Da questa ricerca è emerso che la "lean production" sviluppa un ambiente operativo e culturale altamente favorevole alla riduzione dei rifiuti e alla prevenzione dell'inquinamento che può essere sfruttato per produrre un miglioramento ambientale, colmando i "punti ciechi" che possono sorgere durante l'implementazione "lean".

In questo documento è stata fatta anche una correlazione tra i 7 sprechi e i miglioramenti ambientali che si possono avere:

<i>Tipo di rifiuto</i>	<i>Impatto ambientale</i>
Difetti dei prodotti	<ul style="list-style-type: none"> - Spreco delle materie prime utilizzate per realizzare quel prodotto - Riciclaggio/smaltimento dei componenti difettosi - Spazio necessario per la rielaborazione che comporta costi per l'illuminazione, raffreddamento e riscaldamento.
Code/attese	<ul style="list-style-type: none"> - Potenziale deterioramento dei prodotti - Energia sprecata durante i tempi di fermo
Sovraproduzione	<ul style="list-style-type: none"> - Materie prime utilizzate per creare prodotti non necessari - Deterioramento o obsolescenza dei prodotti in magazzino che potrebbero richiedere costi di smaltimento.
Movimento e trasporto	<ul style="list-style-type: none"> - Maggior consumo di energia per i trasporti

	<ul style="list-style-type: none"> - Emissioni - Necessità di maggior spazio per la movimentazione e di conseguenza costi di energia aggiuntivi - Costi di imballaggio per la protezione dei componenti
Inventario	<ul style="list-style-type: none"> - Maggior imballaggi per conservare gli WIP - Deterioramento dei prodotti in magazzino - Necessità di materiali aggiuntivi per sostituire i WIP danneggiati in magazzino - Maggiore energia per il riscaldamento/illuminazione
Sovra elaborazione	<ul style="list-style-type: none"> - Maggior consumo di materie prime per l'elaborazione - L'elaborazione non necessaria aumenta i rifiuti, consumo di energia, lo spazio e i tempi
Creatività inutilizzata	<ul style="list-style-type: none"> - Meno possibilità di riduzione degli sprechi

Tabella 6 – impatti ambientali legati ai rifiuti di produzione (fonte EPA,2003)

Un altro aspetto che è stato introdotto dalla corrente di pensiero “lean” è quello di ridurre i lotti così da rendere la produzione più flessibile.

Come sottolineato nell'articolo *“Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system”* [4] il metodo Toyota ha come costruito principale quello di andare ad introdurre una standardizzazione del processo e per farlo va analizzato il flusso in tutta la sua interezza per capire dove si collocano le maggiori varianze.

Dopo aver fatto una valutazione delle varianze bisogna anche capirne le cause e nell'articolo si parla di cause dovute al personale, ai macchinari o alle attrezzature oppure al metodo come mostrato in figura 7.

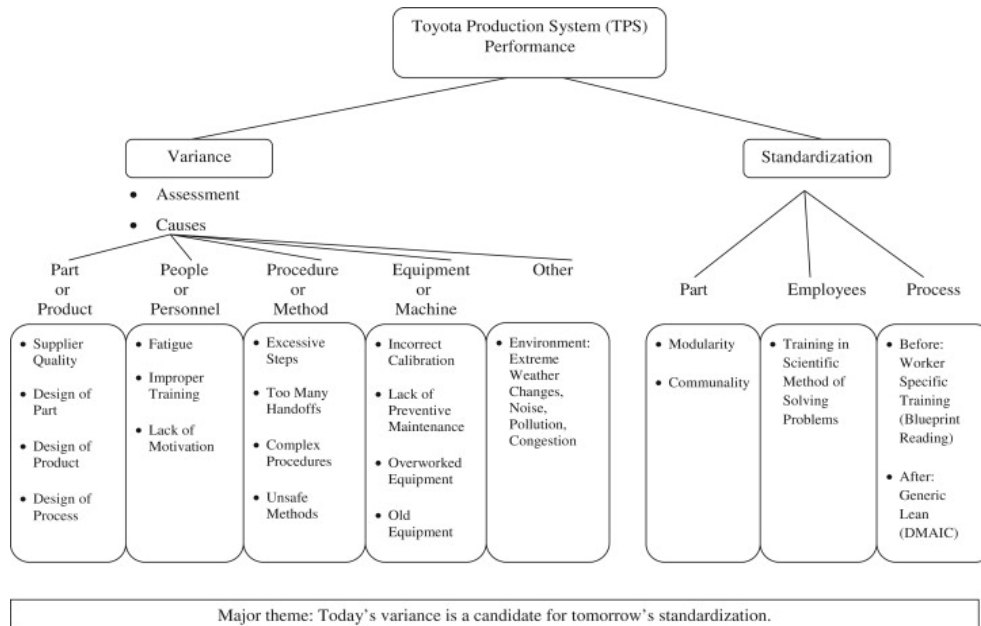


Fig. 7 -Toyota Production System– fonte [2]

Se la varianza parte dal prodotto è possibile che la causa sia come è strutturato il processo produttivo, oppure la scarsa qualità della componentistica fornita.

Se è dovuta al personale potrebbe derivare da una mancanza di motivazione diffusa oppure da un lavoro che richiede un eccessivo sforzo.

Se è dovuta al metodo la causa potrebbe risiedere nella complessità del processo, da metodi rischiosi o dalla necessità di effettuare eccessive movimentazioni del materiale.

Se deriva dai macchinari potrebbe essere causata da una incuranza delle misure preventive di manutenzione, da un sovraccarico, da invecchiamento della struttura o da un errata calibrazione.

Naturalmente a questi poi si aggiungono terzi eventi come possono essere gli eventi atmosferici, inquinamento e così via.

Per fronteggiare queste problematiche si va appunto a standardizzare il processo andando ad agire su più livelli.

Parte integrante del TPS è la formazione di lavoratori specializzati, questi vengono istruiti nel tempo su come è strutturata l'attività, su come va svolta e sulle tempistiche.

Si è visto come per l'implementazione bisogna partire da chi è più vicino al processo e che quindi ne comprende i punti di debolezza e le falle.

Un modo per favorire la riduzione dei tempi morti è quello di organizzare il luogo di lavoro in modo da minimizzare gli spostamenti degli operatori.

Un'altra grande parentesi si apre per quanto riguarda i tempi di attrezzaggio come ripreso anche in questo articolo, che implica poi il raggruppamento di parti, macchine o prodotti simili in modo da standardizzare il più possibile la produzione.

2.COLLEGAMENTO VSM E STRUMENTI LEAN

Nell'industria manifatturiera solitamente il sistema VSM viene applicato insieme ad altri metodi di eliminazione degli sprechi.

Questo perché la VSM ci aiuta a visualizzare i punti in cui si ha necessità di attuare misure di miglioramento ma non farà nulla in merito per ciò deve essere supportata e completata da altri strumenti "*lean*".

Di seguito verranno descritti alcuni sistemi di gestione snella come il metodo 5S , il metodo kanban e la filosofia just in time.

2.1 Metodo 5S

Nasce in Giappone con Hiroyuki Hirano, il quale cercò di rendere il più confortevole possibile il luogo di lavoro così da invogliare le persone ad una maggiore efficienza e produttività.

Questo metodo servì per creare una sinergia tra operatori e azienda.

L'acronimo sta ad indicare 5 parole giapponesi che sono: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, con le quali si indicano diverse fasi di analisi e organizzazione del luogo di lavoro.

Per prima cosa abbiamo il Seiri (Sort) che significa "separare", si vanno a evidenziare gli oggetti che sono funzionali all'attività lavorativa da quelli che sono superflui e che quindi possono essere eliminati.

Poi si ha il Seiton (Set in order) che significa "riordinare" e che quindi si basa sul posizionare gli strumenti in modo corretto, che seguano l'andamento del flusso di produzione e che siano facilmente accessibili.

Con Seiso (Shine) si intendono tutte quelle azioni che spingono ad avere un ambiente di lavoro sempre pulito, questo viene fatto per evitare che si vadano a camuffare le inefficienze.

Una volta effettuate le tre azioni precedenti quello che si va a fare è lo Seiketsu (Standardize) cioè la standardizzazione del processo, quindi si vanno a rendere ripetitive le azioni che ci portano ad un ambiente di lavoro ordinato.

infine si ha lo Shitsuke (Sustain) ovvero la diffusione nella collettività di questo modo di agire, quindi non verrà adottato dalla singola persona come ente a sé ma da quest'ultima come facente parte di un complesso più ampio.

Questo metodo di organizzazione degli spazi implica che gli oggetti di uso quotidiano siano posti in maniera più accessibile rispetto a quelli di uso sporadico che possono essere posti in luoghi relativamente lontani.

Avere un luogo di lavoro organizzato in questo modo permette anche all'operatore di capire in maniera repentina di quali utensili ha bisogno a supporto della sua attività lavorativa.

Riducendo le movimentazioni si vanno ad abbattere i tempi che non apportano valore aggiunto e quindi si vanno ad eliminare i "muda" ovvero gli sprechi.

Questo tipo di ordine può anche facilitare l'operatore nel capire se è stato prelevato qualcosa dalla sua postazione che quindi potrà fare una segnalazione.

2.2 Metodo Kanban

È un metodo di controllo e gestione della produzione, permette la comunicazione tra le diverse aree produttive e un monitoraggio delle scorte.

Nacque per soddisfare le esigenze del sistema produttivo Toyota (TPS) e successivamente fu adattato a più contesti industriali.

Vengono utilizzati dei cartellini per il controllo della produzione. Alla base c'è il fatto che nessuna stazione possa produrre più di quanto richiesto dalla stazione successiva.

Da qui si ramificarono varie modifiche di questo sistema che vengono analizzate nell'articolo "*Variations of the kanban system: Literature review and classification*" [5].

L'articolo analizza quanto i sistemi che si sono sviluppati in seguito si distanziano dall'originale e quante caratteristiche invece sono state mantenute.

Originariamente nella TPS si avevano due tipi di cartellini Kanban uno di movimentazione e uno di produzione.

Il "kanban di produzione" è un cartellino nel quale vengono indicate tutte le informazioni per la produzione di una determinata quantità e può essere considerato come un ordine di produzione.

Anche il kanban di movimentazione è un cartellino ma in esso vengono riportati i dati per la movimentazione del prodotto.

Questo sistema formato da due tipologie di kanban viene anche chiamato "*dual kanban*".

Nell'articolo vengono descritte anche altre qualità appartenenti al sistema originale come il fatto che attraverso questi cartellini la produzione deve essere "tirata" per cui si avranno ordini verso i fornitori una volta che i componenti saranno stati effettivamente utilizzati. Un altro aspetto è il monitoraggio dell'inventario tra due processi produttivi, predefiniti in base al numero di segnali.

Partendo da queste caratteristiche è stata fatta l'analisi su altri sistemi ed è stato tenuto in considerazione se il discostamento dalla versione originale ha apportato o no benefici.

Ne esistono di diversi tipi e di solito vengono adattati in base al contesto industriale nel quale vengono applicati.

Si è notato che lo sviluppo di alcuni sistemi ha seguito la logica originale. Per altri invece c'è stato uno scostamento più significativo dovuto ad un'impossibilità del sistema originale di adattarsi alla realtà.

Ad esempio si parla di un metodo basato sull'inventario nato da un ambiente fortemente competitivo e nel quale la domanda fluttua notevolmente, in questo tipo di realtà ogni volta che viene monitorata un'instabilità si avrà un adattamento del numero di segnali che invece nel sistema originale erano definiti a priori.

Un altro modo nel quale si ha avuto una diversificazione dal metodo originale è con parti del processo automatizzate.

Ad esempio, nell'articolo si parla di un esperimento fatto in una società canadese di un sistema kanban con i codici a barre.

Con questo adattamento si ha una riduzione drastica degli WIP, una maggiore prontezza di risposta alla domanda e la possibilità di avere una linea più flessibile.

Solitamente i cartellini kanban riportano le informazioni riguardanti le quantità, le tempistiche e i dati relativi a fornitori e clienti.

Questo comporta che una complessa rete di fornitura va a complicare questo sistema che potrebbe anche complicarsi per via dell'automazione o della lontananza delle postazioni.

2.3 Smed (Single Minute Exchange of Dies)

È uno strumento introdotto in Toyota da Shingo (1989) negli anni '60 ed è uno degli strumenti pilastri della produzione snella.

È una tecnica che serve per ridurre i tempi necessari per effettuare i cambi di attrezzature nelle macchine, va quindi a ridurre quelli che sono i tempi di set-up che se non pianificati e troppo lunghi comportano uno spreco di soldi e tempo. Per setup quindi si intendono tutte quelle operazioni necessarie per riportare un macchinario ad essere pronto per la lavorazione di un lotto differente.

Per i principi lean si tende alla produzione di lotti piccoli in modo da rendere la produzione il più flessibile possibile.

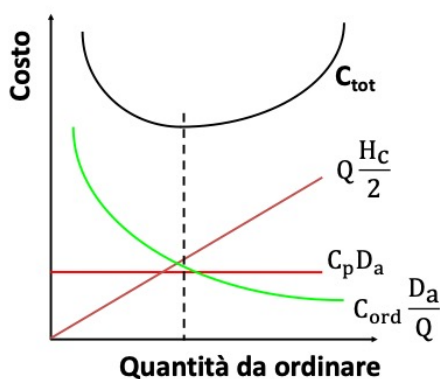
Esistono vari metodi per il dimensionamento del lotto da produrre come l'EOQ (economic order quantity), l'EOI (economic order interval) e l'algoritmo parte-periodo.

Quando si cerca di capire le dimensioni del lotto da produrre va tenuto in considerazione che:

- Gli ordini vanno evasi senza ritardi.
- I fabbisogni di ogni periodo devono essere disponibili prima dell'inizio del suddetto.
- Alcune merci vengono ordinate con base periodica.
- Si hanno dei costi di mantenimento a scorta.
- Il dimensionamento dei lotti è strettamente legato ai costi di mantenimento a scorta.

Per EOQ si intende il lotto economico che va prodotto al fine di minimizzare i costi di produzione e di approvvigionamento. Si possono avere più scenari se si utilizza questo metodo infatti, per alcune merci si potrebbe verificare una riduzione del prezzo di acquisto unitario se vengono ordinate grandi quantità.

Se si parla EOQ senza sconti riguardanti i volumi di acquisto l'andamento delle varie voci sarà [13]:



D_a = domanda annua

C_p = costo unitario di acquisto

C_{ord} = costo unitario dell'ordine

H_c = costo annuo di mantenimento a scorta per unità

h_c = tasso annuo di mantenimento

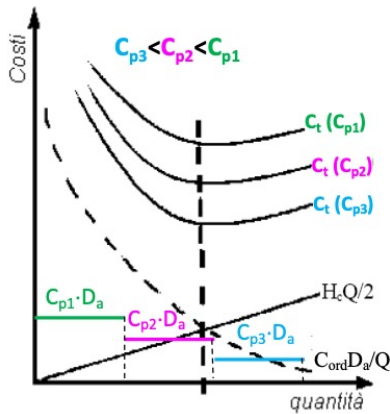
Q = dimensione del lotto

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{ord} \cdot D_a}{C_p \cdot h_c}}$$

Attraverso questa formula si tiene in considerazione sia il valore delle scorte che i costi per l'acquisto dei materiali.

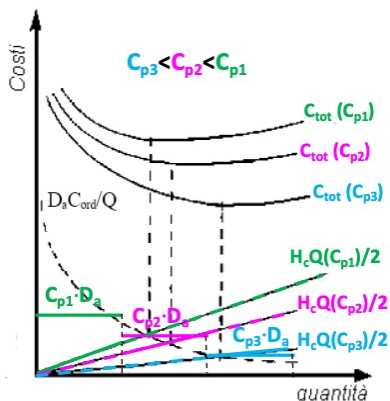
Se invece si ha un modello EOQ che è soggetto a sconti per ordini di grandi quantità si possono avere due scenari:

- 1- Abbiamo i costi di mantenimento che non dipendono da quelli di acquisto delle parti



Si ha una traslazione verticale delle curve in base al costo di acquisto unitario. Dal grafico si può notare che esiste un unico valore in cui ricade il costo di acquisto totale.

- 2- I costi di mantenimento a scorta sono dipendenti da quelli di acquisto



Attraverso questo grafico si può vedere che quantità maggiori ordinate portano a costi di acquisto unitari minori e di conseguenza a costi di mantenimento minori.

In entrambi i casi il lotto economico di acquisto si può calcolare nel seguente modo:

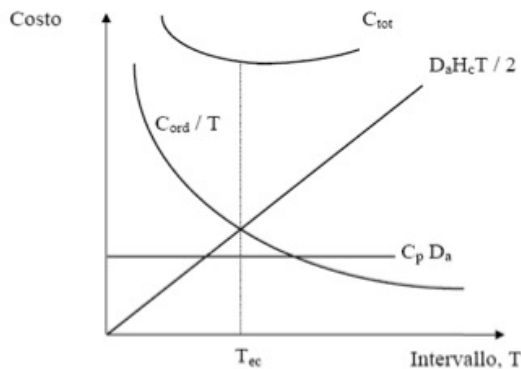
$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{ord} \cdot D_a}{H_c}}$$

D_a = domanda annua

C_{ord} = costo unitario dell'ordine

H_c = costo annuo di mantenimento a scorta per unità

Invece con EOJ si indica l'intervallo di tempo prefissato che intercorre tra due ordini, per cui la merce verrà ordinata a intervalli di tempo regolari e la dimensione dei lotti sarà una conseguenza di questo.



Il grafico rappresenta l'andamento dei costi in relazione al tempo.

Con T_{ec} si indica l'intervallo di tempo che deve intercorrere tra due ordini di produzione in modo da minimizzare i costi e si può calcolare utilizzando la seguente formula:

$$T_{ec} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{ord}}{D_a \cdot H_c}}$$

D_a = domanda annua
 C_{ord} = costo unitario dell'ordine
 H_c = costo annuo di mantenimento a scorta per unità

Infine si può utilizzare l'algoritmo parte periodo che effettua un confronto tra i costi di mantenimento a scorta e i costi di setup e va a sommare tutti i fabbisogni antecedenti a quello in cui il costo delle scorte è maggiore a quello di setup.

2.4 Tpm (Total Productive Maintenance)

È un sistema che ha lo scopo di mantenere in completa efficienza un impianto produttivo.

Nasce in Giappone negli anni 60' e si occupa della gestione e prevenzione dei fermi macchina e guasti.

È strutturato su due livelli [10] il primo chiamato manutenzione autonoma nel quale gli operai svolgono un primo controllo del loro luogo di lavoro e un primo intervento manutentivo. Con primo intervento si intendono azioni come la pulizia dei filtri ed i controlli vari come delle temperature, pressioni e così via. Invece il secondo livello è più complesso e si basa su una raccolta dati che poi a livello ingegneristico serviranno per l'implementazione di un sistema preventivo.

Attraverso uno studio effettuato su 250 società è emerso che il Tpm è direttamente associabile a una riduzione drastica del consumo di energia, sia perché avere macchinari che funzionano al massimo della loro efficienza ha un impatto positivo sui consumi sia per quanto riguarda l'utilizzo di energia per l'avviamento dei macchinari dopo un guasto. [15]

È stato anche dimostrato come l'utilizzo di questo metodo aiuti a disattivare l'utilizzo di energia durante lo standby, quindi si ridurranno quelli che sono i costi e gli utilizzi che non apportano valore aggiunto al processo ed allo stesso tempo aumenterà la durata delle apparecchiature e si avranno riduzioni delle perdite.

2.5 Just in time

Il just in time nasce in Giappone con il sistema produttivo della Toyota.

Si basa sul produrre solo ciò che è richiesto dal cliente quando viene richiesto. È una tecnica di produzione snella che permette di evitare il fenomeno della sovrapproduzione per cui alla base c'è l'idea che ogni tipo di scorta sia uno spreco.

Scorte:

Si possono avere più tipi di scorte come quelle di materie prime, semilavorati e prodotti finiti. Avere delle scorte può fronteggiare diversi problemi come l'inaffidabilità dei fornitori, la variabilità della domanda, ovviare a malfunzionamenti dei macchinari e la tutela degli aumenti dei prezzi.

La classificazione degli articoli in magazzino può essere fatta attraverso l'analisi ABC. Quest'analisi si basa sul principio di Pareto per il quale il 20% dei prodotti occupa l'80% di spazio, richiede l'80% di tempo o rappresenta l'80% del valore disponibile.

Gli articoli di classe A rappresentano gli articoli di maggior valore infatti possiedono l'80% del valore degli articoli in magazzino ma il 20% della giacenza.

Gli articoli di classe B possiedono il 15% del valore del magazzino e il 30% della giacenza.

Gli articoli di classe C sono quelli di minor valore infatti possiedono il 5% del valore della giacenza ma il 50% degli articoli a scorta.

Le voci di costo che derivano dal mantenimento a scorta sono molteplici:

- costo di acquisto al quale si aggiunge il costo del trasporto se si acquistano prodotti da fornitori esterni oppure costi di produzione se passano per la produzione interna.

- costi di mantenimento a scorta che comportano il rischio di obsolescenza, movimentazione dei prodotti, di immagazzinaggio, di possibile deterioramento e delle assicurazioni.

- costo di penuria che può derivare o da una mancata evasione di un ordine da parte di un fornitore oppure dalla mancata esecuzione di esso da parte di un reparto interno.

Con l'esperienza quindi si è capito che una filosofia di pensiero lean tiene in considerazione un livello di inventario adeguato ma mai eccessivo.

Avere una giacenza ben strutturata porta notevoli benefici infatti alcuni costi fissi come quelli di setup e approvvigionamento possono essere spalmati, si ha la possibilità di stabilizzare la produzione senza avere picchi e si riducono i rischi. In base al contesto produttivo che si analizza potrebbe risultare più conveniente mantenere il livello di produzione costante piuttosto che inseguire la domanda.

Un sistema con una buona gestione delle scorte ha un buon IR o indice di rotazione che si calcola come il rapporto tra il volume annuale delle vendite e l'investimento medio in scorte il quale mi indica quanto la merce rimane ferma in magazzino.

Avere merce che rimane troppo tempo ferma quindi un IR basso comporta vari sprechi e un lento ritorno dell'investimento, invece un IR elevato indica un'alta rotazione delle scorte e un magazzino che si svuota velocemente.

3.ECONOMIA CIRCOLARE (CE)

L'economia circolare è un modello che propone la chiusura dei circuiti di produzione dei beni per ridurre l'esaurimento delle risorse naturali, l'inquinamento e gli alti livelli di produzione.

Bisogna pensare che tutto ciò che viene riciclato evita l'estrazione di materie prime e riduce lo smaltimento in discarica dei rifiuti.

Il contesto industriale odierno assorbe un enorme varietà di risorse e un errata gestione di queste potrebbe produrre sprechi di dimensioni non sottovalutabili.

La situazione ambientale contemporanea spinge le aziende ad entrare in una logica per la quale gli sprechi oltre ad essere una perdita economica ledono all'ambiente, quindi adottare una modalità produttiva lontana da quella circolare sta diventando poco conveniente e porta le aziende anche ad essere meno competitive.

La tradizionale economia lineare si basava sulla trasformazione delle materie prime in prodotto finito e in un secondo momento in rifiuti; non si avevano investimenti per il riutilizzo del prodotto post vendita ma si passava direttamente al suo smaltimento.

Questo comportamento con gli anni ha portato a delle conseguenze a livello ambientale preoccupanti, poiché ci sono sostanze che hanno un tempo di utilizzo breve rispetto al tempo che impiegano per degradarsi.

Questo modo di agire colpisce il prodotto in tutte le fasi di vita anche nel fine vita e va a creare una stretta connessione tra le aziende e i consumatori.

Si punta quindi ad avere dei prodotti che anche nel fine vita possono essere riciclati e riutilizzati completamente o in parte ed a un utilizzo di energie derivanti da fonti rinnovabili.

Questa tendenza alla circolarità dei prodotti però non è necessariamente applicabile a tutti i campi questo perché un prodotto deve attenersi a degli standard economici, ambientali e sociali per essere effettivamente sostenibile.

Le difficoltà maggiori che si stanno riscontrando per l'adozione del sistema circolare derivano da terzi fattori come una disinformazione popolare generale, fenomeni di disuguaglianza sociale e divari generazionali.

Inizialmente alla CE erano associati 3 imperativi [9] ("ridurre", "riutilizzare" e "riciclare") poi con il tempo e il progresso si arrivò a maturare le 10 R di "refuse", "rethink", "reduce," "reuse", "repair", "refurbish", "remanufacture", "repurpose", "recycle", e "recovery".

L'unica cosa stabile nel tempo è il fatto che si punti a una riduzione dei rifiuti. Con il progresso economico si ha un disaccoppiamento con la sostenibilità ambientale.

Si possono avere diverse tipologie di filiere circolari ma in qualsiasi caso può essere utilizzata la VSM per il tracciamento del flusso di valore come mostrato nelle figure a seguire.

Nella prima immagine viene mostrato uno dei modi di concepire l'economia circolare per cui si avrà un processo di rigenerazione in cui viene trattato e posto il prodotto in modo tale da essere riutilizzato nella linea principale e un processo di ricondizionamento che si svolge in maniera parallela al flusso primario.

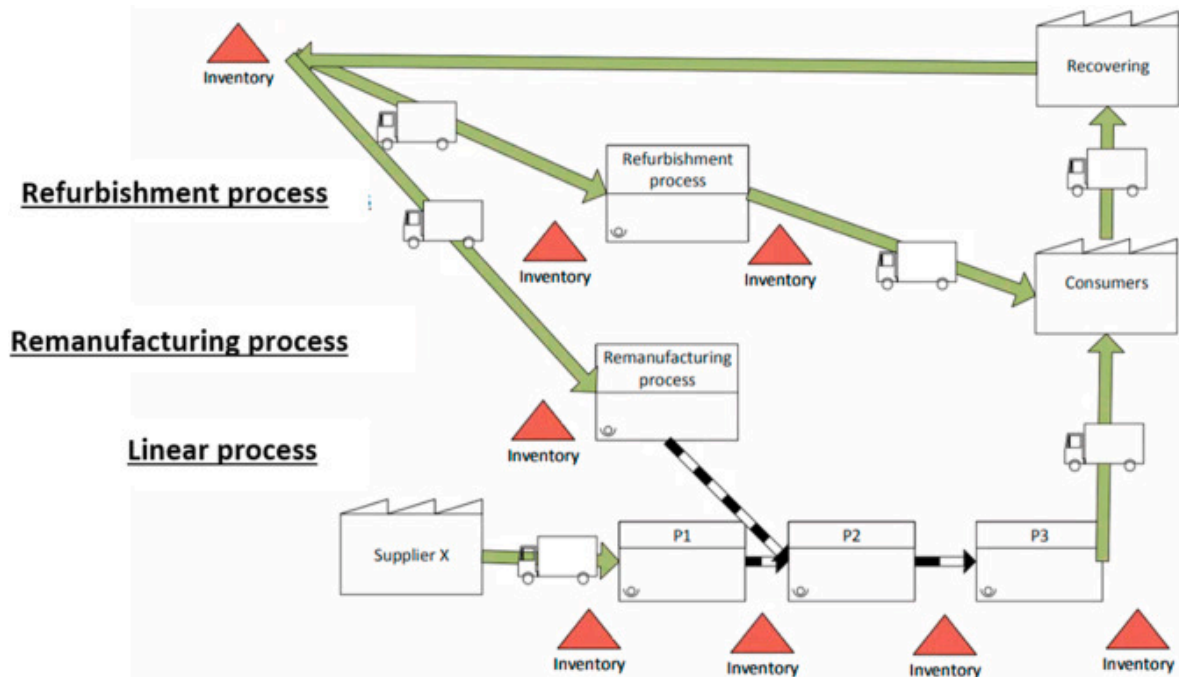
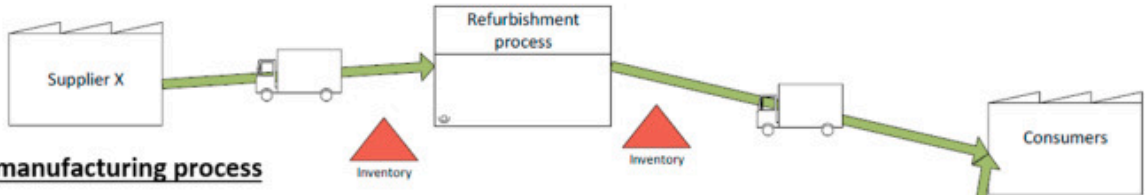


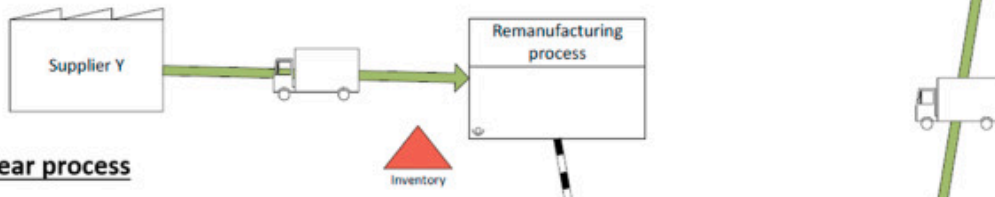
Fig. 8-Fonte [6]

Un altro modo per avere un'economia circolare è quella di unire più processi lineari, come mostrato in figura però a patto che questi metodi siano integrati con indicatori di longevità e circolarità.

Refurbishment process



Remanufacturing process



Linear process

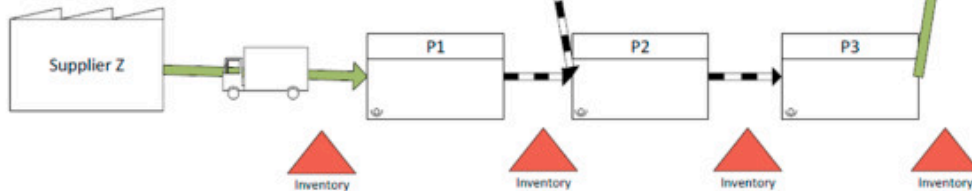


Fig. 9– Fonte [6]

Non in tutti i settori si ha questa distinzione tra prodotti rigenerati e ricondizionati ma spesso vengono utilizzati come sinonimi per descrivere dei prodotti che non sono al loro primo ciclo di vita.

Quello che rende un prodotto realmente appartenente a questo filone è la sua capacità di passare più volte per un ciclo produttivo anche a fine vita.

Viene utilizzato un indicatore di circolarità che indica quanto le varie parti costituenti un prodotto sono già state riutilizzate in precedenza e quante di queste invece sono al loro primo utilizzo.

Di seguito verranno descritti degli indicatori necessari per parlare di circolarità [6]:

$$Circularity\ of\ the\ component\ (cc) = \frac{\sum_{i=1}^n q_i * d_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

d_i=numero di cicli di tipo i

q_i=quantità di componenti che passano per il ciclo i

n= numero totale di gruppi ciclo

la formula calcola la circolarità di ogni componente , che andrà poi utilizzata per calcolare la circolarità del prodotto finale .

$$\text{Circularity of the final product } (cp) = \frac{\sum_{j=1}^m cc_j * qc_j}{\sum_{j=1}^m qc_j}$$

cc_j=circolarità del componente j

qc_j=quantità di prodotti j utilizzati nel prodotto finale

Con questo indicatore si può calcolare quanto effettivamente un prodotto è formato o meno da componenti utilizzati in precedenza.

$$\text{Longevity of the component } (lc) = \frac{\sum_{i=1}^n q'_i * l_i}{\sum_{i=1}^n q'_i}$$

l_i=età del componente

q'_i=numero di componenti con la stessa età

n=numero totale di gruppi con la stessa età

Attraverso questo indicatore è possibile capire la longevità del componente se si ha l_i pari a zero quello che si sta segnalando è un prodotto al suo primo ciclo di vita.

$$\text{Longevity of the final product } (lp) = \frac{\sum_{j=1}^m lc_j * qc_j}{\sum_{j=1}^m qc_j}$$

lc_j=longevità del componente j

qc_j= quantità di componenti j utilizzati per produrre il prodotto finale

Possiamo quindi avere un quadro generale dell'effettiva durata della componentistica che forma il prodotto finito.

L'unione delle metriche alla VSM permette di fare un'analisi dettagliata sui processi produttivi e capire dove sono concentrati gli sprechi e quali interventi si possono attuare per un miglioramento continuo.

3.1 VSM sostenibile

Nell'articolo *"Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance"* gli autori analizzano le metriche che definiscono gli standard di sostenibilità e che vanno quindi a caratterizzare la Sus-VSM [7].

Questo metodo ha delle caratteristiche aggiuntive al VSM originale in quanto aiuta a monitorare la sostenibilità di una linea produttiva e i vari sprechi lungo di essa.

Sostenibilità ambientale:

Focus principale della metrica sulla sostenibilità ambientale è l'utilizzo dell'acqua per la produzione, l'energia e le materie prime.

Un buon monitoraggio delle materie prime permette di capire quante di queste vanno perse nei processi intermedi come processi additivi o sottrattivi come può essere la saldatura.

Attraverso la Sus-VSM si è in grado di capire la mole di materiali che vengono persi durante il processo produttivo ed esattamente in che punto di esso, quindi la differenza tra le materie prime immesse e quelle effettivamente utilizzate per il processo.

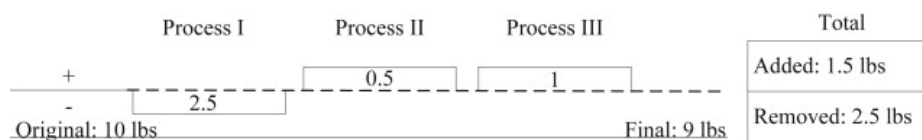


Fig. 10 -Assorbimento materie per processo– fonte [7]

Per quanto riguarda il consumo di energia con il Sus-VSM si ha un quadro completo dell'energia assorbita da ogni processo e questo permette anche di identificare le aree di miglioramento.

In figura viene mostrato come vanno indicati graficamente i vari processi e i loro assorbimenti.



Fig.11-Assorbimento elettrico dei processi – fonte [7]

Gli autori sottolineano il fatto che è esente da questo monitoraggio tutta l'elettricità utilizzata per il normale sostentamento e le perdite per motivi di complessità.

Infine quello che va monitorato è il consumo dell'acqua di processo, andando a porre l'attenzione su quella necessaria, quella effettivamente utilizzata e le perdite. Per perdite si intende tutto ciò che non può essere utilizzato per il funzionamento di altri flussi oppure riciclato.



Fig. 12 -Assorbimento fluidi di processo-fonte [7]

In figura viene mostrato come va rappresentato graficamente l'assorbimento idrico dei vari processi.

Sostenibilità sociale:

Un altro aspetto che rende un processo sostenibile è quanto questo sia o meno nocivo alla salute dei lavoratori, infatti viene costantemente monitorata e vengono attuate misure per la prevenzione dei soggetti.

Le metriche per valutare la sostenibilità sociale sono quella del lavoro fisico e dell'ambiente di lavoro.

Per la valutazione lavoro fisico viene introdotto un indicatore PLI "Physical Load Index" che si basa su un questionario utile per capire le azioni e i carichi a cui sono sottoposti gli operatori. Invece per quanto riguarda la metrica dell'ambiente di lavoro si hanno 4 categorie di rischio dovute a: sistemi elettrici, sostanze chimiche pericolose/materiali utilizzati, sistemi pressurizzati, componenti ad alta velocità e vengono compresi anche i livelli di rumore.

Questi possibili rischi sono poi associati ad una probabilità di accadimento dell'evento in base a quanto l'operatore è esposto ad essi.

Si utilizza una scala da 1 a 5 in cui si va da un minimo in cui il rischio non esiste a un massimo in cui la probabilità di accadimento è alta.

3.2 Un modello per aumentare la performance ambientale-economica

Un metodo che permette il monitoraggio delle prestazioni ambientali di un sistema nasce dall'unione del metodo VSM con lo strumento LCA o "Life Cycle Assessment".

Nell'articolo *"Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making"* [17] viene analizzato il metodo LCA-VSM come strumento per il miglioramento continuo della performance ambientale-economica.

Il modello LCA permette la valutazione non solo dei prodotti, ma anche dei processi e delle attività industriali. Il suo sviluppo si basa su 4 fasi:

- 1- Definizione di un obiettivo
- 2- Analisi dell'inventario e del ciclo di vita
- 3- Valutazione dell'impatto del ciclo di vita
- 4- Interpretazione

Quindi come il VSM si basa sulla mappatura del flusso.

I due metodi sono per alcuni aspetti sovrapponibili invece per altri hanno delle discrepanze infatti come visto in fig. 13 entrambi sono orientati all'eliminazione degli sprechi ma sotto ottiche differenti.

L'implementazione dei due metodi punta a un'efficienza continua del flusso, si cerca di dare continuità al processo di miglioramento continuo con un'ottica legata alla sostenibilità ambientale.

Il metodo del "Life cycle Assessment" fa riferimento a degli standard che sono:

- ISO 14040 (2006a)
- ISO 14044 (2006b)

Che servono per un corretto tracciamento del profilo ambientale del processo.

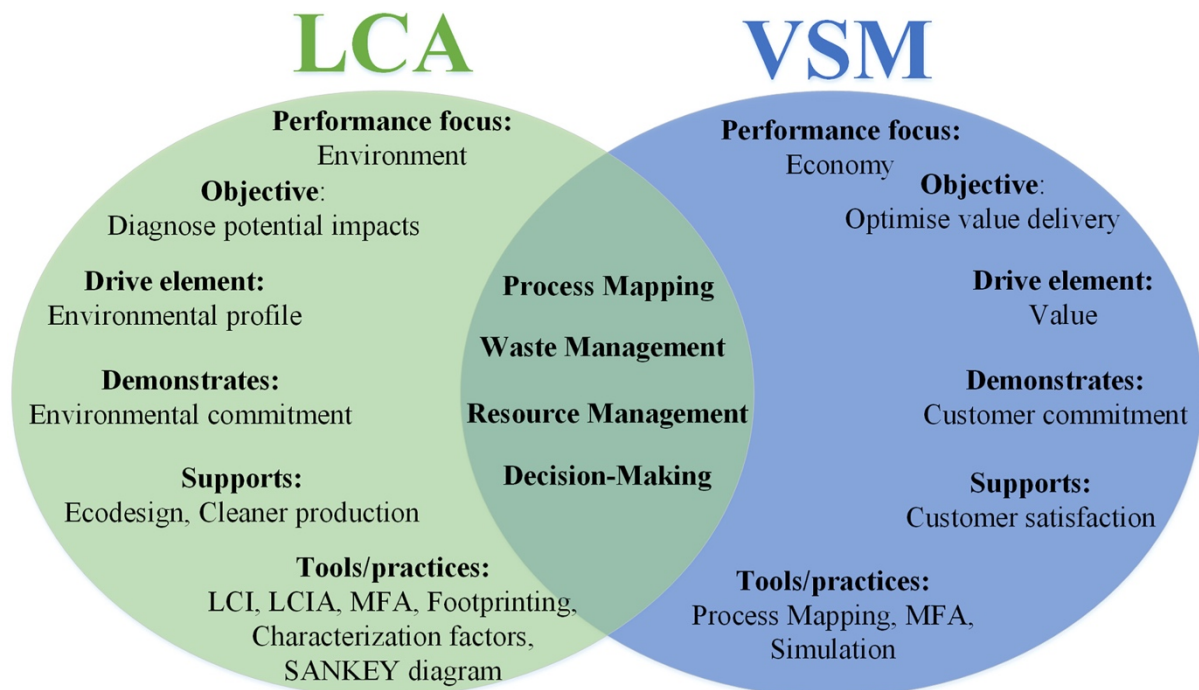


Fig. 13 -Sovrapposizione modelli – fonte [17]

Con il VSM si ha come focus principale la riduzione degli sprechi in ottica economica infatti come visto in precedenza è legato a ciò che il cliente definisce valore.

Invece il metodo LCA è focalizzato sulla mappatura del profilo ambientale e di conseguenza su una riduzione degli sprechi in un'ottica che mira all'eco-sostenibilità.

L'articolo parla di diversi input che possono essere analizzati per fare un'analisi LCA-VSM, alcuni di essi potranno influenzare entrambi i metodi, altri invece solo uno.

In questo tipo di analisi va tenuto in considerazione che il risultato che si otterrà dipenderà molto dal contesto industriale che si sta analizzando. Per cui l'unione dei due metodi può apportare giovamenti sia all'ambito economico che ambientale. L'implementazione dello strumento LCA-VSM si articola in 7 fasi come mostrato in fig.14:

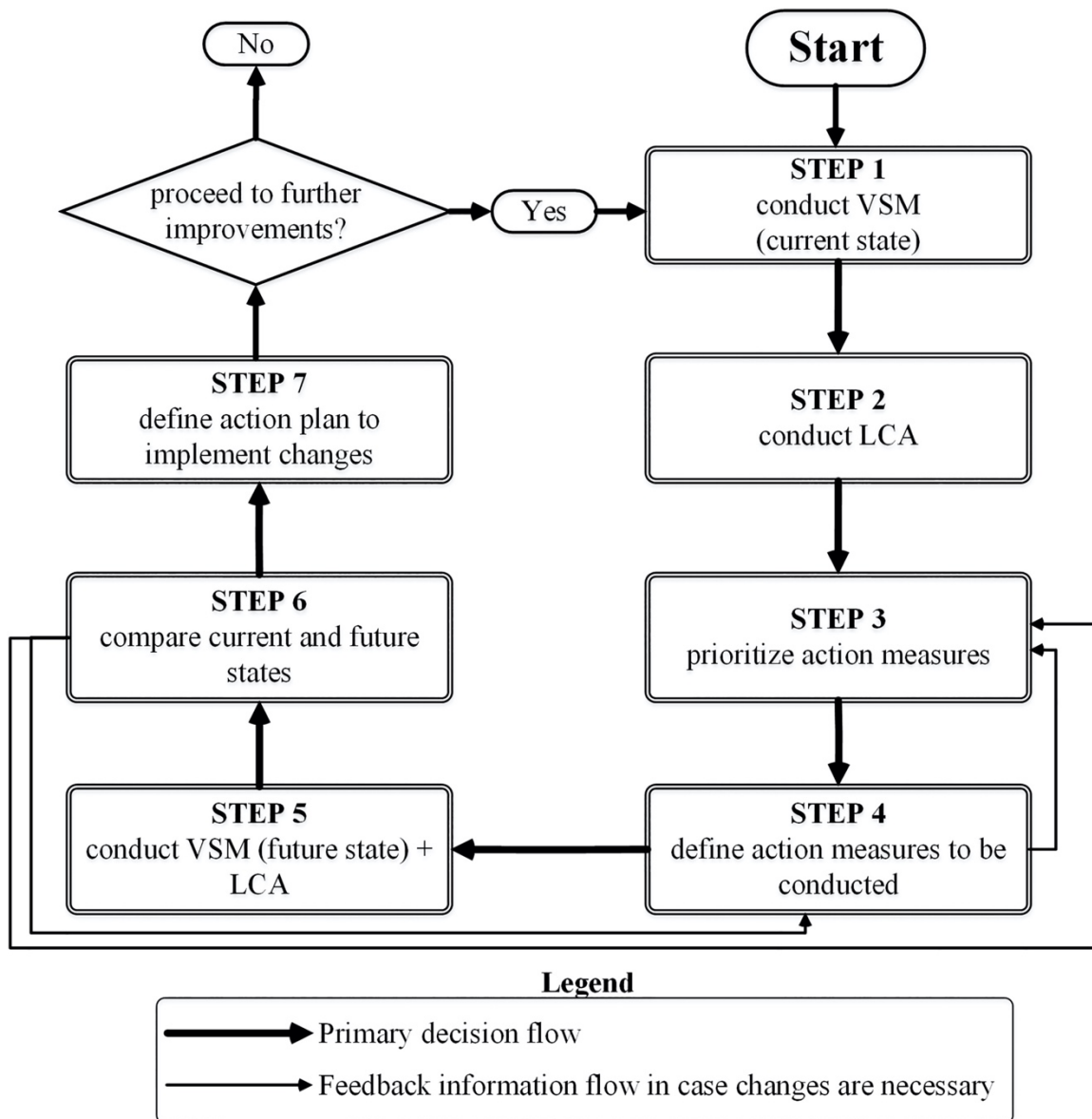


Fig.14 -Modello LCA-VSM- fonte [17]

Sono di fondamentale importanza i flussi di informazioni tra le varie aree perché si deve avere una fluidità generale del processo. Non si devono avere aree che attuano misure che giovano alla singolarità ma che sono nocive per l'intero complesso.

Come primo step si ha la mappatura dello stato corrente attraverso il metodo VSM, quindi si vanno a evidenziare i vari flussi e le varie caselle di processo con le relative informazioni.

Come secondo step si ha l'implementazione dell'LCA pertanto si va a definire il profilo ambientale del processo.

Il terzo step è quello che caratterizza maggiormente il metodo LCA-VSM in quanto verrà data priorità all'azione quindi si andrà a fare un'analisi e un intervento sulla riduzione degli sprechi con il fine di attuare un miglioramento. In questa fase gli autori mettono in evidenza il fatto che se si deve fare una scelta non verrà mai fatta quella di attuare un processo sostenibile ma economicamente infattibile. In qualsiasi caso si cercherà di avere per quanto possibile un conglomerato tra i due.

A questo punto vengono introdotti degli indicatori per capire qual è il potenziale di implementabilità (IP) di ogni azione.

L'IP si calcola andando a moltiplicare tra di loro 3 fattori:

- Preferenza ambientale (EP):
- Fattibilità economica (EF)
- Facilità di attuazione (EI)

Quindi verrà assegnata ad ogni attività un punteggio che va da una soglia minima di 1 a una massima di 3 per tutti gli indicatori così da avere poi il potenziale di implementabilità di ognuna.

Con il quarto step si andranno a definire le azioni da effettuare.

Con il quinto si andrà a fare una mappa dello stato futuro attraverso il metodo VSM ed allo stesso tempo un'analisi LCA.

Nel sesto step si vanno a comparare lo stato corrente e quello futuro tenendo in considerazione gli impatti di ogni attività e del loro ciclo di vita. Dalla figura si può notare che da questo processo partono due frecce collegate ai processi precedenti. Se una volta valutato il processo questo risulta peggiore bisogna tornare agli step precedenti invece se risulta migliore si può procedere con quello successivo.

Infine nel settimo e ultimo step quello che si fa è la definizione di un piano per l'implementazione delle modifiche, emerse dallo studio e analisi attraverso il metodo LCA-VSM, che si vogliono effettuare.

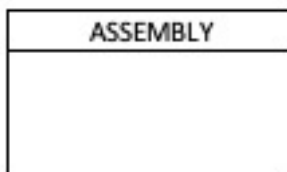
Puntando a un miglioramento continuo questo tipo di analisi può essere sostenuta dalle aziende più volte. La sua attuazione dipende dal contesto produttivo nel quale si vuole applicare quindi avrà sempre una certa soggettività.

4.FASI DELLA VALUE STREAM MAPPING

Per analizzare un flusso di valore tramite la “*Value stream mapping*” si utilizzano degli strumenti che facilitano la comprensione dell’intero flusso e delle fonti di spreco.

Questi strumenti sono introdotti nel libro “*Learning To See*” [1], nel quale vengono descritti dei simboli con i quali si può mappare il flusso. Queste icone vengono suddivise in categorie, in base al particolare che si vuole descrivere. Si avranno per cui 3 macro distinzioni tra: icone generali, dei materiali e delle informazioni.

-Tra le icone dei materiali abbiamo:



PROCESSO DI PRODUZIONE:

Indica una fase del processo di produzione ad esempio l’assemblaggio o la saldatura.



RISORSE ESTERNE:

Con questo simbolo vengono indicati i fornitori, oppure i consumatori e spesso a questo simbolo vengono affiancati i tempi di lead time.

C/T= 45 sec.
C/O= 30 min
3 shifts
2% scrap

CASELLA DATI:

Raggruppa tutte le informazioni riguardanti i tempi di un processo, gli operatori necessari per quell’attività, i tempi per i cambi, i tempi per lavorare un pezzo, i turni su cui si sviluppa e così via.



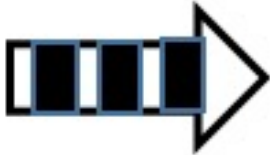
INVENTARIO:

Segnala gli accumuli di materiale all’interno del flusso e si può trovare tra due processi di lavorazione.



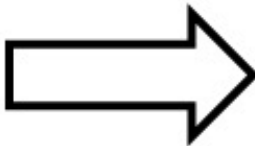
CAMION FORNITORI:

Permette di evidenziare le tempistiche dei fornitori



FRECCIA PUSH:

Evidenzia dove i materiali vengono spinti quindi passano da un processo di produzione all'altro, di solito viene utilizzata in seguito a una schedulazione della produzione.



Indica il passaggio dei prodotti dalla produzione ai consumatori.



SUPERMARKET:

Inventario monitorato per schedulare il processo a monte.



RITIRO:

Di solito viene abbinata al ritiro di materiali dal "supermarket"

F.I.F.O.

Viene utilizzata per descrivere come i materiali si muovono all'interno del flusso, per cui i primi ad entrare in un processo produttivo saranno i primi ad uscirne e di conseguenza a entrare in quello successivo.

Icone delle informazioni:



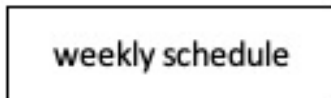
FLUSSO DI INFORMAZIONI MANUALE:

Esempi di questo tipo di flusso di informazioni si ha con la schedulazione della produzione o dei fornitori



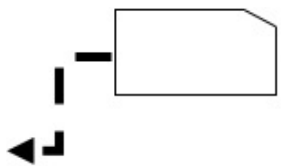
FLUSSO DI INFORMAZIONI ELETTRONICO:

Lo scambio di informazioni per via telematica.



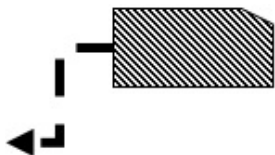
INFORMAZIONI:

Descrive un flusso di informazioni.



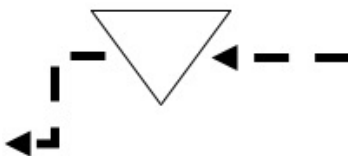
KANBAN DI PRODUZIONE:

Indica quanto può essere prodotto



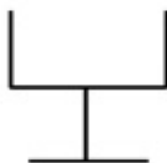
KANBAN DI RITIRO:

Serve per la movimentazione del materiale



KANBAN DI SEGNALAZIONE:

Serve per segnalare quando si raggiunge la quantità minima per la quale parte un altro ordine di produzione di un lotto.



KANBAN POST:

Luogo in cui i kanban vengono raccolti

4.1 FASE 1- MAPPATURA DELLO STATO CORRENTE

Essendo la *Value Stream Mapping* un metodo di tracciatura del flusso di valore per sviluppare correttamente la mappa si parte da ciò che definisce il valore per il cliente.

Grande importanza viene data al consumatore finale per capire quali sono le attività che dal suo punto di vista creano valore aggiunto.

Trattandosi di un metodo empirico dopo aver fatto una prima analisi sul valore vanno individuati i flussi che lo compongono, se si tratta di un processo produttivo che coinvolge molteplici flussi quello che si fa è partire dalla mappatura del flusso principale.

Si fa particolarmente attenzione a non complicare troppo la mappatura e non appesantirla con informazioni non necessarie.

Gli autori di "Learning to see" [1] consigliano di non utilizzare misure standardizzate nella mappa ma di monitorare in prima persona il flusso, quindi di mapparla una prima volta a matita così da poter apportare delle modifiche se necessario.

Come detto in precedenza viene fatta un'analisi sulla famiglia di prodotti che si vuole mappare e su i processi che li caratterizzano.

Per prima cosa si individuano i processi principali e si raccolgono le informazioni attraverso le icone del "processo di produzione" alle quali poi verranno aggiunte informazioni attraverso le "caselle dati".

Nelle caselle dati vengono immesse informazioni riguardanti i tempi necessari per effettuare i cambi C/O, i tempi ciclo C/T, i tempi ciclo massimi (macchine e uomini), il tempo di attività, il lead time, i turni su cui si articola, gli operatori necessari e le dimensioni dei lotti.

Nel libro vengono descritti alcuni tempi utilizzati durante la mappatura del flusso come:

- Tempo ciclo: con cui si intende quanto impiega un prodotto per iniziare e finire la sua lavorazione, oppure si può considerare quanto tempo impiega l'operatore per effettuare tutte le sue mansioni.
- Tempo a valore aggiunto: si intende il tempo per svolgere azioni per le quali il cliente è disposto a pagare e che quindi dal suo punto di vista vanno ad aumentare il valore del prodotto.
- Lead time: o tempo di attraversamento, per cui quanto impiega un prodotto per arrivare dall'inizio alla fine del processo però in questo caso a differenza del tempo ciclo vengono presi in considerazione anche i tempi di attesa. Più il lead time è breve maggiore sarà la rotazione delle scorte a magazzino.
- Takt time: con il quale si intende il ritmo della produzione.

Questo indicatore è fondamentale per sincronizzare quello che è il ritmo di produzione con il ritmo di vendita dei prodotti. Utilizzando questo indicatore si può fornire una risposta rapida ai problemi, eliminare le cause del tempo di inattività non pianificato ed eliminare i tempi di cambio a valle.

Le caselle del processo di produzione vengono poi unite con delle icone che descrivono il passaggio dei materiali, quindi si può avere una logica F.I.F.O. in cui i primi materiali ad entrare in un processo saranno anche i primi ad entrare in quello successivo. Ad esempio i primi pezzi che saranno saldati saranno anche i primi che subiranno l'azione successiva.

Oppure i materiali possono essere "tirati" da una schedulazione della produzione fatta a priori.

In base al complesso che si sta mappando tra un processo e il successivo si possono anche trovare dei magazzini di materiali dovuto alla diversa capacità di assorbimento dei vari processi.

Infatti processi posti in sequenza potrebbero svolgersi su turni differenti. Ad esempio un processo più lento potrebbe essere strutturato su più turni per andare ad avere la stessa cadenza di quello successivo.

Viene tracciata una “*timeline*” sotto le caselle di processo per capire il “*lead time*” di produzione, questa linea del tempo include anche i tempi di attraversamento dei vari magazzini intermedi.

Per completare la mappatura si vanno anche ad inserire i flussi verso i fornitori e verso i clienti e i rispettivi tempi di consegna.

Tali informazioni servono per la schedulazione della produzione e per avere un orizzonte temporale ben preciso.

4.2 FASE 2- MAPPATURA DELLO STATO FUTURO

Per tracciare la mappa dello stato futuro si parte dalla mappa dello stato corrente e si cerca di capire dove possono essere apportati miglioramenti seguendo il flusso del valore e andando ad applicare metodi lean.

Si cerca di avere un flusso continuo e di produrre solo ciò che il cliente richiede quando lo richiede.

Una corretta implementazione porterà ad avere un flusso il meno singhiozzante possibile e verranno evitati i fermi non programmati della linea. Fermare la linea per qualsiasi motivo fuori dalla programmazione comporta sprechi, perdite di denaro e perdita di produttività.

Avere un flusso di produzione spezzato implica delle isole di lavorazione che potrebbero funzionare correttamente per quanto riguarda il processo isolato ma che se poi si guardano a livello macro producono un disallineamento e spreco di tempo.

Un metodo per capire come scegliere i lotti di produzione è capire quanto tempo si è lasciato per effettuare i cambi durante il giorno e si possono indicare con “EPE” (Every part every..).

Un obiettivo da perseguire quando si traccia il flusso di valore futuro è quello di eliminare il fenomeno della sovrapproduzione questo perché porta a sprechi di risorse, toglie capacità al magazzino, toglie tempo e spazio a merci che sono effettivamente richieste e si incrementa la possibilità in uscita dalla linea di difetti di produzione.

Una produzione flessibile è strutturata su lotti piccoli capaci di fronteggiare la variabilità della domanda.

Per una buona implementazione bisogna stabilire degli obiettivi da raggiungere, che devono essere monitorabili, raggiungibili e con delle chiare scadenze.

In questa fase va identificato quello che sarà processo del “pacemaker”, con cui si intende il processo che mi va a dettare la cadenza di tutta la linea produttiva.

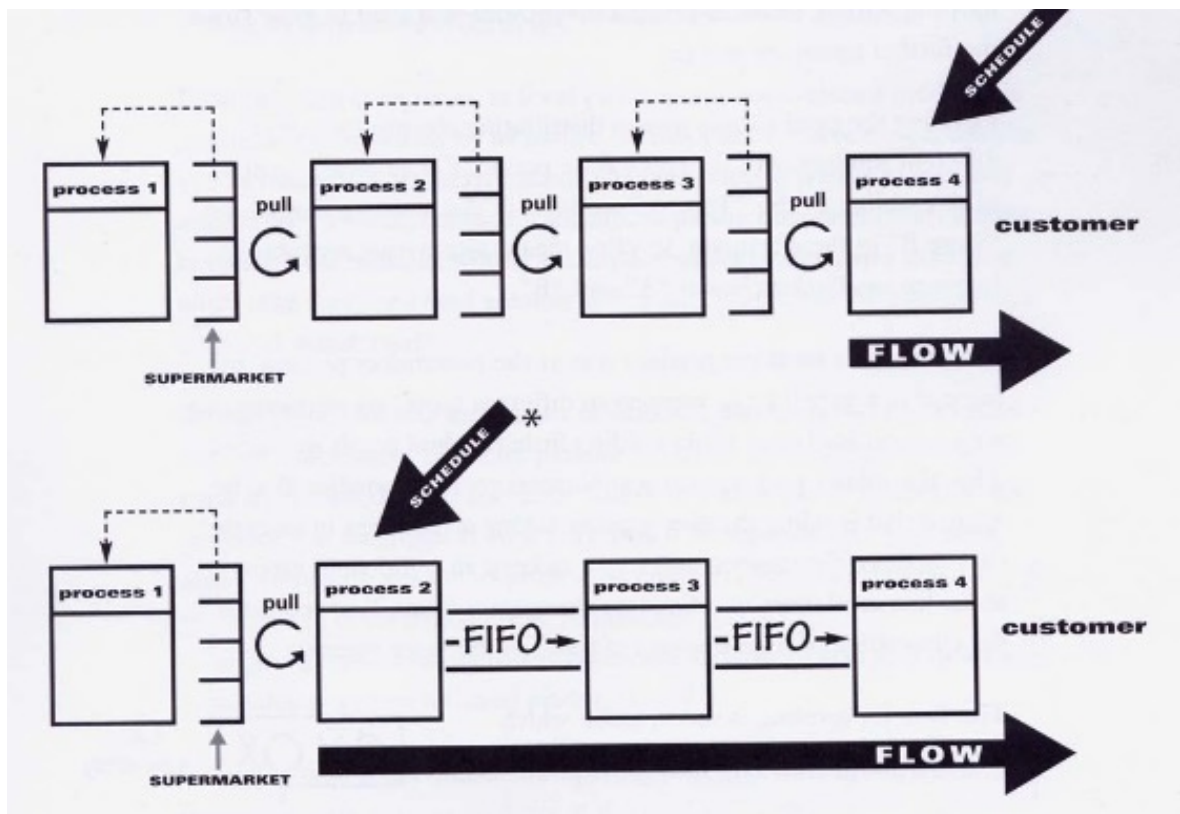


Fig. 15-Pacemaker process-Fonte [1]

Il ruolo del pacemaker è fondamentale in quanto sarà il processo che avrà il compito di modulare la cadenza ogni volta che ci saranno dei cambiamenti della domanda quindi anche dei cambiamenti nel ritmo produttivo.

Una volta deciso quale processo svolgerà da pacemaker ogni decisione sulla produzione come il takt time, il livellamento del mix produttivo, l'incremento/decremento della produzione ed i cambi dovuti alla variabilità

della domanda verranno fatti su di esso e gli altri processi saranno una conseguenza.

Viene definito il “pitch” [1] come il prodotto tra il takt time e il numero di pezzi, attraverso questa unità di misura capisco ogni quanto arrivano al pacemaker informazioni di produzione. Se la produzione viene schedulata ad intervalli di pitch si può prontamente rispondere a variazioni della domanda. Gli autori sottolineano l'importanza di controllare il gap tra tempo ciclo e takt time perché un gap significativo potrebbe essere dovuto a fermi non programmati.

Un'altra linea guida per mappare lo stato futuro è quella del livellamento del mix produttivo. Avere un buon livellamento comporta avere una buona risposta alle esigenze dei consumatori, produrre lotti lunghi per alcune aree produttive può essere più funzionale però va a ledere l'intero complesso. Gli obiettivi che si vogliono perseguire possono essere monitorati attraverso una tabella nella quale si può dare una valutazione qualitativa dei progressi e dei problemi che si riscontrano nella loro attuazione.

In essa vengono riportate informazioni riguardanti gli obiettivi a livello di impianto, del loop della VSM che si sta prendendo in considerazione, sul livello di progresso e su delle idee per gli obiettivi futuri.

Attraverso la simbologia si può indicare se un processo è andato a buon fine (O), ha avuto successo limitato (Δ) o se non ha avuto successo (X).

DATE:							SIGNATURES	
FACILITY MANAGER:								
V.S. MANAGER:								
PLANT-LEVEL OBJECTIVE	V.S loop	OBJECTIVE & MEASURABLE GOAL	PROGRESS CONDITIONS	EVALUATION	REMAINING PROBLEMS	POINT AND IDEAS FOR COMING YEAR'S OBJECTIVES	<p>○ = SUCCESS △ = LIMITED SUCCESS ✘ = UNSUCCESSFULL</p>	
PRODUCT FAMILY:								

Fig.16-fonte[1]

L'utilizzo di questa tabella non è necessario ai fini ultimi ma può essere un modo per agevolare chi si occupa dell'implementazione del metodo.

Sarà responsabilità del Value Stream Manager di valutare se le misure sono state efficienti o meno e di applicarsi per migliorare il flusso del valore facendo delle prove e monitorandone gli effetti.

5.CONCLUSIONE

La VSM si può includere nella linea di pensiero che segue la parola "Kaizen" la quale è l'unione di due parole "kai" che significa cambiamento e "zen" che significa miglioramento.

Il miglioramento non è un'azione repentina ma va fatto gradualmente ed è in continua evoluzione. Arrivare ad un processo senza sprechi è la situazione ideale in quanto ogni azione creerebbe valore per il consumatore, questo implica che il cambiamento non può e non deve essere statico.

La metodologia kaizen quindi si può dire che fa parte della "lean production". Nell'articolo "*Kaizen vs. Lean: Distinct but Related*" [12] viene messa in evidenza proprio questa interdipendenza tra i due termini, infatti la volontà di miglioramento continuo caratterizzante la metodologia kaizen è una diretta conseguenza dell'eliminazione degli sprechi e le azioni a non valore aggiunto caratterizzanti la "lean production".

Il miglioramento continuo quindi deriva da una serie di fattori che uniti possono per prima cosa evidenziare gli sprechi poi attuare misure per la loro eliminazione.

Si vanno a tagliare i tempi che non aggiungono valore come i tempi per i cambi, per il settaggio dei macchinari e tutte quelle azioni che comportano sprechi di denaro come un'eccessiva giacenza o costi per la movimentazione dei prodotti.

Un metodo per agevolare la produzione è avere un flusso tirato dal cliente "*pull system*", per cui si andrà a produrre solo quello di cui si ha

effettivamente bisogno, si ha un'ottimizzazione dei flussi, una buona comunicazione tra le varie aree produttive e si riescono a evidenziare le nuove opportunità. A differenza di un sistema chiamato "push" che era tipico della produzione di massa nella quale si avevano grandi lotti, difficoltà di comunicazione tra le varie aree, inefficienze nascoste nel processo e scarso *Visual Management* ovvero una scarsa capacità di gestione dei processi industriali.

Seguire una logica di miglioramento continuo implica il passaggio per diversi step, si parte dall'osservazione di quello che succede, si cerca di prendere contromisure dove si riscontrano problemi, si identifica la problematica principale e infine si standardizzano le misure attuate. [14]

Per fare questo ci deve essere una coesione e connessione tra le varie aree ma anche un coinvolgimento personale delle figure che sono interessate in prima persona.

Quindi quello che si cerca di fare è l'eliminazione delle 3 M (Muda, Muri, Mura), concetto nato nel contesto produttivo Toyota.

Per Muda si intende qualsiasi tipo di spreco, quindi tutto ciò che non apporta valore aggiunto e fa riferimento ai 7 sprechi visti in precedenza.

Per Muri si intende un sovraccarico di lavoro, si va a considerare sia il lavoro degli operatori che delle macchine. Avere delle risorse sature di lavoro potrebbe portare a complicanze sia a livello di salute sia per quanto riguarda il corretto funzionamento dei macchinari e questo è facilmente traducibile in una linea che potrebbe necessitare di un fermo.

Con il termine Mura si intendono tutte le irregolarità di un processo. Quindi non si avranno operazioni con una cadenza regolare ma l'opposto. Per questo tipo di spreco si andranno ad attuare tutte le misure per il livellamento della produzione.

Una volta che sono state applicati dei metodi per il miglioramento del processo quello che si fa è la standardizzazione delle azioni che lo hanno reso possibile.

Nell'articolo "*Standardization - one of the tools of continuous improvement*" [16] si parla di miglioramento continuo attraverso lo sviluppo

di standard. Avere degli standard fissati e correttamente implementati è l'equivalente di porre le basi i miglioramenti futuri pertanto gli autori riprendono delle caratteristiche che essi devono avere per essere definiti tali come:

- Sinteticità: in quanto contiene solo le informazioni funzionali all'operatore
- Semplicità e visibilità: l'operatore deve essere in grado di trovare con semplicità le istruzioni e comprenderle
- La possibilità di rapidi cambiamenti nei parametri di processo
- Chiarezza: ogni operatore deve essere in possesso delle informazioni rilevanti
- La possibilità di monitorare l'implementazione degli standard e il loro effetto sul processo produttivo

Quindi nel sistema manifatturiero instaurare un loop per il miglioramento continuo passa per diverse fasi. Uno dei passaggi cardine si ha con la VSM che pone le basi per farlo. Invece in chiusura come visto in precedenza si ha la standardizzazione delle azioni che lo hanno reso possibile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Learning to see- value stream mapping to create value and eliminate muda", Mike rother, Jhon Shook ,1999
- [2] "Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis" "International Journal of Production Economics Volume 208" 2019, Dorota Stadnicka, Paweł Litwin
- [3] "Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers" "Journal of Cleaner Production Volume 85",2014, Andrea Chiarini
- [4] "Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system" " "International Journal of Production Economics Volume 128" ,2010, Jayanth Jayaram, Ajay Das, Mariana Nicolae
- [5] "Variations of the kanban system: Literature review and classification" "International Journal of Production Economics Volume 12" ,2010, Muris Lage Junior, Moacir Godinho Filho
- [6] "Cleaner Engineering and Technology Volume 5"2021, Maria Victoria Hernandez Marquina, Peggy Zwolinski, Fabien Mangione
- [7] "*Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance*" "Journal of Cleaner Production Volume 85" 2014, William Faulkner, Fazleena Badurdeen
- [9] "Drivers and barriers in the transition from a linear economy to a circular economy" "Journal of Cleaner Production Volume 341" ,2022, Sónia Almeida Neves, António Cardoso Marques
- [10] "Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers" "Journal of Cleaner Production Volume 85" 2014, Andrea Chiarini
- [12] "Kaizen vs. Lean: Distinct but Related" "Metal Finishing Volume 108" 2010, Chris Ortiz
- [13] "programmazione e controllo della produzione", Alessio Vita

[14] “Impianti industriali”, Claudia Paciarotti

[15] “The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations” “International Journal of Production Economics Volume 200” 2018, Jose Arturo Garza-Reyes, Vikas Kumar , Sariya Chaikkittisilp, Kim Hua Tan

[16] “Standardization - one of the tools of continuous improvement” “Procedia Engineering Volume 149” 2016, Miroslava Mílkva, Vanessa Prajová, Boris Yakimovich, Alexander Korshunov, Ivan Tyurin

[17] “Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making” “Environmental Impact Assessment Review Volume 87” 2021, Rodrigo Salvador, Murillo Vetroni Barros, Giovani Elias Tagliaferro dos Santos, Karen Godoivan Mierlo ,Cassiano Moro Piekarski, Antonio Carlos de Francisco