

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Applicazione della metodologia VSM in un sistema produttivo a bassi volumi e alta varietà: il caso Varisco S.p.A.

Relatore

Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo

Laureando

Matteo Volpato

Anno Accademico 2014/2015

**Alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto per
raggiungere questo importante traguardo.**

SOMMARIO

Questa tesi è stata redatta durante il tirocinio svolto in Varisco S.p.A., presso il relativo stabilimento di Padova. Varisco S.p.A. è leader nel mercato della produzione di pompe e motopompe per il pompaggio di acque con prodotti abrasivi e liquidi di ogni viscosità. Opera quindi in un settore di nicchia, caratterizzato da bassi volumi (13000pezzi/anno) e alta varietà, più di 45000 codici da gestire.

L'elaborato inizialmente tratta l'esposizione della filosofia Lean e i relativi strumenti, concentrandosi poi sull'applicazione della metodologia Value Stream Map, in un contesto diverso da quello delle sue origini. L'obiettivo è quello di individuare le criticità presenti nel flusso produttivo, per poi attuare delle attività di miglioramento.

Sulla base delle criticità riscontrate, l'analisi si concentrerà poi su un progetto di riduzione della varietà dei componenti mediante il reengineering degli stessi, con lo scopo di ridurre la varietà e allo stesso tempo semplificare e velocizzare il flusso produttivo.

Soprattutto in contesti dove i volumi produttivi si spalmano su un grande mix di prodotti, molte volte personalizzati, per ridurre il time to market è fondamentale che progettazione e produzione siano ben coordinati. Come dimostrano i risultati ottenuti, concentrarsi su una progettazione congiunta tra queste due funzioni può portare ad ottimi risultati anche sul flusso produttivo, con una notevole riduzione di sprechi.

INDICE

Introduzione	1
1. Dal Toyota Production System al Lean Thinking: le origini, gli strumenti, i principi	5
1.1 L'evoluzione del mercato e il Lean Thinking	6
1.2 Le origini della Lean production	7
1.3 Il Toyota Production System (TPS)	10
1.3.1 Raggiungere gli obiettivi eliminando gli sprechi.....	11
1.3.2 La standardizzazione.....	13
1.3.3 Kaizen	15
1.3.4 Jidoka o autonomazione.....	16
1.3.5 JIT	17
1.3.6 Heijunka.....	18
1.4 Gli strumenti della Lean Production	20
1.4.1 Kanban	21
1.4.2 Supermarket e First In First Out (FIFO).....	25
1.4.3 Le 5S	26
1.4.4 SMED	28
1.4.5 TPM	29
1.4.6 Poka-Yoke	30
1.5 L'evoluzione dalla Lean Production al Lean Thinking.....	31
1.5.1 I 5 principi del pensiero snello.....	32
2. Imparare a vedere gli sprechi: La Value Stream Map.....	39
2.1 Vedere gli sprechi.....	40
2.2 Premessa: regole per tracciare la Value Stream Map.....	41
2.3 Selezione di una famiglia di prodotti da analizzare.....	43
2.4 Disegnare la Current State Map	43
2.4.1 Il flusso dei materiali	44
2.4.2 Il flusso delle informazioni	45
2.4.3 La Timeline.....	46
2.5 La Future State Map	49

2.5.1 Avvicinare il più possibile il Lead time di processo al tempo a valore aggiunto.....	49
2.5.2 Sincronizzare la produzione con la domanda	50
3.5.3 Realizzare un flusso continuo ovunque possibile	51
2.5.4 Livellare il mix di produzione.....	52
3. Presentazione dell'azienda: Varisco S.p.A.	55
3.1 Storia dell'azienda: Varisco S.p.A.	56
3.2 Le caratteristiche di Varisco S.p.A.	59
3.3 I mercati in cui opera Varisco S.p.A.	61
3.3.1 Costruzioni.....	61
3.3.2 Industria	62
3.3.3 Sicurezza.....	62
3.4 I prodotti	63
3.5 Gli allestimenti	65
4. L'analisi dello Stato Attuale.....	67
4.1 La selezione della famiglia.	68
4.1.1 Suddivisione del fatturato.	68
4.1.2 Identificazione delle sotto-famiglie delle pompe centrifughe J.....	69
4.2 L'analisi ABC del fatturato relativo alla famiglia considerata	74
4.3 Descrizione del layout e dei processi produttivi.....	78
4.3.1 Le aree per lo stoccaggio	80
5.3.1.1 Il magazzino automatico.	80
4.3.1.2 Il supermarket e i magazzini a terra.	82
4.3.2 Le aree per il controllo qualità.	84
4.3.3 Le aree di produzione: i processi produttivi.	85
4.3.3.1 Il reparto montaggio	86
4.3.3.2 Il reparto carpenteria o allestimento.....	89
4.3.3.3 Il collaudo.....	90
5.3.3.4 La verniciatura.....	92
4.3.3.5 Imballo e spedizione.....	93
4.4 Il flusso delle informazioni.....	93
4.5 Flusso dei materiali.....	95
4.6 La costruzione della Current State Map	97

4.7 L'analisi del flusso produttivo.....	104
4.7.1 Le attese	105
4.7.2 Modalità di svolgimento dell'attività di allestimento	105
4.7.3 Gestione del conto lavoro.	108
4.8 Altre criticità.....	109
4.8.1 Assenza di standard operativi	109
4.8.2 Movimentazione di pezzi inutile.....	109
4.8.3 Le scorte di prodotto finito	110
5. Un primo passo verso lo Stato Futuro: la riduzione della varietà	111
5.1 La Future State Map	112
5.2 Il reengineering dei componenti: la creazione delle piattaforme.	117
5.3 Gli impatti sui costi dei componenti.....	131
5.4 Gli impatti sul flusso a valore.....	132
5.5 La gestione dei componenti.....	138
5.6 Sviluppi futuri.....	143
6. Conclusioni	147
BIBLIOGRAFIA	149
SITOGRAFIA	151

Introduzione

Il particolare quadro economico di questi ultimi decenni ha obbligato le aziende che vogliono competere con successo ad innovare il proprio sistema organizzativo e le proprie strategie, così da potersi al meglio adattare alle turbolenze e alle incertezze dei mercati.

Queste esigenze sempre più stringenti e la necessità di un nuovo approccio alla flessibilità hanno indotto la genesi di un nuovo paradigma gestionale, identificato come Lean Production. Questa espressione è stata usata per la prima volta nel testo “La macchina che ha cambiato il mondo” di Womack e Jones nel 1990; qui venivano messi a confronto i modelli produttivi occidentali con quelli giapponesi.

Il termine “snello” sembrò quello più vicino alle caratteristiche del Toyota Production System, nato almeno 50 anni prima in Giappone; Taiichi Hono e Shigeo Shingo, insieme alle migliaia di operai che lo hanno applicato, possono essere considerati i veri padri fondatori di questo modello organizzativo. Le definizioni che vengono attribuite a questo concetto sono molteplici, tuttavia più che un approccio, un insieme di metodologie e principi, si tratta di una “forma mentis” da acquisire per condurre un’azienda verso l’efficienza e l’efficacia in un mercato globale altamente competitivo.

Varisco S.p.A. opera in un contesto competitivo distante dalla produzione in grandi volumi e basso mix che ha caratterizzato la nascita della produzione snella. Il settore infatti non è caratterizzato da volumi elevati, i quali sono distribuiti su moltissimi prodotti. La personalizzazione dei prodotti inoltre, è da sempre una caratteristica distintiva dell’azienda, tanto che le ha permesso di diventare, ed esserlo tuttora, leader del mercato. Tuttavia questo ha comportato ad avere numerosissimi codici di componenti e prodotti finiti da gestire (più di 45000). Nonostante queste diversità l’azienda ha iniziato un percorso di trasformazione snella, avvicinandosi a questo paradigma per la prima volta nel 2012. Ha ideato un’isola di produzione dedicata, ottimizzandola per una famiglia di prodotti. Sulla scia degli ottimi risultati raggiunti apportati da questo miglioramento, ha deciso di estendere le logiche di gestione adottate ad una famiglia di prodotti complementare.

L'obiettivo del lavoro svolto è evidenziare gli sprechi che affliggono il processo produttivo della famiglia mediante l'applicazione della metodologia Value Stream Map, proponendo poi delle soluzioni atte a migliorare il flusso produttivo.

In un contesto dove la produzione avviene perlopiù artigianalmente e dove la personalizzazione del prodotto è fondamentale, per migliorare il flusso produttivo è necessario in primo luogo porre l'attenzione su una progettazione dei componenti che semplifichi e velocizzi il flusso e che sia in perfetta armonia con il sistema produttivo. Per questo motivo, per rendere più snello il flusso, l'elaborato propone delle soluzioni che riguardano prevalentemente la riprogettazione dei componenti secondo la logica modulare.

La ricerca bibliografica condotta ha contribuito ad approfondire la conoscenza delle metodologie della produzione snella e delle sue tecniche applicative nelle diverse realtà aziendali.

La trattazione degli argomenti affrontati è così strutturata.

Nel primo capitolo sono descritte le caratteristiche della Lean Production e del Toyota Production System, descrivendo i principali strumenti utilizzati dall'Azienda giapponese per ridurre gli sprechi. Sono descritte in primo luogo le origini e l'evoluzione della filosofia snella, in secondo luogo invece gli strumenti e le tecniche fondamentali nonché i principi che hanno permesso al paradigma di evolversi e poter essere applicato in ogni contesto.

Nel secondo capitolo è descritto in modo dettagliato lo strumento della Value Stream Map, ossia come si costruisce una mappa del valore per rendere visibili gli sprechi. Vengono esposti i concetti di flusso dei materiali e flusso delle informazioni, delineando poi le regole per tracciare la Current State Map e la Future State Map. Per quest'ultima si propongono delle linee guida da seguire per ottimizzarne la costruzione.

Nel terzo capitolo viene descritta l'azienda sede del tirocinio: Varisco S.p.A.. Viene esposta in breve la storia dell'azienda, le sue caratteristiche fondamentali, i mercati in cui opera e infine viene fatta una breve descrizione dei prodotti trattati, nonché degli allestimenti presi in esame nei capitoli successivi.

Nel quarto capitolo viene descritto come è stata costruita la Value Stream Map. Viene dapprima descritta la selezione della famiglia di prodotti, successivamente

viene fotografato il sistema produttivo Varisco S.p.A.. Partendo dal layout di stabilimento si andranno a descrivere i due flussi principali che coinvolgono i processi aziendali: il flusso delle informazioni e il flusso dei materiali sulla base dei quali verrà costruita la Current State Map.

Nel quinto capitolo vengono esposte le attività di miglioramento implementate per migliorare il flusso produttivo. Tali attività riguardano in particolare il reengineering dei componenti degli allestimenti con lo scopo di effettuare una piattaforma comune, eliminando da un lato le attività molto specializzate di carpenteria e dall'altro la varietà dei componenti stessi.

Infine nel sesto e ultimo capitolo verranno esposte le conclusioni del progetto. In particolare si parlerà dell'importanza del dialogo e coordinamento tra produzione e progettazione, per poter creare in questo modo prodotti compatibili con il sistema produttivo.

1. Dal Toyota Production System al Lean Thinking: le origini, gli strumenti, i principi.

In questo capitolo verranno descritti i principi sui quali si fonda il Lean Thinking e gli strumenti principali dell'impresa snella, idonei ad eliminare gli sprechi e migliorare la competitività dell'azienda. Si partirà dall'analisi delle necessità che portano ad adottare un nuovo sistema produttivo idoneo a rispondere ai cambiamenti del mercato; si farà poi un breve riassunto delle origini della Lean Production e si parlerà dei pilastri e degli strumenti del Toyota Production System; infine si tratterà dell'evoluzione che ha avuto la Lean Production, fino ad arrivare al concetto di Lean Thinking ed esponendone i principi guida

1.1 L'evoluzione del mercato e il Lean Thinking

Dagli anni '50 fino agli anni '90, in linea con il contesto economico in continua espansione, le aziende si sono ispirate al modello chiamato *modern management*: si tratta di un modello top down, altamente gerarchico, avente politiche economico finanziarie e strategie imposte dai livelli superiori della piramide gerarchica. Il management operativo aveva il compito di perseguire gli obiettivi raggiungendo risultati talvolta addirittura imposti a priori. L'obiettivo principale era dimostrare di essere in linea con gli obiettivi del top management, indipendentemente dai problemi riscontrati.

Con questo approccio basato sul raggiungimento dell'efficienza e la spinta dei prodotti al consumatore finale (Logica push), però tendeva a non essere più in linea con l'evoluzione del mercato, che si stava saturando, e con le richieste dei clienti che stavano diventando sempre più precise e differenziate.

Di pari passo la tecnologia permetteva uno scambio di informazioni sempre più massiccio e veloce tra le aziende e i clienti, tanto che le richieste di un prodotto non erano più locali o nazionali bensì iniziavano ad essere a livello mondiale. Le imprese iniziavano a competere in mercati globalizzati, con nuovi concorrenti da tutto il mondo e con costi di produzione sempre più bassi; basti pensare all'entrata in gioco Paesi emergenti come Cina e India contro i quali i Paesi occidentali facevano, e fanno tuttora, fatica a competere dal punto di vista dei costi. Per questo motivo il fenomeno che si sta sempre di più diffondendo la delocalizzazione di parte del processo produttivo nei Paesi dove la manodopera è a più basso costo, con l'obiettivo di risparmiare e riuscire a stare nel mercato. In altre parole, la concorrenza globale sta diventando spietata sotto ogni punto di vista, non sottovalutando inoltre il fatto che il mercato mondiale si sta saturando e quindi non c'è più spazio per spingere ed imporre i propri prodotti.

La crisi economica del 2008, inoltre, ha accentuato queste problematiche e ha ancora di più messo in luce le inefficienze del sistema produttivo e della cultura manageriale tradizionale. Queste tecniche sono basate sulla ricerca dell'efficienza produttiva in termini di saturazione delle macchine e della manodopera, non mirando quindi all'efficienza complessiva del processo produttivo, ma a quella della singola fase. Inoltre sono basate su una strategia top down, dove non si fa tesoro dell'esperienza

quotidiana di ogni membro dell'organizzazione. Quest'ultima permetterebbe di migliorare in modo più efficace il processo, favorendo la creazione di valore per i clienti e utilizzando meno risorse come forza lavoro, spazi, scorte, tempo e capacità produttiva.

Nel sistema occidentale, fondato sui principi della produzione di massa suggeriti dal Taylorismo e Fordismo, gli sprechi e la rigidità organizzativa non sono più ammessi. Per competere e continuare a competere bisogna cambiare approccio, non solo operativo ma anche mentale, della concezione di impresa, che punti sull'essere umano, sulla sua intelligenza e che garantisca quella flessibilità necessaria per adattarsi il più velocemente possibile alle richieste del mercato. Molte aziende, quindi, hanno capito che per continuare a competere è necessario cambiare la propria mentalità: non più produrre per aumentare l'efficienza e saturare gli impianti, ma produrre solo ciò che serve, quando serve, nella quantità giusta ed eliminando ogni tipo di spreco. Questa necessità nell'ultimo decennio ha avvicinato molte imprese al *Lean Thinking* (pensiero snello), ovvero una filosofia che identifica le idee base a cui ispirarsi per realizzare una gestione efficiente e adeguata alle sfide competitive imposte dalla globalizzazione.

Prima di continuare a parlare di Lean Thinking si farà un breve excursus sulla nascita della Lean Production.

1.2 Le origini della Lean production

La Lean Production o Lean Manufacturing (produzione snella) indica il “modo di produrre”, meglio conosciuto come Toyota Production System (TPS), che nasce alla fine degli anni '40 in Giappone, più precisamente nella Toyota Motor Company, grazie al proprietario dell'epoca Eiji Toyoda e il capo produzione Taiichi Ohno. Questo nuovo approccio era sorto in risposta al modello in vigore in quel periodo, ideato da Ford: la produzione di massa.

Il Giappone usciva disastroso dal secondo Conflitto Mondiale, il Governo non aveva risorse finanziarie da investire per risollevare il Paese e gli investitori esteri preferivano dirigere i loro capitali in mercati in crescita come quelli americani ed europei. La domanda interna era debole e i governi occidentali optavano per politiche fiscali protezioniste verso i nuovi possibili concorrenti orientali. In questo contesto

per le aziende Giapponesi era impossibile investire in tecnologie avanzate e altamente automatizzate che permettevano l'utilizzo di elevate economie di scala, come quelle adottate dai colossi americani. Basti pensare che alla fine degli anni '40 la Toyota Motor Company aveva prodotto complessivamente, nella sua storia di 30 anni, la metà del numero di vetture che lo stabilimento Ford di Rouge aveva prodotto in un solo giorno¹ (Ohno, 1978).

A causa delle poche e inaccessibili risorse, la Toyota Motor Company non poteva competere con i colossi americani con le stesse armi; sarebbe infatti stata spazzata via dal mercato nel giro di poco tempo. Era necessario sviluppare un nuovo metodo, che seguiva il motto "fare di più con meno", che permetteva di sfruttare al meglio le risorse disponibili ed evitare qualsiasi tipo di spreco.

I manager Toyota iniziarono quindi ad esaminare il sistema produttivo americano, comprando e studiando dei macchinari di seconda mano e le attività necessarie per la produzione. Dalle sperimentazioni emerse subito come tali macchinari necessitavano di tempi di setup molto lunghi e, per ammortizzare il costo del fermo macchina che ne derivava, si producevano enormi lotti di prodotti tutti uguali anche se non venivano richiesti dal mercato. Questi lotti andavano a riempire i buffer per un lungo periodo di tempo ed erano quindi capitale circolante immobilizzato, il quale dava origine ad uno spreco di risorse. I setup, inoltre, erano effettuati da personale altamente specializzato e costoso. Non potendosi permettere questi sprechi, i manager Toyota iniziarono a sviluppare dei sistemi di attrezzaggio rapido per permettere di ridurre i tempi di setup (i quali non aggiungono valore al prodotto) e fare piccoli lotti, in linea con le richieste del cliente. Così facendo si riducevano le scorte e gli attrezzaggi potevano essere fatti anche da operatori non specializzati, riducendo così il costo della manodopera.

Le macchine della produzione di massa erano automatiche e facevano un gran numero di pezzi; tuttavia questo non garantiva la qualità degli stessi, in quanto se c'erano anomalie continuavano a produrre pezzi difettosi causando perdite di tempo e rilavorazioni. L'obiettivo era quindi dotare di intelligenza le macchine, creando dei sistemi d'allarme che segnalavano e bloccavano istantaneamente la produzione in

- ¹ Ohno, T., 1978, *Lo spirito Toyota: il modello giapponese della qualità totale*. E il suo prezzo, 1993 e 2004 Giulio Einaudi editore s.p.a., Torino.

caso di problemi. In questo modo un solo operatore poteva gestire più macchine contemporaneamente, visto che non doveva perdere tempo a controllare che i prodotti in uscita fossero conformi, in quanto glieli segnalava la macchina stessa: si è passati da automazione ad autonomazione. Inoltre i dirigenti Toyota compresero da subito l'importanza dell'essere umano, soprattutto per quanto riguarda le idee e l'esperienza, aspetti che devono essere sfruttati per migliorare il processo produttivo e di conseguenza l'efficienza e l'efficacia nello svolgere un compito. Per questo motivo hanno da subito puntato sulla formazione e sulla responsabilizzazione dei dipendenti.

Gli operatori infatti erano responsabili delle macchine che seguivano in tutti i loro aspetti, dal loro funzionamento alla manutenzione. Inoltre, se si verificavano dei problemi in linea, avevano il dovere di fermare la linea finché non fosse stato risolto il problema. La maggiore responsabilizzazione aumentava il coinvolgimento e la consapevolezza delle persone, stimolando diversi suggerimenti per migliorare il processo produttivo e generando una spirale di perfezionamento che si estendeva all'intero sistema. Questa tensione al miglioramento incrementale e continuo (in giapponese Kaizen) diventerà uno dei punti fondamentali sul quale si basa il Toyota Production System.

Infine il personale doveva essere flessibile, abbattendo così la classica impostazione di specializzazione dei compiti e delle mansioni tipica delle aziende tradizionali: ciascuna risorsa poteva infatti sostituirla o aiutarla qualsiasi altra. Nel sistema Toyota che si sta delineando prende molta importanza il lavoro in team e l'aiuto reciproco per velocizzare la risoluzione dei problemi, abbattendo così anche l'ostacolo dettato dall'organizzazione gerarchica.

Questo approccio permise a Toyota di abbattere sensibilmente i costi di produzione del prodotto e di tenere testa ai grandi colossi americani, tanto che negli anni '90 la Toyota è divenuta la più grande casa automobilistica del pianeta. Per riuscire a fare questo ha puntato su altri fattori e in particolare sull'eliminazione degli sprechi di qualsiasi tipo che si generavano nella produzione del prodotto, in modo tale da ricavare il massimo risultato con il minimo impiego di risorse. Da qui appunto il nome "produzione snella", coniato da Womak e Jones nel loro libro "The Machine that change the world".

Il focus quindi non è tanto sull'efficienza e la saturazione della singola fase produttiva bensì dell'intero processo, al fine di soddisfare al meglio il cliente e le sue esigenze: il cliente non è considerato il consumatore che compra ciò che gli si offre (Logica push), ma il driver che guida la progettazione e la realizzazione dei prodotti e dei processi produttivi (Logica pull).

1.3 Il Toyota Production System (TPS)

Le teorie elaborate da Ohno vengono riassunte nella Toyota House (*Figura 1.1*) o Toyota Production System.

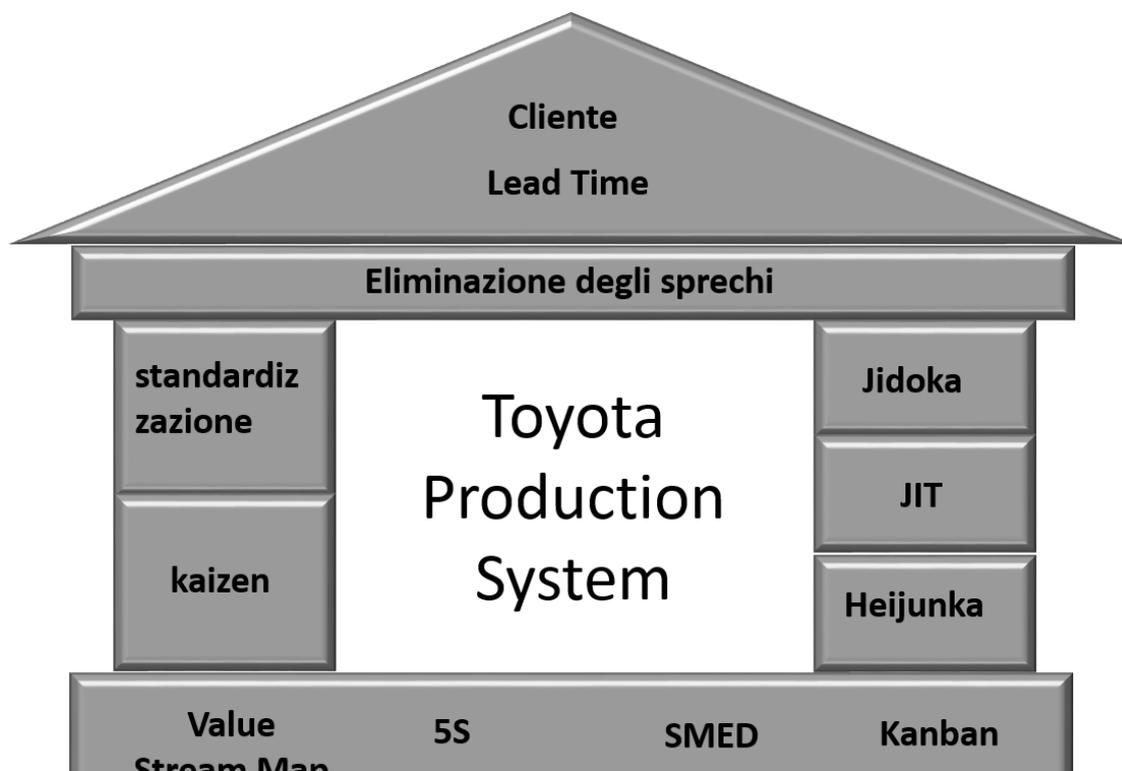


Figura 1.1 - Toyota House.

Sul tetto della casa vi sono i due aspetti principali sui quali si basa l'intero sistema:

- il Lead time;
- il cliente.

Il Lead time, detto anche tempo di attraversamento o tempo di risposta, è il tempo necessario all'azienda per soddisfare il cliente, cioè il tempo che intercorre tra l'ordine effettuato dal cliente e il ricevimento della merce, il quale determina il pagamento da parte del cliente. L'obiettivo è quindi cercare di ridurre il Lead time in

modo tale che i flussi di cassa siano accelerati e che il cliente riceva nel minor tempo possibile i prodotti che desidera.

L'altro aspetto sul quale deve concentrarsi l'azienda è il cliente: è inutile infatti produrre velocemente ciò che il cliente non vuole. D'altra parte le richieste dei clienti sono sempre più personalizzate e i clienti stessi sono molto più esperti ed informati; in questo contesto l'azienda deve essere sincronizzata con il mercato e produrre al ritmo del cliente. È la domanda che deve guidare la produzione e, vista la grande variabilità e complessità della stessa, l'azienda deve prepararsi ad essere flessibile, trasparente e mantenere un flusso continuo senza interruzioni.

1.3.1 Raggiungere gli obiettivi eliminando gli sprechi

Per ottenere questi obiettivi e mantenerli nel tempo è fondamentale che alla base vi sia una continua lotta agli sprechi. Lo spreco (in giapponese Muda) è definito come qualsiasi attività umana che assorbe risorse ma che non crea valore. La base della filosofia snella è la ricerca sistematica degli sprechi per abatterli, aumentando così il tempo dedicato per attività a valore per il cliente e aumentando l'efficienza.

In particolare nelle imprese ci sono 8² tipi di sprechi universalmente riconosciuti:

- *Sovraproduzione*: si ha quando la produzione non segue la domanda effettiva dei clienti e cioè quando si producono prodotti che il cliente non vuole oppure se ne producono quantità superiori. Questo è dato dal fatto che si produce su previsione, non sulla domanda effettiva, e che le varie fasi non sono sincronizzate. La sovrapproduzione comporta lo stoccaggio a magazzino dei prodotti in più, con conseguente immobilizzo inutile di capitale, occupazione di spazio, rischio di obsolescenza e richiesta di attrezzature. Crea inoltre una distorsione dell'efficienza del processo produttivo e delle sue prestazioni.
- *Scorte*: sono tutto ciò che è in attesa di un evento e parte di queste sono conseguenza della sovrapproduzione. Sono uno spreco in quanto si traducono in costo per l'azienda: necessità di spazio, attrezzature per movimentarle,

² Taiichi Ohno (1912-1990) ne ha elencati 7 che si riferiscono alla realtà manifatturiera. Estendendo l'analisi a tutti i settori è utile introdurre l'ottavo spreco: progettazione di beni e servizi che non soddisfano i bisogni dei clienti. (Womack P. J., Jones T. D., Lean Thinking).

ecc.. Non permettono al flusso di fluire e creano un disaccoppiamento tra le fasi di lavorazione, nascondendo ulteriori sprechi e malfunzionamenti del sistema produttivo.

- *Sovraprocesso*: sono lavorazioni che non aggiungono valore al prodotto e per il quale il cliente non è disposto a pagare, ovvero operazioni ridondanti causate da una cattiva progettazione del processo.
- *Movimentazioni superflue*: si tratta di movimentazioni degli operatori o dei materiali che non servono ai fini del processo produttivo e sono causate dall'errata disposizione dei materiali e degli attrezzi nel posto di lavoro. Questi sono un costo per l'azienda in quanto si traducono in perdite di tempo e incidono anche sulla qualità del prodotto, abbassano l'efficienza e la produttività.
- *Trasporti non necessari*: sono principalmente i trasporti dei semilavorati e prodotti finiti tra una postazione e l'altra. Questi creano confusione e possono dare origine ad errori e difetti nel prodotto, oltre ad aumentare il pericolo di infortuni. Una riorganizzazione del layout e dei flussi dei materiali può portare ad un miglioramento significativo dei trasporti dei materiali.
- *Attese*: si manifestano quando un operatore o altre risorse non svolgono alcun processo, in attesa di un evento successivo. Queste sono uno spreco perché si perde del tempo che potrebbe essere utilizzato per creare valore. Bisognerebbe minimizzare le attese causate da lunghi setup, code, guasti e disorganizzazioni, cercando di far fluire un pezzo per volta (one piece flow).
- *Difetti*: sono generati da attività svolte sui prodotti il cui esito non è in linea con le richieste del cliente e che necessitano quindi di rilavorazioni o di essere scartati; di conseguenza si generano costi che il cliente non è disposto a pagare.
- *Progettazione di beni e servizi non richiesti*: molto spesso si dedicano molte risorse nella progettazione di prodotti con caratteristiche non richieste dal cliente e quindi non accettati dal mercato, con la conseguenza di prodotti flop e risorse sprecate.

Questi sprechi, come si può facilmente intuire, sono ovunque, in ogni attività e processo. Molto spesso sono difficili da individuare perché sono mascherati dalla

routine (è sempre stato fatto così) e soprattutto dalla difficoltà a guardare la propria realtà con occhi critici. È quindi necessario avere una visione completa e dettagliata dei processi, mettendo in discussione il modo in cui si sta svolgendo una determinata attività.

Inoltre gli sprechi nascondono i problemi e localizzano la motivazione a migliorare. Ad esempio con un flusso discontinuo se un macchinario ha un guasto sarà solo la fase interessata a risentirne e dovrà risolvere da sola il problema; per le altre fasi invece è tutto normale in quanto proseguono a lavorare con le scorte presenti nel buffer. Se invece il flusso fosse teso e non vi fossero scorte tra i processi, il problema verrebbe percepito da tutte le fasi e ci sarebbe il totale coinvolgimento al miglioramento.

È importante sottolineare come tutte le tipologie di spreco hanno un risvolto economico negativo, in quanto si traducono in:

- investimenti superiori al necessario ad esempio per macchinari grandi e poco flessibili, i quali costringono alla sovrapproduzione per mantenerne un alto impiego;
- congelamento di capitale in scorte a non valore aggiunto anziché investimento in attività a valore;
- sottoutilizzo del personale rispetto alle sue potenzialità con conseguente aumento dei costi;
- aumento dei costi dovuto a controlli della difettosità dei prodotti e controlli sul materiale in entrata dai fornitori.

1.3.2 La standardizzazione

Standardizzazione significa rendere uniforme lo svolgimento di un compito, seguendo delle procedure che spiegano in ogni dettaglio come deve essere svolto. L'obiettivo è fare in modo che chiunque possa svolgere nella stessa sequenza le operazioni di un dato compito.

La standardizzazione delle attività operative quindi è necessaria per abbattere la variabilità nelle modalità di svolgimento di un'attività, facendo in modo che chiunque possa svolgere nella stessa sequenza le operazioni di un dato compito. La

variabilità infatti causa difetti, rilavorazioni, bassa affidabilità, bassa qualità e poco controllo sul processo.

Nel TPS però standardizzazione significa anche promuovere il miglioramento continuo, in quanto lo standard è definito come una base di confronto uguale per tutti dalla quale partire per arrivare a degli standard migliori che permettono di svolgere il processo in modo più efficiente ed efficace. Per questo motivo, una volta definiti degli standard operativi, questi non devono essere destinati a durare nel tempo ma devono cambiare; se non cambiano significa che il miglioramento è fermo e non è avvenuto. Taiichi Ohno dice: “Uno standard che non è cambiato nell’ultimo mese è uno standard vecchio.”

Lo standard quindi è un’entità dinamica: non deve essere fisso ed inflessibile, deve poter cambiare tenendo conto delle esperienze così da incorporare il modo migliore di lavorare in quel momento.

Per elaborare gli standard di miglioramento è necessario, quindi, costruire delle procedure che definiscano lo standard operativo da raggiungere e che contengano aspetti come:

- *il ciclo operativo*, ossia il tempo necessario per finire un compito, il quale deve essere in linea con la domanda e quindi deve rispecchiare il takt time;
- *la sequenza operativa*, che dice in che ordine devono essere svolte le attività per portare a termine il compito;
- *l’inventario standard*, il quale definisce quante e quali parti devono essere movimentate per svolgere correttamente il compito.

A questo punto è possibile svolgere le attività seguendo queste regole e misurare il gap tra standard e realtà rispetto a degli indici di performance; si formulano infine delle proposte di intervento e si procede alla loro applicazione. Se il miglioramento è avvenuto si traducono tali proposte in standard operativi, definendo delle procedure per mantenerli. Il processo ricomincia con la definizione di nuovi obiettivi e così via. Il modulo con le procedure deve essere esposto vicino alla postazione di lavoro in modo che sia facilmente consultabile dagli operatori.

Infine è importante che la definizione degli standard e le proposte di miglioramento derivi dagli operatori e dal team leader, incentivando quindi il lavoro di squadra (ad esempio con postazioni di lavoro senza barriere o con configurazione a cella).

1.3.3 Kaizen

Kaizen è la composizione di due parole giapponesi KAI (cambiamento) e ZEN (migliore) ed è inteso come miglioramento continuo. Il miglioramento delle performance si basa su una serie infinita di piccoli passi costanti nel tempo, i quali non interrompono la continuità con il passato ma al contrario valorizzano l'esperienza per innovare e migliorare. È importante quindi non tanto l'entità dei miglioramenti, bensì il fatto che questi avvengano ogni giorno.

Il vantaggio principale del miglioramento continuo è che questo può essere sostenuto nel tempo con esigui investimenti e senza grosse implicazioni sull'organizzazione attuale. Inoltre i piccoli miglioramenti sono più facili da metabolizzare anche da quella parte dell'organizzazione più conservatrice, non creando scompiglio nei meccanismi routinari dell'azienda. Ciò non toglie che le innovazioni rivoluzionarie siano importanti per lo sviluppo dell'azienda, tuttavia non sono sopportabili se avvengono frequentemente sia dal punto di vista economico (a causa degli alti investimenti richiesti), sia dal punto di vista organizzativo. La tensione al miglioramento voluta dall'approccio kaizen consente all'azienda di crescere in ogni momento, ad esempio anche quando è in difficoltà e non può permettersi ingenti spese.

Per mantenere una spirale positiva verso il miglioramento ed evitare che il processo regredisca, rischiando di perdere il know how finora accumulato, è importante lavorare stabilendo gli standard operativi citati nel paragrafo precedente. Lo standard infatti permette di creare una base dalla quale partire per arrivare al miglioramento successivo. Per di più è importante che ogni attività sia documentata in modo tale che gli step migliorativi intrapresi siano ben visibili, non perdendo inoltre tempo in attività, analisi ecc. già fatte.

Si distinguono principalmente due tipologie di kaizen complementari tra loro:

- il flow kaizen;
- il process kaizen.

Il primo consiste nell'attività di miglioramento del flusso del valore: viene condotto dal core committee, ha una linea più strategica ed è la fase di apertura di un progetto Lean. Racchiude attività come analisi del flusso attuale, visione futura e definisce le macro-categorie di sprechi e dove tagliarli.

Il secondo consiste nelle attività idonee ad eliminare gli sprechi direttamente in linea. Tali attività sono fatte dal team di reparto seguendo le indicazioni definite dal core committee; si tratta quindi di attività operative con orizzonte temporale breve. È in questa fase che si utilizzano gli strumenti Lean tipici come 5S, SMED, TPM ecc.. Uno strumento per applicare il kaizen è il ciclo di Deming o PDCA. È composto da 4 fasi che devono essere ripetute per ogni attività di miglioramento che si desidera fare. Il risultato è dato dall'applicazione costante e sistematica del ciclo.

Le 4 fasi³ del ciclo PDCA sono:

- 1) *Plan*: in questa fase si definiscono i parametri dell'oggetto di miglioramento come:
 - area di miglioramento;
 - obiettivo di miglioramento;
 - analisi dello stato attuale;
 - definizione delle attività di miglioramento;
 - definizione di chi dovrà fare ciascuna attività;
 - definizione della tempistica del progetto.
- 2) *Do*: è la fase di implementazione del piano di miglioramento dove devono essere svolte tutte le attività definite nella fase di pianificazione.
- 3) *Check*: significa controllare i risultati dell'implementazione e confrontarli con quelli in fase di pianificazione per verificare se ci sono delle complicazioni. Nel caso ci siano si risolvono aprendo un nuovo ciclo PDCA.
- 4) *Act*: una volta raggiunti i risultati desiderati si consolida il cambiamento e si rende stabile il nuovo stato fino all'implementazione di un nuovo ciclo PDCA per ulteriori miglioramenti.

1.3.4 Jidoka o autonomazione

Autonomazione significa trasferire l'intelligenza e la sensibilità umana alla macchina, dotandola di sistemi di allarme, sensori ecc. che fermano automaticamente la produzione se riscontrano delle anomalie. In questo modo attività come controlli

- ³ Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., Betts, A., Danese, P., Romano, P., Vinelli, A., 2007, *Gestione delle operations e dei processi*, Pearson Paravia Bruno Mondadori S.p.a., Torino.

dei prodotti difettosi a valle delle lavorazioni vengono eliminate ed è la stessa macchina che in corso d'opera trova i difetti e si arresta per permettere l'intervento umano. I pezzi difettosi, quindi, non escono dalla fase del processo produttivo e le fasi a valle non rischiano di ricevere pezzi non conformi: vengono perciò ridotti, se non eliminati, gli sprechi derivanti dalla necessità di rilavorazioni. L'operatore inoltre può tenere sotto controllo molte più macchine e dedicarsi ad attività a più valore aggiunto rispetto al controllo dei pezzi a valle del processo. Questo concetto non è applicato solo alle macchine ma anche agli operatori, i quali vengono formati in modo tale che se riscontrano delle anomalie nel processo hanno il dovere e il potere di interrompere il flusso e di ricercare la causa del problema alla radice.

Autonomazione, quindi, significa automazione con tocco umano: le attività di uomo e macchina devono essere separate in modo tale che l'azione dell'operatore non alteri la qualità dei prodotti in uscita dalla macchina, ma allo stesso tempo ci dev'essere una forte integrazione tra la macchina e l'operatore in quanto quest'ultimo ha la responsabilità sulla stessa e sul lavoro che svolge. Tale responsabilità aumenta le capacità di problem solving, la creatività e il coinvolgimento degli operatori che sfociano in continui miglioramenti nel processo e in un lavoro più efficace ed efficiente.

1.3.5 JIT

Il JIT (Just in Time) è una strategia di gestione del flusso che consiste nel far arrivare un certo componente al momento giusto, nel posto giusto, nella giusta quantità e con qualità perfetta.

Gli obiettivi di questo strumento sono la riduzione del Lead time, l'abbattimento delle scorte lungo il flusso puntando sulla rapidità dei processi a monte e sull'affidabilità delle consegne, garantendo però allo stesso tempo un'alta efficienza ed efficacia del processo e offrendo al cliente un livello di servizio molto alto.

Al contrario della gestione tradizionale, dove la produzione di un prodotto è innescata dalle previsioni di vendita (push), nel JIT la produzione è invece innescata dalla domanda reale dei clienti (pull); secondo questa prospettiva quindi è di fondamentale importanza che il sistema produttivo sia reattivo, flessibile e sempre pronto a soddisfare istantaneamente la variabilità della domanda secondo il takt time

(ritmo) imposto dal cliente. Ci deve essere quindi un'elevatissima comunicazione e coordinazione tra i vari attori della filiera affinché le consegne siano puntuali e di piccole entità (solo ciò che serve).

Affinché questo meccanismo non si inceppi le aziende che fanno parte del processo devono puntare su di un sistema basato sulla qualità e sulla standardizzazione:

- *nella progettazione dei prodotti e nella loro lavorazione:* le attività devono essere prevalentemente di montaggio e una grande varietà di prodotti deve essere data da una piccola quantità di componenti. I prodotti modulari infatti diminuiscono la complessità di gestione e permettono di minimizzare le scorte. La lavorazione deve essere standardizzata in modo che si possano subito evidenziare i difetti e migliorare le attività.
- *negli impianti:* bisogna avere degli impianti flessibili con tempi di attrezzaggio minimi in modo da poter fare una produzione one piece flow. Inoltre un'adeguata manutenzione degli impianti permette di ridurre al minimo i guasti e i prodotti difettosi.
- *nei sistemi informativi di produzione:* i dati del magazzino e lo stato di avanzamento devono essere aggiornati in tempo reale per permettere di intervenire tempestivamente in caso di necessità.

Affinché una strategia JIT vada a buon fine, inoltre, è necessario che venga coinvolto il personale ad ogni livello e che sia coordinato in modo efficace; è necessaria una certa flessibilità della manodopera per fare fronte alla variabilità dei volumi produttivi imposti da un sistema così concepito.

1.3.6 Heijunka

La parola Heijunka deriva dal giapponese e significa livellamento. È una tecnica che ha l'obiettivo di livellare la produzione nel breve termine in modo tale che vi sia un pattern produttivo che si ripete nel tempo. In questo modo si ha una migliore gestione visiva della produzione, tale da permettere una più facile identificazione dei ritardi, delle anomalie nelle linee e di avere una visione a colpo d'occhio della situazione produttiva. Inoltre si riesce ad equilibrare e standardizzare il carico di lavoro all'interno della cella produttiva permettendo di avere forniture di piccole quantità e

costanti favorendo l'applicazione del JIT. Nelle *Figure 1.2 e 1.3⁴* si può notare la differenza tra la programmazione della produzione tradizionale e livellata.

L'heijunka si pone come obiettivo il livellamento di due fattori fondamentali:

- *i volumi*, cioè distribuire uniformemente la produzione in un certo intervallo di tempo in modo tale che i volumi in output in tale intervallo siano costanti;
- *il mix*, ossia fare in modo che i volumi livellati si distribuiscano uniformemente giorno per giorno secondo un mix prestabilito, in modo tale che alla fine del periodo considerato i volumi siano rispettati.

Il livellamento della produzione viene fatto a partire dalla media delle vendite in un certo periodo di tempo, il livellamento delle consegne viene invece fatto a partire dagli ordini programmati in un certo periodo. In entrambi i casi i volumi e il mix vengono tradotti in input produttivi e suddivisi prima settimanalmente, poi giorno per giorno e, dove possibile, ora per ora, dando origine al tabellone heijunka (*Figura 1.4*). In questo tabellone sono posizionati i cartellini kanban corrispondenti al

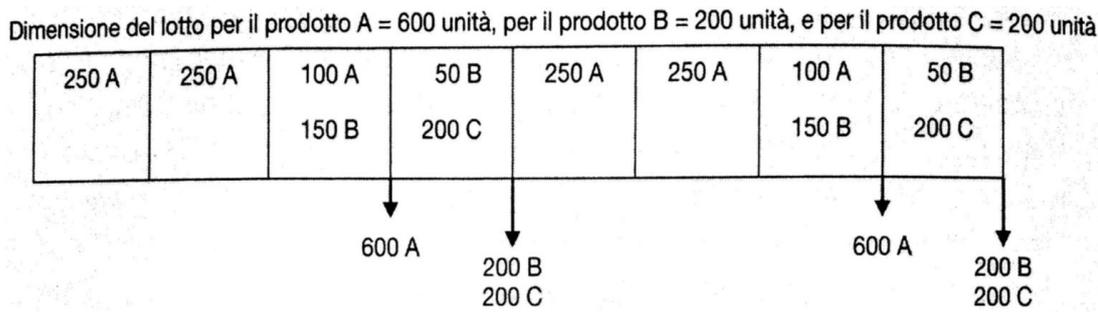


Figura 1.2 – Programmazione della produzione tradizionale con grandi lotti

prodotto da produrre, i quali vengono prelevati al momento giusto dall'operatore per poi essere processati. In questo modo i volumi e il mix saranno in linea con le vendite del periodo e quindi con la domanda del mercato; se quest'ultima cambia, cambieranno anche la sequenza, il mix e il volume dei prodotti.

Il livellamento è più semplice ed efficace per una domanda costante nel tempo; se la domanda è invece variabile ed ha picchi notevoli, bisogna cercare di reagire aumentando la flessibilità produttiva o cercando di livellare la domanda facendo promozioni nei periodi più scarichi.

- ⁴ Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., Betts, A., Danese, P., Romano, P., Vinelli, A., 2007, *Gestione delle operations e dei processi*, Pearson Paravia Bruno Mondadori S.p.a., Torino.

Dimensione del lotto A = 150 unità, dimensione del lotto B = 50 unità, dimensione del lotto C = 50 unità

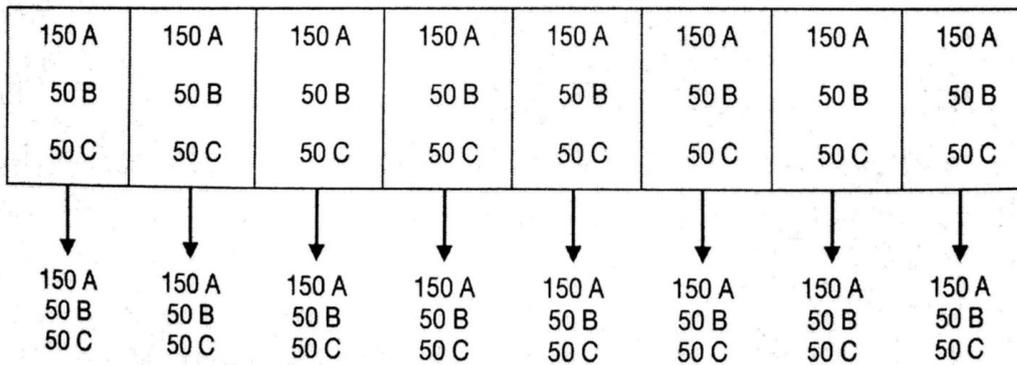


Figura 1.3 - Programmazione della produzione livellata

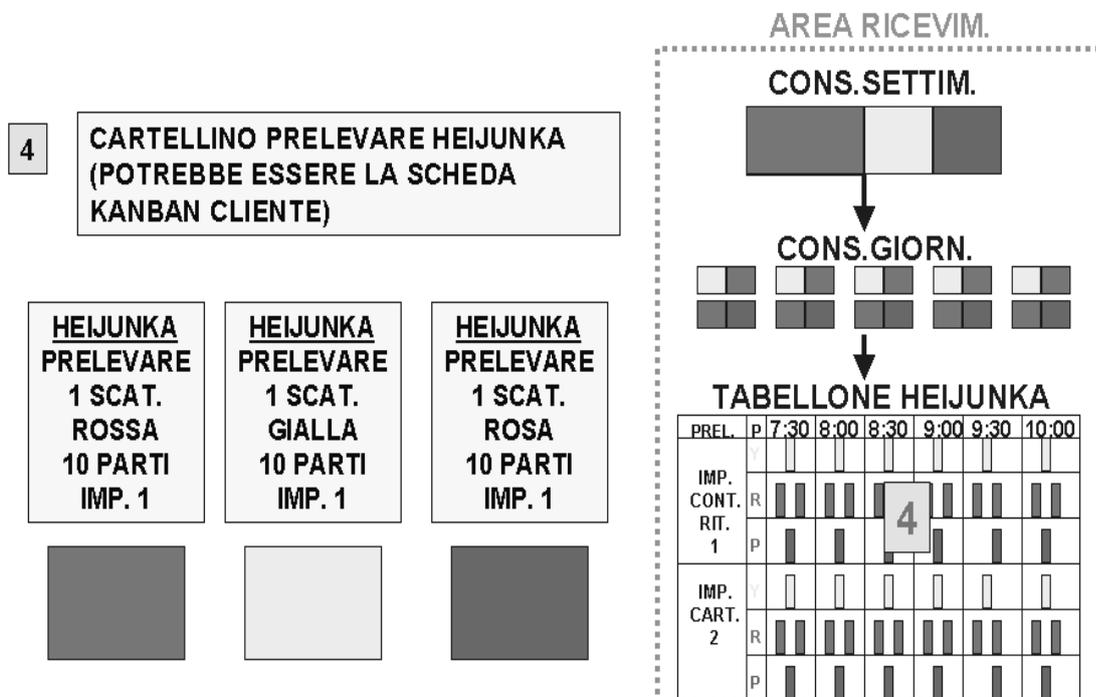


Figura 1.4 – Livellamento della produzione con Heijunka Board (www.leanmanufacturing.it)

Per applicare al meglio questo strumento bisogna produrre lotti piccoli e ripetuti nel tempo; è necessario quindi concentrarsi sulla riduzione dei tempi di setup mediante la tecnica SMED in modo da mantenere un'efficienza elevata e un mix di produzione adeguato.

1.4 Gli strumenti della Lean Production

La base della Toyota House include gli strumenti utilizzati da Ohno per implementare il suo sistema. In questa trattazione in particolare saranno presi in considerazione questi strumenti:

- kanban;
- supermarket e FIFO;
- 5S;
- Single Minute Exchange of Dies (SMED);
- Total Productive Maintenance (TPM) (cenni);
- Poka-Yoke.

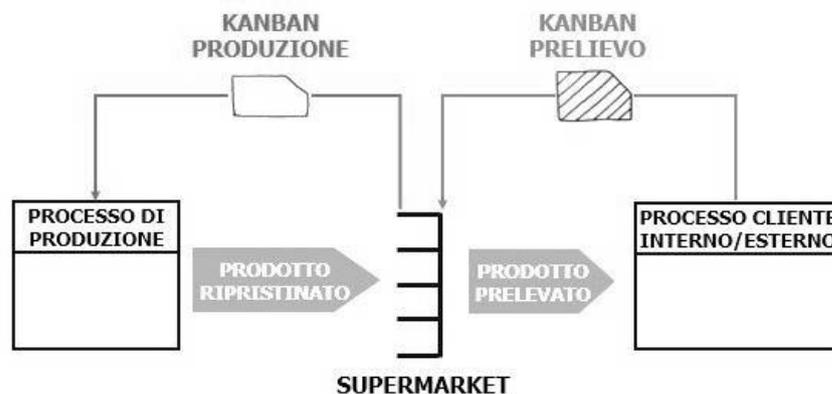
La Value Stream Map e la sua costruzione verrà descritta in dettaglio nel Capitolo 2, in questo paragrafo si lascia quindi spazio alla descrizione degli altri strumenti.

1.4.1 Kanban

Il kanban, uno dei principali strumenti per applicare il JIT, deriva dal giapponese e significa ‘insegna’ o ‘cartellino’. Più in generale può essere considerato un segnale che dà alle fasi a monte di un processo l’autorizzazione ad eseguire il ripristino delle scorte, secondo le informazioni presenti nel cartellino riguardanti i processi a valle che hanno consumato tali scorte.

Tale strumento permette di attuare la Logica pull secondo la quale la stazione a monte può produrre solo se la stazione a valle richiede il materiale.

Prendendo in esame la *Figura 1.5*, quando il cliente (che può essere sia un cliente interno che una fase a valle) preleva un prodotto dal magazzino, il cartellino associato a tale prodotto viene staccato e inviato alla stazione a monte. Questa, ricevendo il cartellino, inizierà a produrre il prodotto indicato nel cartellino nella quantità indicata e una volta terminato lo ripone in magazzino ripristinando il contenitore vuoto e riattacca il cartellino al prodotto.



*Figura 1.5 – Esempio di produzione mediante cartellino kanban
(www.leanmanufacturing.myblog.it)*

Il kanban può essere implementato in ogni fase del processo: ci può essere il kanban di prelievo che viene attuato ad esempio nel magazzino prodotti finiti, dove il cliente preleva direttamente a scaffale, il kanban di produzione che viene attuato tra le fasi del processo e infine il kanban di fornitura che viene attuato con il fornitore (Figura 1.6).

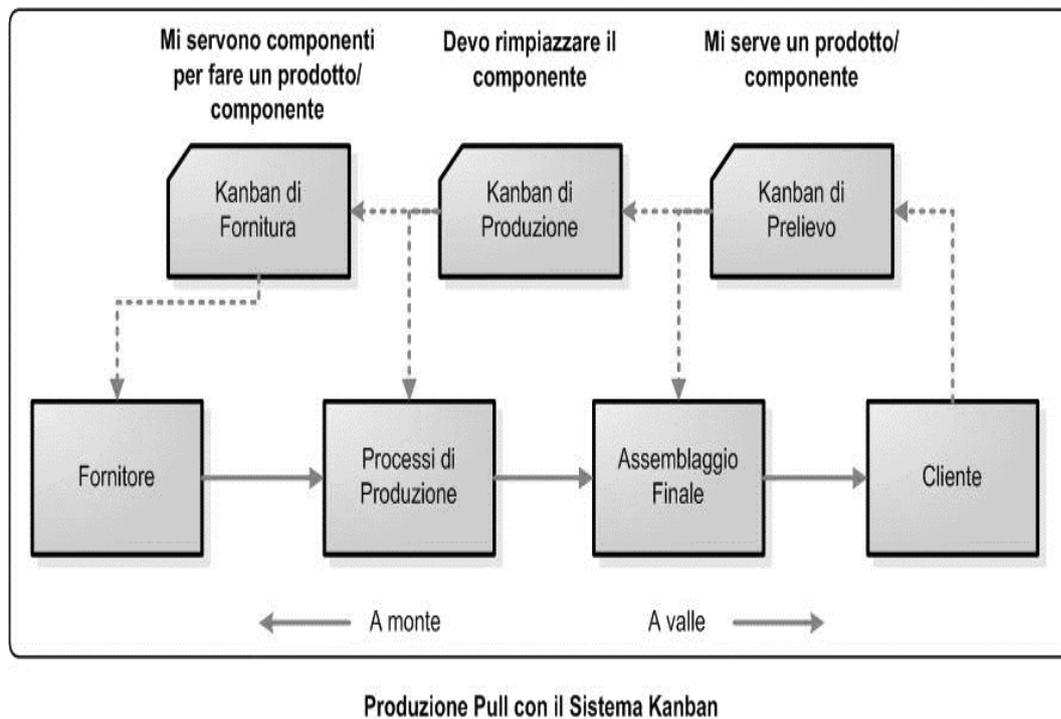


Figura 1.6 – Diverse tipologie di kanban (www.leanmanufacturing.it)

Il concetto alla base rimane lo stesso: la fase a monte ripristina il materiale per la fase a valle seguendo le indicazioni del cartellino e non deve fare altro, se non quando riceve l'input dal cartellino successivo.

La programmazione della produzione viene fatta solo per il processo più a valle, dopo il quale le fasi produttive avvengono a flusso continuo: tale processo è chiamato pacemaker. Il pacemaker, con le sue azioni, è il primo a scatenare il sistema di kanban verso monte ed è quello che segue direttamente la domanda reale del cliente. In questo modo i processi a monte del pacemaker sono svincolati dalla programmazione della produzione, in quanto l'input gli è dato dai cartellini kanban che arrivano. Si eliminano così gli sprechi dovuti alla sovrapproduzione e si riducono

notevolmente le scorte di componenti; questo permette di tenere a scorta poca quantità di materiale, ma avente una varietà molto maggiore che a sua volta permette di essere rapidi nella risposta alle fluttuazioni della domanda e alle variazioni del mix richieste. Il sistema kanban fornisce inoltre un elevato controllo visivo dello stato del processo produttivo; i cartellini in circolo nel sistema, infatti danno, indicazione della presenza di anomalie in produzione. Ad esempi se guardando la bacheca kanban e si nota che tutti i kanban relativi ad un prodotto sono in produzione, significa che le scorte relative a quel prodotto stanno terminando e bisognerà capire se c'è stato un rallentamento della produzione e per capire per quale motivo si è verificato.

È importante che un sistema gestito in questo modo sia bilanciato e livellato, facendo sì che si evitino continui fermo macchina e garantire quindi che vi sia sempre in ogni processo almeno un cartellino kanban da processare.

I kanban, oltre ai cartellini applicati sui contenitori, possono anche essere i contenitori stessi contenenti all'interno una quantità predefinita di un determinato componente, coerentemente con le dimensioni dei pezzi, il consumo medio giornaliero e il Lead time necessario per ripristinare la scorta.

Affinché il sistema kanban funzioni è necessario dimensionarlo correttamente e quindi definire il numero di cartellini necessari per non andare in stock out. Per dimensionare correttamente il sistema bisogna reperire le informazioni riguardanti:

- il Lead Time di ripristino del componente, inteso come il tempo di produzione nel caso sia un kanban di produzione interna, oppure il tempo che impiega il fornitore a produrre e spedire il componente nel caso di kanban con il fornitore;
- il consumo medio giornaliero del componente preso in esame;
- la scorta di sicurezza, espressa in percentuale, che si vuole mantenere per fronteggiare dei picchi di domanda;
- i pezzi che ciascun contenitore kanban deve contenere. Questi possono essere vincolati dal lotto minimo di produzione delle fasi a monte, dal lotto minimo di fornitura, oppure dalle dimensioni del componente e dai contenitori che si hanno a disposizione.

Una volta definiti questi parametri il numero (N°) di contenitori kanban è dato da:

$$N^{\circ}KNB = \left\lceil \frac{LT_r * CMG * (1 + SS\%)}{PZ_{knb}} \right\rceil + 1$$

Ad ognuno dei contenitori è associato un cartellino kanban con scritte diverse informazioni che lo riguardano come:

- codice identificativo del materiale;
- descrizione del materiale;
- fornitore;
- cliente;
- quantità per contenitore;
- numero (N°) del contenitore;
- tipo di contenitore.

Il kanban è uno strumento molto utile per tenere sotto controllo le scorte e favorire il livellamento della produzione; è però impensabile applicare questa tecnica a tutti i codici che gestisce un'azienda, in quanto presentano delle caratteristiche diverse per quanto riguarda 3 aspetti fondamentali: i volumi, la rotazione e la variabilità della domanda.

Per quanto riguarda i volumi, se sono bassi conviene adottare la gestione classica MRP, in quanto sarebbe troppo oneroso tenere a scorta dei prodotti finiti che vengono richiesti in piccole quantità: conviene quindi cercare di velocizzare il flusso produttivo in modo da ridurre il Lead time di produzione. Se i componenti sono a bassa rotazione non conviene adottare l'approvvigionamento kanban in quanto resterebbe a stock del materiale per molto tempo. Infine, nel caso di alta variabilità della domanda e quindi in presenza di consumo molto irregolare con dei picchi notevoli, non conviene usare il kanban. Per non far inceppare il meccanismo e andare in stock out infatti è necessario dimensionarlo sul picco, con il rischio però di una giacenza in scorte molto elevata: si può però partire con un numero di contenitori alto, per poi ridurli mano a mano che si migliora il flusso dei materiali, il layout e le altre fasi del processo garantendo così una certa regolarità.

1.4.2 Supermarket e First In First Out (FIFO)

Il supermarket è un magazzino dentro il quale vi sono una certa quantità predefinita di componenti che vengono prelevati secondo la richiesta delle fasi a valle. Ad ogni contenitore avente al suo interno i componenti corrisponde un cartellino kanban, il quale viene dato alle stazioni a monte per autorizzare il ripristino della merce al termine della stessa.

La concezione del supermarket riprende quella dei supermercati tradizionali: l'utilizzatore trova la merce che gli serve, la preleva dallo "scaffale" ed una volta terminata viene ripristinata automaticamente. I supermarket disaccoppiano gli stadi produttivi quando con i processi normali non è possibile produrre in flusso continuo. Questo può avvenire se i Lead time di produzione (o di fornitura) sono troppo lunghi o diversi tra le due fasi; se la fase a monte produce troppo velocemente, infatti, si crea un buffer tra essa e la fase a valle che causa un accumulo di scorte e produzione a salti non livellata. Con il supermarket invece si riesce a disaccoppiare la produzione del processo a monte con quella a valle, creando delle scorte controllate che vengono ripristinate solo quando si registra il loro effettivo utilizzo. Con una minima quantità di scorta controllata si riescono quindi a limitare gli sprechi dovuti a sovrapproduzione e si riesce ad avere un inventario molto ampio, il quale permette alle fasi a valle del supermarket di lavorare a flusso continuo senza interruzioni dovute allo stock out.

Un ulteriore vantaggio del supermarket è che la produzione dei componenti non necessita di essere programmata, o meglio viene auto-programmata direttamente dai segnali che arrivano dallo svuotamento dei kanban nel supermarket. Questo consente di eliminare la pianificazione MRP per molti componenti, concentrandola invece in un solo punto pacemaker, alleggerendo quindi la gestione e la programmazione dell'intero sistema.

Quando invece si deve mantenere un flusso continuo tra le fasi del processo è preferibile utilizzare delle corsie FIFO (First In First Out). La logica di gestione delle corsie FIFO impone che il materiale che per primo entra nella corsia dev'essere il primo ad essere utilizzato. Tali corsie contengono un numero prestabilito i pezzi (o contenitori) che vengono utilizzati da una fase a valle; finché non sono piene la fase a monte è autorizzata a produrre per riempire la corsia, quando è piena invece non è

più autorizzata a produrre. Se una corsia FIFO inizia a svuotarsi significa che sono stati utilizzati dei componenti e quindi è necessario ripristinarli: la logica è la stessa dei cartellini kanban.

Il FIFO per essere applicato tra due fasi produttive necessita di un notevole coordinamento tra le fasi, in particolare: i lotti di produzione della fase a monte e di quella a valle devono essere multipli o uguali, non ci deve essere un'alta varietà di prodotti, i tempi ciclo delle fasi devono essere simili, i flussi non si devono dividere ecc.

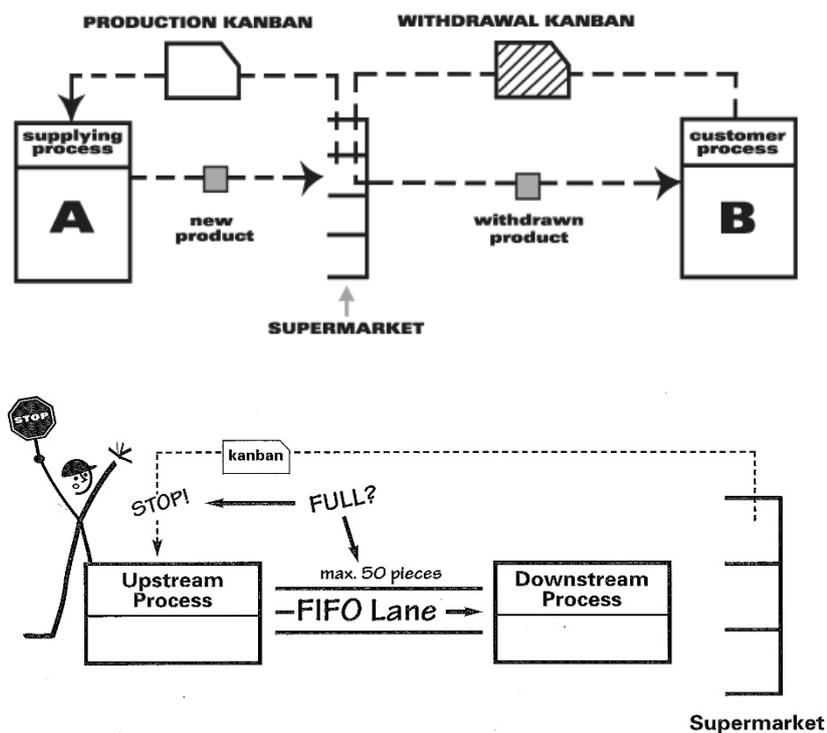


Figura 1.7 – Supermarket (in alto) e corsie FIFO (in basso) a confronto.
(www.todayleanmanufacturing.com)

1.4.3 Le 5S

Il controllo visivo delle attività è uno strumento molto importante per ottenere il flusso continuo in quanto permette di capire con uno sguardo se un processo, un'attività o una procedura sono sotto controllo o meno.

Le 5S sono una metodologia che porta in primo luogo al miglioramento del posto di lavoro, ma che permette anche di applicare il controllo visivo e di eliminare gli sprechi dovuti ad un posto di lavoro disordinato e non funzionale⁵.

⁵ Bianchi, F., 2010, *Visual Management: le 5S per gestire a vista*, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano.

Il nome di tale strumento deriva dal Giapponese e rappresenta le iniziali delle parole pilastri di questa metodologia.

1S) *Seiri (Separare)*: significa eliminare e/o allontanare dall'area di lavoro le cose inutili per il processo produttivo.

Sprechi derivanti dalla non separazione sono difetti dovuti ad attrezzature non adatte, perdite di tempo nel ricercare gli attrezzi giusti, scorte inutili per il processo produttivo e difficoltà a posizionare le attrezzature dove servono. I vantaggi derivanti dall'applicazione del primo pilastro sono quindi un maggiore spazio disponibile, risorsa che molto spesso si crede mancare in azienda ma che spesso viene nascosta dalla presenza di molte cose inutili, minori perdite di tempo nella ricerca degli attrezzi utili e quindi minori movimenti inutili, minore costo e minore spreco di energia.

2S) *Seiton (Sistemare)*: significa ordinare gli oggetti necessari in modo tale che per chiunque sia facile riconoscerli, trovarli, utilizzarli e rimetterli nel proprio posto. Una volta eliminati gli oggetti inutili bisogna quindi disporre i rimanenti nel modo più ergonomico e funzionale possibile, in modo tale da ridurre gli sprechi dovuti a perdite di tempo per ricercare gli attrezzi, movimenti inutili, sprechi di energia, difetti sui prodotti e problemi di sicurezza. Utilizzando adeguatamente questo secondo pilastro si può facilmente applicare il controllo visivo permettendo così di evidenziare le anomalie (dimenticanze di attrezzi, componenti ecc.). Inoltre la postazione di lavoro non diventa personalizzata e chiunque ci lavori potrà facilmente orientarsi ed eseguire al meglio le attività.

3S) *Seiso (Spazzare)*: significa assicurarsi che tutto ciò che c'è nel reparto/postazione sia pulito.

La pulizia del posto di lavoro è molto importante per evitare difettosità nei prodotti causata da scarti, trucioli ecc. che possono inavvertitamente interferire con il prodotto. Inoltre un'accurata pulizia previene il fermo macchina in quanto sarebbe più evidente qualche principio di rottura o anomalia. Anche la visibilità dell'intero processo e la possibilità di perfezionarlo migliora notevolmente numerosi aspetti, come ad esempio la

sicurezza. Pulizia è sinonimo di qualità, inoltre migliora l'immagine dell'azienda agli occhi di chi la visita.

4S) *Seiketsu (Standardizzare)*: significa definire un metodo e delle procedure per fare in modo che le 3S precedenti vengano continuamente applicate. Dopo aver applicato i primi 3 pilastri diventati operativi, è necessario che i risultati ottenuti non vengano vanificati; bisogna quindi definire dei responsabili che controllino che vengano costantemente applicati in modo tale che si instauri una vera e propria cultura delle 5S.

5S) *Shitsuke (Sostenere)*: significa mantenere l'impegno nel rispettare gli altri 4 pilastri in modo che il vantaggio ottenibile dalla loro applicazione sia maggiore rispetto a quello ottenibile non applicandole. Bisogna creare le condizioni e le strutture che promuovano e incentivino al rispetto costante dei primi 4 pilastri, favorendone quindi l'applicazione continua. Il coinvolgimento di tutti i dipendenti è fondamentale per il miglioramento continuo e per mantenere la motivazione al miglioramento delle attività.

Riassumendo quindi i risultati ottenibili attraverso l'applicazione delle 5S sono notevoli e i principali vantaggi derivanti dalla loro applicazione duratura sono:

- miglioramento dell'immagine dell'azienda agli occhi dei clienti che la visitano;
- miglioramento della qualità del posto del lavoro;
- miglioramento della produttività e dell'efficienza;
- riduzione dei tempi di ricerca degli attrezzi/materiali;
- riduzione dei difetti e della possibilità di sbagliare;
- miglioramento della sicurezza del posto di lavoro;
- miglioramento del morale e della motivazione alla ricerca del miglioramento da parte del personale;
- aumento degli spazi dovuto ad un miglior sfruttamento degli stessi.

1.4.4 SMED

SMED è l'acronimo di Single Minute Exchange of Die, cioè cambio dello stampo in un minuto. È una delle metodologie del TPS che ha come obiettivo la riduzione del tempo di attrezzaggio dei macchinari, in modo tale da permettere un flusso continuo

e livellato nel mix (one piece flow). In questo modo si produce solo ciò che è richiesto dal mercato e si evitano gli sprechi dovuti alla sovrapproduzione. Le scorte tra i processi vengono drasticamente ridotte e il Lead time di processo diminuisce, consentendo all'organizzazione una maggior reattività e flessibilità.

Per capire meglio la metodologia SMED bisogna avere chiare due definizioni.

- *I setup interni (IED, Inside Exchange of Dies)*: sono tutte quelle operazioni che devono essere fatte a macchina ferma.
- *I setup esterni (OED, Outside Exchange of Dies)*: sono tutte quelle operazioni che possono essere fatte a macchina in movimento e quindi in tempo mascherato.

L'idea di fondo è quella di riuscire a passare la maggior parte delle operazioni da IED a OED e quindi in tempo mascherato, in modo tale da minimizzare il fermo macchina e riuscire a produrre a flusso continuo.

La metodologia SMED comprende diverse fasi che hanno come obiettivo la riduzione del tempo di attrezzaggio a qualche minuto. Queste fasi consistono nel:

- 1) creare il team di lavoro;
- 2) identificare chiaramente quali sono le attività IED e OED;
- 3) convertire quanto più possibile le attività IED in OED mediante lo studio di dime, agganci rapidi ecc.;
- 4) velocizzare le procedure di attrezzaggio esterne creando degli standard operativi.

Esempi di miglioramenti per velocizzare i tempi di setup possono essere: standardizzare le parti necessarie per il settaggio adattandole ai diversi setup, ad esempio mediante spessori ecc., svolgere delle operazioni in parallelo da più persone, suddividendo i compiti in modo tale da velocizzare il processo, evitare le filettature ecc..

1.4.5 TPM

Il Total Productive Maintenance (TPM) è uno strumento che integra la produzione e la manutenzione nella condivisione degli obiettivi di produttività, qualità e sicurezza; in altre parole mira a minimizzare il fermo impianto, massimizzandone così l'efficienza globale.

Il fondatore di questo metodo Seiichi Nakajima definisce così la manutenzione produttiva: “La TPM è la manutenzione produttiva realizzata da tutti gli addetti attraverso piccoli gruppi di attività con lo scopo di azzerare guasti e difetti.”

Ancora una volta viene ribadita l'importanza di lavoro in team e in piccoli gruppi, per trovare delle soluzioni ai problemi della linea, in quanto favoriscono le idee e creano più coinvolgimento del personale. In questo caso i team di lavoro sono formati da operatori e manutentori: i primi devono provvedere alla piccola manutenzione, in modo da mantenere l'impianto nelle condizioni iniziali, quindi svolgono attività semplici come la pulizia, controllare il livello dell'olio ecc., i secondi invece si devono occupare degli interventi manutentivi più complessi per i quali sono competenti. Lasciare tutti i compiti, anche i più banali, ai manutentori sarebbe uno spreco di risorse.

I vantaggi derivanti dall'applicazione del TPM sono principalmente:

- aumento dell'efficienza degli impianti;
- riduzione dei guasti agli impianti;
- aumento dell'esperienza e polifunzionalità dei dipendenti;
- riduzione dei costi globali di manutenzione.

1.4.6 Poka-Yoke

Poka-Yoke in giapponese significa a prova di errore. È qualsiasi procedura o segnale che serve per fare in modo che non si commettano errori nel fare una certa attività.

Le fonti principali di difetti nelle celle produttive sono:

- omessa lavorazione;
- errori di lavorazione;
- errore nel mettere a punto i pezzi da lavorare;
- parte mancante;
- parte errata;
- lavorazione del pezzo errato;
- errore nell'operazione;
- errore nella regolazione e calibratura;
- attrezzature messe a punto non correttamente;
- strumenti e maschere approntati non adeguatamente.

L'obiettivo di questa tecnica è rendere il processo affidabile al 100% eliminando la possibilità di creare difetti. In questo modo possono essere eliminate le ispezioni e il controllo qualità consentendo un free pass dei componenti; l'operatore a questo punto si può concentrare su attività a più valore aggiunto anziché passare del tempo a controllare e ispezionare. Esempi di questi sistemi sono: gli avvisatori acustici, le luci di allarme o qualsiasi altro segnale che renda evidente quando un'attività non sia stata completata o la si stia eseguendo in modo sbagliato, facendo così in modo che sia eliminato all'origine il difetto, senza che quest'ultimo prosegua alle fasi successive o, ancora peggio, arrivi al cliente.

1.5 L'evoluzione dalla Lean Production al Lean Thinking

Come è stato descritto nel paragrafo precedente, il TPS definisce degli strumenti e degli obiettivi che un'azienda deve perseguire per essere competitiva, tuttavia fortemente legati alla produzione manifatturiera. Dopo anni di studi e applicazioni della filosofia Toyotista anche in molti altri settori, il modello produttivo TPS è dapprima stato rinominato Lean Production (produzione snella), enfatizzando il suo obiettivo primario, ossia l'eliminazione degli sprechi. Questo poteva essere applicato non solo ad ambienti come quello Toyota ma anche in moltissimi altri settori, principalmente quello manifatturiero. Infine, con l'estensione dei principi snelli anche ai servizi, agli uffici e a tutte le organizzazioni, si è iniziato a parlare di Lean Thinking e di impresa snella intendendo un vero e proprio modo di pensare e di agire finalizzato al miglioramento continuo e all'eliminazione degli sprechi.

Il Lean Thinking quindi include non solo un modello pratico delle tecniche usate dal Toyota Production System, bensì una vera e propria metodologia completa e realistica che mira a plasmare lo spirito e la mentalità che deve avere un'impresa snella appartenente a qualsiasi settore nel perseguire i suoi obiettivi. Alla base del pensiero snello vi sono 3 fondamentali linee guida, non rispettando le quali tutti gli sforzi fatti per trasformare l'azienda potrebbero risultare vani:

- *Attivare la creatività degli individui.* A qualunque livello si posizioni nell'organizzazione. In altre parole si deve eliminare la gerarchia organizzativa classica quanto più possibile, soprattutto a livello di idee; bisogna cercare di liberare le energie mentali delle risorse umane.

- *Il miglioramento continuo.* È quel miglioramento dato dall'esperienza sul campo, fatto da tanti piccoli miglioramenti poco onerosi che tuttavia insieme portano a grandi miglioramenti ed elevati ritorni.
- *Rapporti di partnership.* Intesi sia all'interno dell'impresa, sia tra imprese della stessa filiera produttiva, al fine di trasmettere le informazioni in modo efficiente e dare fluidità ai processi.

Il pensiero snello e i suoi principi cardine che verranno descritti in seguito sono il punto di partenza per attuare la trasformazione snella ed iniziare una dura battaglia contro gli sprechi. Sono proprio questi ultimi i punti di riferimento che bisogna sempre avere, indipendentemente dal campo in cui opera l'azienda. Bisogna però tenere presente che è necessario adattare ed interpretare tali principi rispetto propria realtà aziendale, così da non permettere che la loro applicazione dia risultati sporadici e sotto le attese

1.5.1 I 5 principi del pensiero snello

1) Value

Il valore è il punto di partenza critico per il pensiero snello, il quale può essere definito solamente dal cliente finale, non dal produttore. Qualsiasi azienda infatti è al servizio del cliente e opera per fare in modo che siano soddisfatte le sue esigenze. Questo avviene ad un certo prezzo e in un certo momento: il valore è solo ciò che il cliente è disposto a pagare. Tutto il resto è *muda* e come tale va scovato ed eliminato.

Per identificare il valore bisogna quindi analizzare tutte le attività svolte per produrre un prodotto e domandarsi se il cliente è disposto a pagare per tale attività, ossia se ne risentirebbe se quell'attività venisse eliminata dal processo; se così non fosse l'attività in questione potrebbe essere eliminata. Concentrarsi sull'analisi del valore significa mettere in luce le attività inutili, come trasferimenti, controlli, attese ecc., che rendono poco fluido il processo e assorbono risorse alle attività a valore. Il valore non è dato dall'efficienza. Una volta definito il prodotto e le esigenze dei clienti è importante determinare il target cost, il quale permette all'azienda di creare profitto e fare ulteriori investimenti in modo da aumentare le vendite. Tradizionalmente

il target cost è calcolato a partire dal prezzo che il cliente è disposto a pagare per il prodotto, cercando di avere dei costi tali da garantirsi un margine. La riduzione dei costi molte volte avviene sottraendo ricavi ai clienti a valle e/o prelevando profitti dai propri fornitori a monte, pensando all'ottimizzazione del proprio senza invece pensare all'ottimo comune.

Il target cost, secondo il “pensiero snello”, deve essere calcolato guardando nell'insieme il prezzo e le caratteristiche offerte attualmente ai clienti, chiedendosi poi quanti costi si potrebbero evitare abbattendo tutti gli sprechi. Questo obiettivo ideale a cui tendere può essere raggiunto solo dedicandosi continuamente alla ricerca degli sprechi e cercando di migliorare continuamente i processi: in questo modo l'aumento di marginalità non avviene a discapito degli altri attori della filiera produttiva, bensì grazie ad una efficiente riorganizzazione e sincronizzazione dei propri processi.

Come si può vedere dalla *Figura 1.8* il target cost dell'impresa snella è ben al di sotto del target cost dei concorrenti e questo porta ad un vantaggio competitivo e ad un aumento delle risorse disponibili. Queste ultime possono essere investite per perseguire diverse strategie con l'obiettivo di aumentare le vendite e la leadership nel mercato; ci si riferisce ad esempio alla riduzione di prezzo, all'aggiunta di caratteristiche o potenzialità al prodotto, alla creazione di ulteriore valore aggiungendo servizi al prodotto fisico e al reinvestimento nello sviluppo di nuovi prodotti.

Per raggiungere il target cost senza sprechi bisogna quindi analizzare ogni attività del processo, non tralasciando nessun dettaglio, e mappare il flusso del valore. Questo introduce al secondo principio: il flusso di valore.

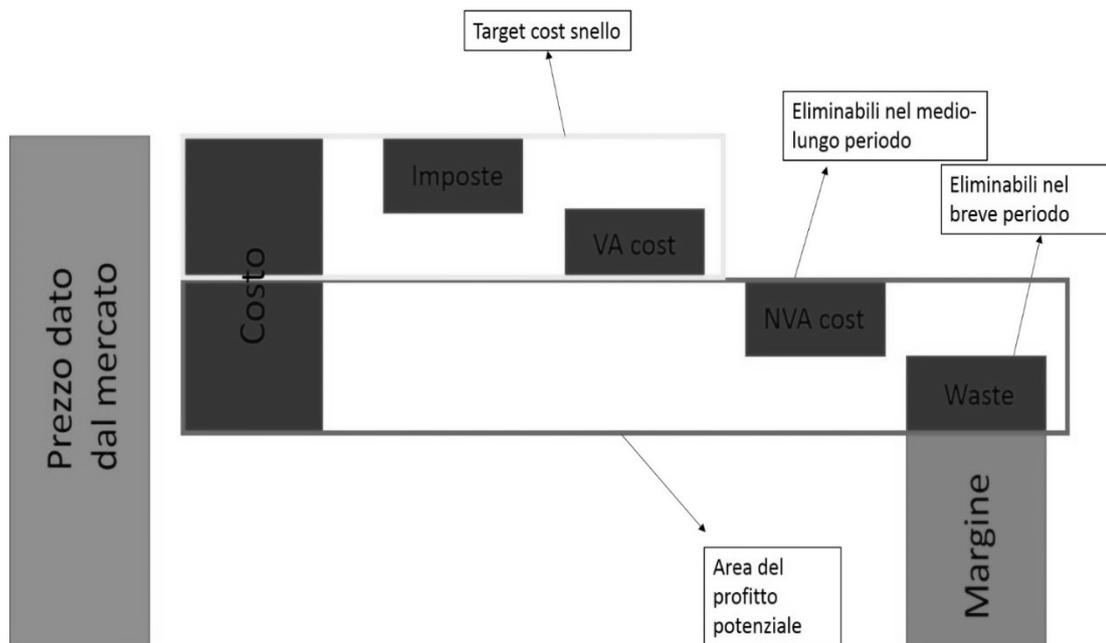


Figura 1.8 – Scomposizione del costo del prodotto per evidenziare il ruolo degli sprechi: il Target Cost snello.

2) Value Stream

Il flusso di valore è definito da Womack e Jones come *“l’insieme delle azioni richieste per condurre un dato prodotto (bene o servizio che sia) attraverso i tre compiti critici del management di qualsiasi business: la risoluzione dei problemi dall’ideazione al lancio in produzione attraverso la progettazione di dettaglio e l’ingegnerizzazione; la gestione delle informazioni da ricevimento dell’ordine alla consegna attraverso una programmazione di dettaglio; la trasformazione fisica della materia prima in prodotto finito in mano al cliente”* (Womack, Jones, 1996; p. 49).

In altre parole, il flusso del valore è l’analisi di tutte le attività che concorrono alla creazione del prodotto richiesto dal cliente ed è una fase fondamentale nel pensiero snello perché permette di identificare i muda che si annidano all’interno dei processi. Tale analisi può essere fatta inizialmente a livello di processo interno all’azienda, tuttavia nell’ottica di impresa snella può essere estesa a tutta la filiera con risultati assai migliori. L’analisi del flusso di valore mostra che si possono identificare 3 tipi di attività:

- *attività che creano valore*, ossia attività che trasformano direttamente il prodotto e agli occhi del cliente ne aumentano il valore o il servizio.

Non è sempre facile identificare queste attività, soprattutto a causa di ambiguità di interpretazione dei bisogni da parte dell'impresa, dalla mancanza di possibilità di interagire direttamente con il cliente e dalla possibilità di mettere in relazione i bisogni del cliente con le funzioni del prodotto/servizio.

- *attività che non creano valore ma necessarie*, cioè sono quelle attività rese necessarie dallo stato attuale delle tecnologie, degli impianti produttivi ecc. (vengono anche chiamate muda di tipo 1). Agli occhi del cliente non aggiungono valore, tuttavia in assenza di cambiamenti radicali nei processi aziendali sono necessarie. Essendo muda queste attività vanno eliminate con dei piani di miglioramento di lungo periodo o con delle innovazioni che portano a cambiamenti radicali.
- *attività che non creano valore*, ossia le attività che possono essere eliminate da subito con azioni di miglioramento immediate (vengono anche chiamate muda di tipo 2). Agli occhi del cliente non aggiungono valore e se eliminate il processo può comunque essere portato a termine senza problemi.

Uno degli strumenti più efficaci per comprendere e tracciare il flusso del valore nella la produzione di un prodotto è la Value Stream Map. Questo strumento permette di rappresentare il flusso attuale, nella *Current State Map*, e il flusso futuro cioè l'obiettivo da raggiungere, nella *Future State Map*.

In questo capitolo vengono descritti i vantaggi della Value Stream Map, una trattazione più dettagliata di questo strumento verrà fatta nel Capitolo 2.

I principali vantaggi derivanti dall'identificazione del flusso sono i seguenti.

- Integrazione dei singoli processi, i quali non vengono più visti come singoli, ma facenti parte di un unico flusso. In questo modo si ha una visione trasparente e globale che si può ottimizzare nel complesso.
- Permette di evidenziare e dare una priorità agli sprechi in funzione dell'importanza delle cause che li hanno generati.
- Permette di integrare il lavoro svolto con altre tecniche Lean coerenti con gli obiettivi di flusso ideale che ci si è posti partendo dalla fotografia del flusso attuale.

- Analizza non solo il flusso dei materiali ma anche quello delle informazioni, molto spesso trascurato dalle aziende tradizionali.

3) **Flow**

Una volta che il valore è stato ben definito e che le attività inutili sono state eliminate, bisogna fare in modo che le attività creatrici di valore fluiscono.

La visione snella del flusso si contrappone alla tradizionale concezione del batch e queue “lotti sequenziati con code intermedie”. Quest’ultimo approccio sostiene che l’efficienza e la riduzione di costo si determinano se si produce per grandi lotti in quanto si riescono a saturare le macchine, si riducono al minimo i setup e di conseguenza il costo unitario sarà minore. In realtà ogni attività può essere svolta in maniera più efficiente ed accurata semplicemente ripensando ai compiti e facendo in modo che il prodotto venga lavorato ininterrottamente dalla materia prima al prodotto finito. Un flusso non sincronizzato e interrotto da buffer genera scorte, code ecc. che coprono i problemi e gli sprechi del processo, non permettendo al processo stesso di essere migliorato e perfezionato. Far scorrere il flusso secondo la filosofia snella significa quindi fare in modo che tra le attività del processo non ci siano interruzioni; per fare ciò è fondamentale quindi focalizzarsi sul prodotto e sulle necessità piuttosto che sull’azienda e le sue attrezzature. Per garantire il flusso è indispensabile una certa elasticità dal punto di vista delle mansioni e delle funzioni, eliminando quindi le barriere organizzative che sono la causa principale del rallentamento delle attività; bisogna eliminare la concezione di “ufficio” e passare a dei team di lavoro organizzati per ogni prodotto, i quali si occupano di tutte le fasi, dalla progettazione alla produzione.

4) **Pull**

Il passo successivo è fare in modo che siano i clienti a trainare il flusso del prodotto, acquistando il prodotto con le caratteristiche giuste anziché spingere con forza il prodotto verso valle, incorrendo nel rischio che nessuno lo voglia. Anche in questo caso la concezione snella va contro il pensiero tradizionale, contrapponendo all’approccio push quello pull. Secondo quest’ultimo l’azienda deve produrre solo ciò che il cliente chiede e quando lo chiede,

altrimenti non deve produrre nulla: è la domanda reale a valle che determina l'innescò della produzione e non le previsioni su ciò che il cliente acquisterà. Questo permette di evitare lo spreco della sovrapproduzione in tutta la catena del valore e di stabilizzare la domanda e di conseguenza la produzione. Tipici strumenti di gestione pull sono il kanban (cartellino) e il supermarket.

5) Perfection

La ricerca della perfezione è una conseguenza dell'applicazione sistematica dei precedenti principi. È l'obiettivo a cui tendere, ovvero l'eliminazione totale degli sprechi e la sincronizzazione perfetta del flusso. Ricercare la perfezione comporta rimettere sempre in discussione in modo costruttivo i risultati ottenuti per cercare di raggiungerne di migliori e con minore sforzo. In altre parole consiste nella costante ricerca degli sprechi da eliminare. La perfezione è il driver del miglioramento, la quale può avvenire sia con innovazioni radicali (ad es. nuove tecnologie) sia con piccoli miglioramenti continui (kaizen): l'importante è mettere sempre in discussione il processo attuale senza precludere nuove soluzioni migliori.

2. Imparare a vedere gli sprechi: La Value Stream Map

In questo capitolo verrà esposta la tecnica della Value Stream Map, uno strumento utile per evidenziare gli sprechi e per riconoscere il flusso a valore. Si descrivono le linee guida da seguire per costruire la Current State Map e la Future State Map, insieme ad alcune delle possibili azioni da intraprendere per migliorare il flusso, con l'obiettivo di trasformarlo in flusso continuo.

2.1 Vedere gli sprechi

Per riconoscere gli sprechi ed eliminarli è importante riconoscere qual è il Value Stream, anche detto Flusso del Valore. Il Value Stream è l'insieme di tutte le azioni necessarie a creare valore nel prodotto. Tali azioni formano due flussi fondamentali:

- il flusso di produzione, dalla materia prima al cliente;
- il flusso di progettazione, dall'idea al lancio del prodotto.

La Value Stream Map (VSM) è una tecnica di mappatura che permette di rappresentare, analizzare e migliorare il flusso del valore, il quale è composto dal flusso dei materiali, delle informazioni e delle persone.

È opportuno sottolineare la differenza tra la tradizionale catena del valore (Value Chain) e il flusso del valore (Value Stream). Tale differenza sta nel fatto che, mentre la Value Chain ha l'obiettivo di individuare il vantaggio competitivo dell'azienda nel contesto dove si trova, il Value Stream si riferisce solo alle attività e ai flussi che aggiungono valore al prodotto o al servizio secondo la prospettiva del cliente. La prima ha quindi come obiettivo il vantaggio competitivo, la seconda invece la soddisfazione del cliente. Alla luce di quanto affermato, con la mappatura del flusso di valore si vogliono rendere visibili gli sprechi che affliggono l'intero processo produttivo, al fine di ottimizzarlo in ogni suo aspetto, migliorando le attività a valore per il cliente ed eliminando invece quelle non a valore.

Spesso il flusso del valore oltrepassa i confini dell'azienda, rendendo molto più complessa la sua mappatura; per questo motivo è utile iniziare dalla mappatura dei flussi interni all'azienda, dall'arrivo delle materie prime da parte dei fornitori fino alla spedizione dei prodotti finiti al cliente. L'estensione della VSM oltre i confini aziendali è un passo successivo, atto ad individuare ed eliminare gli sprechi nell'intera supply chain: si potrà a questo punto parlare di supply chain snella.

Il Value Stream coinvolge sempre tutti gli uffici e le funzioni aziendali, per questo motivo è opportuno identificare una figura professionale responsabile dell'intero flusso di valore e direttamente subordinata alla dirigenza, chiamata Value Stream Manager.

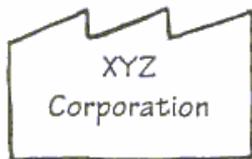
Rother e Shook (1998), nel loro libro, affermano che il processo di Value Stream Mapping può essere seguito seguendo 5 passi fondamentali:

- selezione di una famiglia di prodotti da analizzare;

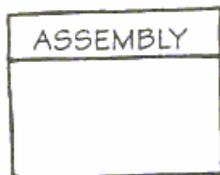
- disegnare la Current State Map;
- disegnare la Future State Map;
- definire degli obiettivi e un piano di miglioramento;
- attuare il piano di miglioramento.

2.2 Premessa: regole per tracciare la Value Stream Map

Prima di trattare la costruzione della Value Stream Map è doveroso indicare alcune regole e convenzioni adottate per tracciarla che ne rendono univoca e corretta la lettura, sia al personale che a qualsiasi persona esterna.



Questa icona se posizionata in alto a sinistra rappresenta il fornitore; se posizionata in alto a destra rappresenta il cliente.



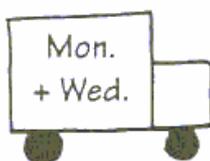
Questa icona rappresenta un processo, macchinario o reparto dove transita il materiale. Per non rendere la mappa troppo complessa vengono rappresentate con un unico process box anche più attività con flusso continuo tra loro.

C/T = 45 sec.
C/O = 30 min
3 Shifts
2% Scrap

Questa icona viene detta data-box. Contiene al suo interno delle informazioni utili per analizzare il sistema. Al suo interno vengono indicati il Cycle Time (C/T), il tempo di setup (C/O), la % di scarti, il n° di operatori ecc.



Questa icona rappresenta la presenza di scorte di materie prime, WIP e prodotti finiti tra i processi. Si scrive il numero di pezzi e il corrispettivo in tempo.



Questa icona rappresenta le spedizioni fatte dal fornitore o verso il clienti. Si scrive la frequenza di spedizione.



Questa icona rappresenta la gestione 'push' del materiale. Significa che viene prodotto e inviato ai processi successivi prima che questi ne abbiano effettivamente bisogno.



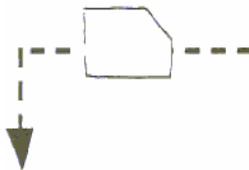
Questa icona rappresenta le spedizioni del prodotto finito ai clienti.



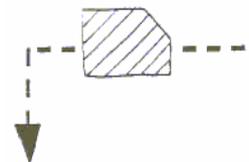
Questa è un'icona di 'trazione' che indica il collegamento dei supermarket ai processi a monte.



Questa icona rappresenta il collegamento dei processi con logica First In First Out (FIFO).



Questa icona rappresenta il cartellino kanban di produzione che autorizza le fasi a monte a produrre la quantità e il tipo di pezzi indicati nel cartellino.



Questa icona rappresenta il cartellino kanban di prelievo che autorizza il trasferimento del materiale.



Questa icona indica il flusso generale di informazioni provenienti da promemoria, relazioni, conversazioni.



Questa icona indica il flusso elettronico delle informazioni.



Questa icona rappresenta la scorta di sicurezza a fronte di imprevisti, difetti ecc. e per far fronte alle variazioni improvvise della domanda.

2.3 Selezione di una famiglia di prodotti da analizzare

Il primo step dell'applicazione della Value Stream Map è l'identificazione della famiglia di prodotti da analizzare. Per famiglia si intende un gruppo di prodotti tecnicamente simili, che vengono fabbricati mediante un processo produttivo simile e con le medesime macchine.

Una volta identificate le famiglie, è opportuno selezionarne una sulla quale effettuare l'analisi. Un metodo molto utilizzato per selezionare la famiglia in presenza di un alto mix di prodotti è effettuare la Product Quantity Analysis (PQ Analysis) insieme alla quale aggiungere la PQ\$ Analysis (Braglia et al. 2006). Questo metodo è utile per rappresentare il mix di prodotti con il Diagramma di Pareto. La logica sottostante l'analisi di Pareto è che la maggior parte degli effetti è dovuta ad un numero ristretto di cause. La PQ Analysis consiste nell'ordinare i prodotti in ordine decrescente rispetto alla quantità prodotta, mentre la PQ\$ Analysis consiste nell'ordinare questa in funzione del reddito che ha generato. I prodotti sono quindi suddivisi, per ognuna di queste analisi, in tre classi dalla A (alto) alla C (basso). La combinazione delle due analisi permette quindi di individuare nove classi, dalla AA (la più alta) alla CC (la più bassa). Ogni famiglia di prodotto appartiene ad una classe, riuscendo così a percepire facilmente la sua importanza in termini di quantità e fatturato.

2.4 Disegnare la Current State Map

La mappatura dello stato attuale è il punto di partenza per imparare a vedere dove sono le inefficienze del processo e quindi capire dove agire per migliorarlo. Dalla stesura della Current State Map, infatti, emergono molti aspetti sconosciuti del processo e molte idee per risolvere i problemi riscontrati.

I processi spesso sono intricati e presentano dei sotto processi o, al contrario, fanno parte di un processo più grande sul quale si uniscono. È importante non pretendere di mappare subito tutti i flussi del valore che si incontrano, ma identificare il flusso del valore principale (critico) e concentrare l'analisi su di esso. È possibile infatti estendere la mappatura agli altri Value Stream in un secondo momento.

Rother e Shook (1998) raccomandano che la mappatura deve essere eseguita percorrendo il flusso del valore da valle verso monte, cioè dalle spedizioni dei

prodotti finiti, procedendo a ritroso attraverso le varie fasi del processo fino alla materia prima.

L'obiettivo è quello di identificare due flussi principali:

- il flusso dei materiali;
- il flusso delle informazioni.

Il flusso dei materiali permette di capire quali sono le fasi produttive principali dello stabilimento, i tempi e il numero di persone che lavorano per ogni postazione; determina poi la quantità di materiali di stock lungo il processo e dove nascono i flussi a ritroso per via dei difetti.

Il flusso delle informazioni permette di capire quali informazioni vengono scambiate, tra quali funzioni e come avviene questo scambio di informazioni.

Sono entrambi molto importanti e strettamente collegati tra loro in quanto il flusso dei materiali tra le fasi del processo non può avvenire senza che circolino le informazioni.

2.4.1 Il flusso dei materiali

Primo passo per tracciare il flusso dei materiali è disegnare sulla mappa il cliente. Questo viene disegnato nella mappa in alto a destra con un'icona a forma di fabbrica e l'apposito data box dove inserire alcuni parametri fondamentali quali:

- la domanda media;
- la frequenza di spedizione;
- le dimensioni e le caratteristiche dell'imballo;
- il lotto minimo richiesto.

Il secondo passo consiste nel disegnare allo stesso modo anche il fornitore, posizionandolo nella mappa in alto a sinistra. Sul fornitore si devono scrivere parametri quali:

- frequenza d'ordine;
- frequenza di spedizione;
- lotto minimo d'acquisto;
- il Lead time di fornitura.

Il terzo passo consiste nell'identificare le fasi produttive che sono attraversate dalle materie prime, semilavorati e componenti per diventare poi in prodotto finito.

È considerato processo o fase una serie di attività, svolte in sequenza, senza interrompere il flusso. Se ci sono delle interruzioni tra un'attività e l'altra, queste si considerano come due processi distinti. Le interruzioni tra i processi sono segnalate disegnando tra essi un triangolo di pericolo, il quale può indicare la presenza di prodotti in attesa di essere processati e/o attese. Ogni triangolo di pericolo può essere considerato un buffer che non permette il flusso continuo e quindi rappresenta uno spreco da eliminare.

I processi vengono rappresentati con dei process box posizionati in sequenza, da quello più vicino al cliente, proseguendo verso sinistra, fino a quello più vicino al fornitore. In questa fase il layout di fabbrica non viene considerato in quanto l'obiettivo è mostrare la sequenza con la quale avviene la creazione del valore per il cliente e non i percorsi fisici seguiti dal materiale. Sotto ogni process box sono presenti i data-box, i quali contengono i parametri principali caratteristici di ogni processo. Tra i più importanti si ricordano:

- Cycle Time (C/T), ossia il tempo che intercorre tra l'uscita di un prodotto finito e il successivo;
- C/O Time, cioè il tempo di setup degli impianti;
- il lotto di produzione adottato;
- il tempo disponibile;
- la percentuale di disponibilità degli impianti;
- il numero degli operatori.

I prodotti possono essere composti da centinaia di componenti, ognuno dei quali può far parte di un processo produttivo diverso prima di essere utilizzato nel prodotto appartenente alla famiglia considerata. Mappare il flusso di tutti i componenti sarebbe quindi oneroso e difficile, per questo è utile mappare il flusso dei componenti più significativi, per esempio in funzione di criteri come valore e indice di rotazione.

2.4.2 Il flusso delle informazioni

Come detto precedentemente, il flusso delle informazioni consiste nel capire come circolano le informazioni necessarie a svolgere il processo e quali informazioni vengono scambiate tra i vari protagonisti del processo. Le informazioni raccolte

possono essere di tipo diverso e dipendono dal tipo di azienda, dal tipo di prodotto, dalla varietà dei prodotti ecc..

Le informazioni che vengono raccolte più comunemente sono:

- il tipo di ordini fatti dai clienti (standard, pianificati, aperti, ecc.);
- il tipo di ordini rilasciati dai fornitori di primo livello (standard, pianificati, aperti ecc.);
- le previsioni;
- il sistema utilizzato per pianificare la produzione;
- il modo in cui la produzione avanza nelle varie fasi;
- le modalità di gestione delle criticità.

La rappresentazione del flusso delle informazioni inizia disegnando, nella parte centrale della mappa, il box programmazione della produzione. È infatti analizzando quest'ultimo che si può vedere come viene pianificata la produzione e quindi quali informazioni vengono inviate ai vari processi per proseguire la produzione e quando tali informazioni vengono inviate.

Tipicamente tra i processi si possono riconoscere due tipologie di flusso: un flusso push, se l'input di produzione è dato dalla fase a monte, o un flusso pull, se l'input è dato direttamente dalla domanda del cliente finale.

2.4.3 La Timeline

Una volta disegnati il flusso dei materiali e delle informazioni, è necessario tracciare la timeline. Questa viene disegnata sotto ogni process box e buffer presente nel flusso ed è la rappresentazione temporale di ciascun processo. Sulla timeline infatti vengono riportati il Value Added Time di ogni fase del processo e il tempo che intercorre tra un processo e l'altro. Per calcolare quest'ultimo, la quantità di pezzi indicata nei buffer viene trasformata in giorni dividendo la scorta per la domanda media giornaliera del cliente.

$$LT_{buffer} = Q_{buffer} / D_m$$

La timeline permette di calcolare diversi indicatori tra i quali:

- il Lead Time totale di produzione;
- il VA time;

- il Takt Time;
- l'Indice di Flusso.

Il Lead Time è definito come il tempo che intercorre tra il rilascio dell'ordine di produzione e la consegna del prodotto finito al cliente. Dalla mappa si può calcolare il LT del processo totale come la somma di tutti i Lead time dei singoli process box, comprendendo nel calcolo i tempi a non valore aggiunto e i Lead time dei buffer. Più breve è il Lead time, minore sarà il tempo che intercorre tra il pagamento della materia prima e il pagamento da parte dei clienti. Inoltre un Lead time breve aumenta l'indice di rotazione del magazzino e di conseguenza diminuisce il capitale investito in scorte.

Il VA Time è la somma del solo tempo a valore dedicato alla produzione del prodotto; questo dà un'idea del tempo necessario a svolgere il processo in assenza di qualunque tipologia di spreco.

Il Takt Time e l'Indice di Flusso verranno trattati nel paragrafo successivo.

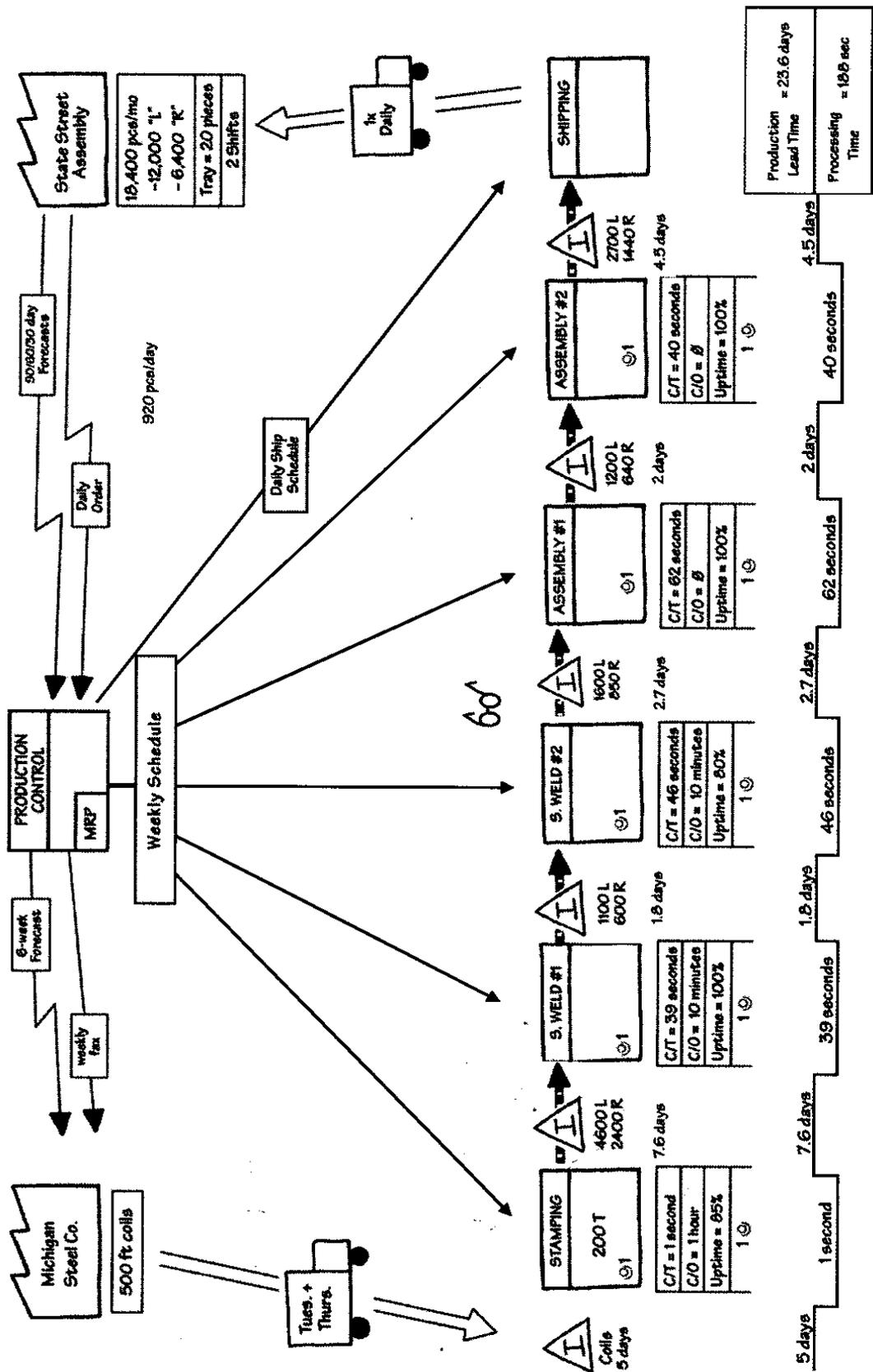


Figura 2.1 – Esempio di Current State Map (www.blog.bprgroup.it)

2.5 La Future State Map

La Current State Map è la base di partenza dalla quale definire quale potrebbe essere lo stato futuro del processo, avendo come obiettivo principale l'eliminazione degli sprechi lungo tutte le fasi del processo produttivo. In funzione delle criticità emerse nella Current State Map quindi, si procede con la stesura della Future State Map, che rappresenta uno stato ideale che si vuole raggiungere, dove gli sprechi sono stati eliminati.

Per raggiungere lo stato futuro bisogna quindi definire dei Key Performance Index (KPI) da tenere monitorati e degli obiettivi da raggiungere per ciascuno di essi, applicando gli strumenti Lean descritti nel precedente capitolo.

La letteratura, nella definizione della Future State Map, propone delle linee guida da tener presente per riuscire a focalizzare gli interventi migliorativi nella giusta direzione. Tali linee guida sono le seguenti:

- 1) avvicinare il più possibile il Lead time di processo al tempo a valore aggiunto;
- 2) sincronizzare la produzione con la domanda;
- 3) realizzare un flusso continuo ovunque possibile;
- 4) livellare il mix di produzione.

2.5.1 Avvicinare il più possibile il Lead time di processo al tempo a valore aggiunto

Come è stato descritto alla fine del precedente paragrafo, un Lead Time elevato influisce notevolmente sulla quantità delle scorte, quindi sul valore di magazzino, sulla rotazione delle scorte e sulla rapidità dei flussi di cassa.

Il calcolo del Lead Time comprende sia il tempo di attività a valore aggiunto, sia il tempo di attività a non valore aggiunto come attese, trasporti, buffer. Tenendo presente che il cliente è disposto a pagare solo per le attività a valore, è utile determinare un indicatore, chiamato indice di flusso, il quale è dato dal rapporto tra il Lead Time e il VA time.

$$IF = \frac{LT}{VA}$$

L'Indice di Flusso è un indicatore degli sprechi presenti nel ciclo produttivo, dovuti alla presenza di attività passive nei processi come attese, controlli, trasporti e immagazzinamenti. Un Indice di Flusso elevato, infatti, indica che il tempo a valore è una piccola parte rispetto al Lead time totale; la differenza tra i due rappresenta la quantità di sprechi sotto forma delle attività passive prima citate. Tali attività devono essere riconosciute ed eliminate per fare in modo che l'Indice di Flusso diminuisca. L'obiettivo è quindi ridurre l'Indice di Flusso facendo in modo che le attività a valore occupino la maggior parte del Lead Time.

2.5.2 Sincronizzare la produzione con la domanda

La Current State Map spesso evidenzia la presenza di scorte di prodotto finito alla fine del processo; queste molte volte rimangono in magazzino per molto tempo e ne alzano il valore. Tali scorte sono dovute soprattutto ad una pianificazione della produzione fatta su previsione, senza tener conto della domanda del cliente, causando inevitabilmente una sovrapproduzione. Per ridurre questa tipologia di spreco, che tiene bloccate ingenti risorse, è necessario sincronizzare la produzione e la domanda. Un indicatore importante dal quale partire per cercare questa sincronizzazione è la determinazione del Takt Time. Takt è una parola tedesca che significa "ritmo": il Takt Time è quindi il ritmo con il quale il cliente acquista il prodotto e di conseguenza il ritmo al quale l'azienda deve produrre al fine di soddisfarne la domanda.

Il Takt Time per una famiglia di prodotti viene calcolato come il rapporto tra il tempo disponibile per turno lavorativo, al netto di pause, inattività per riunioni programmate ecc. e la domanda giornaliera del cliente.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponibile \left[\frac{s}{gg} \right]}{Dm \left[\frac{pz}{gg} \right]}$$

L'obiettivo è organizzare la produzione in modo tale da riuscire a produrre il prodotto al ritmo imposto dal cliente. Per raggiungere questo obiettivo, è necessario che l'input per la produzione sia dato dal cliente con il suo acquisto reale piuttosto che dalle previsioni fatte dall'azienda sulle probabili vendite di un certo prodotto. Si tratta quindi di applicare la logica pull tra le fasi del processo, in questo modo nulla

viene prodotto se non vi è prima una richiesta a valle che autorizza la produzione. È doveroso quindi identificare un processo pacemaker, sul quale viene effettuata la pianificazione della produzione. A valle di tale processo la produzione avviene solo se trainata dal suo fabbisogno.

Quando il cliente richiede un lotto maggiore ad un pezzo, il Takt Time viene espresso in termini di Pitch, il quale è definito come:

$$Pitch = Takt\ Time * Q_{lotto}$$

dove Q_{lotto} è il lotto medio richiesto dal cliente.

Il Pitch è il tempo che intercorre tra l'invio di due istruzioni di produzione al processo pacemaker; in questo modo è possibile organizzare la produzione con incrementi di Pitch, sapendo che ad ogni Pitch il processo deve aver finito di produrre il Pitch precedente, potendo così iniziare il successivo. Questo sistema permette di livellare la produzione e di avere il controllo visivo immediato sul ritardo o l'anticipo rispetto al ritmo imposto dal cliente. Inoltre è un compromesso tra la produzione One Piece Flow, difficile da raggiungere, e a grandi lotti, con la quale è difficile sincronizzare la produzione e la domanda a causa della poca flessibilità produttiva. Con l'organizzazione in Pitch è possibile infatti, da un lato mantenere la sincronizzazione tra domanda e produzione, dall'altro mantenere la produzione flessibile di fronte ad un cambio della domanda del cliente; il tutto aumentando o diminuendo il ritmo di Pitch.

3.5.3 Realizzare un flusso continuo ovunque possibile

Realizzare un flusso continuo significa organizzare la produzione in modo tale da eliminare sprechi come WIP tra i processi, attese, rilavorazioni ecc., permettendo ai materiali di fluire senza interruzioni lungo tutto il processo. Realizzare un flusso continuo permette quindi di ridurre il Lead Time e migliorare così il tempo di risposta al mercato.

Per garantire il flusso continuo è necessario che ogni fase del processo sia bilanciata in modo tale da riuscire a produrre ad un ritmo par al takt time. Tale ricerca del bilanciamento tra le fasi deve scontrarsi con fattori come: la differenza del tempo ciclo tra i diversi processi, la loro inaffidabilità, i difetti che causano rilavorazioni, la presenza di tempi di setup ecc.. Questi fattori rendono difficile mantenere una

sincronia perfetta tra domanda e produzione. In questi casi è necessario usare sistemi pull-supermarket e corsie FIFO per sincronizzare i processi ed evitare la programmazione indipendente degli stessi, tipica di un sistema Push.

È fondamentale definire qual è il processo pacemaker, ossia quel processo che riceve le informazioni della programmazione della produzione, sulla base degli ordini fatti dal cliente. Il controllo della produzione di questo processo detterà il ritmo produttivo di tutti i processi a monte e a valle. In particolare a valle del processo pacemaker i materiali si muovono con flusso continuo, alimentati dal prelievo del cliente dal magazzino di prodotto finito; le fasi del processo sono perfettamente coordinate e non possono quindi essere presenti supermarket. A monte di tale processo invece, i materiali si muovono secondo la logica pull, alimentati dal prelievo dal supermarket, fatto dal processo pacemaker che segue la schedulazione della produzione.

Per posizionare il processo pacemaker, è necessario tenere conto anche dei volumi e del mix di prodotti finiti: se sono prodotti caratterizzati da bassi volumi e alto mix sarà situato a monte del sistema produttivo, se sono prodotti caratterizzati da alti volumi e basso mix invece, sarà posizionato a valle del sistema produttivo.

Nel primo caso l'alto mix e i bassi volumi implicano bassa rotazione dei prodotti, sarebbe quindi oneroso sia in termini di capitale che di spazio occupato, tenere un supermarket di prodotti finiti. In questo caso si parla di produzione *directly to shipping*.

Nel secondo caso gli alti volumi e il basso mix permettono di gestire la produzione, anche fino al cliente finale, con sistemi pull-supermarket. In questo caso si parla di *production to supermarket*.

Determinare il processo pacemaker è una fase molto delicata in quanto incide sul tempo di attraversamento dell'intero sistema e quindi sul tempo di risposta al cliente. Inoltre una variazione dei volumi di produzione sul pacemaker, influenzano la capacità richiesta dai processi a monte atta a soddisfare l'aumento di domanda.

2.5.4 Livellare il mix di produzione

La tendenza delle aziende è quella di programmare la produzione di grandi lotti di prodotto per limitare i costi dovuti al setup. Questo, sebbene possa sembrare logico,

in realtà causa problemi nel momento in cui il cliente cambia le sue richieste in quanto il sistema produttivo non è abbastanza agile per soddisfarlo in breve tempo. Inoltre questa gestione causa un aumento delle scorte e aumenta il Lead Time di produzione. Livellare il mix significa distribuire la produzione di un certo prodotto in un certo periodo di tempo, al fine di standardizzare il mix produttivo nel periodo e aumentare la capacità di soddisfare ogni cambiamento della domanda. Livellando il mix infatti si rende più rapido ed efficace controllo della produzione in quanto, in presenza di ritardi, è immediatamente visibile il discostamento dalla pianificazione, dato che in ogni giorno è stato schedato lo stesso mix produttivo. Inoltre organizzando la produzione in piccoli lotti, in caso di cambiamento della domanda, il sistema produttivo è reattivo nel rispettare il Takt Time.

Il livellamento deve essere fatto sul processo pacemaker in quanto è su questo che viene programmata la produzione; tuttavia, affinché questo sia efficace, è prima necessario ridurre i tempi di setup mediante tecniche SMED e ridurre il rischio di difetti e rilavorazioni applicando ad esempio tecniche Poka Yoke.

I vantaggi derivanti dal livellamento del mix possono essere riassunti come segue:

- controllo visivo della produzione;
- aumento della flessibilità produttiva;
- riduzione del tempo di attraversamento;
- riduzione del tempo di risposta al mercato.

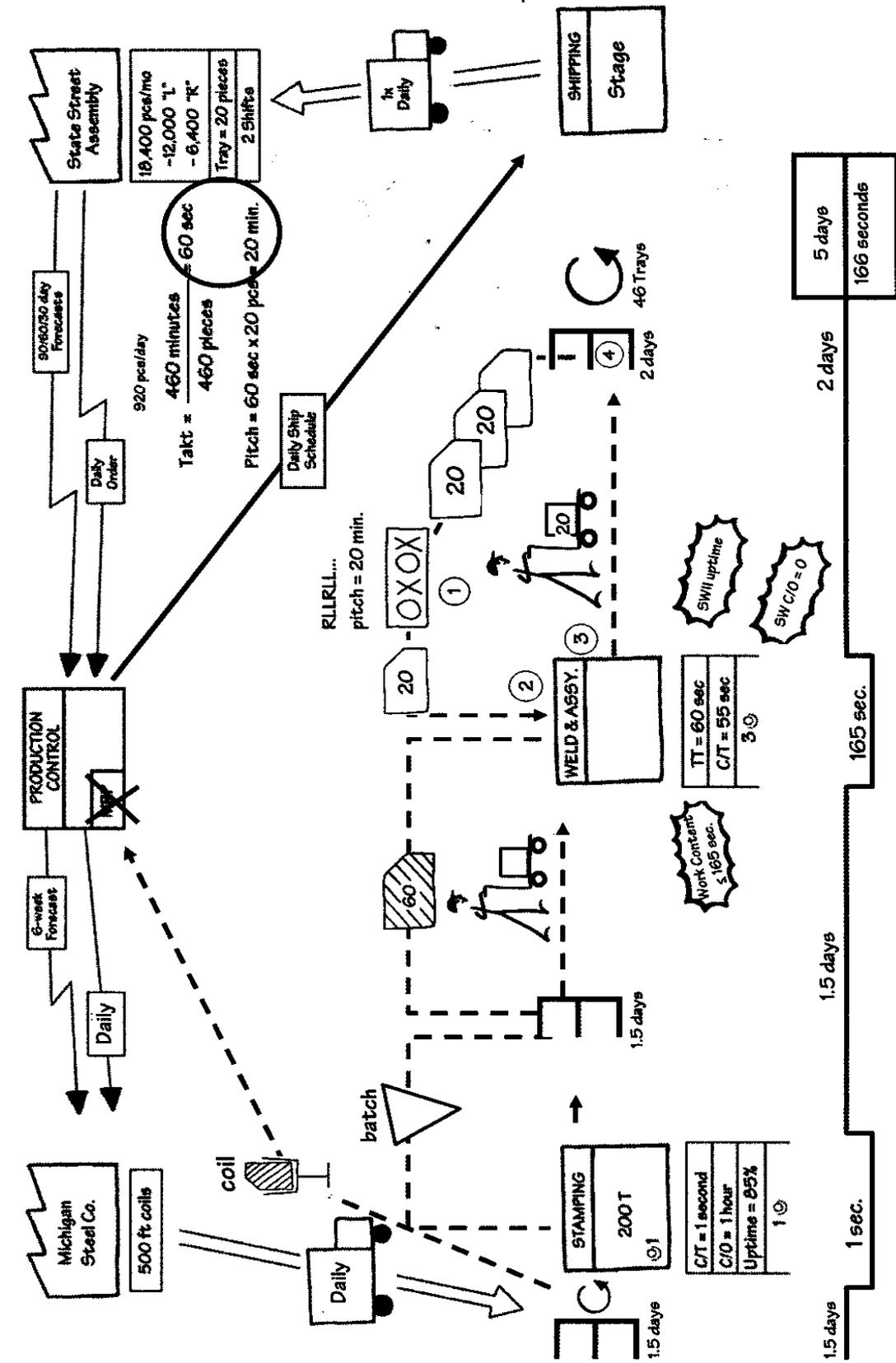


Figura 2.2 – Esempio di Future State Map (www.blog.bprgroup.it)

3. Presentazione dell'azienda: Varisco S.p.A.

In questo capitolo si farà un breve excursus sulla storia di Varisco S.p.A., si descriveranno poi le principali caratteristiche dell'azienda per quanto riguarda il volume d'affari e la varietà dei prodotti offerti. Verranno poi trattate brevemente le peculiarità dei mercati a cui si riferisce l'azienda, le principali tipologie di prodotti e le relative possibilità di allestimento che saranno oggetto di analisi future.

3.1 Storia dell'azienda: Varisco S.p.A.

Varisco S.p.A. è stata fondata da Ettore Varisco nel 1932 come attività di revisione e riparazione di macchine elettriche. Grazie alla professionalità e credibilità ottenuta sul campo, durante la Seconda Guerra Mondiale aggiunse al parco attività dell'azienda il commercio e la trasformazione di componenti elettromeccanici.

Tuttavia questo difficile periodo per l'Italia non contagiò affatto gli affari dell'azienda, tanto che iniziò a costruire nuovi prodotti: primo tra tutti il dispositivo da adattare a veicoli, quali auto, trattori, autocarri, per farli funzionare a gas "power" (gas prodotto dalla combustione della carbonella che lui stesso produceva).

Dopo la fine della Guerra l'industria si trovava in una situazione particolarmente difficile, in quanto gli unici macchinari disponibili nel mercato erano le macchine recuperabili dai campi di smantellamento americani. Fu proprio da questi macchinari che provenne l'intuizione per il suo business; gli americani infatti possedevano le pompe centrifughe autoadescanti per il pompaggio dei fanghi, un prodotto ancora sconosciuto in Europa. Capì che era questo il campo dove poteva puntare la sua azienda. Dopo un primo periodo di studio dei prodotti americani residuati nel territorio italiano, nel 1948 avviò la produzione propria. La prima pompa prodotta fu la Jonio 100, la cui sigla J è ancora oggi presente sulle pompe prodotte di tale categoria.

Grazie ad uno studio approfondito dei principi che guidano il funzionamento delle pompe centrifughe, l'azienda riuscì a distaccarsi dalla produzione degli originali prodotti di ispirazione americana, lanciando dei prodotti innovativi sia dal punto di vista dell'aspetto che delle funzionalità. Questi prodotti erano in linea con le esigenze di un Paese in ricostruzione e un mercato in espansione, tanto che portò ad un'affermazione dell'azienda fino a farla diventare leader nel settore. Nel frattempo l'attività di trasformazione di componenti elettromeccanici venne abbandonata definitivamente a favore della produzione di pompe. Si introdussero presto altri prodotti che ampliarono la gamma offerta: pompe volumetriche e semivolumetriche, a lobi, a pistoncini rotanti e ad ingranaggi cicloidali.

La gamma di prodotti permetteva di soddisfare due mercati molto differenti:

- quello che necessitava del pompaggio di acque con prodotti abrasivi e liquidi di ogni viscosità;

- quello che necessitava del pompaggio di acque pulite.

L'espansione economica e la crescita di industrie ha fatto in modo che i concorrenti nel secondo mercato aumentarono rapidamente e con alta specializzazione. Non potendo concorrere in entrambi i mercati anche Varisco S.p.A. decise di focalizzarsi nel mercato riguardante il pompaggio di fanghi e acque sporche e liquidi di ogni viscosità.

I prodotti che distinguevano l'azienda erano: le pompe centrifughe autoadescanti per acque con prodotti abrasivi e le pompe volumetriche cicloidali per prodotti di ogni viscosità. Questa strategia di focalizzazione permise all'azienda di confermarsi leader di mercato e divenne un punto di riferimento per qualsiasi cliente interessato a questa tipologia di prodotto.

Nel 1972 Varisco S.p.A. iniziò il primo approccio al mercato internazionale avvenuto attraverso la partecipazione all'esposizione BAUMA a Monaco di Baviera, specializzata in macchine per l'edilizia. A Monaco venne fondata una società di assemblaggio e distribuzione di pompe con il nome di Varisco Pumpen, siglate "Made in Germany", per sconfiggere le barriere nazionaliste e dare credibilità ad un prodotto giudicato "troppo" italiano.

Verso la metà degli anni '70 il nome Varisco sbarcò anche in America grazie ad una collaborazione iniziata nel 1977 con la famiglia Thompson; collaborazione che perdura ancora oggi.

Il successo dei prodotti Varisco nel mondo consentì all'azienda di consolidare la sua presenza e stipulare accordi di fornitura con molti Paesi: nel 1985 nacque Varisco Canada e negli stessi anni venne stipulato un accordo con L'Algeria, in cooperazione con una società dello stato Algerino. Verso l'inizio degli anni '90 iniziò una partnership con un'azienda in Cina che si è intensificata negli ultimi anni, tanto che al giorno d'oggi le pompe ad albero libero, fino alla 6", prodotte con materiali standard vengono costruite lì. In tutta la sua storia Varisco S.p.A. si è caratterizzata per la personalizzazione del prodotto che rendeva possibile ai propri clienti, andando incontro ad ogni esigenza e progettando dei prodotti su misura. Anche la qualità del prodotto in termini di affidabilità e durata del manufatto è sempre stato un punto di forza dell'azienda. Infine c'è da considerare l'innovazione: oltre ai prodotti standard, Varisco S.p.A ha sempre migliorato anche le produzioni fatte su misura e adattato le

nuove tecnologie presenti sul mercato. A tal proposito a partire dal 2000, con l'acquisto del nuovo stabilimento, è nato il centro di ricerca e sviluppo interno a Varisco S.p.A. dove si studiano e vengono testati nuovi prodotti e nuove soluzioni.

Da sempre gli obiettivi dell'azienda sono:

- orientamento al mercato per soddisfare al meglio i fabbisogni dei clienti;
- definizione chiara degli obiettivi e analisi delle risorse disponibili;
- formazione del personale e crescita professionale delle persone;
- orientamento al lavoro di gruppo e all'interscambio repentino di informazioni.



Figura 3.1 – Stabilimento produttivo Varisco S.p.A.



Figura 3.2 – Centro ricerca e sviluppo Varisco S.p.A.

3.2 Le caratteristiche di Varisco S.p.A.

Varisco S.p.A. è leader nel mercato per la produzione di pompe e motopompe per il pompaggio di acque con prodotti abrasivi e liquidi di ogni viscosità. Questo è un mercato di nicchia, che presenta quindi bassi volumi rispetto alle realtà che operano nel mercato delle acque pulite, dove la produzione si aggira intorno ai migliaia di pezzi.

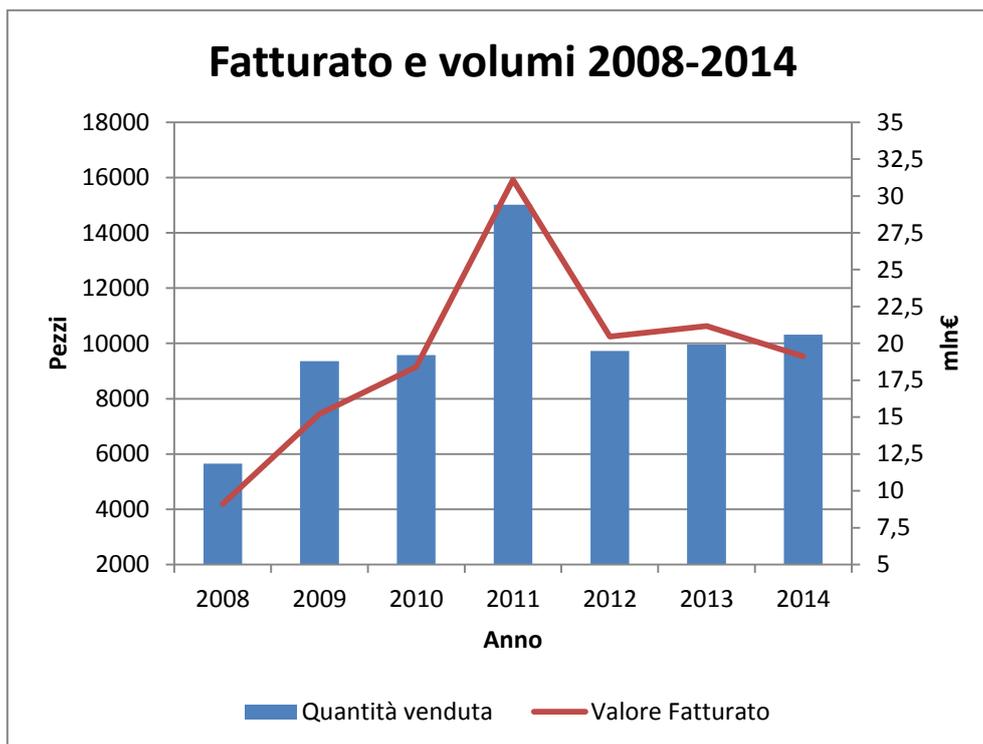


Figura 3.3 – Andamento volumi e fatturato 2008-2014 di Varisco S.p.A.

Il grafico in *Figura 3.3* mostra l'andamento dei volumi nell'asse di sinistra e fatturato in milioni di Euro nell'asse destro. Si può notare che i volumi si attestano intorno ad una media di 10000 pezzi all'anno, valore che conferma quanto detto in precedenza. Tali volumi, inoltre, sono spalmati su un'altissima varietà di prodotti finiti (circa 17000). Questo è frutto della grandissima possibilità di personalizzazione del prodotto sotto ogni aspetto idonea a soddisfare qualsiasi esigenza dei clienti e per far fronte alla molteplicità degli ambienti di applicazione dei prodotti che vanno dal cantiere edile, dove il fluido è caratterizzato da fanghi e detriti, all'industria, con fluidi che possono avere caratteristiche come acidità, corrosione viscosità diverse, fino alla necessità di elevate prevalenze, come nel caso di impianti antincendio.

La personalizzazione è da sempre un punto di forza fondamentale per l'azienda e questo ha contribuito ad affrontare al meglio la crisi del 2008. Soprattutto in questo periodo i clienti infatti volevano un prodotto che rispecchiasse al 100% le loro esigenze, sfruttando nel modo migliore le proprie disponibilità economiche. Come si nota infatti nel grafico, dal 2008 quando cioè ebbe inizio la crisi, il fatturato ha iniziato il suo trend positivo, con un picco nel 2011 (30mln), per poi riassetarsi sui 20mln all'anno. L'alta possibilità di personalizzazione causa però il problema di dover gestire moltissimi articoli. Sono infatti circa 43000 i codici da dover gestire. Tale varietà è distribuita prevalentemente su 3 livelli (*Figura 3.4*):

- 1) a livello di approvvigionamento delle materie prime: la sola pompa è infatti costituita da circa un centinaio di componenti, ognuno dei quali può essere costruito con materiali diversi a seconda dell'ambiente di applicazione della pompa e del fluido pompato;
- 2) a livello di soluzioni tecniche possibili: a seconda delle prestazioni che deve avere la pompa si può scegliere tra moltissime tipologie di motori, tipologie di tenuta e altri componenti tecnici; anch'essi con la possibilità di essere scelti, dove possibile, di materiali diversi;
- 3) l'elevato numero di allestimenti possibili: la motopompa può infine essere allestita in numerosi modi diversi a seconda dell'ambiente di utilizzo.

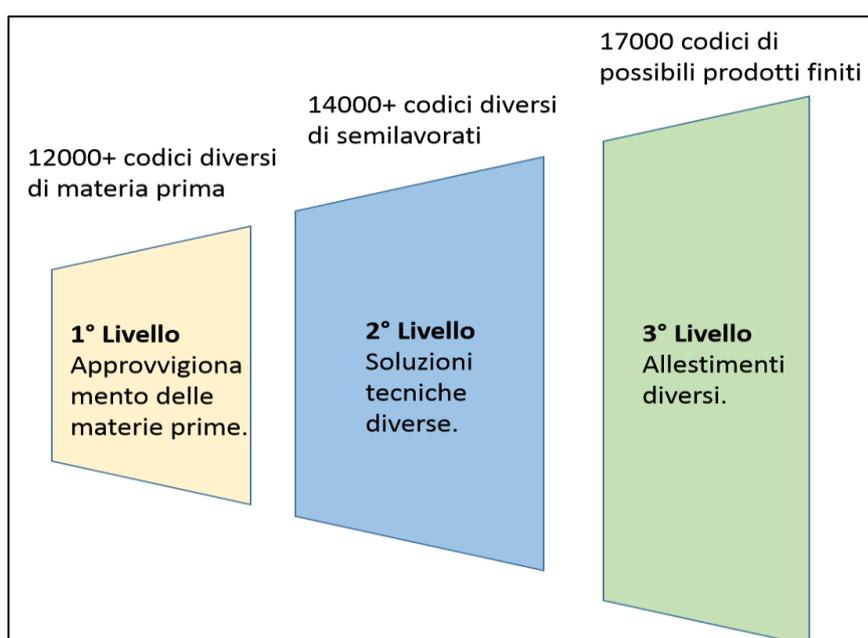


Figura 3.4 – Distribuzione ed evoluzione della varietà dei codici in Varisco S.p.A.

Tale varietà di componenti comporta difficoltà nella gestione dell'approvvigionamento dei materiali, causando molte volte stock out di materiali; questo si traduce in una diminuzione del livello di servizio al cliente e un valore delle scorte a magazzino elevato.

3.3 I mercati in cui opera Varisco S.p.A.

Varisco S.p.A. ha una lunga esperienza e competenza nella progettazione e nella produzione di pompe per i professionisti del settore delle costruzioni, dell'industria e della sicurezza. Il successo ottenuto deriva dalla capacità di offrire ai clienti le migliori soluzioni tecniche all'interno di una vasta gamma di prodotti standard o personalizzati.

3.3.1 Costruzioni

È il mercato principale dell'azienda e riguarda i prodotti che vanno nei cantieri di ogni tipo, dove c'è la necessità di pompare fanghi e acque sporche. Il tempo di risposta al mercato deve essere il più rapido possibile in quanto se si verificano degli imprevisti in cantiere, questo non può fermarsi per un periodo prolungato. Ad esempio, se durante un scavo in cantiere si trova una falda che non si credeva fosse presente, l'esigenza di un certo tipo di pompa è immediata; per questo motivo l'azienda deve essere in grado di soddisfare questa esigenza nel più breve tempo possibile.



Figura 3.5 – Esempio di applicazione motopompe Varisco S.p.A. nel settore costruzioni

I prodotti vengono utilizzati per lo svolgimento di diversi tipi di attività: drenaggio, abbassamento delle falde e come componenti degli impianti di perforazione. Le pompe Varisco, in grado di garantire portate fino a 20.000 l/min (1.200 m³/h), prevalenze fino a 110 m e passaggio solidi fino a 3", sono in grado di soddisfare le richieste più svariate nell'ambito delle costruzioni.

3.3.2 Industria

Questo mercato comprende l'agricoltura e il travaso, il settore navale, l'industria mineraria, la depurazione e il pompaggio di liquidi viscosi. In questo caso l'acquisto da parte del cliente può essere pianificato in quanto la pompa viene tipicamente collocata all'interno di un impianto più complesso, non essendo quindi necessariamente consegnata in tempi brevi. In questo caso il Lead time può essere più lungo e il cliente è disposto ad aspettare per un periodo più prolungato, avendo però un prodotto personalizzato e adatto alle sue esigenze.

In conclusione le pompe Varisco, garantendo portate fino 20.000 l/min (1.200 m³/h), pressioni fino a 48 bar e viscosità fino a 1.000.000 cPs, sono in grado di soddisfare le richieste più svariate nell'ambito dell'industria.



Figura 3.6 – Esempio di applicazione motopompe Varisco S.p.A. nel settore industriali

3.3.3 Sicurezza

I prodotti riguardanti la sicurezza sono i prodotti antincendio e sicurezza. Tuttavia i manufatti prevalenti sono i gruppi antincendio, i quali vanno collegati agli impianti antincendio degli edifici o in altre locazioni. Sono prodotti molto complessi e molto

spesso sono personalizzati a seconda delle esigenze inerenti al tipo di impianto; il cliente è quindi disposto ad aspettare un periodo relativamente lungo idoneo alla realizzazione ad hoc dell'impianto.

Essendo le pompe Varisco in grado di garantire portate fino a 20.000 l/min (1.200 m³/h), prevalenze fino a 110 m e passaggio solidi fino a 3", sono idonee a soddisfare le richieste più svariate nell'ambito dell'antincendio e dell'emergenza.



Figura 3.7 – Esempio di applicazione motopompe Varisco S.p.A. nel settore sicurezza

3.4 I prodotti

L'azienda è specializzata nella produzione di pompe e motopompe per acque sporche e fanghi. I prodotti quindi si possono classificare a seconda della tecnologia utilizzata per pompare il fluido.

Si distinguono:

- le Pompe J;
- le Pompe V;
- le Pompe Z.

Le Pompe J sono le pompe storiche Varisco. La loro caratteristica principale è l'autoaddescamento del liquido, che avviene semplicemente riempiendo di acqua il corpo pompa. All'avviamento del motore si genera una depressione all'interno del corpo pompa, il quale aspira il liquido anche ad altezze di 8 metri.

L'aria (frece gialle) viene aspirata all'interno della pompa dalla depressione creata dalla girante in movimento e si emulsiona col liquido (frece blu) contenuto nel corpo pompa. L'emulsione aria-liquido viene spinta nella camera d'innescamento dove l'aria, più leggera, si separa ed esce dal tubo di mandata; il liquido, più pesante,

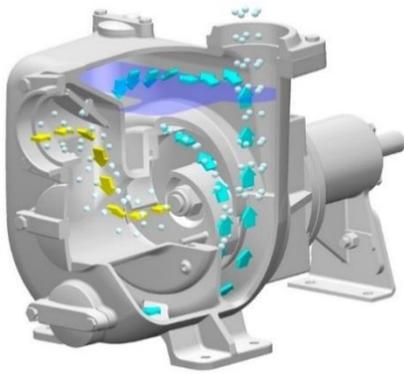


Figura 3.8 – Principio di funzionamento pompa J

ricade e torna in circolazione. Espulsa tutta l'aria dal condotto di aspirazione, la pompa s'innescerà e funzionerà come una normale pompa centrifuga (Figura 3.8).

A seconda delle prestazioni richieste e della portata che si vuole vi sono taglie differenti di prodotto che vanno da 1^{1/2}" a 12". Tali pompe vengono tipicamente usate in cantieri edili per il pompaggio di fanghi, acque sporche ecc.

Le Pompe V sono del tipo volumetrico, rotativo ad ingranaggi interni. Il flusso è generato da due ingranaggi, chiamati rotore e ruota oziosa, l'uno interno all'altro e separati da una lunetta, che ruotando provocano uno spostamento di volumi: l'aspirazione è creata dalla disgiunzione dei denti, la mandata dal loro ricongiungimento (Figura 3.9). Il risultato è un flusso lineare senza pulsazioni e una portata elevata rispetto alle dimensioni ridotte della macchina. Tale tipologia di pompe vengono impiegate negli impianti industriali per il pompaggio di liquidi aventi qualsiasi viscosità, non contenenti corpi solidi in sospensione.

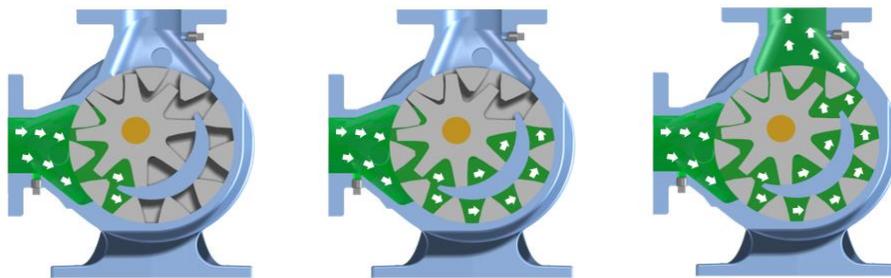


Figura 3.9 – Principio di funzionamento pompa V

Le Pompe Z sono pompe centrifughe a girante aperta; la loro caratteristica principale è l'alto rendimento e vengono utilizzate per il pompaggio di liquidi con corpi solidi in sospensione. Il loro alto rendimento si attesta intorno al 73% e la girante semiaperta permette il passaggio di corpi solidi di grande diametro. Hanno un'alta

resistenza ai liquidi abrasivi (quali acque torbide, fangose, sabbiose con solidi in sospensione) e la loro progettazione permette una facile manutenzione: il coperchio anteriore è infatti rimovibile, garantendo un facile accesso diretto alla girante nel caso fosse necessario un disintasamento.



Figura 3.10 – Un modello di pompa Z

3.5 Gli allestimenti

L'allestimento permette la configurazione della motopompa in modo tale da renderla adeguata a soddisfare la sua funzione. Si tratta di accessoriarla in funzione delle modalità con cui verrà utilizzata. L'allestimento che da sempre ha contraddistinto l'azienda è il "Trolley", ovvero la sistemazione della motopompa su di un carrellino con ruote che conferisce solidità e allo stesso tempo permette di posizionare la motopompa secondo necessità semplicemente sfruttando le ruote.

Verranno ora illustrati brevemente alcuni allestimenti sui quali sarà concentrato lo studio successivo (*Figura 3.11*).

- **Trolley**: come detto è l'allestimento storico dell'azienda. La motopompa viene posizionata su un telaio dotato di assale e ruote che ne permette il rapido movimento in caso di necessità. È applicato su ogni taglia di motopompa, dalla 1^{1/2}" alla 12". Viene utilizzato principalmente nel settore delle costruzioni;
- **Base**: la motopompa è alloggiata in un basamento che dev'essere avvitato al terreno; viene usato tipicamente per il mercato dell'industria dove la motopompa non necessita di frequenti movimentazioni;

- **Skid:** la motopompa è ubicata su un basamento progettato in modo che possa essere trainato tipo slitta. È utilizzata prevalentemente nei cantieri;
- **Bull:** la motopompa è situata in una slitta dotata di protezioni tubolari. È adatta per il settore delle costruzioni, dove ci sono ambienti con movimento frequente di mezzi e grazie alla protezione la motopompa non rischia di subire urti;
- **Road:** si tratta dell'allestimento su base già inserito in un carrello stradale apposito. È utilizzato prevalentemente per far fronte a situazioni dove la motopompa deve essere trasportata per lunghi tragitti;
- **Trailer:** anche questo è un allestimento storico dell'azienda. Si tratta dell'allestimento trolley ma su carrello progettato in modo tale da fungere da serbatoio per il carburante. È particolarmente adatto per grandi cantieri dove la motopompa ha la necessità di autonomia anche per 24h.



Figura 4.11 – Diverse tipologie di allestimenti possibili

4. L'analisi dello Stato Attuale

In questo capitolo si descriveranno le analisi effettuate per scegliere la famiglia di prodotti che sarà oggetto della stesura della Current State Map. Si descriveranno poi le varie fasi produttive della famiglia considerata; partendo dal layout dello stabilimento si tracceranno il flusso informativo e il flusso dei materiali, ponendo l'attenzione su quest'ultimo, il quale sarà oggetto di ulteriori analisi per la costruzione della Future State Map.

4.1 La selezione della famiglia.

In Varisco S.p.A. il progetto di snellimento dei flussi produttivi è iniziato nel 2012 in collaborazione con un'azienda di consulenza. Gli obiettivi prefissati erano molteplici:

- ridurre il Lead time di consegna dei prodotti;
- ridurre il tempo di risposta al mercato;
- mantenere un'alta flessibilità nei processi.

Analizzando il fatturato e i volumi degli ultimi 3 anni ci si era concentrati sulle motopompe che verranno classificate nei paragrafi successivi come medio-grandi.

Dopo alcuni interventi migliorativi sul flusso dei materiali e delle informazioni, come ad esempio l'inserimento di alcuni codici critici a kanban con i fornitori e l'instaurazione del conto lavoro per la verniciatura dei componenti che arrivano quindi già verniciati in azienda, si è deciso di estendere l'analisi anche alle famiglie di motopompe medie e piccole visti i risultati positivi ottenuti.

4.1.1 Suddivisione del fatturato.

Come punto di partenza per la selezione della famiglia di motopompe sulla quale estendere le logiche snelle applicate alla famiglia pilota nel 2012 è necessario effettuare un'analisi del fatturato.

La distribuzione del fatturato può essere divisa tra 4 principali categorie:

1. Pompe e motopompe J centrifughe;
2. Pompe e motopompe V volumetriche;
3. Gruppi antincendio;
4. Ricambi.

Come si può notare dalla *Figura 4.1* circa il 60% del fatturato proviene dalla vendita di pompe centrifughe, da sempre il principale business dell'azienda. Le pompe volumetriche si attestano intorno al 20% del fatturato, mentre l'altra grande famiglia data dai gruppi antincendio copre solo il 5% delle vendite.

A partire da questo andamento si è deciso di analizzare il processo produttivo della categoria di prodotti più significativa: le pompe centrifughe J. All'interno di questa macro-famiglia si possono distinguere diverse sotto-famiglie.

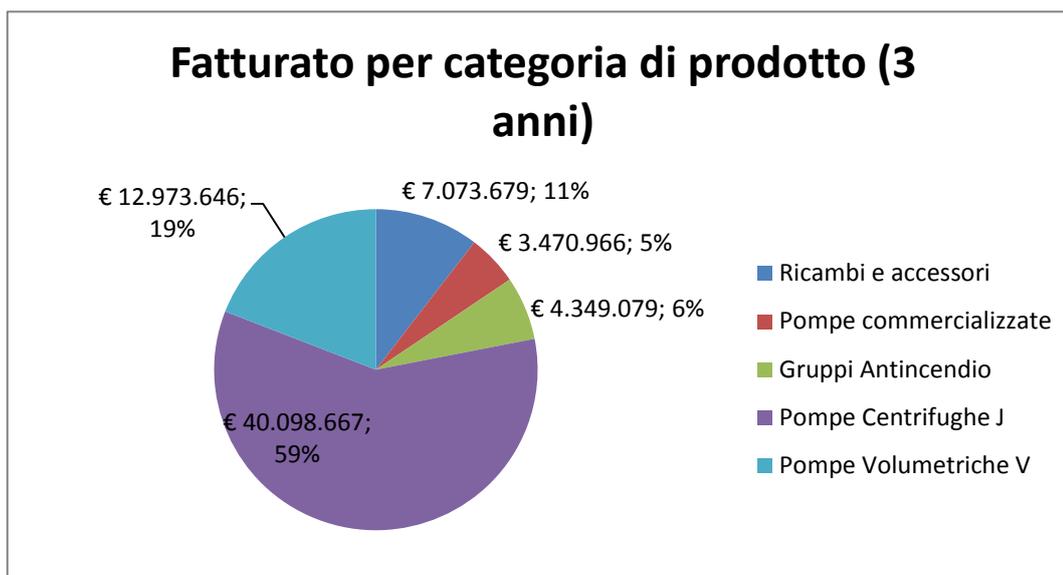


Figura 4.1 – Distribuzione del fatturato (3 anni) per categoria di prodotto

4.1.2 Identificazione delle sotto-famiglie delle pompe centrifughe J.

Analizzando le macro-fasi del processo produttivo si nota come il ciclo produttivo, e quindi le fasi di lavorazione, siano simili per tutte le pompe presenti in questa categoria. Si distinguono 7 diverse fasi produttive:

- Lavaggio
- Montaggio
- Carpenteria
- Collaudo
- Lavaggio
- Verniciatura
- Impianto elettrico
- Imballo e spedizione

Le fasi appena elencate sono tutte quelle che compongono il ciclo produttivo, tuttavia non è detto che si verifichino per ogni sotto-famiglia di prodotto. Ad esempio si può verificare che non viene eseguita la fase di montaggio perché la pompa arriva pre-assemblata da un fornitore partner che produce in Cina; un altro esempio riguarda invece la situazione nella quale il cliente ordina una pompa ad albero libero e quindi non è necessaria la fase di carpenteria.

La *Tabella 4.1.1* riassume le sottofamiglie e ne definisce le fasi produttive tenendo in considerazione componenti standard, infatti per la stessa sotto-famiglia, ma con materiali particolari, vengono eseguite delle fasi aggiuntive rispetto a quelle descritte. Ad esempio se un cliente ordina una JP con materiali diversi da quelli standard, avvengono in fabbrica anche le fasi di lavaggio e montaggio.

Tabella 4.1 – Rappresentazione delle fasi produttive (righe) per ogni sottofamiglia (colonne)

	JS	JP	JE	JX	JB	JD
Lavaggio (Mont)					X	X
Montaggio					X	X
Allestimento			X	X	X	X
Collaudo			X	X	X	X
Lavaggio (Coll)			X	X	X	X
Verniciatura	X	X	X	X		X
Reparto elettrico				X		
Imballo	X	X	X	X	X	X

Alla luce di quanto affermato, nella seguente analisi si considerano solo le motopompe la cui produzione comprende tutte le fasi produttive (ad eccezione del reparto elettrico in quanto in questo passano le sole motopompe che necessitano di quadri particolari) e segue quindi il percorso critico del ciclo produttivo. La scelta è stata orientata verso questa tipologia di prodotto in quanto permette di analizzare le criticità presenti in tutte le fasi, con la successiva possibilità di estendere i miglioramenti anche alla produzione delle altre categorie.

Una caratteristica dell'azienda sta nel fatto che nonostante abbia avuto una forte espansione rispetto alle origini, non è avvenuta un'industrializzazione completa del layout e dei processi; questo ha fatto in modo che non si siano verificate innovazioni radicali nelle attrezzature, nei macchinari, nell'organizzazione del lavoro in generale, mantenendo ancora oggi attività prevalentemente artigianali.

La similitudine nel processo produttivo riguardante tutti i prodotti e la totale assenza di macchinari industriali, rende poco utile distinguere le famiglie in funzione delle diverse attività svolte nei prodotti. Per questo per identificare le diverse famiglie si

sono definiti dei criteri riguardanti alcune caratteristiche principali del prodotto, le quali ne definiscono le differenze dal punto di vista fisico, di attrezzature utilizzate, di ergonomia dei movimenti e ingombri del materiale.

In particolare i criteri più significativi per distinguere le varie famiglie possono essere:

- La taglia del corpo pompa: è intesa come la dimensione delle bocche di aspirazione e mandata del fluido pompato, che può variare da 1^{1/2}” a 12”. Il corpo è principalmente in ghisa, per cui la sua dimensione e il suo peso sono proporzionali alla taglia. Questo implica l’utilizzo di strumenti di movimentazione di diversa capacità che non sono presenti in ogni postazione; ad esempio il tonnellaggio sopportabile dai carroponti è differente tra le varie postazioni e non tutti i prodotti di tutte le taglie possono essere assemblati in qualsiasi posto. Inoltre a parità di taglia è la dimensione della girante a determinare la grandezza del corpo pompa.
- Il tipo di servizio: si distingue tra servizio semplice e servizio pesante. Un’esigenza che determina la necessità del tipo di servizio è l’autonomia. In particolare per servizio semplice si intendono quelle motopompe che hanno autonomia inferiore alle 3h che è data dal serbatoio di serie del motore. Per servizio pesante invece si intendono quelle motopompe che hanno autonomia fino a 24h grazie al telaio progettato in modo da fare da serbatoio per il carburante.
- Motopompe vuoto assistite: sono dette anche autoadescanti in quanto sono dotate di un depressore che crea il vuoto e risucchia il liquido da pompare fino a riempire il corpo pompa; una volta riempito il corpo la pompa si innesca. A differenza delle pompe centrifughe normali non richiedono il riempimento del corpo manualmente.

La suddivisione in funzione della taglia è stata fatta tenendo presente gli ingombri occupati dalla motopompa e dai suoi componenti. In particolare sono state suddivise in 4 categorie principali.

- Piccola: si tratta di pompe di taglia che va da 1^{1/2}” a 3” le quali sono caratterizzate da telaio per servizio semplice e aventi un peso compreso tra 0 e 200kg.

- Media: si tratta di pompe di taglia compresa tra 3” e 4” le quali sono caratterizzate da telaio per servizio semplice e aventi un peso compreso tra 200 e 400 kg.
- Medio-grande: si tratta di pompe a servizio pesante tipicamente da 4” a 8” aventi peso compreso tra 400 e 1000kg. Possono essere vuoto assistite o meno a seconda del modello.
- Speciale: si tratta di pompe a servizio pesante tipicamente di taglia maggiore a 8” con peso maggiore di 1000kg.

La seguente *Tabella 4.2* riassume le categorie di pompe appena citate. Nel riquadro in rosso sono presenti le categorie considerate per le analisi successive.

Tabella 4.2 – Suddivisione delle sottofamiglie in funzione di: tipo di servizio, taglia, dimensione, peso, tipologia di innesco

	Servizio					
	Semplice			Pesante		
Taglia	Categoria	Peso	Innesco	Categoria	Peso	Innesco
1"	Piccola	0-200 kg	Autoadescante			
2"	Piccola	0-200 kg	Autoadescante			
3"	Piccola	0-200 kg	Autoadescante			
4"	Media	200-400 kg	Autoadescante	Medio-grande	400-1000 kg	Auadescante/V uotoassistite
5"	Media	200-400 kg	Autoadescante	Medio-grande	400-1000 kg	Auadescante/V uotoassistite
6"				Medio-grande	400-1000 kg	Auadescante/V uotoassistite
8"				Medio-grande	400-1000 kg	Auadescante/V uotoassistite
10"				Speciale	> 1000 kg	Auadescante/V uotoassistite
12"				Speciale	> 1000 kg	Auadescante/V uotoassistite

Un'altra suddivisione può essere fatta in funzione della tipologia di motore al quale viene accoppiata la pompa. Si distingue tra:

- Senza motore: sono pompe che vengono richieste senza motore, il quale viene montato successivamente dal cliente.
- Motore elettrico: sono motori standard che vengono acquistati direttamente dal fornitore e non necessitano di giunti particolari. Sono di taglie prefissate e a seconda delle prestazioni richieste dal cliente viene scelto il motore da accoppiarci. Tipicamente tali motopompe di taglia medio-piccola vengono richieste senza telaio e quindi non viene effettuata la fase di carpenteria.
- Motore a combustione interna: sono motori ad alimentazione diesel o benzina acquistati direttamente dal fornitore. A seconda della taglia l'accoppiamento pompa-motore può essere fatto successivamente in carpenteria ovvero deve essere fatto al montaggio insieme alla pompa. Il primo è il caso delle taglie grandi dove l'assemblaggio della pompa è svincolato dalla presenza del motore grazie al porta motore e flangia montanti nella pompa in fase di montaggio. Nel caso di taglie medio-piccole invece l'assemblaggio della pompa al motore è vincolato alla presenza di quest'ultimo in quanto per motivi di costo, dimensioni e necessità di leggerezza non è conveniente utilizzare il porta motore. In quest'ultimo caso si parla di motopompe monoblocco. Questo tipo di motopompe transitano sempre in carpenteria per l'allestimento e attraversano sempre tutte le fasi di produzione.

*Tabella 4.3 – Suddivisione del fatturato (3 anni)
per sottofamiglia di prodotto*

Fatturato complessivo per sottofamiglie medie e piccole da 1 1/2" a 4"	
Sottofamiglia	Fatturato complessivo
JE	€ 6.318.698
JD	€ 4.136.375
JS	€ 2.146.441
JP	€ 1.175.462
JX	€ 426.121
JB	€ 242.124
Totale	€ 14.445.220

La *Tabella 4.3* rappresenta la suddivisione del fatturato degli, riguardante gli ultimi 3 anni, delle pompe centrifughe J riguardante le sotto-famiglie di taglia compresa tra 1^{1/2} “e 4”. Le JD, JB, JX si riferiscono alle motopompe con motore a combustione interna rispettivamente con motore diesel, benzina e tecnologia Atex, le JE sono motopompe con motore elettrico, le JP sono pompe senza motore ad albero libero, le JS sono pompe con supporto. Nonostante per queste taglie le motopompe con motore elettrico (JE) abbiano un fatturato in valore superiore alle JD (6.300.000€ vs 4.200.000€), si è deciso di approfondire l’analisi su queste per diversi motivi:

- Necessitano delle fasi di montaggio e allestimento;
- Tempi ciclo maggiori a causa dell’impossibilità di avere pre-assemblati pompa già pronti, provenienti dal partner cinese;
- Maggiore varietà di prodotti finiti data dalla presenza di numerosi allestimenti richiesti.

Sulla base delle distinzioni fatte in precedenza, si è scelta la famiglia relativa alle pompe medio-piccole a servizio semplice e con motore a combustione interna.

Filtrando ulteriormente i dati e togliendo le motopompe a servizio pesante, per le quali è già stata fatta un’analisi, si ottiene un fatturato di 2.800.000€ sul quale si focalizzerà lo studio.

Anche se concentrarsi su una parte così esigua di fatturato può sembrare inutile, in realtà questo è dovuto all’altissima varietà di prodotti che l’azienda propone e di conseguenza ai bassi volumi di produzione per ciascun prodotto. Basti pensare che il prodotto più venduto in assoluto rappresenta il 5% del fatturato totale.

4.2 L’analisi ABC del fatturato relativo alla famiglia considerata.

Una volta individuata la famiglia da analizzare, è necessario individuare quali motopompe siano più significative in termini di fatturato attraverso l’analisi ABC, per poi concentrarsi sull’analisi più approfondita dei codici di classe A per quanto riguarda i cicli produttivi, la stesura della Value Stream Map e la riduzione della varietà mediante la progettazione di nuovi componenti modulari.

Per effettuare questa analisi è utile sfruttare la legge di Pareto, secondo la quale la maggior parte degli effetti è determinata da un numero ristretto di cause.

Dal database aziendale SAP sono stati quindi estratti i dati relativi alle vendite degli ultimi 3 anni ed è stata effettuata l'analisi su un foglio elettronico. Si è poi filtrato il risultato per i prodotti della famiglia di riferimento e in questo modo si sono evidenziati i prodotti della famiglia realmente significativi, in quanto la classe è determinata rispetto al fatturato totale. Il risultato di tale analisi si può notare in *Tabella 4.4*:

Tabella 4.4 – Analisi ABC del fatturato della famiglia di prodotti JD, 1^{1/2} – 4”, servizio semplice

Descrizione	Fatturato totale 3 anni [m€]	Fatturato %	Fatturato cumulato %	CLASSE
JD 4-159 G10 MLD25 TROLLEY	€ 489,56	17,476%	17,476%	A
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY	€ 404,15	14,427%	31,903%	A
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY VISION01	€ 183,59	6,554%	38,457%	A
JETTING JD 2-215 G10 MLD30 TROLLEY	€ 112,70	4,023%	42,480%	A
JD 3-140 G10 MLD11 TROLLEY	€ 61,92	2,210%	44,690%	A
JD 4-100 G10 MLD10 LIFT	€ 60,91	2,174%	46,865%	A
JD 3-240 G10 MLD20 TROLLEY	€ 60,25	2,151%	49,015%	A
JD 2-120 G10 MLD56 LIFT VISION01	€ 54,87	1,959%	50,974%	A
JD 2-120 G10 MLD03 TROLLEY	€ 50,79	1,813%	52,787%	A
JD 1-110 K10 MLD02 BASE	€ 45,77	1,634%	54,421%	A
JB 3-100 G10 MBS01 LIFT	€ 43,75	1,562%	55,983%	A
JD 4-100 G10 MLD11 TROLLEY	€ 40,96	1,462%	57,445%	A
JD 3-210 Q10 MLD24 TROLLEY	€ 40,72	1,454%	58,898%	A
JD 3-140 G10 MLD10 TROLLEY	€ 39,63	1,415%	60,313%	A
SIMPLE JD 4-316 G10 MVM12 V02	€ 39,23	1,400%	61,713%	A
JD 3-210 G10 MLD24 TROLLEY	€ 36,96	1,319%	63,033%	A
JD 4-159 G10 MLD45 TROLLEY	€ 36,93	1,318%	64,351%	A
JD 3-140 G10 MHT02 TROLLEY	€ 35,13	1,254%	65,605%	A
JB 4-100 G10 MKL03 TROLLEY VISION01	€ 34,17	1,220%	66,824%	A
JB 3-100 G30 MBS01 LIGHT	€ 31,41	1,121%	67,946%	A
JD 2-120 G10 MLD56 TROLLEY	€ 29,37	1,048%	68,994%	A
JETTING JD 3-240 G10 MLD20 TROLLEY	€ 28,76	1,027%	70,021%	A
JD 4-100 G10 MLD10 TROLLEY	€ 28,53	1,018%	71,039%	A
JD 3-140 G10 MLD05 TROLLEY	€ 25,65	0,916%	71,955%	B
JD 4-316 G10 FZD21 SKID	€ 24,74	0,883%	72,838%	B
JB 4-100 G30 MKL03 LIFT	€ 23,76	0,848%	73,686%	B
JD 2-120 G10 MLD14 TROLLEY	€ 22,06	0,788%	74,474%	B
JD 4-159 G10 MLD26 ROAD50	€ 21,26	0,759%	75,233%	B
JD 2-120 G10 MLD04 TROLLEY	€ 21,22	0,758%	75,990%	B
JB 2-100 G10 MHD01 LIFT	€ 20,07	0,717%	76,707%	B

JD 3-140 G10 MLD06 TROLLEY	€ 19,28	0,688%	77,395%	B
JD 3-140 G10 MLD08 TROLLEY	€ 19,20	0,685%	78,080%	B
JD 4-316 G10 MVM22 SKID	€ 18,99	0,678%	78,758%	B
JD 2-215 G10 MLD31 TROLLEY	€ 18,28	0,652%	79,411%	B
JB 1-110 G10 MHD01 LIFT	€ 17,82	0,636%	80,047%	B
JD 4-159 G10 MLD44 TROLLEY	€ 16,85	0,601%	80,648%	B
JB 4-100 G30 MLA02 LIFT XXX	€ 16,82	0,601%	81,249%	B
JD 2-180 G10 MLD10 TROLLEY	€ 15,90	0,568%	81,816%	B
JB 2-120 G10 MKL02 TROLLEY	€ 15,79	0,564%	82,380%	B
JD 1-110 G10 MLD01 TROLLEY	€ 15,49	0,553%	82,933%	B
JD 2-120 G10 MLD07 TROLLEY	€ 14,82	0,529%	83,462%	B
JD 3-305 T10 FHT11 TANK	€ 14,40	0,514%	83,976%	B
JETTING JD 2-220 G10 MLD30 TROLLEY	€ 14,34	0,512%	84,488%	B
SIMPLE JD 3-210 G10 MLD28 V01	€ 14,30	0,510%	84,999%	B
JD 3-140 G10 MLD07 TROLLEY	€ 14,25	0,509%	85,507%	B
JB 3-100 G10 MBS02 TROLLEY	€ 13,72	0,490%	85,997%	B
JD 2-180 G10 MLD57 BASE	€ 13,50	0,482%	86,479%	B
JETTING JD 3-240 Q10 MLD20 TROLLEY	€ 13,08	0,467%	86,946%	B
JD 2-215 P10 MLD31 TROLLEY	€ 12,62	0,451%	87,396%	B
JD 3-140 G10 MLD11 BASE CP07	€ 12,20	0,436%	87,832%	B
JD 2-170 G10 MLD05 TROLLEY	€ 12,16	0,434%	88,266%	B
JD 3-100 G30 MLD56 TROLLEY	€ 11,65	0,416%	88,682%	B
JD 4-159 Q10 MLD26 BLOCK VISION01	€ 11,54	0,412%	89,094%	B
JD 4-159 G10 MLD26 TANK	€ 11,07	0,395%	89,489%	B
SIMPLE JD 4-253 G10 FLD16 V02	€ 11,03	0,394%	89,883%	B
SIMPLE JD 4-316 G10 MVM22 V02 XXX	€ 10,83	0,387%	90,269%	B
JD 2-180 G10 MLD11 BASE	€ 9,41	0,336%	90,605%	B
JD 3-100 G30 MHT01 BASE	€ 8,63	0,308%	90,913%	B
JD 1-180 G10 MHT20 TROLLEY	€ 8,41	0,300%	91,214%	B
JD 4-159 G10 MLD26 ROAD16 VISION 01	€ 8,29	0,296%	91,509%	B
JD 4-159 G10 MLD26 ROAD03 VISION01	€ 7,68	0,274%	91,784%	B
JD 3-140 P30 MHT02 TROLLEY	€ 7,40	0,264%	92,048%	B
JD 4-159 G10 MLD25 BASE CP07	€ 7,35	0,262%	92,310%	B
JD 2-220 B10 MLD31 BASE	€ 7,02	0,251%	92,561%	B
JD 1-110 G10 MLD02 TROLLEY	€ 6,98	0,249%	92,810%	B
JD 1-180 P30 MHT 02 TROLLEY	€ 6,72	0,240%	93,050%	B
JD 3-140 Q10 MLD10 TROLLEY	€ 6,66	0,238%	93,288%	B
JD 3-240 G10 FLD17 TROLLEY XXX	€ 6,47	0,231%	93,519%	B
JD 2-215 G10 MLD31 BASE	€ 6,34	0,226%	93,745%	B
JD 2-220 G10 MLD30 ROAD03	€ 6,30	0,225%	93,970%	B
JD 3-210 G10 MHT08 SKID	€ 6,27	0,224%	94,194%	B
JD 3-210 G10 MLD42 TROLLEY	€ 6,18	0,221%	94,414%	C
JD 2-215 G10 MLD31 SCXT/BP	€ 6,06	0,216%	94,631%	C

JD 2-180 G10 MLD10 BASE	€ 5,96	0,213%	94,844%	C
JD 4-159 G10 MLD26 BLOCK	€ 5,72	0,204%	95,048%	C
JD 2-120 G10 MHT01 TROLLEY	€ 5,46	0,195%	95,243%	C
JD 2-120 P30 MHT01 TROLLEY	€ 5,43	0,194%	95,436%	C
JD 1-180 G10 MLD08 TROLLEY	€ 5,40	0,193%	95,629%	C
JD 4-100 G10 MLD06 TROLLEY	€ 4,98	0,178%	95,807%	C
JD 2-120 P10 MLD14 TROLLEY	€ 4,84	0,173%	95,980%	C
JB 4-100 G30 MLA01 TROLLEY	€ 4,67	0,167%	96,146%	C
MP J 70-250 TWGS/MLDE 11LD626	€ 4,57	0,163%	96,309%	C
JD 3-140 G10 MLD09 TROLLEY	€ 4,49	0,160%	96,470%	C
JD 2-100 G30 MLD03 TROLLEY	€ 4,44	0,159%	96,628%	C
JD 2-120 G10 MLD56 LIFT	€ 4,31	0,154%	96,782%	C
JD 3-210 G10 MLD41 TROLLEY	€ 4,29	0,153%	96,935%	C
JD 4-159 G10 MLD25 BASE	€ 4,06	0,145%	97,080%	C
JD 3-140 G10 MLD12 BLOCK	€ 4,05	0,145%	97,225%	C
JD 3-100 G10 MLD14 TROLLEY	€ 3,61	0,129%	97,354%	C
MP J 90-2 TWGMLDE 12LD477-2+B+P+T	€ 3,50	0,125%	97,479%	C
JD 3-140 B10 MLD05 TROLLEY	€ 3,32	0,119%	97,597%	C
JD 2-170 G10 MLD11 TROLLEY	€ 3,20	0,114%	97,711%	C
JD 3-140 P10 MLD11 TROLLEY	€ 3,04	0,108%	97,820%	C
JD 2-180 G10 MLD11 TROLLEY	€ 2,93	0,105%	97,925%	C
JD 2-120 K10 MLD56 BASE	€ 2,82	0,101%	98,025%	C
JD 2-100 G30 MLD01 LIFT	€ 2,72	0,097%	98,122%	C
MP J 90-2 TWQMLD 4LD820+T	€ 2,55	0,091%	98,213%	C
JD 1-180 G10 MLD05 BASE	€ 2,50	0,089%	98,303%	C
JD 1-160 G30 MLD14 TROLLEY	€ 2,42	0,086%	98,389%	C
JD 2-120 G10 MLD14 BASE	€ 2,38	0,085%	98,474%	C
JD 2-120 Q10 MLD03 BASE	€ 2,30	0,082%	98,556%	C
JD 4-100 G10 MLD57 TROLLEY	€ 2,30	0,082%	98,638%	C
JB 1-160 G30 MBS01 LIFT	€ 2,28	0,081%	98,719%	C
JD 4-100 G30 MLD07 TROLLEY	€ 2,26	0,080%	98,800%	C
JB 2-170 G10 MLA02 TROLLEY	€ 2,23	0,080%	98,880%	C
JD 3-100 G30 MLD56 LIFT	€ 2,18	0,078%	98,958%	C
JD 1-180 G10 MHT02 TROLLEY	€ 2,13	0,076%	99,034%	C
JB 3-140 G10 MKL01 TROLLEY	€ 2,08	0,074%	99,108%	C
JD 1-110 G10 MHT21 TROLLEY	€ 1,87	0,067%	99,175%	C
JD 3-100 G10 MLD04 TROLLEY	€ 1,84	0,066%	99,240%	C
JB 2-180 G10 MKL03 TROLLEY	€ 1,84	0,066%	99,306%	C
JB 1-180 G10 MLA02 SC	€ 1,69	0,060%	99,366%	C
JD 1-160 G30 MLD03 TROLLEY	€ 1,61	0,058%	99,424%	C
JB 4-100 G30 MLA01 LIFT	€ 1,57	0,056%	99,480%	C
JB 1-180 G10 MKL03 TROLLEY	€ 1,52	0,054%	99,534%	C
JB 4-100 G30 MKL04 LIFT	€ 1,42	0,051%	99,585%	C

ECOMATIC JD 3-140 G10 MHT09 TROLLEY	€ 1,30	0,046%	99,631%	C
JB 1-160 P30 MBS01 BASE	€ 1,29	0,046%	99,677%	C
JB 1-180 G10 MKL04 SC	€ 1,22	0,044%	99,720%	C
JB 2-100 G10 MHD01 TROLLEY	€ 1,07	0,038%	99,759%	C
JB 2-100 G10 MZS01 LIFT	€ 0,99	0,035%	99,794%	C
JB 3-100 G30 MBS01 TROLLEY	€ 0,96	0,034%	99,828%	C
JB 1-180 G10 MLA02 TROLLEY XXX	€ 0,96	0,034%	99,863%	C
JB 1-110 G10 MHD01 TROLLEY	€ 0,96	0,034%	99,897%	C
SIMPLE JD 4-253 G10 FVM06 V02	€ 0,96	0,034%	99,931%	C
SIMPLE JD 3-210 Q10 MLD28 V01 VISION01	€ 0,96	0,034%	99,966%	C
JD 3-252 G10 FHT27 TANK	€ 0,96	0,034%	100,000%	C
TOTALE	€ 2.801,33	100,00%		

Anche l'analisi ABC sulla famiglia di prodotti conferma che il fatturato si distribuisce su un gran numero di prodotti finiti. Analizzando i codici di classe A si può notare come circa il 50% del fatturato in oggetto sia dato dal modello 4-159, così come i volumi più alti.

Emerge tuttavia una certa eterogeneità di prodotti: non vi è infatti una taglia di prodotto predominante il cui fatturato è significativamente superiore alle altre. Tutte le taglie infatti sono equamente presenti in classe A con diverse versioni, per questo motivo tutte meritano di essere presi in considerazione nella stesura della Value Stream Map.

4.3 Descrizione del layout e dei processi produttivi.

A questo punto si analizza lo stato attuale del processo produttivo riguardante le fasi di lavoro della famiglia di motopompe considerata. Si parte da una descrizione delle aree più importanti dello stabilimento produttivo, descrivendo per ciascuna fase le attività principali svolte.

Lo stabilimento produttivo, sito in Via Prima Strada, è stato acquisito nel 2000 per fronteggiare l'aumento costante della domanda e la necessità di ampliamento delle aree produttive.

Nonostante il nuovo sito produttivo abbia dimensioni maggiori rispetto al precedente, il fatto che sia circondato per 3 lati su 4 da altre aziende crea dei problemi al flusso logistico di carico e scarico merci. Queste attività infatti avvengono nella stessa zona, creando spesso confusione e intasamento e non favorendo una gestione ordinata del

traffico. Inoltre risulta difficoltoso l'approvvigionamento diretto dei fornitori in un eventuale supermarket, in quanto il numero di mezzi gestibile nello stesso momento è basso visto il poco spazio di manovra presente. Infine anche il tempo di entrata merci risulta lungo e macchinoso.

Come si può notare dalla *Figura 4.2*, è possibile suddividere lo stabilimento in 3 macroaree principali disposte in punti diversi della struttura:

- 1) In Azzurro sono evidenziate le aree per lo stoccaggio di materie prime, semilavorati e PF;
- 2) In Rosso sono evidenziate le aree di produzione che comprendono i reparti di montaggio, carpenteria, verniciatura e imballo;
- 3) In Verde sono evidenziate le aree per il controllo qualità sia del materiale in entrata che del materiale in uscita (collaudo).



Figura 4.2 – Layout dello stabilimento produttivo di Varisco S.p.A.

4.3.1 Le aree per lo stoccaggio

Le aree per lo stoccaggio sono principalmente 3:

- il magazzino automatico, situato in prossimità dell'entrata merci;
- il supermarket kanban, situato in un area vicina alla carpenteria;
- i magazzini a terra, dove si possono trovare i componenti a consumo necessari a ciascun reparto.

Il caricamento della merce a sistema avviene con due principali modalità:

- con pre-bolla;
- con inserimento manuale.

Al momento dell'acquisto del materiale viene chiesto al fornitore di fornire una pre-bolla con la quantità di materiale che verrà spedita. Tale pre-bolla viene vista dal sistema informativo e rende l'entrata merce più veloce.

Appena arriva il materiale, il DDT viene portato nell'ufficio del magazzino dove viene confrontato con la pre-bolla registrata in precedenza. Se le quantità corrispondono un addetto controlla che la merce arrivata sia integra e la mette in coda per caricarla a magazzino; se invece le quantità tra pre-bolla e bolla non corrispondono, viene interpellato l'ufficio acquisti. Quest'ultimo provvede a contattare il fornitore nel caso l'importo sia notevolmente differente, o dà l'autorizzazione a procedere con la correzione della quantità manualmente nel caso l'errore sia di importo basso.

Se un fornitore non accetta di fare la pre-bolla, l'inserimento di ogni riga d'ordine e la relativa quantità a sistema viene fatto manualmente con un notevole dispendio di tempo.

Una volta ricevuta la merce deve essere caricata fisicamente a magazzino.

5.3.1.1 Il magazzino automatico.

Il magazzino automatico (*Figura 4.3*) è il magazzino principale dell'azienda: qui vengono stoccati tutti i materiali che alimentano i reparti, oltre che semilavorati e prodotti finiti, la cui grandezza è coerente con le UDC delle celle del magazzino.

Questo è costituito da circa 4800 celle, ognuna delle quali può contenere una UDC metallica di dimensioni 90x90x85, o un pallet, o ancora qualsiasi tipo di contenitore che occupi un volume minore o uguale alla UDC massima. Le celle sono disposte in 7 file parallele e vi sono 3 postazioni con altrettanti robot che possono essere inviati a richiamare le varie UDC dalle quali prelevare i componenti.



Figura 4.3 – Il magazzino automatico

L'azienda ha organizzato le 3 postazioni in modo tale che ciascun operatore gestisca il prelievo o l'entrata dei componenti con scopi diversi:

- prelievo ricambi e prodotti finiti da spedire ai clienti;
- prelievo di componenti da destinare alla produzione;
- inserimento della merce a magazzino.

Ogni postazione è flessibile e in caso di emergenze può prelevare qualsiasi tipo di componente ed aiutare le altre postazioni.

Il prelievo della merce da magazzino viene effettuato mediante lista di prelievo, la quale genera un ordine di trasporto (OT) necessario a movimentare il magazzino automatico.

La lista di prelievo tipicamente segue la distinta base del prodotto ordinato dal cliente. Le udc con i componenti vengono portate dal robot sulla postazione una alla volta; a quel punto l'operatore preleva fisicamente la quantità desiderata e la posiziona su un pallet che verrà poi portato dove necessario. Infine conferma al

sistema la quantità prelevata e procede con gli altri componenti presenti nella lista di prelievo. Ad ogni ordine quindi il robot del magazzino deve fare tanti movimenti quanti sono i componenti diversi da prelevare, arrivando anche a 30 movimentazioni. Il magazzino automatico riesce a contenere e gestire moltissimi codici in uno spazio ridotto e questo per aziende come Varisco S.p.A. che devono gestire migliaia di componenti diversi è un pregio. Per contro, la sua gestione è piuttosto lenta e dispendiosa in termini di tempo in quanto, come già detto, viene prelevato un codice alla volta.

La gestione dell'entrata e uscita dei componenti è fatta secondo logica FIFO, infatti nella stessa udc vi sono due o più contenitori per codice sui quali vi è un cartellino che indica la data di arrivo della merce; in questo modo viene prelevata sempre la merce più vecchia permettendo, nel caso di modifiche ai componenti, di terminare quelli vecchi prima di iniziare ad usare quelli nuovi.

Le udc sono organizzate in 3 classi a seconda dell'indice di rotazione del componente che vi è contenuto: se l'indice di rotazione è alto i componenti sono di classe A e le udc vengono posizionate più vicino alle postazioni di prelievo; se l'indice di rotazione è basso invece le udc relative a quei componenti vengono posizionate quanto più possibile lontane dalla postazione di prelievo; infine le udc contenenti i codici di classe B vengono posizionati nelle celle intermedie.

4.3.1.2 Il supermarket e i magazzini a terra.

L'area supermarket è una zona posta tra reparto elettrico e verniciatura dove vengono stoccati i componenti gestiti secondo logica kanban con i fornitori. I componenti gestiti finora sono telai, motori, filtri e marmitte, e quindi molto voluminosi. Le udc sono dei pallet ciascuno dei quali contiene un numero prefissato di pezzi di un determinato articolo.

Il magazziniere viene chiamato dall'operatore di carpenteria per ripristinare il materiale nella postazione dedicata e allo stesso tempo dichiara vuoto il contenitore in SAP mediante un'interfaccia chiamata tavola kanban. Con lo svuotamento del contenitore si genera automaticamente un ordine d'acquisto, il quale viene inviato al fornitore quando sono stati consumati un numero definito di contenitori.

I magazzini a terra sono delle aree dove sono posizionati i componenti a consumo, cioè ad alta rotazione e basso valore come guarnizioni, viterie, raccorderie etc. In ogni reparto è presente una di queste aree ed ogni operatore vi può prelevare, al bisogno, i componenti presenti nella distinta senza necessità di un OT da parte del magazzino.



Figura 4.4 – Posizionamento dei telai nel supermarket in carpenteria

L'operatore, quindi, deve fare la 'spesa' nel supermarket della merce a consumo ogni volta che comincia un ordine di produzione, perdendo del tempo prezioso a cercare il materiale. Per risolvere questo problema si è provato, in un progetto pilota, a portare a bordo banco su un carrellino mobile tutti i componenti a consumo atti a produrre una famiglia di prodotti. Tuttavia, data la vastissima gamma di prodotti realizzabile, si è visto che è difficile dimensionare tale carrellino; l'operatore perciò continua, almeno per alcuni componenti, ad attingere al supermarket dei materiali a consumo.



Figura 4.5 – Supermarket dei materiali a consumo in carpenteria

4.3.2 Le aree per il controllo qualità.

Le aree per il controllo qualità si distinguono in:

- controllo qualità del materiale in entrata;
- controllo delle prestazioni e funzionalità principali del prodotto (collaudo).

Il controllo del materiale in entrata è fatto in un'area adiacente al magazzino automatico e in prossimità dell'officina meccanica. Qui transitano tutti i componenti critici per l'assemblaggio del prodotto e che possono compromettere il funzionamento della pompa. Si tratta prevalentemente di componenti di fonderia e lavorazioni meccaniche che il fornitore deve produrre secondo precise specifiche e tolleranze date dall'ufficio tecnico dell'azienda.

Il 100% del materiale in ingresso viene controllato mediante strumenti elettronici all'avanguardia, verificando che le tolleranze siano state rispettate, prima di poter essere immagazzinato nel magazzino automatico. Inoltre i fornitori di tali componenti critici devono spedire insieme al materiale una carta di controllo, dove affermano che il lotto inviato è conforme alle richieste: se questa carta non viene inviata la merce non viene accettata. Nonostante questi controlli sembrino sovrabbondanti, per il momento l'azienda ha deciso di mantenerli in quanto è in una fase di transizione rispetto questo nuovo approccio riguardante la garanzia della qualità; si vuole quindi monitorare al 100% i fornitori e le loro performance. Anche se questo comporta un forte rallentamento dell'entrata delle merci, garantisce il fatto che nei reparti produttivi non arrivi materiale non conforme, cosa che comporterebbe l'arresto della postazione di lavoro con conseguenti ritardi sulla data di consegna. L'obiettivo è quello di formare i fornitori e farli crescere a livello di processi, instaurando rapporti di partnership che permetterebbe di raggiungere il free pass con il vantaggio di velocizzare l'entrata dei componenti e di avere una garanzia sulla qualità dei componenti.

Il controllo delle funzionalità e delle prestazioni principali del prodotto viene fatto nella fase di collaudo. Questo viene effettuato dopo l'allestimento in carpenteria ed è necessario per individuare eventuali problemi riguardanti il funzionamento in azione della motopompa. Ne vengono quindi misurate le prestazioni principali, come il tempo di innescamento e il tempo di vuoto, e vengono confrontati con degli standard tabellati: se si riscontrano anomalie viene chiamato l'addetto al montaggio che ha

assemblato la pompa e insieme si cerca di capire cosa non funziona. Nel caso non si riesca a risolvere il problema è necessario lo smontaggio della pompa per analizzare la situazione più nel dettaglio.

Se tutti i test sono superati viene stampato un tagliando di collaudo certificato (ISO 9001) che viene consegnato al cliente a garanzia di prestazioni e qualità del prodotto.

4.3.3 Le aree di produzione: i processi produttivi.

Le aree di produzione, visibili in *Figura 4.6*, sono i vari reparti che costituiscono le fasi del processo produttivo. Verranno descritte brevemente le attività svolte da ciascun reparto seguendo il flusso logistico del materiale:

- 1) montaggio;
- 2) carpenteria;
- 3) collaudo;
- 4) verniciatura;
- 5) imballo.

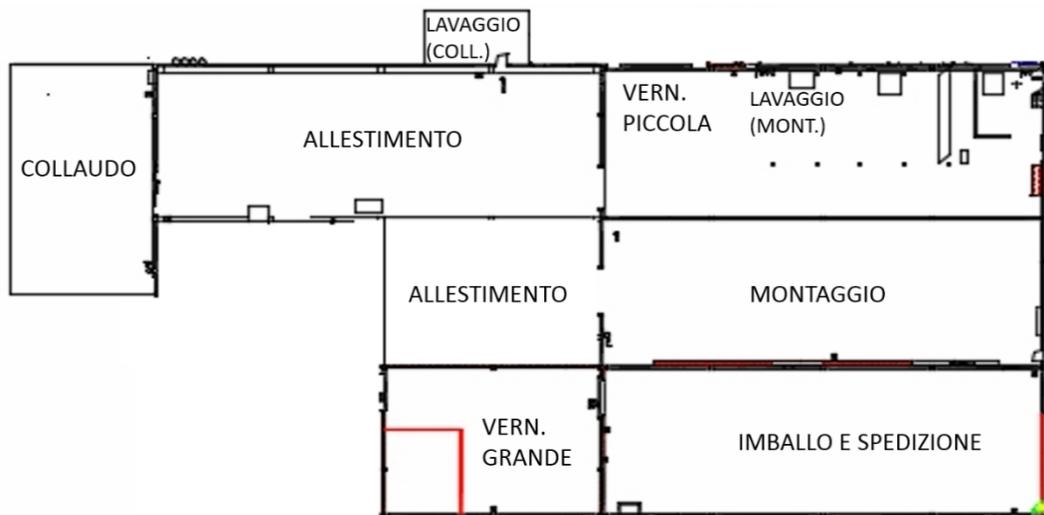


Figura 4.6 – Layout dei reparti produttivi

L'impostazione della produzione è tipicamente make to order, in quanto uno degli obiettivi fondamentali dell'impresa è esaudire capire le esigenze dei clienti e costruire un prodotto su misura per loro, assecondando qualsiasi personalizzazione soprattutto per quanto riguarda i materiali dei componenti della pompa in funzione all'ambiente di applicazione e al tipo di liquido pompato.

Il varietà dei prodotti è data principalmente dai molteplici materiali con i quali possono essere fatti i componenti; quindi l'esplosione del mix avviene in fase di approvvigionamento dei materiali, cioè all'inizio del processo produttivo.

Un secondo livello di differenziazione del mix è dato dal tipo di allestimento scelto: questo comporta una vasta gamma di componenti di carpenteria (soprattutto telai) che devono adattarsi alle diverse taglie di prodotto (corpo pompa di dimensioni diverse), nonché motori di marche e dimensioni differenti.

4.3.3.1 Il reparto montaggio

Nel reparto montaggio avvengono due attività principali del ciclo produttivo:

- il lavaggio dei componenti;
- l'assemblaggio dei componenti costituenti la pompa.

La prima attività avviene in una lavatrice industriale situata a pochi passi dai banchi di lavoro. Serve per eliminare residui di lubrificante provenienti dalle lavorazioni meccaniche e viene effettuata con agenti chimici sgrassanti.

Una volta eseguito il lavaggio si procede con l'assemblaggio della pompa. L'area di assemblaggio è costituita da 7 banchi di lavoro, ognuno di lunghezza 7 metri e paralleli tra loro. Ogni banco è occupato da un operatore (pallino azzurro in *Figura 4.7*), il quale effettua il montaggio del lotto lanciato di pompe (tale lotto varia a seconda delle richieste del cliente).

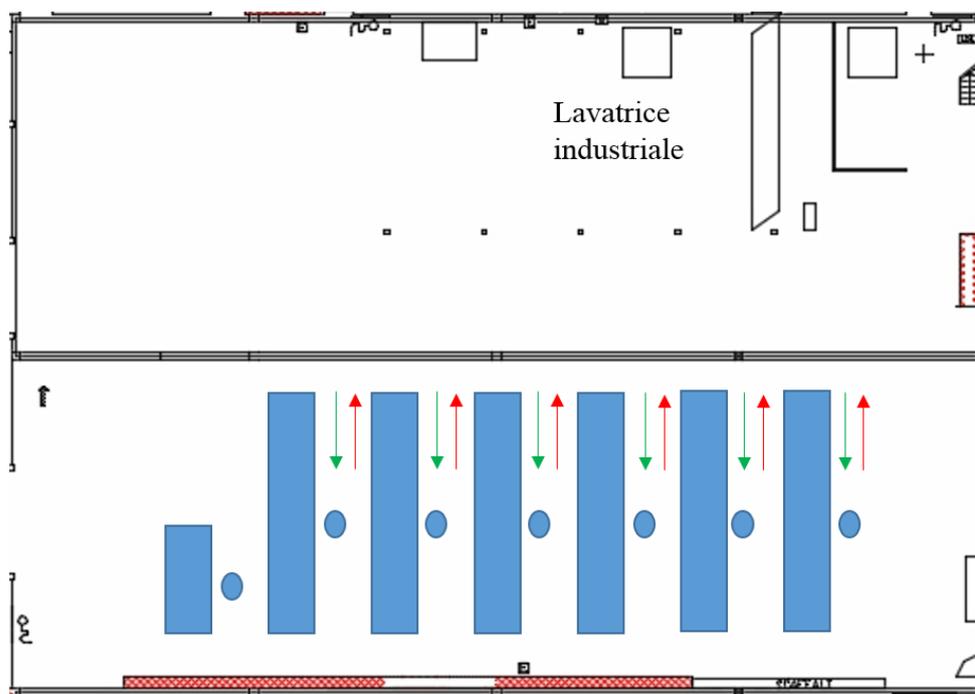


Figura 4.7 – Layout del reparto montaggio

I componenti prelevati dal magazzino automatico vengono portati in reparto seguendo le liste di prelievo dell'ordine, nella quantità strettamente necessaria per completarlo. Tali componenti sono ubicati dagli operatori del magazzino in appositi pallet, oppure sono lasciati nelle udc provenienti dal magazzino nel caso il materiale sia molto ingombrante.

Le udc contenenti i componenti sono posizionati in un corridoio alle spalle dell'operatore (segnalato dalle frecce verdi nella *Figura 4.7*) e l'ordine di arrivo segue la schedulazione settimanale; tipicamente il giorno prima vengono portati in reparto tutti i prodotti da assemblare il giorno successivo. A causa dell'elevato ingombro dei materiali succede spesso che le udc portate in postazione per un singolo ordine siano più di una, occupando molto spazio.

Una volta assemblata la motopompa viene posizionata in un pallet per essere portata alla stazione successiva (le frecce rosse indicano l'uscita di pallet); rimangono così nella corsia delle udc vuote, le quali non sempre vengono riportate in magazzino immediatamente. Questo causa molta confusione nel reparto e limita notevolmente lo spazio disponibile. Inoltre con la lista di prelievo vengono scaricati e portati in montaggio tutti i componenti presenti in distinta, compresi quelli che vengono utilizzati nelle fasi successive del processo produttivo, ad esempio il telaio, il gancio di sollevamento, le ruote ecc. Tale materiale oltre ad occupare spazio utile che può essere utilizzato per disporre il materiale degli ordini successivi, comporta una notevole perdita di tempo quando, una volta terminato l'assemblaggio della motopompa, l'operatore deve trasportare tutte le udc alla fase successiva. Molto spesso infatti deve effettuare più volte il tragitto per portare tutte le udc a destinazione.

I banchi del montaggio sono molto lunghi, perciò predisposti per assemblare lotti di grande dimensione (anche di 12 pezzi); tuttavia c'è da dire che spesso il lotto è tale da non occupare nemmeno la metà del banco (massimo 7 pezzi). Lo spazio rimanente del banco è occupato da attrezzature come avvitatori, chiavi e utensili vari che molte volte non vengono messi in ordine, creando confusione nella postazione di lavoro e di conseguenza perdite di tempo.

È già in corso un tentativo di migliorare l'ergonomia della postazione di lavoro in modo tale da rendere più snello il processo e ridurre gli sprechi dovuti a

movimentazioni inutili, perdite di tempo, ottimizzazione dello spazio disponibile, etc.
In particolare si sono fatti interventi in una postazione pilota atti ad attuare:

- One piece flow: il banco è stato ridimensionato per permettere il montaggio di 2 motopompe complete alla volta.
- 5S: controllo visivo della situazione di lavoro, bacheca per attrezzi, segnaletica orizzontale per delimitare aree di entrata, lavorazione e uscita del materiale.
- Sistema pull: sono stati individuati dei pre-assemblati gestiti con un kanban interno.



Figura 4.8 – Il reparto montaggio

4.3.3.2 Il reparto carpenteria o allestimento.

Il reparto comprende 6 postazioni di lavoro, due delle quali dedicate ai gruppi antincendio e quattro dedicate agli allestimenti di tutte le altre macro-categorie di prodotti.

Il layout di tale reparto è mostrato in *Figura 4.9*. Le frecce verdi indicano dove vengono posizionati i pallet contenuti gli ordini da processare.

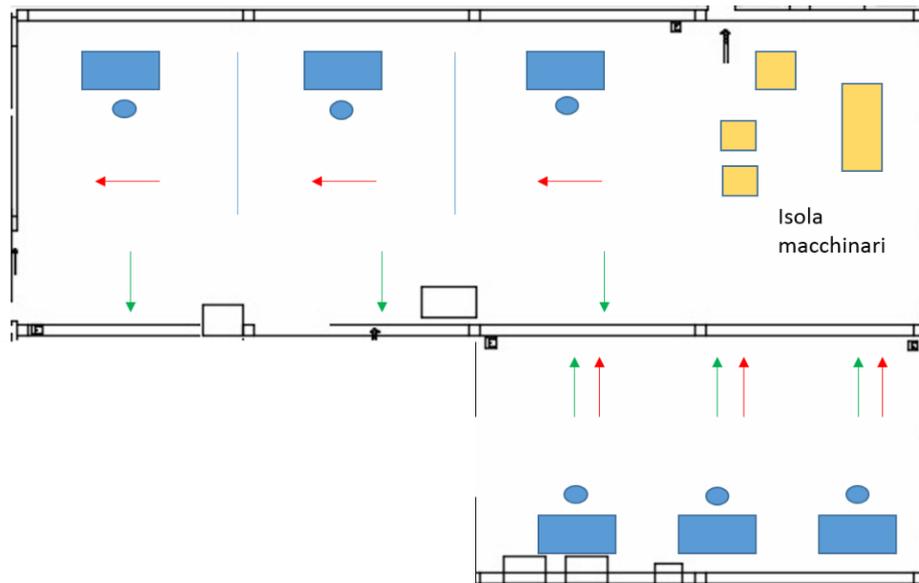


Figura 4.9 – Layout del reparto allestimento

In carpenteria si esegue l'allestimento delle motopompe. Il valore aggiunto di questa fase può essere distinto in 2 parti:

- preparazione e saldatura del telaio e degli accessori, come ad esempio l'assale, il gancio di sollevamento, traversi e spessori;
- assemblaggio della motopompa al telaio, il quale può essere richiesto in diverse versioni e avere funzionalità differenti a seconda delle esigenze del cliente.

Prima di assemblare la motopompa al telaio è necessario prepararlo e completarne la costruzione. Questo infatti, essendo ricevuto grezzo dal fornitore deve subire delle lavorazioni interne prima di poter essere utilizzato. Tali lavorazioni riguardano principalmente attività di misurazione delle quote, foratura, tranciatura di alcuni componenti in lamiera, sbavatura.

Tali operazioni sono fatte in un'isola dedicata (isola macchinari in *Figura 4.9*), dove sono presenti tutti i macchinari necessari come tranciatrice, trapano, sbavatrice ecc. I componenti da lavorare devono essere portati in tale isola mediante un carrellino. Queste attività di preparazione corrispondono a circa il 50% del tempo speso in questa fase e ancora non si è aggiunto valore al prodotto.

Una volta preparato, al telaio vengono saldati i componenti quali assale e gancio di sollevamento e, se necessario, dei traversi per conferire rigidità al telaio stesso. Sebbene queste attività aggiungono valore al prodotto, il rapporto tra valore aggiunto e tempo impiegato per realizzarlo è molto basso. Infine avviene l'assemblaggio della motopompa al telaio e viene completato con gli accessori dell'allestimento scelto dal cliente, come ad esempio ruote, manici, porta batteria ecc.

In carpenteria per ogni postazione viene processata una motopompa alla volta, se è presente un lotto di più motopompe queste sono processate una alla volta nella stessa postazione e non vengono suddivise tra le varie postazioni. In questo caso quindi, prima di passare alla fase successiva, i prodotti già allestiti devono aspettare che sia terminato l'intero lotto.



Figura 4.10 – Macchinari per lavorare le barre e le lamiere

4.3.3.3 Il collaudo

Una volta terminata la fase di carpenteria si passa alla fase di collaudo, descritta in precedenza, dove vengono testate le funzionalità principali della motopompa.

Il collaudo cosiddetto ad acqua viene eseguito sulla totalità delle pompe ad albero libero e motopompe prodotte. Come si può notare dal layout in *Figura 4.11*, vi sono 3 postazioni dove viene eseguita questa attività e viene testata una pompa per volta in ogni postazione.

Per il collaudo è necessario simulare le tubazioni dell'impianto montando due tubi molto pesanti, uno sulla mandata e uno sull'aspirazione. L'attrezzaggio è molto lento in quanto per il posizionamento delle tubature è necessario movimentarle con il carro ponte, inoltre, per motopompe di taglie diverse sono necessarie tubazioni diverse e il cambio richiede molto tempo. Per questo motivo si cerca di completare il lotto di pompe uguali in modo tale da cambiare la tubazione meno volte possibile.

Le pompe vengono collaudate senza un ordine preciso e non sono assegnate secondo criteri prestabiliti ad una postazione precisa; è quindi il capo reparto e l'esperienza degli operatori a dettare l'ordine di svolgimento dell'operazione.

Una volta collaudate le motopompe vengono portate all'esterno in una zona di lavaggio con idro-pulitrice dove vengono tolte le sostanze oleose e le polveri accumulate nelle fasi precedenti. Questa attività è preliminare all'attività di verniciatura in forno in quanto permette al colore di attaccarsi meglio in ogni punto.

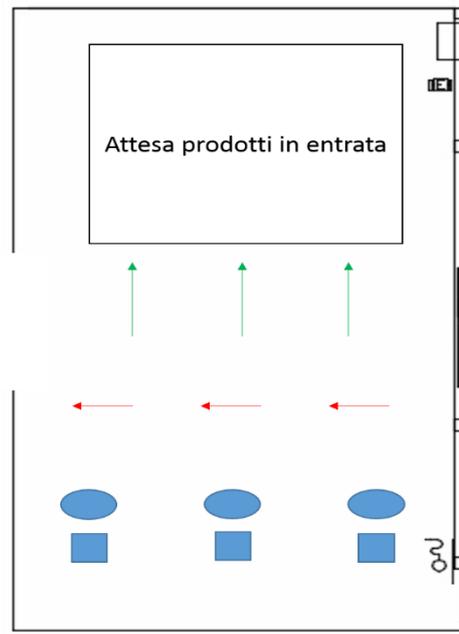


Figura 4.11 – Layout del reparto collaudo



Figura 4.12 – Collaudo funzionale di due motopompe

5.3.3.4 La verniciatura

Una volta collaudata e lavata la motopompa giunge in verniciatura. Tale reparto è formato da due cabine di verniciatura: una adatta a motopompe di taglia da media a speciale (*Figura 4.13*), la seconda invece è costituita da una serie di 80 ganci, dove possono essere appese motopompe di taglia piccola e medio-piccola non allestite, che scorrono all'interno di un tunnel riscaldato che asciuga la vernice (*Figura 4.14*).

Prima che le motopompe vengano verniciate vengono incartati tutti i particolari che non possono essere colorati come tappi, cavi, blocchetti elettrici, ecc. Si aspetta poi di accumulare un certo numero di motopompe in modo tale da saturare l'utilizzo del forno di verniciatura.

Una volta verniciate le motopompe si esegue la finitura con gli adesivi raffiguranti il logo dell'azienda e quelli per la sicurezza. Infine si prepara il libretto di istruzioni e vengono mandate all'imballo e spedizione.



Figura 4.13 – Forno di verniciatura grande



Figura 4.14 – Impianto di verniciatura a tunnel con 80 ganci

4.3.3.5 Imballo e spedizione

L'attività di imballo e spedizione consiste nella preparazione dell'imballo per i prodotti che devono essere spediti. La base dell'imballo su cui poggierà la motopompa finita viene fabbricata su misura, tagliando ad hoc delle tavole di legno sulle quali viene ancorata la motopompa mediante delle viti di fissaggio o graffette. Il rivestimento esterno è fatto mediante dei cartoni rigidi standard che vengono aggraffati alla base dell'imballo di cui sopra. Infine la merce viene spedita al cliente.

Le spedizioni sono divise in estero e Italia: per le spedizioni all'estero si cerca di fare un raggruppamento per ridurre i costi di spedizione e saturare i container. È quindi possibile che i prodotti rimangano in azienda anche per molto tempo. Per le spedizioni più vicine, come Italia o UE, a meno che non lo richieda il cliente, non è necessario il raggruppamento e quindi si può "spezzare" l'ordine in più consegne.

Le consegne possono essere fatte o con mezzi propri o con i mezzi dei clienti; in quest'ultimo caso la permanenza della merce a magazzino può essere anche lunga in quanto il cliente può ritardare il ritiro della merce.



Figura 4.15 – Il reparto imballo e spedizione

4.4 Il flusso delle informazioni

Prima di descrivere in dettaglio l'analisi svolta occorre fare qualche precisazione sulla gestione del flusso informativo aziendale.

All'interno di Varisco S.p.A., come in ogni industria manifatturiera, possono essere identificati due flussi relativi al processo produttivo: il flusso fisico ed il flusso informativo. Il primo è quello che consente al materiale di fluire verso il prodotto finito, attraverso una serie di processi che aggiungono valore al materiale grezzo o semilavorato in ingresso. Il secondo invece è quello che permette al flusso fisico di aver luogo correttamente e che consente la corretta comunicazione, in modo da coordinare tutte le varie risorse aziendali.

In Varisco S.p.A. tutte le informazioni sono costantemente fruibili attraverso un opportuno Sistema Informativo, il quale consente la comunicazione e l'interazione del personale a tutti i livelli aziendali. Oltre all'accesso alla documentazione aziendale è utilizzata la piattaforma gestionale SAP, che consente la gestione delle informazioni riguardanti il flusso fisico. Mediante diverse transazioni è infatti possibile registrare e visualizzare le movimentazioni dei materiali all'interno della fabbrica.

Attraverso SAP è possibile gestire i magazzini, la contabilità, la logistica interna ed esterna, la programmazione della produzione, la produzione, i processi e tutte quelle attività necessarie per la gestione ordinaria dell'azienda. Per lo svolgimento dello studio si sono acquisite una serie di informazioni interrogando direttamente il Sistema Informativo aziendale, altre invece sono state raccolte attraverso il personale aziendale in collaborazione con l'Ufficio Logistica.

Tutti i materiali utilizzati nel processo produttivo sono identificati univocamente all'interno del sistema informativo attraverso un apposito codice alfanumerico che viene riportato su ciascuna unità di carico (Udc). Su tale unità di carico oltre al codice è presente una breve descrizione dell'oggetto che coincide con quella nell'anagrafica materiale del sistema informativo.

Sull'Udc non sono presenti altre informazioni riguardanti il materiale, come i pezzi per udc, il numero di contenitore etc., così come non è presente un codice a barre per le successive registrazioni. Questo implica che le varie registrazioni di movimento merce devono essere fatte a mano o con specifiche transazioni, con la possibilità che si generino errori umani.

Visto l'elevato mix di prodotti finiti possibili non vengono effettuate delle previsioni sulla base delle quali organizzare la produzione di prodotti finiti; vengono invece

fatte delle previsioni per l'approvvigionamento dei componenti sulla base del consumo medio mensile degli ultimi 2 anni. In ogni caso, essendo il mercato totalmente imprevedibile, risulta difficile che tali previsioni siano accurate: molto spesso infatti il mercato presenta dei picchi di domanda dovuti a cause esterne difficilmente gestibili e prevedibili.

A SAP, che è il sistema informativo centrale, sono collegati due altri sistemi gestionali dedicati che comunicano costantemente con esso:

- GPS per la pianificazione della produzione;
- Iungo per la gestione degli acquisti e la comunicazione con i fornitori.

La schedulazione della produzione viene fatta solo per due reparti: il montaggio e la carpenteria. Viene fatta con frequenza settimanale su un foglio elettronico a partire dagli ordini rilasciati. Sulla stampa dell'ordine di produzione infatti viene specificato anche il Lead time di produzione; sulla base di questo vengono caricate le 7 postazioni del montaggio in modo tale da coprire tutte le ore disponibili di ciascun operatore. Tale schedulazione viene poi data al capo reparto. Sulla base della schedulazione del montaggio viene poi fatta la schedulazione della carpenteria.

4.5 Flusso dei materiali

Per analizzare il flusso dei materiali è utile distinguerli in sottofamiglie a seconda della loro tipologia. Si possono quindi distinguere:

- Materiali d'acquisto puro: sono materiali che vengono acquistati e usati come componenti già finiti, sono tipicamente commercializzati e standard.
- Materia prima: le materie prime sono intese come quei materiali che vengono acquistati grezzi e necessitano di lavorazioni interne od esterne per poter essere utilizzati nel processo.
- Materiale semilavorato: è materiale che, tipicamente prodotto su disegno Varisco S.p.A., viene prodotto da fornitori esterni e che necessita di ulteriori lavorazioni interne.
- Materiale di supporto: è inteso come materiale di basso valore e indice di rotazione alto come guarnizioni, viterie ecc. per il quale si fanno tipicamente ordini molto grandi o che viene gestito mediante kanban con i fornitori.

A seconda della famiglia a cui appartiene un componente, il suo flusso all'interno del processo produttivo è differente. In particolare per i componenti materia prima, dal momento in cui vengono acquistati a quando vengono usati ci sono dei processi intermedi di lavorazione meccanica che effettuano fornitori esterni. Tali componenti, una volta acquistati con l'MRP vengono stoccati nel magazzino automatico per poi essere lavorati e ri-stoccati in magazzino. Data la struttura del magazzino molto rigida e lenta nell'entrata e uscita merci, questa attività risulta molto dispendiosa in quanto costringe operatori magazzinieri a dedicare molto tempo per svolgere attività a basso valore aggiunto. I semilavorati, come il telaio, arrivano in stabilimento direttamente dal fornitore che li produce su specifico disegno di Varisco S.p.A.; una volta in azienda vengono stoccati in magazzino automatico e, aperto l'ordine, seguono tutte le fasi del processo produttivo anche se sono utilizzati solo nella fase di carpenteria.

Per quanto riguarda i materiali d'acquisto puro, anch'essi vengono prelevati quando viene schedato l'ordine e seguono tutte le fasi del processo produttivo fino al momento in cui sono utilizzati.

Si evidenzierà questa situazione nella Spaghetti Chart effettuata prendendo come elementi rappresentativi della famiglia di componenti un codice per famiglia: il motore per i componenti d'acquisto, il telaio per i componenti semilavorati, il corpo pompa per i componenti materia prima.

La Spaghetti Chart in *Figura 4.16* evidenzia quanto detto in precedenza: tutti i componenti seguono lo stesso percorso all'interno dello stabilimento nonostante vengano impiegati in fasi diverse del processo.

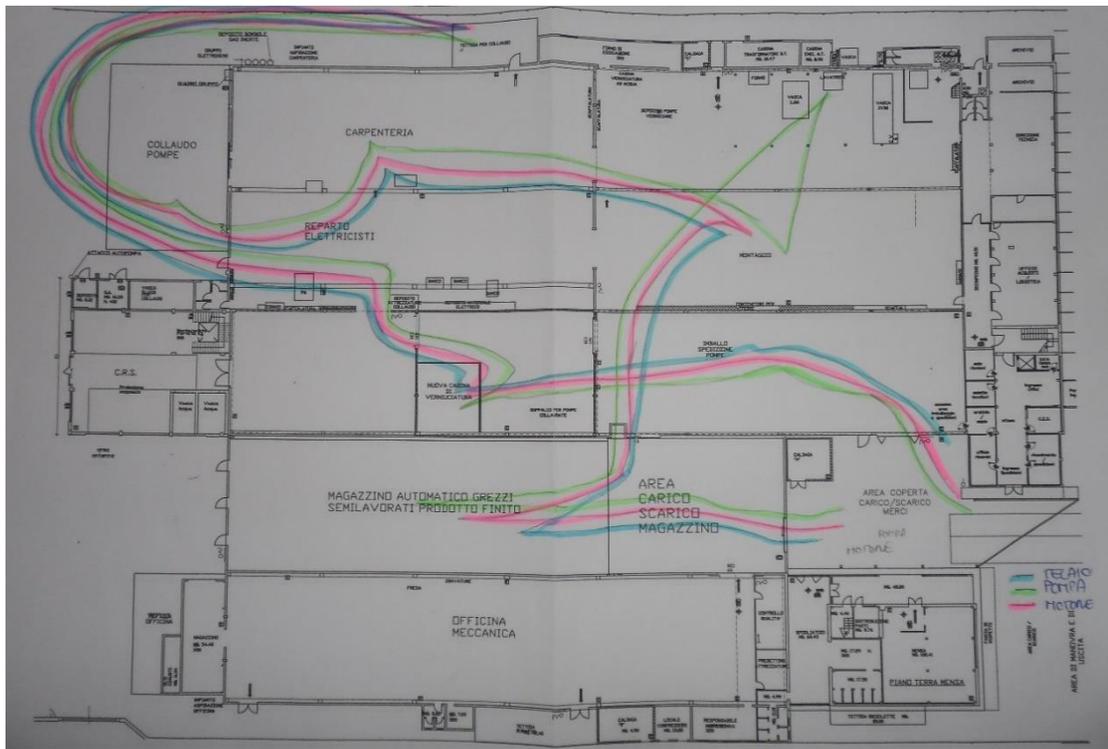


Figura 4.16 – Spaghetti Chart di telaio (azzurro), pompa (verde) e motore (rosa)

4.6 La costruzione della Current State Map

La Current State Map rappresenta la fotografia allo stato attuale dei flussi logistici ed è il punto di partenza per individuare le opportunità di miglioramento: aiuta a capire quali sono i processi e le attività che determinano il valore per il cliente.

Per la stesura della Value Stream Map è stato creato un team di lavoro interfunzionale che ha coinvolto le varie funzioni aziendali e in particolare: produzione, ufficio tecnico, logistica. Si è percorso il flusso produttivo da valle a monte, analizzando le varie fasi produttive e le attività svolte in ognuna di esse; sono state effettuate le misurazioni dei tempi per ogni fase del ciclo produttivo e sono stati suddivisi tra tempi delle attività a valore e quelli di attività non a valore.

Per calcolare il magazzino di componenti e semilavorati presente all'inizio del processo si sono estrapolati i dati relativi alle scorte dei componenti delle 23 motopompe considerate. Si è fatta poi un'analisi ABC su tali componenti ordinandoli in base valore a scorta attuale (in parte riportata in *Tabella 4.5*); per i codici di classe A è stata calcolata una media ponderata tra la quantità di scorte presenti (Quantità Stk attuale) e il relativo valore unitario⁶. Si vede come il “valore stock attuale” (Valore Stk attuale) più alto è dato dai motori, che sono presenti solo per 5 pezzi a scorta; la valvola invece ha un “Valore Stk attuale” più basso rispetto i motori,

⁶ Il valore unitario è stato normalizzato rispetto il costo di un componente per motivi di riservatezza aziendale.

nonostante a scorta siano presenti circa 700 pezzi. Questo significa che il suo valore unitario è basso e quindi la presenza di molti pezzi a scorta può essere dovuta all'ottimizzazione dei costi di trasporto o come conseguenza del lotto minimo ordinabile presso il fornitore. Per questi motivi nel calcolo dei pezzi a scorta, eseguito tramite la media ponderata, il peso della valvola è minore rispetto a quello del motore rendendo il risultato più veritiero.

Tabella 4.5 – Estratto dell'analisi ABC sui componenti.

Codice Materiale	Testo breve materiale	Val. unit.	Quantità Stk attuale	Valore Stk attuale	Valore Stk %	Valore Stk % Cumulato	CLASSE
10028013	Motore D.LD 12LD477-2+ES RPM2600 K4A7572	2673,06	5	13365,32	7,96%	7,96%	A
10004884	CORPO J 90 GDA MATR.162360	184,22	60	6537,00	3,89%	11,86%	A
10004856	CORPO J 40 G DA MATR.214941	38,86	230	5285,40	3,15%	15,00%	A
10002438	BATTERIA 12V/100Ah/400A C.A./2 C	100,00	78	4612,92	2,75%	17,75%	A
10004858	CORPO J 50 G DA MATR.71660	55,24	139	4541,13	2,70%	20,46%	A
10004861	CORPO J 85 G	145,82	50	4312,00	2,57%	23,02%	A
10009019	VALVOLA COMPL.J 80 NK	10,20	701	4227,03	2,52%	25,54%	A
10004894	CORPO J 2-180 G	165,05	40	3904,40	2,33%	27,87%	A
10004896	CORPO J 3-140 G	106,22	60	3769,20	2,25%	30,11%	A
10027663	Motore D.LD 12LD477-2+ES RPM1800 K4A7510	2766,32	2	3272,00	1,95%	32,06%	A
10029784	MOTORE D.LD 25LD425-2+ES RPM3000	2350,66	2	2780,36	1,66%	33,72%	A

Lo stesso procedimento è stato seguito per calcolare la scorta di prodotto finito alla fine del processo. I 2 magazzini risultano quindi avere queste giacenze medie:

- Magazzino di componenti e semilavorati 10,01 pezzi;
- Magazzino di prodotto finito 2,92 pezzi.

Essendo i prodotti della famiglia fatti su ordinazione e considerando che i componenti vengono prelevati tutti insieme al momento in cui questi devono essere prodotti, non sono stati trovati wip (work in process) tra le fasi del processo, se non nel periodo in cui le motopompe della famiglia sono in produzione. Tuttavia tra le fasi del ciclo produttivo si sono registrate delle attese, che sono state calcolate monitorando il tempo che intercorre tra la fine di una fase e l'inizio della successiva. Per concludere il disegno della Current State Map si è indicata la frequenza di contatto con i fornitori per l'approvvigionamento dei materiali, la frequenza della schedulazione e la frequenza delle spedizioni al cliente.

Gli ordini per l'approvvigionamento delle materie prime vengono fatti mensilmente per alcuni materiali, specialmente se riguardano la pompa, in quanto arrivano dall'azienda partner in Cina. La spedizione avviene in container via nave, per questo si cerca di saturarli con grandi quantità in modo da ridurre le spese di trasporto. Gli altri componenti invece vengono gestiti: con logica MRP se sono codici standard ad alta rotazione, in funzione dell'ordine ricevuto dal cliente se i componenti non sono standard o sono a bassa rotazione.

La schedulazione viene fatta settimanalmente per il montaggio e la carpenteria, per gli altri processi invece non viene effettuata e i reparti vengono alimentati secondo logica push dai primi.

Le spedizioni vengono effettuate ogni giorno seguendo gli ordini di consegna e sono spinte dai prodotti in uscita dall'imballo; infatti è solo nel momento in cui il prodotto viene confermato a magazzino che viene organizzato il trasporto.

Il passo successivo è stato calcolare il takt time, cioè il ritmo al quale il cliente richiede il prodotto. Per calcolarlo si è fatta una media delle vendite degli ultimi 3 anni relativamente alla famiglia di prodotto considerata e assumendo la disponibilità dell'operatore pari a 220gg/anno. Per cui:

$$Takt\ Time = \frac{(Tempo\ disponibile)_{gg/anno}}{(Domanda)_{Pz/anno}}$$

Il takt time, che è risultato essere circa 1gg/pz, è stato usato per convertire le scorte presenti nei buffer in giorni di copertura, i quali verranno sommati al tempo di produzione per calcolare il Lead time totale.

$$Scorte_{gg} = (Scorte)_{pz} * (Takt\ Time)$$

Si è quindi moltiplicata la scorta presente nei 2 buffer per il takt time, trovando rispettivamente 10,09 giorni di copertura per il buffer di componenti e 2,98 giorni di copertura per il buffer di prodotto finito.

Si è infine tracciata la time-line sotto ogni process-box che mette in evidenza il tempo a valore e il tempo non a valore. Grazie a questo strumento è stato possibile calcolare l'indice di flusso come indicatore della bontà del processo.

L'indice di flusso è stato calcolato come la somma del tempo (in ore) di tutte le attività (sia a valore aggiunto che a non valore aggiunto) e i buffer, divisa per la somma del tempo delle sole attività a valore aggiunto.

$$IF = \frac{T_{valore} + T_{non\ a\ valore} + T_{scorte} + T_{attese}}{T_{valore}}$$

L'indice di flusso, risultato essere 22,45, è elevato e sta ad indicare che vi sono degli sprechi nel flusso produttivo che allungano il Lead time senza creare valore nel prodotto. Si nota infatti che il tempo dedicato ad attività a valore è solo 5,33 ore ed è ben più basso delle 119,45 ore del tempo di attraversamento totale. L'obiettivo è quindi effettuare degli interventi sul flusso del valore per ridurre tale indice, cercando di eliminare qualsiasi attività a basso valore aggiunto che è causa principale del suo incremento. A tal proposito è utile effettuare un'analisi per capire quali elementi sono la causa di tali sprechi analizzando le criticità emerse nel flusso produttivo.

Le *Figure 5.13* e *5.14* in seguito mostrano la VSM fatta in azienda: sono stati usati post-it di colore giallo chiaro per indicare i buffer, verdi per indicare gli spostamenti, azzurri per indicare le varie fasi del processo, rosa per indicare le attese tra un processo e l'altro e in arancione invece si è evidenziato il flusso informativo.

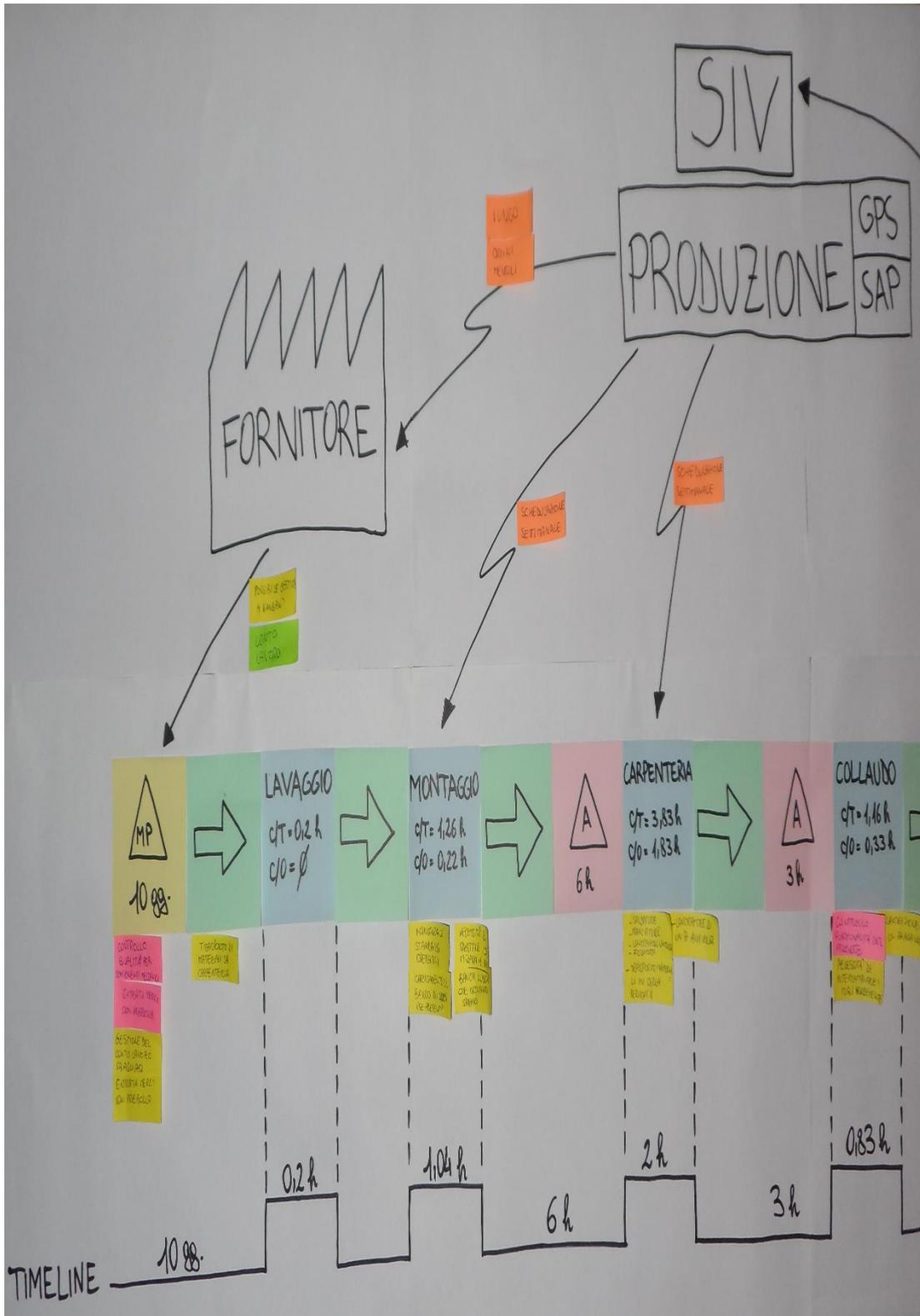


Figura 4.17 – La current State Map (parte 1 di 2)

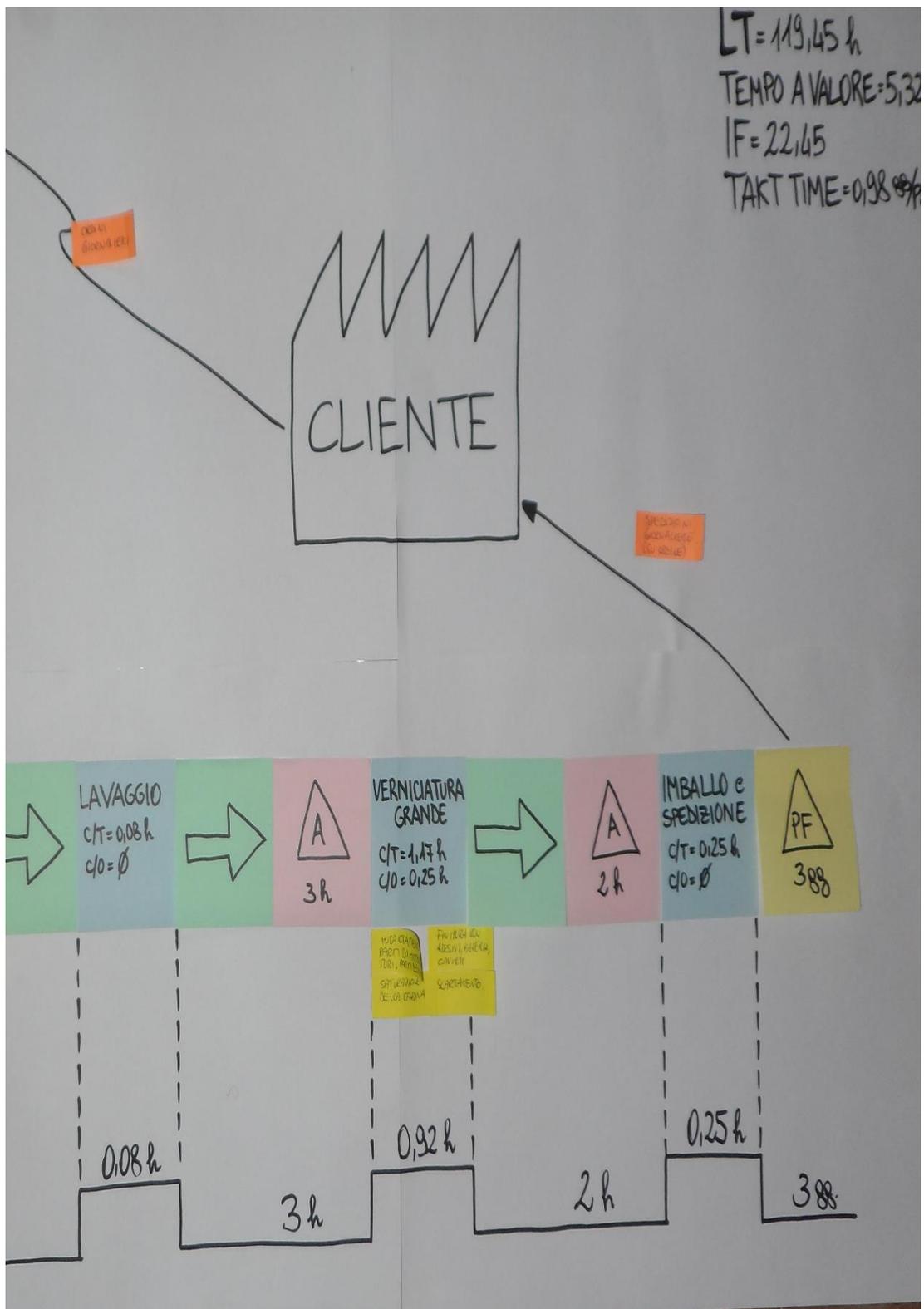


Figura 4.18 – La current State Map (parte 2 di 2)

4.7 L'analisi del flusso produttivo

Scomponendo il tempo di attraversamento in tempo a valore e a non valore, emerge come solo circa il 4,5% del tempo è dedicato ad attività che aggiungono valore al prodotto, il 95,5% invece è spreco (*Tabella 4.6*).

Tabella 4.6 – Scomposizione del tempo di attraversamento in tempo a valore e tempo non a valore

Tempo di attraversamento	[h]	%
Tempo non a valore	114,13	95,54%
Tempo a valore	5,33	4,46%
Totale	119,46	100,00%

Andando più nel dettaglio nell'analisi del tempo a non valore, la *Tabella 4.7* mostra com'è suddiviso tale spreco. In particolare la presenza di scorte di componenti e di prodotto finito incidono per circa l'85,5% sul tempo totale non a valore, le attese tra

Tabella 4.7 – Scomposizione del tempo non a valore in tempo scorte, tempo attese e tempo attività

Tempo non a valore	[h]	%
Tempo scorte	97,5	85,43%
Tempo attese	14,00	12,27%
Tempo attività non a valore	2,63	2,31%
Totale	114,13	100,00%

una fase e l'altra del processo incidono per il 12,2%, mentre le attività a basso valore aggiunto svolte nelle fasi incidono solo per il 2,3%.

Per ognuna delle categorie di tempo non a valore riportate in *Tabella 5.7* si sono analizzate le cause principali e in particolare se ne sono individuate 3:

- 1) Schedulazione non rispettata e tempi ciclo differenti;
- 2) Modalità di svolgimento dell'attività di allestimento;
- 3) Gestione del conto lavoro e delle scorte.

4.7.1 Le attese

Le attese presenti tra un reparto e l'altro avvengono principalmente per 2 motivi:

- Diverso tempo ciclo tra le fasi del processo;
- Schedulazione della produzione approssimativa.

Il diverso tempo ciclo delle varie fasi del processo rende difficile coordinare le fasi tra loro e causa una coda di prodotto che resta in attesa di essere processato. Se a questo si aggiunge il fatto che non vi è un criterio preciso per l'avanzamento degli ordini nel processo, lo sbilanciamento tra le fasi diventa ancora più evidente.

La schedulazione avviene sia per il montaggio che per la carpenteria; quest'ultima non sempre viene rispettata in quanto viene fatta per tutta la settimana, tenendo conto delle lavorazioni che verranno fatte al montaggio e associando ogni ordine ad uno specifico operatore. Un ritardo del montaggio infatti, fa in modo che l'operatore di carpenteria inizi nel frattempo un altro lavoro, non rispettando così la schedulazione anche degli ordini successivi e creando confusione. Con tanti prodotti in attesa e senza un criterio specifico per processarli, è più frequente che gli ultimi prodotti arrivati in reparto abbiano la priorità su quelli arrivati prima. In questo modo si ha un accumulo di ritardo e le consegne risultano spesso fuori tempo. La poca coordinazione tra i reparti e la mancanza di un criterio di priorità alla base, determina le attese evidenziate tra un processo e l'altro.

4.7.2 Modalità di svolgimento dell'attività di allestimento

Analizzando nel dettaglio il tempo non a valore dovuto alle attività a basso valore aggiunto, è emerso come queste derivino principalmente dall'attività di allestimento.

Il grafico nella *Figura 4.19* mostra il tempo occupato nelle attività a valore e a non valore per ciascuna fase del processo produttivo. Si nota come la fase di allestimento occupi 1,83 ore delle 2,63 ore totali di attività a non valore aggiunto (circa il 70%). Inoltre è l'unica attività che presenta una quantità di tempo a valore (2 ore) simile alla quantità di tempo non a valore (1,83ore). Infine rispetto al tempo totale di svolgimento della singola fase, si nota come la fase di allestimento sia la più lunga.

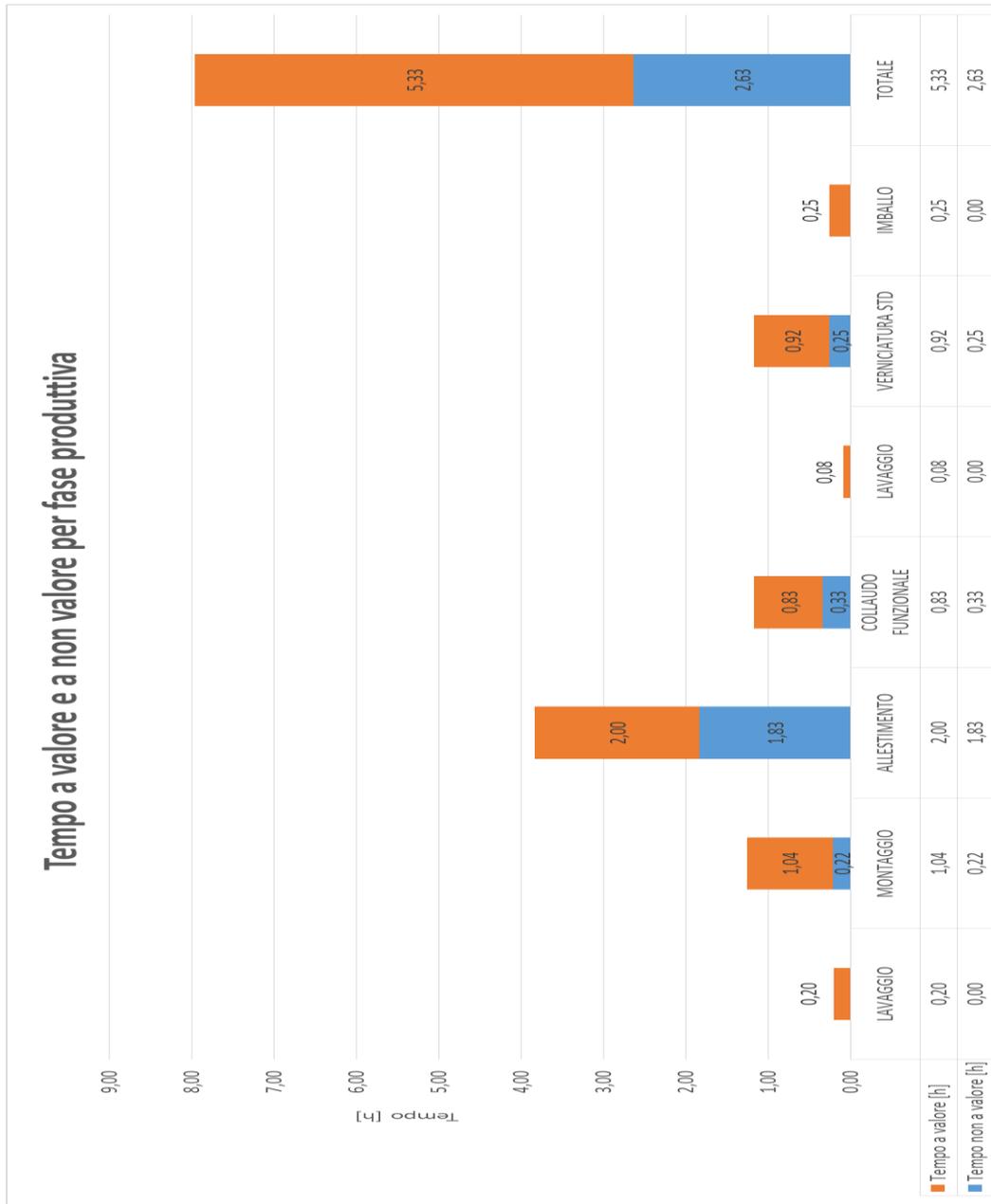


Figura 4.19 – Confronto tra tempo delle attività a valore e tempo delle attività a non valore per ciascuna fase del processo produttivo.

Questo fattore è una delle cause del disallineamento tra la fase di montaggio e allestimento che causa l'attesa di 6 ore descritta in precedenza.

Quanto appena affermato è dovuto al fatto l'attività di allestimento non riguarda solo l'assemblaggio della motopompa sul relativo telaio, ma comprende anche attività che servono per preparare i componenti ad essere saldati su di esso. Tali attività in particolare sono:

- tranciatura di lamiere e barre per adattare i componenti;
- tranciatura del gancio di sollevamento a misura;
- misurazione della quota dei fori di pompa e motore;
- foratura con trapano per collocare pompa e motore;
- misurazione delle quote di saldatura di componenti come assale e gancio di sollevamento.
- saldatura dell'assale al telaio;
- saldatura del gancio di sollevamento al telaio;
- spruzzo di antiruggine dove saldato;
- saldatura di spessori dove necessario.

Queste operazioni richiedono del personale esperto e con competenze molto specifiche, macchinari specifici (talvolta particolari), tanto che potrebbe essere più conveniente ricercare all'esterno fornitori specializzati in questo tipo di attività.

L'impostazione attuale è dovuta principalmente ad una non adeguata gestione nel tempo dei nuovi telai e relativi componenti, derivanti dalle nuove richieste dei clienti. La progettazione dei nuovi telai e componenti per far fronte a queste richieste infatti, è basata soprattutto sull'ottimizzazione di questi dal punto di vista funzionale, senza tenere in considerazione la semplicità di impiego degli stessi dal punto di vista produttivo. Questo ha creato un distacco tra progettazione tecnica e produzione che ha portato, da un lato all'aumento della varietà dei componenti dovuta alla progettazione di molti codici particolari fatti ad hoc per ogni singolo prodotto, dall'altro a non ricercare nuove soluzioni alternative alla saldatura dei pezzi che permettano alla produzione di operare più velocemente e in modo efficace.

Il problema fondamentale di questa gestione sta nel fatto le modifiche apportate ad ogni tipo di prodotto non vengono progettate secondo logica modulare, che

permetterebbe di avere componenti standard da poter applicare a diverse famiglie di prodotti secondo necessità.

La saldatura e la conseguente preparazione dei pezzi mediante macchinari specifici, non sono quindi mai state considerate attività dispendiose in termini di tempo e costo della manodopera, al contrario sono sempre state considerate attività necessarie al business.

4.7.3 Gestione del conto lavoro.

I materiali in entrata, riguardanti prevalentemente i componenti della pompa, necessitano di lavorazioni meccaniche che devono essere fatte esternamente. I componenti vengono acquistati dalle fonderie in grandi lotti, anche di 50 pezzi, i quali vengono ricevuti da Varisco S.p.A. e ubicati nel magazzino automatico; parte di questi viene quindi prelevata per essere mandata al fornitore, che effettuerà le lavorazioni meccaniche. Per limitare i costi la merce inviata in lavorazione non è quella strettamente necessaria alla produzione, ma viene lavorata a lotti. A questo punto la merce torna in azienda ed è pronta ad essere impiegata nel ciclo produttivo e, quella in eccesso viene stoccata nuovamente in magazzino. In questo modo la merce effettua doppi spostamenti e di conseguenza vengono pagati doppi trasporti; inoltre non è da sottovalutare il fatto che i magazzinieri devono effettuare molte movimentazioni del materiale a basso valore aggiunto. Questi ultimi infatti devono contare il materiale ogni volta che entra ed esce dall'azienda, rischiando di incorrere in errori e soprattutto generando perdite di tempo. Inoltre il deposito e il prelievo dei componenti dal magazzino automatico è molto dispendioso in termini di tempo: per questo motivo sarebbe utile movimentarlo solo nei casi realmente necessari, ossia quando i componenti sono prelevati per essere immediatamente utilizzati nelle fasi produttive dove si crea il valore.

Ultimo aspetto ma non meno importante è che in questo modo e lavorando con lotti elevati, le scorte risultano essere formate sia dai componenti grezzi, che dai componenti lavorati e questo aumenta il valore di magazzino.

4.8 Altre criticità

Oltre alle 3 precedentemente descritte, sono emerse altre criticità che influiscono sul processo produttivo e che non sono meno importanti. Tra queste si menzionano:

- Assenza di standard operativi;
- Movimentazione di pezzi inutile;
- La presenza di scorte di prodotto finito;

4.8.1 Assenza di standard operativi

In qualsiasi fase del processo, le attività vengono svolte senza seguire degli standard operativi. Non vi sono infatti sequenze di lavoro da seguire, ma queste sono date dall'esperienza degli operatori. Ognuno si è quindi creato un modo di lavorare e questo porta a volte a dimenticanze sul montaggio dei componenti, differenze nei tempi di lavorazione e scarso controllo sulla qualità del prodotto. Questo è evidente soprattutto nella delicata fase di montaggio della motopompa: ad esempio c'è chi mette più grasso sui cuscinetti, chi ne mette di meno, c'è chi monta prima un componente rispetto ad un altro ecc.. Se ci sono difetti o se la motopompa non funziona bene lo si vede solo nella fase di collaudo; molto spesso i problemi riscontrati in questa fase sono dovuti alla dimenticanza di operazioni che dovevano essere effettuate in fase di montaggio. L'assenza di standard operativi è dovuta anche alla mancanza di attrezzature che agevolano e guidano il montaggio e che permetterebbero di seguire delle sequenze ben precise nello svolgimento dello stesso. Le attrezzature renderebbero inoltre più ergonomico e preciso l'assemblaggio dei pezzi tra loro. Ad oggi infatti l'accoppiamento dei pezzi pesanti viene eseguito sopra il banco da lavoro regolando con il carro ponte l'altezza degli oggetti da accoppiare.

4.8.2 Movimentazione di pezzi inutile

Il prelievo dei componenti da magazzino avviene seguendo l'OT, il quale a sua volta viene generato a partire dalla distinta base. I componenti prelevati non vengono smistati in base al luogo di utilizzo, ma seguono l'Ordine di Produzione (OdP) in ogni fase del processo. Questo aumenta il numero di pallet che devono essere

trasportati, riduce lo spazio utile disponibile nei vari reparti e causa perdite di tempo per la loro movimentazione.

4.8.3 Le scorte di prodotto finito

Nonostante la produzione delle motopompe considerate sia make to order, è comunque presente uno stock di sicurezza che aumenta il valore del magazzino, facendo scattare la produzione anche quando non è presente nessun ordine. Il rilascio dell'OdP per il ripristino della scorta causa l'Ordine di Acquisto, necessario per l'approvvigionamento dei materiali utilizzati: il valore di magazzino quindi aumenta sia a causa dello stock di prodotto finito, sia per i nuovi materiali acquistati.

Inoltre vista la varietà di prodotti possibili, tale stock resta molto tempo a magazzino. Questo perché se ad esempio il cliente ordina una motopompa con delle guarnizioni di materiale diverso, essa dev'essere prodotta da zero. L'alternativa è smontare la motopompa a stock per modificarne i componenti secondo richiesta; tuttavia questo comporta un nuovo utilizzo di manodopera per un prodotto che è già stato fatto. Inoltre la giacenza prolungata di un prodotto finito richiede, una volta che deve essere venduto, che il collaudo debba essere eseguito nuovamente con un conseguente spreco di risorse.

Prese carico delle seguenti criticità riscontrate, nel capitolo successivo si discuterà del lavoro svolto per migliorare il processo.

5. Un primo passo verso lo Stato Futuro: la riduzione della varietà

L'obiettivo fondamentale dell'attività di Value Stream Mapping è di evidenziare la presenza di possibili interventi di miglioramento per implementare una nuova organizzazione del flusso del valore, la quale verrà poi rappresentata nella Future State Map. La Future State Map deve infatti rappresentare la direzione in cui l'azienda vuole procedere e deve dare le linee guida per poter da subito intraprendere dei piani di realizzazione.

In questo capitolo verrà costruita la Future State Map sulla base delle criticità esposte nel precedente capitolo. Verranno descritte poi le attività di miglioramento che l'azienda ha deciso di intraprendere e si proporranno delle altre soluzioni che potranno essere applicate in futuro.

5.1 La Future State Map

La gestione degli ordini dei prodotti della famiglia considerata è make to order e la sua domanda è caratterizzata da alta imprevedibilità, con conseguenti picchi produttivi improvvisi. Inoltre non è immaginabile fare uno stock di prodotti finiti con produzione trainata dal mercato, in quanto la varietà di prodotti da tenere a stock sarebbe troppo elevata e farebbe innalzare le scorte di prodotto finito. L'obiettivo è quindi rafforzare l'approvvigionamento dei componenti e velocizzare il flusso dei materiali all'interno, riuscendo ad essere in questo modo sempre pronti e rapidi a produrre; allo stesso tempo si minimizzerebbero le scorte e si manterrebbe una flessibilità produttiva elevata.

Gli obiettivi fissati per la Future State Map sono quindi:

- ridurre la varietà di componenti;
- aumentare la flessibilità produttiva;
- eliminare le attività a basso valore aggiunto;
- ridurre il Lead time di processo per garantire un tempo di risposta al mercato più breve;
- contenere i costi;
- eliminare le scorte di prodotti finiti e di materiali.

Alla luce di queste considerazioni e dalle criticità emerse nell'analisi della Current State Map, si è costruita la Future State Map (*Figure 5.1 e 5.2*); quest'ultima evidenzia quali dovrebbero essere i cambiamenti necessari per migliorare il processo e raggiungere gli obiettivi prefissati. Molte delle idee di miglioramento qui riportate sono scaturite dagli operatori, i quali hanno quotidianamente a che fare con i prodotti e i problemi che sorgono nelle varie fasi del processo produttivo.

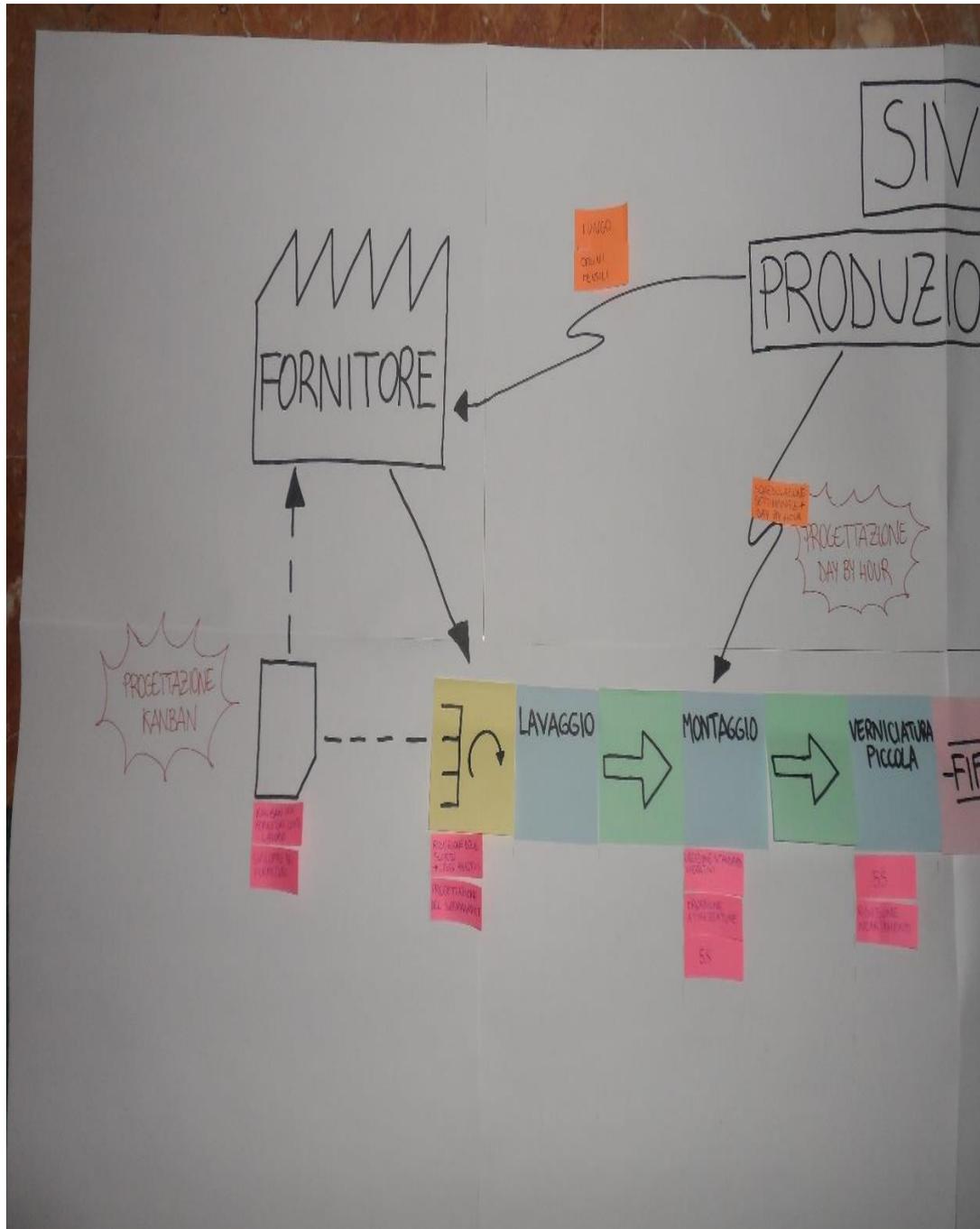


Figura 5.1 – La future State Map (parte 1 di 2)



Figura 5.2 – La future State Map (parte 2 di 2)

Per raggiungere lo stato futuro emergono numerose attività che devono essere intraprese in ogni fase del processo produttivo ed altre che invece sono trasversali ad esso; si va dall'approvvigionamento della materia prima alla gestione del flusso interno, per giungere all'organizzazione delle spedizioni. Queste attività corrispondono ai post-it rosa nella FSM e vengono qui di seguito riportate.

- Gestione diversa dei materiali in funzione del loro indice di rotazione con conseguente distinzione tra materiali da gestire a kanban, ad ordine aperto e tramite MRP. Per i componenti che necessitano di lavorazioni meccaniche, inoltre, è necessario sviluppare un sistema di comunicazione e coordinazione con il fornitore in modo tale da permettergli l'approvvigionamento autonomo dei componenti grezzi. Tale sistema deve al contempo garantire la qualità dei componenti lavorati che entrano in azienda. Inoltre una stretta collaborazione può portare alla riduzione del lotto d'acquisto e di conseguenza delle scorte.
- Creazione di standard operativi per ogni fase del processo, soprattutto per le fasi di montaggio e carpenteria. In questo modo si favorisce il monitoraggio dei difetti, si riducono le probabilità di errori e dimenticanze e si garantisce una miglior qualità del prodotto.
- Creazione di attrezzature che rendano più ergonomico il montaggio della pompa, che favoriscano la creazione degli standard operativi citati sopra e che consentano di procedere one piece flow, evitando così l'accumulo di materiale sul banco di lavoro.
- Riprogettazione del telaio delle motopompe secondo le logiche di modularità dei componenti. Si vuole infatti creare una piattaforma che permetta di supportare con appositi kit tutti gli allestimenti richiesti dal cliente, aumentando così la flessibilità e diminuendo la varietà di componenti da tenere a scorta. Tali kit potrebbero poi essere stoccati nel supermarket e gestiti a kanban con il fornitore in modo tale da tenere sotto controllo le scorte.
- Eliminazione delle attività a basso valore aggiunto che richiedono personale specializzato, a favore di attività di assemblaggio. Questo diventa possibile sostituendo l'approvvigionamento di componenti grezzi da lavorare internamente, con componenti già finiti e pronti per essere assemblati.

- Verniciatura del solo corpo pompa nell'area dedicata alla “verniciatura piccola” ed eliminazione dell'attività di lavaggio, la quale può essere fatta direttamente dall'impianto di verniciatura.
- Definizione del processo pacemaker mediante una bacheca day by hour nella fase di montaggio e organizzazione del flusso secondo la logica FIFO per ridurre l'attesa media tra i processi;
- Applicazione delle 5S ad ogni reparto.

Nonostante dall'analisi della Current State Map sia emerso che la maggior parte di tempo non a valore proviene dalla presenza di scorte a magazzino e dalle attese presenti tra le fasi del processo, l'azienda ha deciso di intervenire in primo luogo sull'eliminazione delle attività a basso valore della carpenteria. Questa scelta è stata fatta per diversi motivi:

- è la fase più lunga del percorso critico (3,83 ore);
- presenta la maggior percentuale di attività a basso valore aggiunto rispetto agli altri processi: circa il 70% (escluse le attese);
- il telaio e i suoi accessori sono gli elementi più facilmente modificabili, senza impattare sulle funzionalità del prodotto;
- aumentare la flessibilità e la velocità di questa fase permette di ridurre la scorta a magazzino di prodotti finiti.

5.2 Il reengineering dei componenti: la creazione delle piattaforme.

Alla luce di quanto affermato alla fine del paragrafo precedente, l'azienda ha pensato di ridurre le attività a basso valore aggiunto della fase di allestimento, commissionando la creazione di una o più piattaforme telaio modulari sulle quali far convergere la maggior parte di prodotti della famiglia considerata. Per la creazione della piattaforma telaio e dei vari kit si sono in primo luogo analizzati i possibili allestimenti per la famiglia di motopompe considerata ossia a servizio semplice, con motore a combustione interna e di taglia compresa tra 1^{1/2}” e 4”.

Tali allestimenti risultano essere molteplici.

- Trolley: motopompa su carrello che può essere direzionato con timone snodabile.
- Base: motopompa su basamento che può essere ancorato a terra.

- Road: motopompa che viene fornita su carrello stradale.
- Skid: motopompa su slitta che può essere trainata in cantiere.
- Bull: motopompa su slitta o base con roll-bar tubolare.

Nonostante l'allestimento più venduto sia il trolley, l'idea è quella di progettare comunque una piattaforma flessibile che sia predisposta per poter assemblare anche gli altri tipi di allestimento, o comunque sulla base della quale si possano creare nuovi componenti adattabili in funzione delle richieste del cliente.

Si sono successivamente prese in esame le distinte base di 23 motopompe Trolley, considerate nell'analisi ABC fatta nel precedente capitolo. Sono state poi ricercate le stesse motopompe, ma con i 4 allestimenti differenti. Da queste si sono estrapolati i componenti più significativi che vengono utilizzati nella fase allestimento, in particolare sono stati evidenziati:

- 17 potenziali telai finiti per ogni tipologia di allestimento;
- 5 tipologie di gancio di sollevamento che dev'essere lavorato mediante tranciatura e poi saldato;
- 3 tipologie di ruote, un tipo delle quali deve essere saldato all'assale;
- 3 tipologie di assali, in alcuni casi pre-saldati sul telaio e in altri da saldare in toto;
- 12 tipologie di barre che servono per adattare i componenti al telaio;
- 2 tipologie di piede carrello già saldati a telaio;
- 2 tipologie di manico per carrello;

I telai finiti considerati sono potenziali, in quanto ad oggi non tutti gli allestimenti sono stati richiesti dal cliente per ciascuna delle motopompe considerate. Se ciò accadesse, in ogni caso, il telaio dev'essere progettato e costruito dall'inizio, non potendo infatti utilizzare i telai già esistenti.

Si può dire quindi che la varietà dei telai si verifica su molteplici aspetti.

- Tra gli allestimenti: questo perché, a parità di motopompa da allestire, i semilavorati dei telai presentano dei componenti tipici del particolare tipo di allestimento che sono già saldati. Un esempio è quello dell'assale e il piede carrello (*Figura 5.3*). Oltre a far aumentare la varietà, i componenti già saldati a telaio riducono la flessibilità in fase di allestimento.

- All'interno degli allestimenti: questa dipende soprattutto dalla differenza di taglia, dalla dimensione della girante della pompa che determina, insieme alla taglia, la dimensione del corpo pompa e dal motore. Tutti questi elementi influiscono sulla posizione dei fori per fissare il tutto a telaio. Molto spesso infatti, a partire dallo stesso semilavorato, sono proprio le diverse forature necessarie per alloggiare la motopompa a determinare le differenze tra i telai finiti. Tali forature vengono fatte dagli operatori in corso d'opera secondo quanto riportato nel disegno tecnico, con un notevole dispendio di tempo.

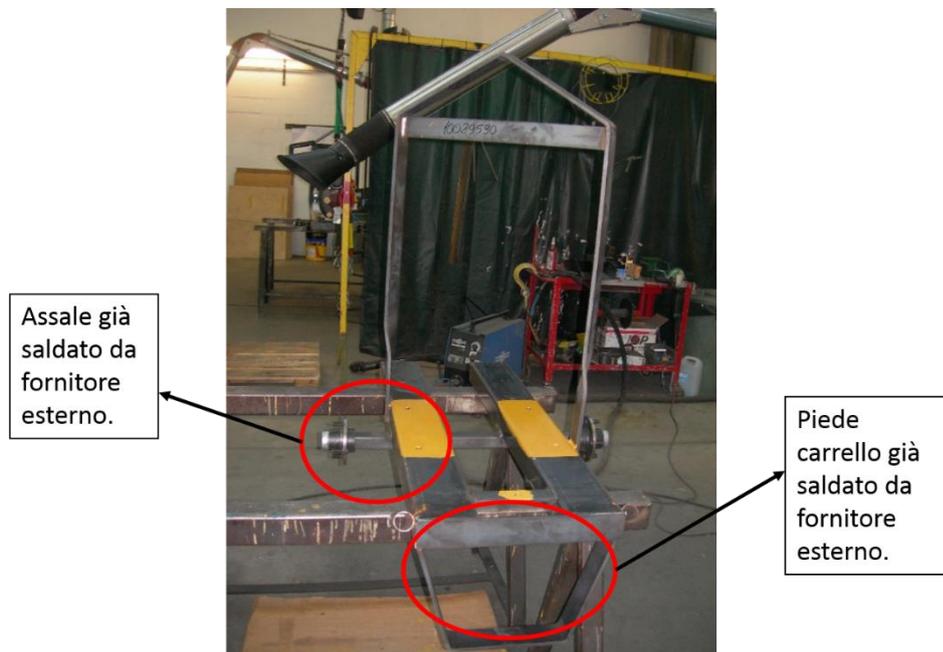


Figura 5.3 – Telaio semilavorato con componenti che vengono saldati in conto lavoro

La varietà dei telai è quindi causa della poca attenzione nella fase di progettazione dell'allestimento: si sono infatti progettati ad hoc, senza tenere conto dei disegni già realizzati e senza pensare di adattare la nuova configurazione di motopompa ad un codice già esistente. Questa gestione ha causato la necessità di dover gestire numerosi codici.

Per creare la nuova piattaforma si è partiti analizzando i disegni tecnici dei telai semilavorati per le 23 motopompe trolley selezionate, confrontandoli tra loro al fine di cercare delle similitudini per quanto riguarda dimensione, forma e grandezza.

Si quindi sono stampati i disegni tecnici dei telai in oggetto e si sono confrontate le quote relative alle dimensioni principali: lunghezza, larghezza, altezza. Si sono notate fin da subito delle similitudini:

- 2 misure di larghezza: 320mm e 405mm;
- 5 misure di lunghezza: 500mm, 600mm, 800mm, 1000mm, 1100mm;
- 1 misura di altezza: 50mm.

In *Tabella 5.1* sono riportati i telai, le motopompe sulle quali sono montati e le relative misure.

Tabella 5.1 – Rappresentazione della varietà dei telai presenti e delle misure principali: lunghezza, larghezza, altezza

Telai presenti prima dell'unificazione e relative dimensioni principali				
Pompa	Testo breve oggetto	Lunghezza Telaio	Larghezza Telaio	Altezza Telaio
JD 1-110 K10 MLD02 BASE	BASAMENTO J 1-110 MLD 15LD225/SS+E	500mm	320mm	50mm
JD 2-120 K10 MLD03 TROLLEY	CARRELLO J 50-E100/6LD325-400 15LD440			
JD 2-120 G10 MLD03 TROLLEY	CARRELLO J 50-E100/6LD325-400 15LD440			
JD 2-120 G10 MLD56 TROLLEY	CARRELLO J 50-E100/ 6LD325-400 15LD440			
JD 3-140 G10 MLD05 TROLLEY	CARRELLO J 3-140 6LD-15LD 400/S.S.			
JD 3-140 G10 MLD10 TROLLEY	CARRELLO J 3-140 6LD-15LD 400/S.S.			
JD 1-110 G10 MLD01 TROLLEY	CARRELLO J 50MA-ML-MR/J70 MC-330X80			
JD 1-110 G10 MLD02 TROLLEY	CARRELLO JD 1-110 330x80	800mm	405mm	
JD 2-120 G10 MLD04 TROLLEY	CARRELLO JD 2-120 330x80	600mm		
JD 2-120 G10 MLD14 TROLLEY	CARRELLO JD 2-120 330x80		800mm	
JD 2-180 G10 MLD10 TROLLEY	CARRELLO J 2-180 15LD440 S.S.	405mm		
JD 1-180 P30 MHT 02 TROLLEY	CARRELLO J 1-180/MHT 1B40T-6/S.S.			
JD 3-140 G10 MHT02 TROLLEY	CARRELLO J 3-140/MHTE 1B40T-6/S.S.		1100mm	
JD 1-180 G10 MHT20 TROLLEY	CARRELLO J 1-180/MHTE 1B40T-6/S.S.			
JD 3-140 G10 MLD06 TROLLEY	CARRELLO J 3-140 6LD/15LD S.S.+E			
JD 3-140 G10 MLD08 TROLLEY	CARRELLO J 3-140 6LD/15LD S.S.+E	1000mm		
JD 3-140 G10 MLD11 TROLLEY	CARRELLO J 3-140 6LD/15LD S.S.+E		1100mm	
JD 2-215 G10 MLD31 TROLLEY	CARRELLO J 2-215 MLD 25LD425-2/MD190	1000mm		
JD 3-210 Q10 MLD24 TROLLEY	CARRELLO J 85 MLDE 12LD477-2/RD211 S.S.		1100mm	
JD 4-159 G10 MLD25 TROLLEY	CARRELLO J 90 MLDE 12LD477-2/RD211 S.S.	1100mm		
JD 4-159 MLD45 TROLLEY	CARRELLO J 90 MLDE 4LD705 S.S.		1100mm	
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY	CARRELLO J 4-160 MLDE 12LD477-2+PUL S.S.	1100mm		
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY VISION	CARRELLO J 4-160 MLDE 12LD477-2+PIEDE S.S.		1100mm	
TOTALE	17	5		2

Si sono analizzate le cause di tali differenze, selezionando i componenti che devono essere assemblati sul telaio e che determinano le misure di ingombro della motopompa.

Tali componenti sono:

- il corpo pompa, la cui dimensione dipende dai bocchettoni di aspirazione e mandata, oltre che dalla taglia. Inoltre a parità di taglia la sua dimensione può variare a causa della dimensione della girante. Il corpo influisce sulla larghezza del telaio;
- la girante che può avere, a parità di taglia, diametri differenti; questa influisce sulla dimensione del corpo pompa e quindi sulla larghezza del telaio;
- il motore, il quale potendo essere di marche differenti e avendo ingombri differenti a seconda della taglia della pompa, influisce sulla larghezza del telaio;
- l'accensione che può essere meccanica o elettrica; in quest'ultimo caso è presente la batteria che viene ubicata sul retro del telaio, motivo per il quale deve essere quindi più lungo. Influisce quindi sulla lunghezza.

Guardando la *Tabella 5.2* si nota come tutte le motopompe di taglia 4" necessitano di un telaio lungo almeno 1000mm; in questo caso non è possibile accorciare tale telaio altrimenti l'ingombro delle motopompe andrebbe fuori dallo stesso.

Tabella 5.2 – Suddivisione della lunghezza dei telai in funzione della tipologia di accensione

Tipologia di accensione	Lunghezza Telaio	Taglia	Diametro Girante
elettrica	800mm	1"	110mm
		1"	180mm
		2"	120mm
		3"	140mm
	1000mm	2"	215mm
		3"	210mm
		4"	159mm
1100mm	4"	159mm	
meccanica	500mm	1"	110mm
		2"	120mm
		3"	140mm
	600mm	1"	180mm
		2"	180mm
		3"	140mm

Per quanto riguarda le altre lunghezze, tipiche delle motopompe di taglia inferiori a 4", si nota come queste dipendano esclusivamente dal tipo di accensione: osservando i riquadri rossi e azzurri, a parità di taglia e diametro della girante e quindi di dimensioni del corpo, la lunghezza è determinata dal fatto che vi sia o meno l'accensione elettrica. Questo perché la presenza dell'accensione elettrica necessita del fatto che il telaio sia idoneo a contenere la batteria sul retro dello stesso: deve quindi essere più lungo.

Per queste ultime si potrebbe quindi ipotizzare di scegliere una lunghezza del nuovo telaio pari a 500mm e di fare un modulo porta batteria di lunghezza 300mm che permetta, secondo necessità, di portare la lunghezza del telaio a 800mm. La scelta di fare un modulo porta batteria è giustificata dal fatto che, per le motopompe considerate che utilizzano il telaio di larghezza 320mm, il numero delle motopompe che non necessitano di questa applicazione è preponderante (*Tabella 5.3*)

Tabella 5.3 – Suddivisione della lunghezza dei telai in funzione della tipologia di accensione

	Presenza batteria N=No; Y=Si		Totale complessivo
	N	Y	
Fatturato [€]	€ 273.543,60	€ 204.841,89	€ 478.385,49
Quantità vendute [pz]	194	106	300

Per quanto riguarda la larghezza invece, vi sono due misure principali: 320mm e 405mm. Queste dipendono prevalentemente dall'ingombro della pompa e del motore, i quali non devono sporgere dal telaio. È stato verificato che il motore ha ingombro sempre maggiore rispetto la pompa, perciò si può concludere che sia quest'ultimo a determinare la larghezza del telaio.

Alla luce di questo aspetto si sono riscontrate delle incongruenze: osservando la *Tabella 5.4*, nei riquadri rossi si nota come a parità di taglia, lo stesso motore ma con accensione diversa⁷, viene utilizzato sia nel telaio con larghezza 320mm che in quello da 405mm. Alla luce di quanto affermato in precedenza, l'unica differenza tra le 2 accensioni è la presenza della batteria. Sapendo che quest'ultima incide solo

⁷ Nella denominazione del motore, la sigla +ES identifica la presenza dell'accensione elettrica.

sulla lunghezza del telaio e non sulla sua larghezza, si è pensato di unificare l'allestimento sul telaio di larghezza inferiore, pari a 320mm.

Tabella 5.4 – Larghezza del telaio in funzione della taglia, diametro della girante e motore

Larghezza telaio	Taglia	Diametro Girante	Motore
320mm	1"	110mm	15LD225+ES
		110mm	15LD225+R
	2"	120mm	15LD315
		120mm	15LD315+ES
		120mm	15LD350
	3"	140mm	15LD400
140mm		15LD440	
405mm	1"	180mm	1B40T-6
		180mm	1B40T-6+E
	2"	180mm	15LD440
		215mm	25LD425-2+E
	3"	140mm	15LD400+ES
		140mm	15LD440+ES
		140mm	1B40T-6
		140mm	6LD400
	4"	210mm	12LD477-2+ES
		159mm	12LD477-2+ES
	159mm	4LD820+E	

Dopo ulteriori osservazioni e analisi si è giunti alla conclusione che è possibile unificare i 23 telai finiti considerati in solo due piattaforme principali, già forate e predisposte per alloggiare le motopompe:

- una piattaforma grande avente larghezza 405mm e lunghezza 1100mm;
- una piattaforma piccola avente larghezza 320mm e lunghezza 500mm.

Per quest'ultima è stato progettato un modulo porta batteria che ne fa aumentare la lunghezza da 500mm a 800mm. Il risultato dell'unificazione è riportato in *Tabella 5.5*.

Una volta progettate le dimensioni della piattaforma si sono analizzati gli allestimenti possibili, al fine di individuare i componenti necessari a comporre ciascun allestimento.

Tabella 5.5 – Risultato dell'unificazione dei telai e relative dimensioni principali

Telai presenti dopo l'unificazione e relative dimensioni principali				
Pompa	Testo breve oggetto	Lunghezza Telaio	Larghezza Telaio	Altezza Telaio
JD 1-110 K10 MLD02 BASE	Telaio Piccolo	500mm	320mm	50mm
JD 2-120 K10 MLD03 TROLLEY				
JD 2-120 G10 MLD03 TROLLEY				
JD 2-120 G10 MLD56 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MLD05 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MLD10 TROLLEY				
JD 1-110 G10 MLD01 TROLLEY				
JD 1-110 G10 MLD02 TROLLEY				
JD 2-120 G10 MLD04 TROLLEY				
JD 2-120 G10 MLD14 TROLLEY				
JD 2-180 G10 MLD10 TROLLEY				
JD 1-180 P30 MHT 02 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MHT02 TROLLEY				
JD 1-180 G10 MHT20 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MLD06 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MLD08 TROLLEY				
JD 3-140 G10 MLD11 TROLLEY				
JD 2-215 G10 MLD31 TROLLEY				
JD 3-210 Q10 MLD24 TROLLEY				
JD 4-159 G10 MLD25 TROLLEY				
JD 4-159 MLD45 TROLLEY				
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY				
JD 4-159 G10 MLD27 TROLLEY VISION01				
TOTALE	2	2	2	1

Si sono quindi definiti i seguenti kit:

- kit trolley: presenta componenti distintivi come il gancio di sollevamento, il piede carrello (in alternativa il timone snodabile), il manico per il traino, l'assale e le ruote;
- kit base: comprende il gancio di sollevamento e degli innesti per ancorare il telaio a terra mediante bulloni;
- kit road: rispetto al precedente comprende il carrello stradale;
- kit skid: comprende il gancio di sollevamento e una slitta che permette il trascinamento della motopompa;

- kit bull: rispetto al precedente comprende uno scheletro.

Tenendo conto di questi aspetti caratteristici per ogni allestimento, mediante il Software CAD 3D sono stati progettati i componenti di seguito elencati in modo tale che possano essere assemblati alle piattaforme prima descritte solo quando richiesto.

- Il gancio di sollevamento grande;
- Il gancio di sollevamento piccolo;
- Il piede carrello grande;
- Il piede carrello piccolo;
- Le piastre ad L per il fissaggio dell'assale e/o al terreno;
- Il modulo porta batteria;
- Il controtelaio skid;
- La protezione tubolare.

Per quanto riguarda le ruote e l'assale essi vengono acquistati all'esterno, in quanto si è riusciti a trovare dei prodotti standard. Per permettere il fissaggio di quest'ultimo senza saldatura, inoltre, si sono progettati dei componenti aggiuntivi, quali delle piastre ad L che vanno fissate sul lato del telaio e vengono sostenute da dei cavallotti quadri di dimensione standard. La *Tabella 5.6* riassume quindi i componenti caratteristici per ogni allestimento, alcuni dei quali devono essere progettati in modo tale che il loro assemblaggio possa avvenire senza saldature. Si nota che una volta scelto il telaio, è possibile configurarlo in qualsiasi modo semplicemente scegliendo i componenti del kit selezionato e assemblandoli.

Gli assali a questo punto non arrivano più saldati al telaio, ma come componente sfuso e vengono imbullonati al telaio quando il cliente richiede l'allestimento che lo prevede. Si è passati inoltre da 3 a 2 tipologie di assale di lunghezze differenti: una per il telaio piccolo (510mm) e una per quello grande (630mm). Anche i tipi di ruote sono stati ridotti da 3 a 2, anch'esse di dimensioni differenti, una per il telaio piccolo e una per quello grande.

Tabella 5.6 – Componenti caratteristici per ogni allestimento

Telaio	Kit Base	Kit Trolley	Kit Skid	Kit Bull
Telaio Piccolo	Gancio di sollevamento piccolo	Gancio di sollevamento piccolo	/	/
		Piede carrello piccolo		
	Piastre ad L	Manico piccolo		
		Piastre ad L		
		Assale L=510mm		
		Cavallotto quadro		
		Ruote 4.00X8"		
Modulo portabatteria				
Telaio Grande	Gancio di sollevamento grande	Gancio di sollevamento grande	Gancio di sollevamento grande	Controtelaio skid
		Piede carrello grande		
	Piastre ad L	Manico grande	Controtelaio skid	Piastre ad L
		Piastre ad L		
		Assale L=630mm		
		Cavallotto quadro		
		Ruote 5X10"		

La *Tabella 5.7* riassume com'è cambiata la varietà dei componenti necessari all'allestimento dopo la modularizzazione. Si nota come i componenti da gestire siano passati da 35 a 15, soprattutto grazie ad una forte riduzione dei telai finiti dovuta alla realizzazione delle due piattaforme. La differenza sarebbe ancora più marcata se tra i telai finiti si considerano anche i telai necessari per gli altri 4 allestimenti possibili. Inoltre è stato eliminato anche l'uso di barre metalliche che dovevano essere tagliate, forate ecc. per poi essere saldate a telaio.

Tabella 5.7 – Confronto tra la varietà prima e dopo il reengineering dei componenti

COMPONENTI	TIPOLOGIE	
	Prima	Dopo
Telaio (solo trolley)	17	2
Gancio di sollevamento	3	2
Assale	3	2
Ruote	3	2
Barre	7	0
Piede carrello	/	2
Manico	2	2
Cavallotto quadro	0	1
Modulo porta batteria	/	1
Piastre ad L	/	1
TOTALE	35	15

Tutti i nuovi componenti arrivano in Varisco S.p.A. già trattati con zincatura elettrolitica gialla, la quale offre una durata maggiore rispetto alla tradizionale verniciatura. In questo modo la verniciatura dell'intera motopompa allestita non è più necessaria. Questo permette di gestire componenti standard, già finiti e pronti per essere utilizzati, eliminando i semilavorati grezzi che dovevano essere modificati internamente. Le operazioni di preparazione dei componenti mediante specifiche lavorazioni con macchinari, come la tranciatrice o le saldatrici e il trapano, dispendiose in termini di tempo e a basso valore aggiunto, non sono a questo punto più necessarie. L'operatore deve svolgere semplicemente l'assemblaggio di

componenti già finiti. Questa attività non richiede competenze specifiche e può essere svolta da qualsiasi operatore; in questo modo gli operatori specializzati possono essere impiegati per svolgere attività di carpenteria per prodotti speciali, a bassi volumi e a maggior valore aggiunto.

Alla luce di quanto appena detto la *Tabella 5.8* mostra com'è variata la modalità di impiego dei componenti in reparto per questa famiglia di prodotti.

Tabella 5.8 – Confronto tra la varietà prima e dopo il reengineering dei componenti

COMPONENTI	MODALITA' DI UTILIZZO	
	Prima	Dopo
Telaio grezzo (solo trolley)	Conto lavoro/Foratura	/
Gancio di sollevamento	Saldatura/Tranciatura	Assemblaggio
Assale	Saldatura/Già saldato	Assemblaggio
Ruote	Assemblaggio/Saldatura	Assemblaggio
Barre	Tranciatura/Saldatura	/
Piede carrello	Già saldato	Assemblaggio
Manico	Assemblaggio	Assemblaggio
Cavallotto quadro	/	Assemblaggio
Modulo porta batteria	/	Assemblaggio
Piastre ad L	Già saldato	Assemblaggio

La riprogettazione dei componenti secondo logica modulare ha permesso di ottenere maggiore flessibilità in fase produttiva, permettendo all'azienda di reagire in tempi rapidi alla richiesta di un qualsiasi allestimento da parte del cliente.

Come si vedrà nei paragrafi seguenti, tale strategia ha portato a dei risultati dal punto di vista della riduzione del tempo di attraversamento, dei costi del prodotto grazie alla riduzione delle ore di manodopera e delle scorte di prodotto finito che non sono più necessarie.



Figura 5.4 – Telaio semilavorato costruito mediante operazioni di saldatura, prima del reengineering dei componenti

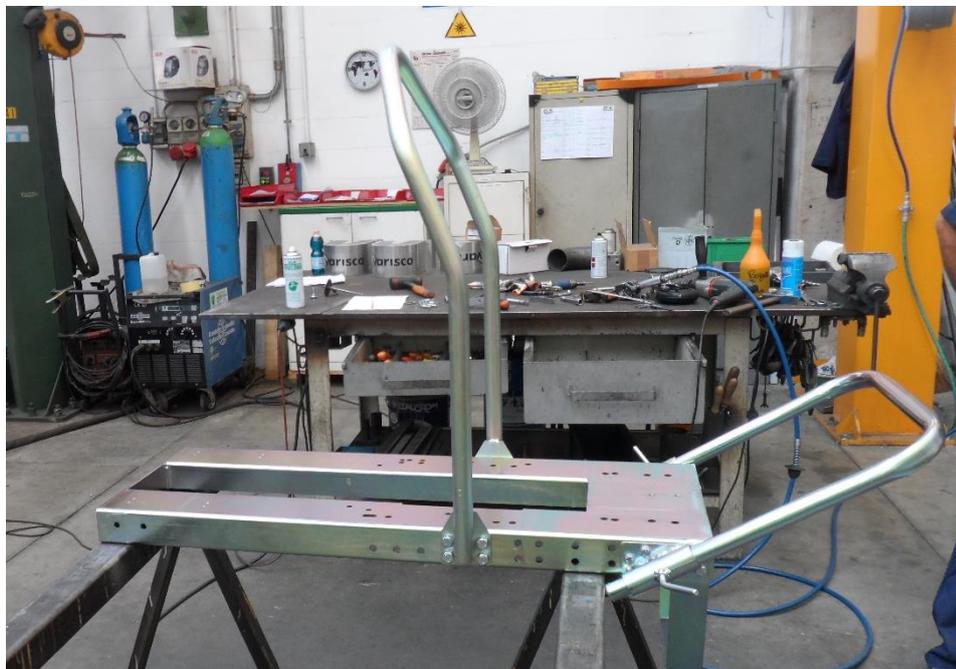


Figura 5.5 – Telaio semilavorato costruito mediante operazioni di assemblaggio, dopo il reengineering dei componenti

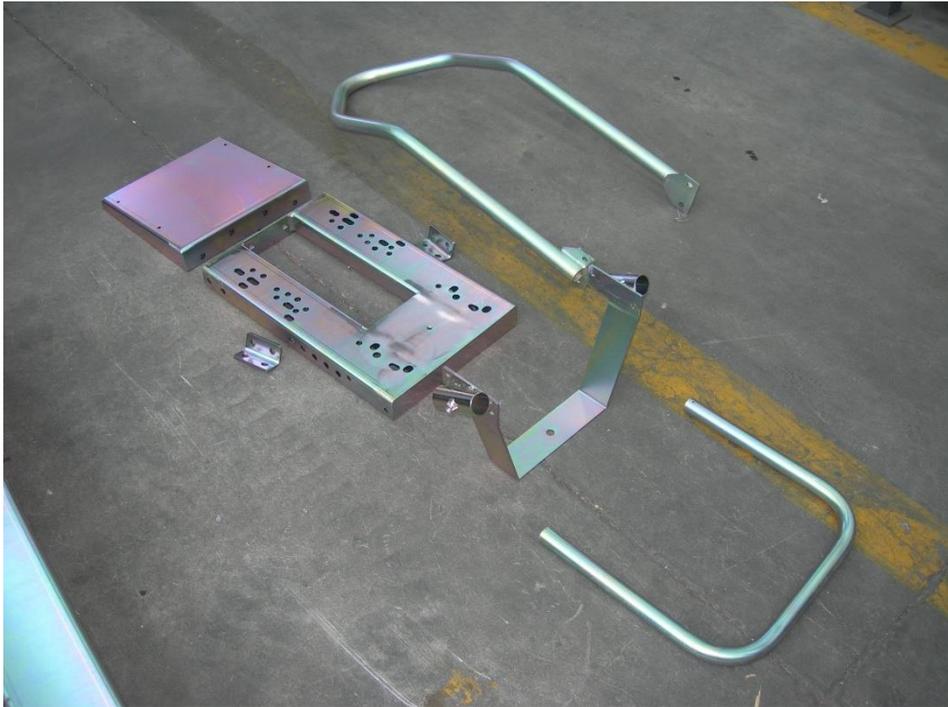


Figura 5.6 – Piattaforma piccola e relativi moduli per allestimento Trolley



Figura 5.7 – Piattaforme modulari configurate con allestimento trolley

5.3 Gli impatti sui costi dei componenti

Come detto in precedenza, uno degli obiettivi della riprogettazione dei componenti è ridurre la varietà degli stessi, in modo tale che da una piattaforma di base si potessero poi ricavare tutti gli allestimenti possibili. Questo è stato progettato per conferire flessibilità al sistema produttivo, semplificando però allo stesso tempo l'acquisto dei componenti che ora sono diventati standard per ogni prodotto.

Il fatto di comprare dei componenti già finiti e pronti per essere assemblati ha degli effetti positivi sui tempi di produzione e sui costi di manodopera, allo stesso tempo però causa un aumento del costo dei materiali acquistati. Questo aumento dei costi può essere però compensato in parte, come già detto, dalla riduzione del costo della manodopera e in parte dalla riduzione delle scorte presenti a magazzino, soprattutto quelle di prodotto finito. Del primo aspetto si parlerà nel prossimo paragrafo, mentre in questo ci si concentrerà sul secondo.

Nella *Tabella 5.9* è indicata la variazione di costo dei componenti dell'allestimento completo trolley, essendo il più richiesto dai clienti e quindi il più significativo.

Tabella 5.9 – Variazione di costo dei componenti riprogettati

Descrizione oggetto	PRIMA	DOPO	DELTA COSTO %
TELAIO CARRELLO	36,51	51,01	39,74%
PIEDE CARRELLO	0,00	12,06	100,00%
GANCIO SOLLEVAMENTO CARRELLO	17,73	27,83	56,94%
ASSALE	6,96	12,39	78,13%
MANICO GRANDE	3,67	7,88	114,65%
PIASTRA L ASSALE	0,00	1,86	100,00%
CAVALLOTTO QUADRO	0,00	1,25	100,00%
COPIGLIA 3X50	0,01	0,01	0,00%
RUOTA PNEUMATICA 5.00X10"4F BAL DX	12,80	12,80	0,00%
RUOTA PNEUMATICA 5.00X10"4F BAL SX	12,80	12,80	0,00%
ANTIVIBRANTE	1,64	1,64	0,00%
STAFFA FERMABATTERIA	0,23	0,23	0,00%
PORTABATTERIA VERN.	2,16	2,16	0,00%
BARRA PIATTA 50X8 UNI-EU58	0,19	0,00	-100,00%
MANIGLIETTA PIEGATA PER CARRELLO	0,72	0,00	-100,00%
BARRA PIATTA 40X10 UNI-EU58	1,79	0,00	-100,00%
SUPPORTO Q.E./ARR.MOT.x 12LD477-2/RD211	2,78	0,00	-100,00%
TOTALE	100,00	143,92	43,92%

In celeste si sono evidenziati quegli elementi nuovi che ora possono essere acquistati separatamente per comporre il kit o che sono stati riprogettati per essere imbullonati e che prima invece entravano in Varisco S.p.A. già saldati nel telaio o da saldare. In bianco invece sono stati evidenziati i componenti che sono rimasti tali e quali, mentre in verde si evidenziano i componenti che sono stati eliminati. Si può notare come questi siano principalmente barre e maniglie di basso valore, che tuttavia dovevano essere lavorate per adattare i componenti al telaio ed eseguire l'allestimento.

Fatto 100 il costo del carrello la *Tabella 5.9* mostra inoltre com'è suddiviso tale costo per quanto riguarda i singoli componenti. Si nota che per tutti i componenti, nuovi o riprogettati, il costo è aumentato rispetto a prima ma con un notevole vantaggio: non necessitano più di lavorazioni interne. Il costo totale del materiale per l'allestimento è cresciuto del 43,92%: è un aumento importante che verrà meglio analizzato alla fine del prossimo paragrafo, considerandolo in relazione ai costi totali della motopompa e alla riduzione della manodopera.

5.4 Gli impatti sul flusso a valore

La riprogettazione del telaio e la riduzione della varietà mediante la creazione di due piattaforme pre-forate sulle quali poter installare dei moduli, già pronti per essere assemblati, ha degli impatti sui tempi di produzione, in particolare sulla fase di allestimento e verniciatura. Inoltre impatta sul flusso dei materiali nel processo e sulla sequenza delle fasi produttive.

La seguente tabella (*Tabella 5.10*) riassume i risultati ottenuti in termini di riduzione del tempo di produzione. Partendo dalla fase di allestimento, si nota come il tempo ciclo produttivo sia passato da 230 a 100 minuti complessivi, con una riduzione del 56,52%. Come si esaminerà in seguito, questo è dovuto all'eliminazione delle attività di preparazione dei componenti e dalle nuove modalità di fissaggio dei moduli tra loro, che sono passate dalla saldatura all'assemblaggio.

Anche la verniciatura ha beneficiato della modularizzazione dei componenti in quanto non è più necessario incartare molti particolari e verniciare l'intera motopompa nella verniciatura grande ma, arrivando i componenti del telaio e il telaio stesso già pronti per essere assemblati, tale attività può avvenire in verniciatura

piccola, subito dopo la fase di montaggio, incartando solo il motore (che prima invece veniva verniciato insieme all'intera motopompa). Questo permette di risparmiare tempo e abbassa il tempo di verniciatura da 70minuti a soli 20 minuti, con una riduzione del 71%.

Infine, sebbene in questa prima fase non ci si sia concentrati sull'eliminazione delle attese e il coordinamento tra i reparti, anche le attese hanno subito una riduzione. Tale riduzione è dovuta al fatto che la verniciatura piccola è molto più flessibile di quella grande: non necessita la saturazione del forno, bensì è possibile verniciare in qualsiasi momento anche una sola motopompa alla volta. Anticipando la fase di verniciatura, si è quindi eliminata l'attesa tra collaudo e verniciatura di 180minuti; questo ha comportato una riduzione complessiva delle attese del 21%.

Nel complesso il Lead Time di produzione si è ridotto del 27,32%, passando da 1318minuti (21,96ore) a 958minuti (15,96ore).

Tabella 5.10 – Confronto del tempo di produzione per ogni fase del ciclo produttivo prima e dopo il reengineering dei componenti

MACROATTIVITA'	PRIMA		DOPO		DELTA %
	Minuti	Ore	Minuti	Ore	
ATTESA	840	14,00	660	11,00	-21,43%
LAVAGGIO (MONT)	12	0,20	12	0,20	0,00%
LAVAGGIO (COLL)	5	0,08	5	0,08	0,00%
MONTAGGIO	75,5	1,26	75,5	1,26	0,00%
ALLESTIMENTO	230	3,83	100	1,67	-56,52%
COLLAUDO FUNZIONALE	70	1,17	70	1,17	0,00%
VERNICIATURA	70	1,17	20	0,33	-71,43%
IMBALLO	15	0,25	15	0,25	0,00%
TOTALE	1317,5	21,96	957,5	15,96	-27,32%

Nella *Tabella 5.11 e 5.12* si entra più nel dettaglio e si vuole mettere a confronto la sequenza delle fasi del processo prima e dopo l'intervento migliorativo, separando i tempi anche dal punto di vista delle attività a valore rispetto a quelle non aventi valore.

Tabella 5.11 – Sequenza e tempi delle fasi produttive prima del reengineering dei componenti

TEMPI DELLE FASI PRIMA DEL MIGLIORAMENTO									
MACROATTIVITA'	Tempo non a valore [min]	Tempo non a valore [h]	Tempo a valore [min]	Tempo a valore [h]	%tempo non a valore	%tempo a valore	TOTALE [min]	TOTALE [h]	TOTALE [h]
LAVAGGIO	0	0,00	12	0,20	0	0,91%	12	0,20	0,20
MONTAGGIO	13	0,22	62,5	1,04	0,99%	4,74%	75,5	1,26	1,26
ATTESA	360	6,00	0	0,00	27,32%	0,00%	360	6,00	6,00
ALLESTIMENTO	110	1,83	120	2,00	8,35%	9,11%	230	3,83	3,83
ATTESA	180	3,00	0	0,00	13,66%	0,00%	180	3,00	3,00
COLLAUDO FUNZIONALE	20	0,33	50	0,83	1,52%	3,80%	70	1,17	1,17
LAVAGGIO	0	0,00	5	0,08	0,00%	0,38%	5	0,08	0,08
ATTESA	180	3,00	0	0,00	13,66%	0,00%	180	3,00	3,00
VERNICIATURA STD	15	0,25	55	0,92	1,14%	4,17%	70	1,17	1,17
ATTESA	120	2,00	0	0,00	9,11%	0,00%	120	2,00	2,00
IMBALLO	0	0,00	15	0,25	0,00%	1,14%	15	0,25	0,25
TOTALE	998	16,63	319,5	5,33	75,75%	24,25%	1317,5	21,96	21,96

Tabella 5.12 – Sequenza e tempi delle fasi produttive dopo il reengineering dei componenti

TEMPI DELLE FASI DOPO IL MIGLIORAMENTO								
MACROATTIVITA'	Tempo non a valore dopo [min]	Tempo non a valore dopo [h]	Tempo a valore dopo [min]	Tempo a valore dopo [h]	%tempo non a valore	%tempo a valore	TOTALE [min]	TOTALE [h]
LAVAGGIO	0	0,00	12	0,20	0,00%	1,25%	12	0,20
MONTAGGIO	13	0,22	62,5	1,04	1,36%	6,53%	75,5	1,26
VERNICIATURA PICCOLA	5	0,08	15	0,25	0,52%	1,57%	20	0,33
ATTESA	360	6,00	0	0,00	37,60%	0,00%	360	6,00
ALLESTIMENTO	10	0,17	90	1,50	1,04%	9,40%	100	1,67
ATTESA	180	3,00	0	0,00	18,80%	0,00%	180	3,00
COLLAUDO FUNZIONALE	20	0,33	50	0,83	2,09%	5,22%	70	1,17
LAVAGGIO	0	0,00	5	0,08	0,00%	0,52%	5	0,08
ATTESA	120	2,00	0	0,00	12,53%	0,00%	120	2,00
IMBALLO	0	0,00	15	0,25	0,00%	1,57%	15	0,25
TOTALE	708	11,80	249,5	4,16	73,94%	26,06%	957,5	15,96

Partendo dal confrontare i dati nel riquadro rosso, che corrisponde alla fase dell'allestimento, si nota come il tempo a non valore sia passato da 110minuti (1,83ore) a 10 minuti (0,17ore). Questo perché non sono più necessarie le attività molto dispendiose in termini di tempo e a basso valore aggiunto quali:

- tranciatura di lamiere e barre per adattare i componenti;
- tranciatura del gancio di sollevamento a misura;
- misurazione della quota dei fori di pompa e motore;
- foratura con trapano per collocare pompa e motore;
- misurazione delle quote di saldatura di componenti come assale e gancio di sollevamento.

Sono rimaste comunque delle attività a basso valore aggiunto, le quali riguardano il piazzamento del telaio sugli appositi cavalletti e il prelievo dei componenti dal supermarket (10min). Vengono inoltre eliminate le attività di saldatura che, pur essendo a valore aggiunto, sono molto lente e richiedono personale specializzato. Tra queste vale la pena citare:

- saldatura dell'assale al telaio;
- saldatura del gancio di sollevamento al telaio;
- spruzzo di antiruggine dove saldato;
- saldatura di spessori dove necessario.

Tali attività sono state sostituite dall'assemblaggio. In questo modo si è potuto ridurre anche il tempo dedicato alle attività a valore aggiunto passando da 120minuti (2ore) a 90minuti (1,5ore).

Il tempo totale della fase è quindi passato da 230 minuti (3,83h) a 100 minuti (1,67h) con una riduzione (visibile in *Tabella 5.10*) del 56,5%. Questo è dovuto in primis alla riduzione delle attività a valore aggiunto, da 1,83h a 10min (-91%), e alla riduzione del tempo per svolgere le attività a valore aggiunto, dovuto al miglioramento delle modalità di assemblaggio, che sono passate da 2 a 1,5h (-25%).

Quindi, riassumendo, l'operazione di modularizzazione dei componenti e riduzione della varietà di telai ha permesso di completare la fase di allestimento in 100 minuti, con la diminuzione della percentuale del tempo non a valore dall'8,35% all'1,04%. I nuovi componenti già pronti per essere montati non hanno solo impattato sulla fase

di allestimento; questo perché, arrivando i componenti già trattati con zincatura elettrolitica gialla, non necessitano di essere verniciati. Di conseguenza la verniciatura dell'intera motopompa, che avveniva dopo la fase di collaudo in verniciatura grande, non è più necessaria. Tuttavia è necessario comunque verniciare il corpo pompa una volta che questo è assemblato al motore, ma questo può essere fatto dopo la fase di montaggio, prima dell'allestimento in carpenteria. Inoltre, date le ridotte dimensioni e peso dell'assemblato pompa-motore rispetto all'intera motopompa, si può verniciare il corpo pompa in verniciatura piccola anziché in verniciatura grande, semplicemente incartando il motore. Si ha quindi una riduzione anche nel tempo di verniciatura. Infatti, mentre prima dovevano essere incartati tanti particolari come cannette per la benzina, tappi, ruote, porta serbatoio ecc. e il motore veniva verniciato insieme alla motopompa, adesso, che si necessita della sola verniciatura del corpo pompa, si è deciso di non verniciare il motore così da salvaguardarne anche il carattere originale e migliorare l'estetica del prodotto. Inoltre il processo di verniciatura grande richiedeva la saturazione del forno di verniciatura con molte motopompe, che venivano tutte incartate prima di essere verniciate insieme, creando delle code.

Nella verniciatura piccola invece, essendoci un sistema rotatorio con capacità massima di 80 articoli che fa percorrere i pezzi da verniciare dentro il forno, possono essere verniciate immediatamente anche una pompa alla volta, senza il bisogno di lunghe attese intermedie. Inoltre il tempo di verniciatura di un articolo piccolo è ben più breve di quello di un componente grande.

Confrontando i riquadri gialli nelle tabelle si può notare che, nella nuova configurazione, il tempo di verniciatura passa da 70 minuti (1,17ore) a 20 minuti (0,33h), con una riduzione dell'71,4% (Visibile nella *Tabella 5.10*). Il tempo a basso valore aggiunto, corrispondente alle attività di incartamento dei particolari che non possono essere verniciati, passa da 15min a 5min (-66,66%).

Infine confrontando i riquadri verdi nelle *Tabelle 5.11* e *5.12* si osserva che l'attesa registrata prima della verniciatura è stata eliminata in quanto la motopompa che esce dalla fase di montaggio può immediatamente essere incartata e posizionata sui ganci per essere verniciata.

La seguente *Tabella 5.13* riassume l'andamento e i miglioramenti in termine di costi del prodotto prendendo in considerazione:

- il costo dei componenti, suddiviso tra componenti relativi alla motopompa e componenti per l'allestimento;
- il costo della manodopera;
- le spese generali fisse e variabili che sono direttamente correlate con la manodopera.

Si nota come l'aumento di circa il 44% dei componenti per l'allestimento ha permesso di risparmiare il 37% sul costo della manodopera e di conseguenza anche sulle spese generali fisse e variabili, per una riduzione di costo totale vicina al 9%.

Tabella 5.13 – Confronto tra il costo del prodotto prima e dopo il reengineering dei componenti

	Componenti		Manodopera	SGPV+SGPF	TOTALE
	Motopompa	Allestimento			
PRIMA	61,90	6,77	6,77	24,56	100,00
DOPO	61,90	9,74	4,22	15,30	91,16
TOTALE	0,00%	43,87%	-37,69%	-37,69%	-8,84%

5.5 La gestione dei componenti

Per quanto riguarda la gestione dei componenti progettati si è presa in considerazione la modalità kanban con il fornitore. I contenitori kanban verranno poi ubicati nel supermarket in carpenteria e il materiale potrà di conseguenza essere prelevato al momento del bisogno svuotando tali contenitori.

Per fare delle previsioni di consumo futuro per i vari componenti, si sono analizzate le vendite della famiglia nell'ultimo anno. In particolare si sono suddivise le vendite a seconda del tipo di allestimento e della piattaforma che la motopompa andrebbe ad utilizzare. In questo modo si sono evidenziati i consumi annuali dei due tipi di telaio (*Tabella 5.14*), inoltre, per quanto riguarda l'allestimento Trolley, si è distinto tra allestimenti con piede carrello e con timone. Si è fatto questo perché le due configurazioni non implicano l'utilizzo degli stessi componenti. Tenendo conto poi dei componenti costituenti ciascun kit è stata fatta una previsione annuale dei relativi

consumi. Data la bassa richiesta di allestimenti skid, bull e road, per ora si è deciso di non considerare la gestione di tali componenti a kanban, bensì su ordine.

Tabella 5.14 – Consumi annuali suddivisi per kit di allestimento

	Kit trolley		Kit base	Kit Skid	Kit Bull	Totale [pz/anno]
	Con piede	Con timone				
Telaio Grande (1100*405mm)	78	47	3	1	1	130
Telaio Piccolo (500*320mm)	90	/	10	/	/	100

La *Tabella 5.15* propone un dimensionamento del kanban e dei relativi contenitori. Innanzitutto è stato evidenziato che non tutti i componenti dei kit provengono dallo stesso fornitore: assale, ruota e cavallotto quadro sono acquistati da fornitori diversi. Questo implica che anche i Lead time di approvvigionamento sono differenti e per questi motivi, almeno per il momento, è stato deciso di non ordinare in kit ma di ordinare ciascun codice da solo. Questi 3 componenti inoltre sono utilizzati anche in altri prodotti. I loro consumi medi mensili sono stati estrapolati dal Sistema Informativo aziendale SAP.

Per il dimensionamento del kanban sono stati considerati diversi fattori:

- il Consumo Medio Mensile (CMM);
- il Lead Time del fornitore;
- lo stock di sicurezza espresso in giorni;
- lo spazio occupato da ogni singolo codice;
- la Udc per ogni codice e quanti componenti ci stanno in ciascuna Udc.

Tabella 5.15 – Dimensionamento del kanban di acquisto con il fornitore

	Consumo [pz/anno]	Coefficiente di utilizzo	Consumo Medio Mensile [pz/mese]	Consumo Medio Giornaliero [pz/gg]	Componenti per kanban [pz]	LT fornitore [gg]	N°kanban	Stock di sicurezza [gg]	N°kanban per stock di sicurezza	N° di kanban	Scorta max [pz]	Scorta media [pz]
Fornitore telaio	130	1	11	0,37	5	30	3	10	1	4	20	12,5
	100	1	9	0,30	5	30	2	10	1	3	15	10
	130	1	11	0,37	10	30	2	10	1	3	30	20
	100	1	9	0,30	10	30	1	10	1	2	20	15
	78	1	7	0,23	10	30	1	10	1	2	20	15
	90	1	8	0,27	10	30	1	10	1	2	20	15
	78	1	7	0,23	10	30	1	10	1	2	20	15
	90	1	8	0,27	10	30	1	10	1	2	20	15
	47	1	4	0,13	10	30	1	10	1	2	20	15
	40	1	4	0,13	10	30	1	10	1	2	20	15
	430	2	36	1,20	24	30	2	2	2	3	72	48
	430	2	36	1,20	30	40	2	2	2	3	90	60
	125	1	20	0,67	20	25	1	15	1	2	40	30
	90	1	17	0,57	20	25	1	15	1	2	40	30
250	2	21	0,70	14	20	1	10	1	2	28	21	
180	2	20	0,67	14	20	1	10	1	2	28	21	
Altri fornitori												

Il consumo annuale per ciascun componente è stato calcolato moltiplicando il coefficiente di impiego del codice per le vendite (che si è supposto coincidere con le previsioni di vendita future) di ciascuna motopompa dov'è impiegato:

$$Fabbisogno_{cod.i} = (Coeff.di\ utilizzo)_{cod.i} * (Vendite)_{motopompa}$$

$$Fabbisogno_{aggregato\ cod.i} = \sum (Fabbisogno)_{cod.i}$$

Una volta calcolato il fabbisogno annuale per ciascun componente, quello mensile è stato ricavato dividendo il valore per i mesi presenti in un anno. Si sono poi analizzate le tipologie di contenitore disponibili e si è determinata la quantità di pezzi ottimale da ubicare in ciascuna Udc, per ogni componente. Infine il numero di contenitori è stato calcolato moltiplicando il CMM di ciascun codice per il LT del fornitore e dividendo per il numero di pezzi per contenitore.

$$N^{\circ}Contenitori_{cod.i} = \left\lceil \frac{CMM_{cod.i} * LT_{forn}}{(Pz/contenitore)_{cod.i}} \right\rceil$$

Allo stesso modo sono stati calcolati i contenitori richiesti dallo stock di sicurezza espresso in giorni. Questo per far fronte ad eventuali ritardi del fornitore e ai picchi di produzione dovuti alla variabilità della domanda. Per stimare i giorni di sicurezza per ciascun codice si è tenuto conto di diversi fattori, quali l'affidabilità del fornitore nelle consegne precedenti, il ritardo medio delle consegne e il fatto se il componente può essere anche fabbricato o meno in casa. Ad esempio le piastre ad L per l'assale, in caso di necessità, possono anche essere costruite in casa e quindi i giorni di sicurezza sono stati diminuiti.

Le Udc contenenti i componenti sono ubicate nel magazzino supermarket della carpenteria in una scaffalatura. Per ogni componente è stato creato un cartellino kanban (*Figura 5.8*) che ne definisce alcune caratteristiche fondamentali per la sua gestione:

- descrizione;

- codice identificativo a SAP;
- N° di contenitori;
- N° di pezzi per contenitore;
- ubicazione del componente.

<u>ACQUISTARE</u>		KANBAN
Codice:	10048596	
Descrizione:	PT TEL.1100X405	
Quantità:	5pz	
N° kanban:	1/4	
Ubicazione:	KB_CARP_01 B1	

Figura 5.8 – Cartellino kanban per la gestione dei componenti

Quando l'operatore di magazzino preleva l'ultimo pezzo dal contenitore per portarlo in reparto, prende il cartellino dall'apposita etichetta magnetica e lo porta in ufficio, da dove, mediante computer, dichiara il contenitore vuoto nella tavola kanban nella voce corrispondente al codice prelevato.

Quest'ultima è un'interfaccia creata in SAP, dove vengono elencati tutti i componenti con gestione kanban e ne viene rappresentata graficamente la giacenza attuale dei contenitori. Allo svuotamento del contenitore si crea automaticamente un ordine di acquisto che viene spedito al fornitore. Quest'ultimo invia il contenitore pieno in azienda e provvede a ripristinare il contenitore nei tempi concordati. Appena il materiale giunge in azienda l'operatore di magazzino ripristina il contenitore nel supermarket e riposiziona il cartellino nell'apposita etichetta magnetica, segnalando così che il materiale è presente.

Il fatto che il materiale sia gestito in questo modo permette di ridurre le scorte e ottimizzare gli spazi; inoltre la nuova ubicazione nel supermarket e non più nel magazzino automatico ha dei riscontri positivi in quanto:

- il materiale dedicato all'allestimento non transita più nella fase di montaggio, ma viene portato direttamente in carpenteria al momento del bisogno, liberando così spazio e evitando di creare confusione;

- si riducono i movimenti degli operatori del montaggio per portare tutti i pallet da un reparto all'altro;
- si riducono i pallet in circolazione;
- aumenta la velocità di entrata merce, che ora viene portata direttamente nel supermarket.

5.6 Sviluppi futuri

In questo paragrafo si riportano alcune attività ancora da effettuare per raggiungere lo stato futuro.

In particolare le attività di intervento future riguardano diversi aspetti:

- il miglioramento del flusso produttivo tra le fasi del processo;
- la riduzione delle scorte mediante una differente gestione dei componenti;
- il coinvolgimento e la motivazione del personale.

L'organizzazione a reparti crea dei disaccoppiamenti tra le varie fasi del processo a causa dei diversi tempi di esecuzione delle attività; se a questo si unisce poi il fatto che non vi è un ordine preciso di processare i prodotti, l'attesa aumenta così come aumentano i ritardi delle consegne. Per migliorare il flusso tra i reparti, e ridurre quindi le attese, è necessario effettuare una schedulazione più accurata del reparto pacemaker: si tratta del montaggio. Verrà poi applicata la logica FIFO per l'avanzamento tra i vari reparti.

La schedulazione può essere fatta mediante la Day By Hour Board (*Figura 5.9*)⁸ posizionata in montaggio. È una bacheca dove vengono inseriti gli ordini da effettuare nel giorno. Questa viene suddivisa in celle, ognuna corrispondente a mezz'ora. L'ordine viene inserito nella cella corrispondente all'ora di inizio della lavorazione, quello successivo viene posizionato nella bacheca nello spazio corrispondente all'ora del suo inizio previsto, calcolata sulla base del tempo che ci vuole per completare l'ordine precedente. E così via.

Quando l'operatore inizia un ordine di lavoro, preleva dalla bacheca l'ordine.

- ⁸ Figura tratta dal libro: Greg Lane, 2007, *Made to Order Lean: excelling in a high-mix, low-volume environment*, Productivity Press, New York.

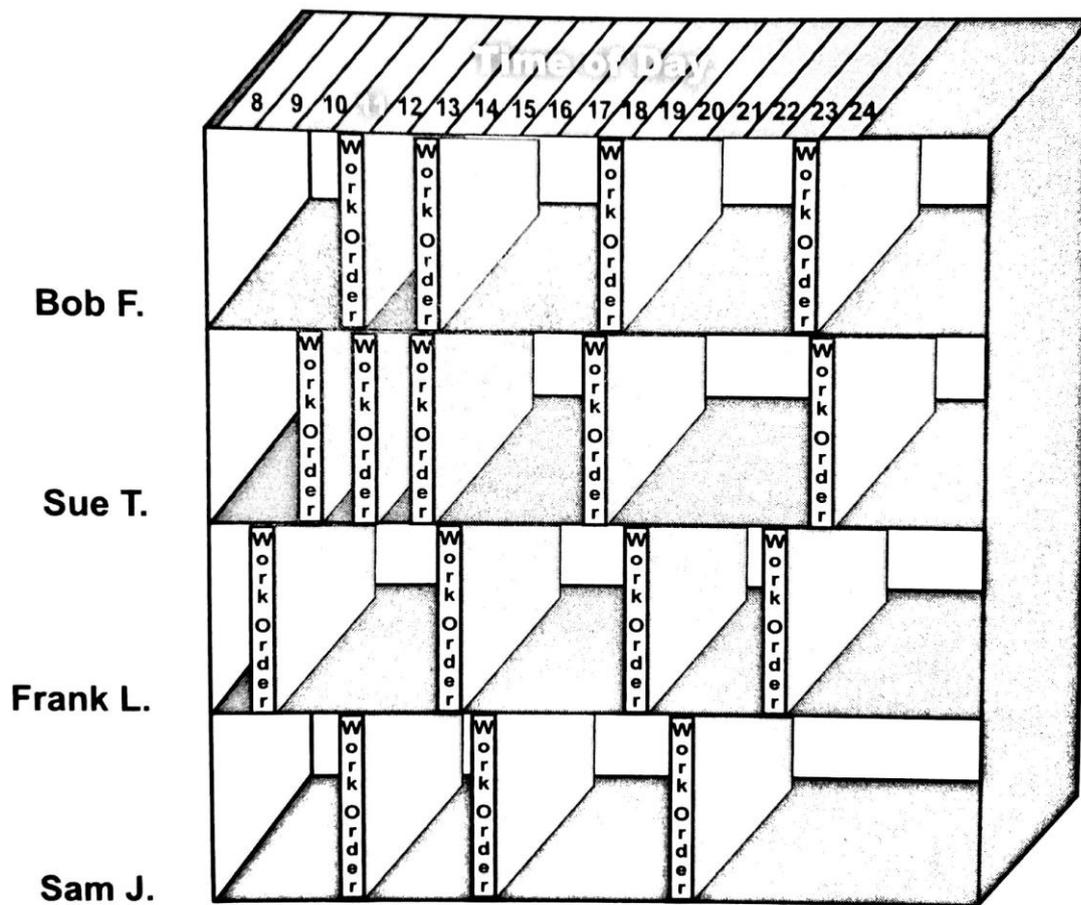


Figura 5.9 – Esempio di Day by Hour Board

Questa bacheca permette alla programmazione della produzione di sapere, semplicemente guardando l'orologio, se ci sono postazioni nel reparto che sono in ritardo o meno. Ad esempio, supponendo che siano le 11:00, si nota che l'operatore Sue T., è in ritardo in quanto non ha ancora prelevato l'ordine che avrebbe dovuto iniziare alle 9:00. Una schedulazione più accurata può essere fatta giorno per giorno e sono subito evidenti eventuali ritardi, con la possibilità di intervenire e risolvere il problema prima che il ritardo si accumuli.

Una volta definito il processo pacemaker, gli altri reparti possono essere organizzati con corsie FIFO che accolgono i prodotti che necessitano della lavorazione in quel reparto. Quando un operatore finisce un prodotto si reca nella FIFO Area e prende il primo prodotto disponibile. Per capire il carico di lavoro del reparto poi, si potrebbe adottare una FIFO Board. È una bacheca suddivisa in quattro parti:

- ordini in attesa;
- ordini in lavorazione;

- ordini completati;
- tempo vuoto.

Ogni parte è suddivisa in sottoparti corrispondenti ad una certa quantità di tempo. Quando arriva l'ordine, l'operatore mette delle calamite nella sezione "ordini in attesa" in funzione del tempo che deve essere impiegato nella fase. Quando viene processato l'ordine, l'operatore sposta le calamite nella sezione "ordini in lavorazione" e, quando ha finito, le sposta su "ordini completati". Il team leader, alla fine di ogni turno, sposta le calamite presenti su "ordini completati" in "tempo vuoto" e il ciclo riparte.

Oltre a garantire una sequenza di esecuzione degli ordini ben precisa, questo strumento permette di sapere quante ore di carico ha il reparto e quanti ordini sono stati completati in termini di ore di lavoro. Si possono quindi costruire degli indicatori per le prestazioni del reparto che possono essere il principio per nuovi miglioramenti.

L'organizzazione dell'approvvigionamento dei componenti è fondamentale per la riduzione delle scorte. In un ambiente ad alta varietà e bassi volumi, dove la produzione avviene su ordine ed è molto varia, è difficile tenere sotto controllo le scorte. Per questo motivo bisognerebbe effettuare un'analisi approfondita per verificare quali componenti possono essere gestiti con logiche diverse dall'MRP, come ad esempio il kanban o gli ordini aperti. Ciò avrebbe dei vantaggi:

- gli acquisti possono concentrarsi su attività più strategiche, come ad esempio la selezione dei fornitori;
- consente di diminuire i fornitori, concentrando su pochi la maggior parte dei componenti; in questo modo si può puntare ad un miglioramento del processo totale e quindi a minori costi, lotti più piccoli ecc.;
- si avrebbe una riduzione delle scorte.

A tal proposito si potrebbe analizzare l'indice di rotazione dei componenti classificandoli in Runners, Repeaters, Strangers. Per i primi si può adottare una strategia kanban, per i secondi ad ordine aperto, per gli ultimi invece si può continuare con una gestione MRP.

Una nuova gestione dei componenti può essere accompagnata dall'inserimento in azienda di un sistema di lettura di codici a barre. In questo modo si renderebbe più

veloce la gestione dei codici, l'entrata merci e l'uscita e l'invio degli ordini ai fornitori.

Ultimo punto ma più importante è il continuo coinvolgimento e motivazione degli operatori, a qualsiasi livello nella gerarchia aziendale. La persona infatti è la base fondamentale di un'azienda, senza il personale questa non esisterebbe; inoltre sono le persone che insieme possono dare ottimi contributi per la crescita della stessa. Bisognerebbe dedicare più tempo alla crescita delle persone e al loro coinvolgimento mediante gruppi kaizen, strutturati, con degli obiettivi e con frequenza periodica.

Allo stesso tempo anche il management deve

6. Conclusioni

In questo capitolo si traggono le conclusioni riguardanti l'esperienza in Varisco S.p.A. ponendo particolare attenzione alle attività di miglioramento svolte per perfezionare il sistema produttivo dell'azienda. Varisco S.p.A. è un'azienda che opera in un settore di nicchia ossia quello delle motopompe per fanghi e liquidi di ogni viscosità. Il mercato principale è quello delle costruzioni, che negli ultimi anni è stato colpito da una profonda crisi. La destabilizzazione del settore ha cambiato le esigenze dei clienti; essi infatti non pianificano più gli investimenti ma vogliono il prodotto istantaneamente, quando gli serve. Tale cambiamento si scontra con uno dei punti di forza di Varisco S.p.A.: la personalizzazione dei prodotti. Per soddisfare ogni esigenza del cliente infatti l'azienda gestisce circa 45000 codici e 17000 prodotti finiti. A causa di questo cambiamento Varisco S.p.A. ha quindi la necessità di modificare l'impostazione del sistema produttivo con l'obiettivo di ridurre il time to market, pur mantenendo un alto livello di personalizzazione.

Questo cambiamento richiede un miglioramento dell'efficienza dei processi e una reingegnerizzazione dei componenti in modo tale da poter far convergere lo stesso articolo su più configurazioni differenti.

In un'azienda ad alta varietà di prodotti e bassi volumi come Varisco S.p.A. questi aspetti, come è emerso dall'analisi effettuata, sono molto collegati.

Per mappare i processi è stato utilizzato lo strumento della Value Stream Map, la quale ha permesso di comprendere come si crea il valore, determinando il flusso dei materiali e il flusso delle informazioni. Questi ultimi sono stati tracciati insieme agli operatori che ogni giorno hanno a che fare da vicino con il processo produttivo. Le informazioni sono state ricavate analizzando il database aziendale, parlando con i responsabili delle funzioni e osservando personalmente il processo produttivo.

Dalla stesura della Current State Map sono emerse tre principali criticità: elevata presenza di scorte a magazzino, composte da componenti e prodotti finiti; attese tra un processo e l'altro; attività a basso valore aggiunto soprattutto nella fase di allestimento.

Nonostante le criticità maggiori risultino essere la presenza di scorte e di attese, l'azienda ha deciso di intraprendere un progetto di reengineering dei componenti di allestimento del prodotto al fine di ridurre le attività a basso valore aggiunto in questa fase. L'obiettivo è cambiare la metodologia di lavoro passando dalla saldatura e la preparazione dei componenti con macchinari specializzati, che necessita di personale altamente specializzato e molto dispendiosa in termini di tempo, al semplice assemblaggio di componenti finiti e pronti all'uso. In questa transizione l'idea è quella di progettare i componenti in modo tale che più prodotti e più allestimenti possano convergere nella stessa piattaforma.

Per progettare i nuovi componenti si è svolta un'analisi atta a conciliare: la facilità di assemblaggio, la funzionalità tecnica e infine l'estetica del prodotto. Si è quindi progettato il tutto tenendo conto dell'importante legame tra produzione e progettazione, aspetto che fino ad ora non era stato preso in considerazione.

Il risultato del progetto è stato sorprendente: da 17 telai finiti, lavorati internamente e da verniciare, utilizzabili solo per l'allestimento trolley, si è passati a 2 piattaforme telaio già finite e pronte per essere assemblate. Su queste possono essere collocate altrettante motopompe in qualsiasi versione di allestimento possibile, semplicemente attraverso la loro predisposizione a dei moduli appositi, con la possibilità di estendere tali moduli e assecondando anche le particolari richieste del cliente.

Tale riprogettazione, inoltre, ha inoltre reso l'intero sistema produttivo più flessibile, tanto che non è più necessario tenere tanta varietà di prodotti finiti a scorta. Infine ha permesso di ridurre le attese con buoni risultati anche in termine di riduzione del tempo di attraversamento.

Altre attività, come la riorganizzazione delle modalità di approvvigionamento dei componenti in funzione del loro indice di rotazione in modo da ridurre le scorte a magazzino, la schedulazione della produzione del montaggio mediante la Day By Hour Board per monitorare i ritardi e la definizione della FIFO Board per l'avanzamento ordinato degli ordini nei processi con lo scopo di ridurre le attese, sono nell'agenda dell'azienda. Visti i risultati soddisfacenti, anche le attività di reengineering dei componenti per altre famiglie verranno prese in considerazione, tenendo sempre presente il legame fondamentale tra progettazione e produzione il quale, come evidenziato dai risultati, crea beneficio a tutto il flusso produttivo.

BIBLIOGRAFIA

- Bianchi, F., 2010, *Visual Management: le 5S per gestire a vista*, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano.
-
- Braglia, M., Carmignani, G., Zammori, F., 2006, *A new value stream mapping approach for complex production systems*, International Journal of Production research, Vol. 44, No. 18-19.
-
- Camuffo, A., 2014, *L'arte di migliorare: Made in Lean Italy per tornare a competere*, Marsilio Editri s.p.a, Venezia.
-
- Graziadei, G., 2005, *Lean Manufacturing: come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*, Ulrico Hoepli Editore S.p.A., Milano.
-
- Hines, P., Rich, N. (1997), *The seven value stream mapping tools*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 1.
-
- James P. Womack, Daniel T. Jones, and Daniel Roos, 1990, *The Machine that Change the World*, FREE PRESS, New York.
-
- Lane, G., 2007, *Made to Order Lean: excelling in a high-mix, low-volume environment*, Productivity Press, New York.
-
- Minoru, T., 2006, *Il modello Toyota: la giusta applicazione del metodo Toyota per riprogettare il proprio sistema logistico-produttivo*, Il Sole 24 ORE S.p.A., Milano.

- Monden, Y., 1993, *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*, 2nd ed., Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.
-
- Ohno, T., 1978, *Lo spirito Toyota: il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo*, 1993 e 2004 Giulio Einaudi editore s.p.a., Torino.
-
- Rother, M., Shook, J., 1998, *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate wastes*, The Lean Enterprise Institute, Massachusetts.
-
- Senni, P., Luisi, A., 2002, *La filosofia di Deming e il ciclo PDCA*, T.E.M.I spa, Bologna.
-
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., Betts, A., Danese, P., Romano, P., Vinelli, A., 2007, *Gestione delle operations e dei processi*, Pearson Paravia Bruno Mondadori S.p.a., Torino.
-
- Womak, P. J., Jones, D.T., 1997, *Lean Thinking*, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano.

SITOGRAFIA

- <http://www.bainstitute.org> (15/04/2015)
- <http://www.leancompany.it> (17/04/2015)
- <http://www.leanmanufacturing.it> (23/04/2015)
- <http://www.lean-manufacturing.it> (23/04/2015)
- <http://www.leanmanufacturingtools.org> (23/04/2015)
- <http://www.leannovator.com> (15/05/2015)
- <http://www.leanthinking.it> (16/05/2015)
- <http://www.leanvalley.eu> (16/05/2015)
- <http://www.makeitlean.it> (17/05/2015)
- <http://www.mitconsulting.it> (07/06/2015)
- <http://www.variscospa.com/it> (15/06/2015)

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il Professor Roberto Panizzolo per suoi preziosi consigli datomi nel corso dello svolgimento della tesi e per la disponibilità dimostrata.

Intendo poi ringraziare l'azienda Varisco S.p.A. per avermi permesso di fare una bellissima esperienza, sottolineando la particolare la disponibilità dell'Ing. Roberto Crocco, che è stato per me un punto di riferimento seguendomi e supportandomi durante tutto il periodo di permanenza in azienda.

Vorrei inoltre esprimere la mia più sincera gratitudine al Sig. Sergio Tamiello e un saluto particolare a tutte le persone con cui ho collaborato nella mia esperienza in Varisco S.p.A.: Ing. Giorgio Guagnano, Paolo, Viviano, Francesco, Stefano, Fiorenzo, Roberto.

Vorrei dire una grazie particolare ai miei compagni di corso e in particolare all'Ing. Marco Basso con il quale ho condiviso gran parte del mio percorso di studi.

Infine un saluto speciale va alla mia ragazza Federica Minto per avermi aiutato nella stesura della tesi, per avermi supportato ed essermi stata vicina in ogni istante.

Ringrazio con affetto la mia famiglia ed in particolare i miei genitori per il sostegno, per il grande aiuto che mi hanno dato e per aver fatto numerosi sacrifici per permettermi di raggiungere questo importante traguardo.

Matteo Volpato

-