

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale



**Applicazione della lean production ad un'azienda
produttrice di macchine agricole:
il caso Frandent Group**

Relatore

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Co-relatore aziendale

Matteo Racca

Candidato

Fabio Comba

Anno accademico 2019/2020

INDICE

Introduzione	4
Capitolo I: Teoria sulla Lean Production.....	6
1.1 Cenni storici sulla Lean Production	6
1.2 Toyota Production System e Lean Thinking	8
1.2.1 I cinque principi Lean	9
1.2.2 Gli sprechi.....	12
1.3 House of Lean	16
1.3.1 Il Just-In-Time	17
1.3.2 Jidoka.....	22
1.3.3 Heijunka.....	22
1.3.4 Standardizzazione del lavoro	23
1.4 Gli strumenti della Lean Production	25
1.4.1 Value Stream Map	25
1.4.2 I 5 perchè	26
1.4.3 La metodologia 5S	27
1.4.4 Kanban.....	28
1.4.5 Spaghetti Chart	29
1.4.6 Yamazumi chart.....	30
1.5 Lean Production nel settore delle macchine agricole	31
Capitolo II: L'azienda: Frandent Group Srl.....	33
2.1 Storia	33
2.2 Prodotti	34
2.3 Stabilimento.....	37
2.4 Cambiamento in ottica Lean.....	39
Capitolo III: Analisi AS IS dei processi aziendali	41
3.1 Perché effettuare questa analisi?	41
3.2 Descrizione delle lavorazioni	44
3.2.1 Taglio.....	44
3.2.2 Zincatura	45
3.2.3 Montaggio.....	48
3.2.4 Appensione	49
3.2.5 Lame	51

3.2.6 Assemblaggio	52
3.2.7 Finitura.....	53
3.3 Flusso e tempistiche	54
Capitolo IV: Implementazione dell'ottica Lean nella produzione di macchine per la fienagione	63
4.1 Metodologia.....	63
4.2 Definizione del takt time	64
4.3 Rilevazione tempi.....	65
4.4 Kaizen riscontrati	68
4.4.1 Kaizen zincatura	69
4.4.2 Kaizen montaggio e appensione	73
4.4.3 Kaizen lame	80
4.4.4 Kaizen assemblaggio	87
4.5 Bilanciamento.....	92
4.5.1 Bilanciamento GRHS 600	92
4.5.2 Bilanciamento GRHS 840	99
4.5.3 Benefici dei bilanciamenti	105
Capitolo V: Conclusioni.....	108
5.1 Analisi dei benefici del lavoro di tesi	108
5.2 Limiti del lavoro di tesi	109
5.3 Passi futuri.....	109
Bibliografia	111
Sitografia.....	113
Ringraziamenti	114

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni la competizione tra le imprese è diventata decisamente elevata, e la domanda è sempre più variabile a causa delle esigenze del cliente. L'aumento di quest'ultime è dovuto all'abbattimento delle barriere geografiche, alle liberalizzazioni, alla rapidissima innovazione, e all'avvento di Internet, che ha ampliato le possibilità di ricerca e confronto da parte dei consumatori. La volontà di ottenere un vantaggio competitivo spinge le aziende ad adottare un approccio Lean focalizzato alla riduzione degli sprechi, differenziando le attività a valore aggiunto da quelle a non valore aggiunto. Per applicare al meglio la Lean Manufacturing si deve cercare ed ottenere il coinvolgimento totale degli operatori, che conoscono meglio di chiunque altro, grazie alla loro esperienza, il processo produttivo. Attraverso il loro contributo è possibile analizzare le varie lavorazioni, cercando di abbattere i *muda*, rendendo il processo più snello, riducendo così i costi.

L'obiettivo del presente elaborato di tesi è l'analisi del processo produttivo di macchine spandivoltafieno della Frandent Group, al fine di individuare le criticità e attuare delle azioni di miglioramento. Attraverso l'applicazione del miglioramento continuo (Kaizen), si sono potuti ridurre i tempi delle singole lavorazioni e, grazie ad un'accurata rilevazione dei tempi, è stato possibile bilanciare le postazioni dei vari operatori. Questo ha permesso di ottimizzare le risposte a disposizione, arrivando a soddisfare la domanda del cliente, e consegnando un flusso produttivo più snello, privo di attese da parte degli operatori.

L'elaborato è organizzato come di seguito descritto.

Nel primo capitolo presenta una panoramica sulla Lean Production, partendo dalla storia, e descrivendo i principi del Lean Thinking e le sue fondamenta. La sezione termina illustrando i principali strumenti Lean, che sono stati adottati per la stesura di questo elaborato.

Il secondo capitolo fornisce una presentazione dell'azienda in cui è stato svolto il presente lavoro di tesi, la Frandent Group, un'impresa produttrice di macchine per la lavorazione della terra.

Nel terzo capitolo si descrive il processo produttivo, andando a visualizzare lo stato AS IS, con la relativa organizzazione delle risorse e sottolineando i limiti di questa impostazione.

Il quarto capitolo consiste nell'applicazione della Lean Production, attraverso l'implementazione della tecnica 5S, della Spaghetti Chart e della Yamazumi Chart, al processo produttivo, che hanno permesso di visualizzare e correggere le criticità. Il capitolo si conclude con il bilanciamento della

linea produttiva, che permette di avere notevoli vantaggi, in termini di ottimizzazione e di facilità di gestione delle risorse.

Nel quinto capitolo, infine, si espongono le conclusioni del presente lavoro di tesi, descrivendo i benefici che il lavoro di tesi ha portato all'azienda e le limitazioni dello stesso.

CAPITOLO I

Teoria sulla Lean Production

Questo capitolo ha l'obiettivo di dare una panoramica generale del concetto di Lean Production, partendo dalla sua origine, per poi illustrare la sua evoluzione fino ai nostri giorni. Nel capitolo si descrive prima la filosofia Lean per comprendere meglio i principi fondamentali su cui si basa. Verranno quindi descritti gli strumenti e metodologie della Lean che sono stati utilizzati per la stesura di questo elaborato.

1.1 Cenni storici sulla Lean Production

Alla fine del 1800, con la nascita dell'industria dell'auto, l'organizzazione del lavoro ha subito un profondo cambiamento. In questo periodo chi avesse voluto comprare un'auto si sarebbe dovuto recare personalmente presso lo stabilimento di produzione e qui definire insieme con il fabbricante tutte le caratteristiche della sua auto. Gli operai dovevano pertanto avere molte nozioni di meccanica e tecnologia dei materiali, poiché provvedevano alla realizzazione dei vari componenti, adattandoli con altri provenienti da fornitori esterni. I costi, per questi motivi, erano esorbitanti e la produzione in serie di parecchie migliaia di vetture l'anno era impossibile.

Successivamente Frederick Taylor formulò la prima organizzazione scientifica del lavoro, nella quale individuava il *metodo migliore, più efficiente e meno costoso per produrre ogni bene*. Esso consisteva nello scomporre il ciclo produttivo in un alto numero di operazioni elementari, da compiere in un tempo prefissato, che ogni operaio era istruito a svolgere, evitando perdite di tempo. Oltre alla suddivisione del lavoro attraverso la massima specializzazione, il suo studio presupponeva una gerarchia all'interno della fabbrica, separando la direzione dagli operai.

Dopo la prima guerra mondiale, si ebbe l'applicazione pratica del Taylorismo, con l'avvento di Henry Ford e della sua industria automobilistica. Si passò alla "produzione di massa" con l'introduzione della *catena di montaggio*, che permetteva all'uomo di limitarsi a svolgere un'unica azione in continuità. Inoltre, i livelli di produttività aumentarono grazie a incentivi materiali e all'incremento dei salari dei lavoratori, dando la possibilità agli operai di diventare anche consumatori degli stessi prodotti.

Molte teorie contrarie alla metodologia adottata da Ford nacquero evidenziando il lavoro altamente ripetitivo e meccanico richiesto agli operai, provocando alienazione della psiche e disturbi motori. Per di più, ci si concentrava più su quanto bisognasse produrre piuttosto che su quanto e su cosa il cliente volesse realmente acquistare, non prestando attenzione alla qualità, al prezzo e al servizio offerto al consumatore.

Solo nella seconda metà del '900, dopo la crisi dovuta alla seconda guerra mondiale, si assistette ad un cambiamento di pensiero, orientato meno sulla produzione di massa e più sulla flessibilità, cercando comunque di non intaccare la produttività. Il direttore generale della General Motors, Alfred Sloan, azienda concorrente della Ford, ideò un'organizzazione decentrata per divisioni, standardizzando i componenti meccanici, modificando però ogni anno le parti esterne dell'auto, conciliando in questo modo la produzione di massa con la varietà di prodotti. Questi metodi andarono bene fino alla fine degli anni '60, quando le economie occidentali vissero una lentissima crescita economica con una saturazione dei mercati di base.

Intanto, dall'altra parte del mondo, in Giappone, nasceva la Toyota Motor Company nel 1937. Il fondatore Kiichiro Toyoda, figlio di Sakichi Toyoda che lavorava nel campo dei telai tessili, rivoluzionò il settore aprendo una nuova divisione destinata alla produzione di automobili.

Come succedette nel resto del mondo, anche il Giappone fu colpito da una profonda crisi causata dalla seconda guerra mondiale. A seguito del crollo delle vendite, Toyoda, attraverso molti viaggi negli Stati Uniti, cercò, con l'aiuto dell'ingegnere Taiichi Ohno, di dare un nuovo spirito alla compagnia che permettesse di superare il momento di difficoltà. Lo scopo dei vari viaggi era copiare il modello produttivo americano, ancora ritenuto il migliore per fabbricare automobili: alla fine degli anni '40 uno stabilimento Ford negli Stati Uniti fabbricava 7.000 auto al giorno contro le 3.000 all'anno della casa giapponese.

Presto però si resero conto che l'applicazione del metodo fordista in Giappone era impossibile, oltre alle ottime tecniche di direzione aziendale e produttiva, anche per la mancanza di materie prime, spazio e manodopera nel paese.

Cominciò quindi un lungo lavoro di miglioramento mettendo al centro le esigenze del cliente dando così vita al Toyota Production System (TPS), (Ohno, 1978).

Ohno, durante il suo percorso all'interno di Toyota, intraprese una lotta continua contro gli sprechi a tutti i livelli per far emergere in maniera netta i problemi da risolvere, mettendo sempre al centro la soddisfazione totale del cliente finale. La continua propensione al miglioramento insita nel TPS ha portato Toyota da una piccola realtà giapponese nel 1940 al primo produttore mondiale di auto nel 2008 e questa incredibile crescita rapportata al contesto mondiale del settore automotive costituisce

la prima prova inconfutabile del valore del metodo, avvalorata da altri numerosi casi in ogni settore e realtà.

1.2 Toyota Production System e Lean Thinking

Il termine *Lean Thinking* è stato coniato per la prima volta da James Womack e Daniel Jones nel loro secondo libro “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation” del 1996 a seguito del loro primo libro “The Machine that Changed the World” del 1988 che rese visibile a livello mondiale la rivoluzione produttiva e organizzativa avviata dal 1950 dalla Toyota. Come già accennato, questa rivoluzione parte dal TPS, sistema produttivo creato da Taiichi Ohno, che per primo intuì il necessario cambio di mentalità nelle modalità operative in fabbrica, per far fronte al cambiamento della domanda globale che rendeva inadeguata la produzione fordista.

La produzione snella (Lean production) è un insieme di principi, metodi e tecniche per la gestione dei processi operativi, che mira ad aumentare il valore percepito dal cliente finale e a ridurre sistematicamente gli sprechi, diminuendo i costi. Questo è possibile solo con il coinvolgimento di persone motivate al miglioramento continuo. Il TPS tratta tutti gli aspetti di un processo industriale, dalla produzione fino alla consegna puntuale passando attraverso la qualità del prodotto, al fine di raggiungere la soddisfazione totale del cliente. È già stato applicato in molte realtà quali industrie, ospedali, uffici, beni di consumo e servizi, ma l’ambito in cui è più sviluppato, e da cui ha avuto origine, è la produzione.

In un’azienda snella tutte le fasi del processo produttivo sono collegate in sequenza, ed il tutto si può riassumere come un sistema per l’eliminazione dei *muda*, termine giapponese che significa “sprechi”, che si nascondono nei flussi e nelle sovrastrutture costruite intorno ad essi.

L’obiettivo della Lean production è di avere un flusso di produzione il più possibile snello e privo di interruzioni, permettendo la creazione di valore aggiunto. È necessario porre maggiore attenzione alle interconnessioni tra i vari settori, che devono necessariamente essere il più fluide possibile per soddisfare il cliente in termini di qualità e tempistica. Secondo questo metodo, partendo ad analizzare e modificare le modalità di lavoro, vi sono quindi due elementi fondamentali per raggiungere dei risultati soddisfacenti: rimuovere gli sprechi e identificare il flusso di valore.

La Lean Production o Lean Manufacturing ha preso velocemente piede a causa del recente scenario industriale che impone alle aziende forti pressioni competitive. Inoltre, la crescente concorrenza da parte dei Paesi emergenti ha mosso le aziende verso la ricerca della riduzione dei costi del prodotto, del costante incremento dei requisiti qualitativi e innovativi, e alla compressione dei tempi di consegna (lead time). Altro obiettivo è quello di aumentare la capacità di rispondere alle mutevoli

esigenze del mercato, riesaminando i processi aziendali nei loro diversi aspetti ed in tutte le loro estensioni. (Attolico e Liker, 2014).

1.2.1 I cinque principi Lean

Nell'intraprendere una trasformazione Lean, un buon punto di partenza può essere fornito dal modello di Womack e Jones, che definisce i cinque principi che stanno alla base della gestione snella (Womack e Jones, 1997). In *Figura 1.1* è illustrato il modello, rappresentato come un ciclo per richiamare uno dei concetti fondamentali di questa filosofia. Il termine Lean, inoltre, esprime il concetto di riuscire a far fruttare al massimo l'impresa utilizzando il minimo di risorse disponibili, sia che si tratti di risorse umane, sia materiali, sia capitali. Il Lean Thinking, oltre ad essere un modello applicativo, è un vero e proprio pensiero che deve essere compreso che consiste nel miglioramento continuo, eliminando gli sprechi.

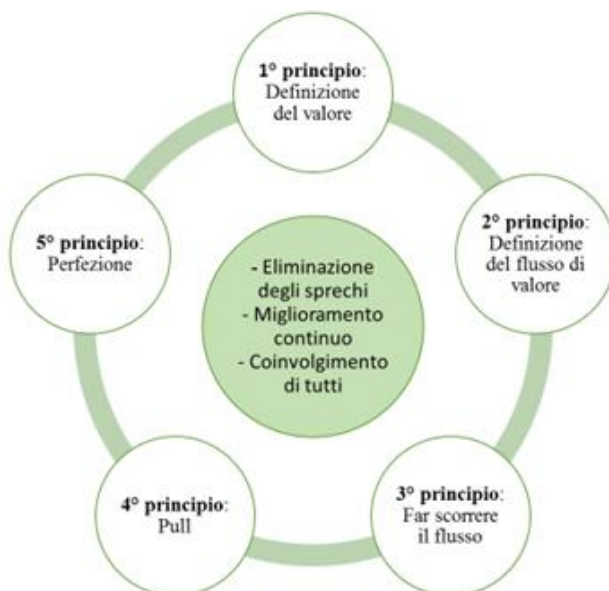


Figura 1.1 Cinque principi Lean di Womack e Jones

Fonte: <https://www.ctq.it/sito/news/i-5-principi-del-lean-management-system/>

Si parte dal concetto di *valore*, definito dal cliente finale, che assume significato nel momento in cui si esprime in uno specifico bene o servizio che sia in grado di soddisfare le esigenze richieste con un prezzo adeguato e in un certo momento (Graziadei, 2005). Per i produttori questo passaggio può essere piuttosto complesso, poiché, nonostante siano loro stessi a creare il valore tramite la produzione del prodotto, non siano in grado di identificare e definire in modo chiaro e preciso il valore, non riuscendo quindi a soddisfare le richieste. Nella realtà questo comporta la mancanza di valore aggiunto per il cliente finale, che si trova costretto a pagare un prezzo più alto per qualcosa

che non desidera. Attraverso un'ampia raccolta di informazioni, è possibile svolgere delle accurate analisi per rilevare i bisogni dei clienti, per riuscire a tradurli in requisiti e specifiche del prodotto. Womack e Jones spiegano questo concetto con un semplice esempio sul trasporto aereo (Jones D., Womack J., 2006): in questo caso, la necessità del cliente è spostarsi dal punto A al punto B in sicurezza e ad un costo ragionevole. Il valore dal punto di vista della compagnia aerea, invece, implica un utilizzo efficiente dei veicoli introducendo degli scali intermedi, che rendono, però, il viaggio più lungo per il passeggero. Per risolvere l'inconveniente, quindi, si aggiungono dei servizi accessori, i quali però non rispondono alle vere esigenze dei clienti. Analogamente, in un reparto di produzione si può pensare che l'utilizzo di macchinari tecnologici e complessi sia il modo più efficiente di operare, mentre ciò che percepisce il cliente è soltanto un aumento del prezzo dovuto ai costi di produzione maggiori. Womack e Jones suggeriscono una semplificazione del processo, garantendo la stessa qualità finale del bene o servizio, ma ad un prezzo minore. È fondamentale la costruzione di un team formato da diverse figure professionali che hanno il compito di dialogare con il cliente focalizzandosi sul valore che il cliente necessita, per ovviare a questo problema.

Una volta definito il valore, l'attenzione si sposta su tutti i processi e attività che interessano la creazione del bene o servizio, il cosiddetto *flusso di valore*. Questo racchiude tutte le azioni che conducono alla realizzazione dell'oggetto, partendo dalla risoluzione dei problemi dalla nascita dell'idea, passando dalla ingegnerizzazione e dalla gestione delle informazioni dal ricevimento dell'ordine, fino alla consegna al cliente finale.

Per fare questo, l'analisi individua tre tipologie di attività:

1. attività che creano valore che il cliente è disposto a pagare;
2. attività non a valore aggiunto, ma indispensabili, almeno ad una prima analisi e che non sono eliminabili con gli attuali sistemi di sviluppo prodotto, gestione degli ordini e produzione;
3. attività non a valore aggiunto che invece possono, anzi devono essere eliminate.

Lo scopo della Lean è quello di eliminare tutte le attività che non creano valore e che sono considerate spreco. Un esempio può essere il tempo perso dagli operai che si devono spostare per recuperare gli strumenti necessari a svolgere il lavoro: questa attività non è di valore per il cliente, e come tale dovrà essere rimossa. Tuttavia, ci possono essere casi in cui questo spreco non può essere eliminato subito a causa, ad esempio, dell'impossibilità di modificare il layout dell'impianto. Si dovranno quindi risolvere altri problemi, prima di agire su questo.

Una tecnica utile per identificare le attività creatrici di valore è quella della Value Stream Map, che permette di andare a mappare l'intero processo per riuscire ad identificare le inefficienze in ogni fase e capire dove sono localizzati i problemi.

Il terzo principio, invece, richiede che le attività creatrici di valore fluiscano senza interruzioni. Per *far scorrere il flusso* è necessario apportare delle modifiche nel processo, come ad esempio una riconfigurazione del layout, la correzione dei colli di bottiglia, un bilanciamento delle linee o un livellamento della produzione. Si deve passare dal tradizionale modello organizzativo per funzioni, dove le aree aziendali sono rigidamente separate e non comunicano tra loro, ad un modello per processi, che è caratterizzato da una collaborazione tra i diversi reparti, da una condivisione dei compiti e delle conoscenze e da una maggiore focalizzazione sul cliente. Inoltre è fondamentale rivedere le attività lavorative, senza tener conto delle tradizionali mansioni delle figure professionali, formandole per ottenere una flessibilità maggiore.

Già Henry Ford era riuscito a comprendere i vantaggi derivanti dall'utilizzo di un flusso continuo, ma il suo modello funzionava solo con alti volumi produttivi e operazioni altamente standardizzati. Il merito della Toyota è stato quello di riuscire a creare flussi continui nella produzione di piccoli lotti.

Il quarto principio prevede l'implementazione di un *sistema Pull*, per fare in modo che il flusso del valore sia "tirato" dal cliente, producendo solo quello che vuole, quando lo vuole e quanto ne vuole. Infatti, in ottica Lean il processo a monte non dovrebbe produrre fino a che qualcuno a valle, il cliente, lo domanda. Questo si contrappone alla logica Push usata in casi in cui la domanda è molto stabile, dove la produzione è basata sulle previsioni della domanda. In questo caso, se le previsioni non sono corrette, si corre il rischio di non riuscire a soddisfare tutti i clienti o, al contrario, di avere scorte di prodotto finito in eccesso. Il sistema Pull può essere gestito dal *kanban*, uno strumento nato in Toyota che si basa sull'utilizzo di cartellini che regolano la produzione e la movimentazione dei materiali. Il contenitore vuoto, che viene riportato all'azienda produttrice, diventa il segnale che fa partire la produzione, fabbricando soltanto i beni necessari. Naturalmente la logica Pull deve essere seguita in tutta la catena produttrice dalla materia prima al prodotto finito, in modo da non produrre sprechi e ordini non necessari.

Infine, l'ultimo principio esprime uno dei concetti più importanti della gestione snella, ossia quello della *ricerca della perfezione* attraverso il miglioramento continuo. L'idea è quella di riuscire a mantenere il vantaggio competitivo ottenuto dalle precedenti azioni, cercando di ridurre continuamente gli sprechi ed aumentare il valore.

In genere, nelle aziende, un'azione di miglioramento prevede un cambiamento drastico, che richiede elevati investimenti, ma da cui ci si aspetta dei risultati nell'immediato. In Toyota, il miglioramento è visto come un processo graduale, che coinvolge tutte le persone all'interno dell'azienda. Si parla di

Kaizen, che letteralmente significa "cambiare in meglio", per indicare proprio l'impegno di ogni persona ad apportare giornalmente dei piccoli miglioramenti.

Secondo questo principio, i risultati ottenuti non sono mai un punto di arrivo, ma un punto di partenza per potersi migliorare ulteriormente, aspirando costantemente alla perfezione, senza mai riuscire a raggiungerla.

Molte aziende occidentali cercano di imitare il pensiero Lean, ma falliscono proprio perché non riescono a comprendere appieno il concetto di perfezione, su cui si basa il grande successo Toyota.

In sostanza, perfezione significa mettere sempre in discussione i risultati raggiunti applicando i precedenti principi per poterli migliorare ulteriormente, e la *Figura 1.1* iniziale con la sua circolarità mostra proprio questo: la fine è il nuovo inizio del percorso.

1.2.2 Gli sprechi

Come già accennato, la gestione snella nasce con l'obiettivo di eliminare gli sprechi, quelli che in giapponese vengono chiamati *muda* (Ohno,1978). Essi evidenziano qualsiasi attività umana che assorbe risorse e non crea valore aggiunto. La prima cosa che insegna la teoria snella è imparare ad osservare gli sprechi, per eliminarli e produrre di più con un minore consumo di risorse. Il pensiero Lean si delinea, quindi, come rimedio contro lo spreco, partendo dall'identificazione di ciò che vale, che va prodotto, allineando le attività che creano valore nella giusta sequenza, mettendole in atto senza interruzioni, quando il cliente le richiede ed imparando ad eseguirle in modo sempre più efficace. Taiichi Ohno ha identificato sette tipologie di sprechi, che si possono trovare in tutte le aziende (*Figura 1.2*).

1. Sovrapproduzione

Si verifica quando si produce o si acquista il materiale prima di quanto richiesto, o in quantità troppo elevata, causando spreco di materiale, tempo, manodopera, beni/attrezzature, spazio e denaro. Questa maggiore produzione deve essere vista come un fatto negativo alla pari del produrre meno del necessario fabbisogno. Nella produzione a lotti è facile trovare questo tipo di spreco, in quanto si pianifica la produzione anticipatamente rispetto agli ordini ricevuti dai clienti, comportando spesso rimanenze a magazzino. Il magazzino, nello specifico, è visto come un costo aggiuntivo importante e che deve essere il più possibile limitato, considerando anche lo spreco dello spazio che occupa. Allo stesso tempo produrre di più significa lavorare di più, usare più del dovuto macchine e risorse umane e amplificare i costi di movimentazione e amministrazione. L'obiettivo assoluto è ottenere un magazzino vuoto di prodotti finiti, raggiungibile soltanto se tutta la filiera, dai fornitori ai produttori,

fino ai clienti, lavorasse in maniera sincronizzata. Per raggiungere i risultati auspicati si deve partire da una pianificazione della produzione, calcolando precisamente la quantità prodotta in funzione degli ordini ricevuti, tenendo conto di variabili e rese di processo. Secondo Ohno questo è uno degli sprechi più pericolosi, perché tende a nascondere i problemi della produzione, dando origine ad altri muda.

2. Attese

Fanno riferimento a tutto il tempo perso dagli operatori causato da inattività e sospensioni. Si tratta dello spreco legato alle attese di materiale o utensili, alla mancanza di sincronizzazione tra le varie fasi di lavoro, a guasti delle attrezzature, o per difetti qualitativi da selezionare e/o sottoporre a nuova lavorazione. Queste interruzioni non sono necessarie al ciclo di lavorazione del prodotto, e provocano una differenza considerevole fra il Lead Time e il tempo di fabbricazione. Dunque, nel corso della produzione, tutti i tempi che non sono strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto, e le attese fra una attività e l'altra, sono sprechi veri e propri che vanno eliminati completamente. Per risolvere il problema si devono valutare i tempi di attesa e di ritardo dei prodotti, cercando di stabilire una strategia volta a limitare al minimo lo spreco di tempo, senza allungare il ciclo di lavorazione.

3. Trasporti

Riguardano spostamenti inutili di materie prime, prodotti in lavorazione e prodotti finiti, che possono avvenire tra i reparti interni allo stabilimento, o tra stabilimenti diversi. Da questi può generarsi il rischio di danneggiamento del materiale, provocando l'assenza di valore aggiunto che il cliente non è disposto a pagare. È necessario cercare di ottimizzare i trasporti attraverso uno studio approfondito del layout della linea produttiva, e quindi anche dalla frequenza delle movimentazioni del pezzo tra i reparti, individuando gli spostamenti essenziali e quelli che si possono evitare.

4. Movimentazioni

Si intendono tutti gli spostamenti inutili eseguiti dagli operatori durante la produzione di un particolare/prodotto. Si differenzia dal trasporto in quanto in questo caso si parla di movimentazione dei dipendenti all'interno dello stesso ciclo di lavorazione in una postazione definita, per recuperare la parte da lavorare o per cercare uno strumento. Queste attività non aggiungono valore e, anzi, allungano inutilmente il tempo di lavorazione causando sprechi. Anche in questo caso l'obiettivo deve essere quello di ridurre i movimenti aumentando la produttività.

Uno strumento efficace per individuare l'entità di questo spreco è un particolare diagramma, lo *Spaghetti Chart*, ovvero una rappresentazione sul layout aziendale dei percorsi compiuti dai lavoratori durante il

processo. Grazie a questa tecnica è quindi possibile creare una mappatura attraverso la quale poter migliorare e ottimizzare le performance, in modo che la disposizione fisica delle attrezzature, dei magazzini, dei lavoratori e degli stock siano ottimali per ridurre gli sprechi.

5. Processo

Sono considerate uno spreco tutte le inefficienze all'interno del processo, che possono causare problemi come l'interruzione del flusso o difetti nei materiali lavorati. Rientrano in questa categoria tutte le attività attuate durante la produzione che non portano ad un aumento di valore del prodotto. Questo avviene quando vengono utilizzate risorse, sia umane che in termini di macchinari, non strettamente necessarie o in sovrannumero per un particolare processo, generando a loro volta dei costi. Il monitoraggio e l'analisi costante del processo sono fondamentali per avere una lavorazione stabile e ripetibile, limitando al minimo gli sprechi.

6. Scorte

Le scorte di materie prime, semilavorati e prodotti finiti sono tutte considerate uno spreco perché non producono guadagno e non sono di alcun valore per il cliente. Vengono viste come materiale utilizzato per nascondere problemi relativi all'instabilità del processo che porterebbero all'interruzione del flusso, generando una quantità di valore intrappolato nel processo che non giova all'economia dell'azienda. L'operazione richiede la ridiscussione di tutto il processo e anche dell'approvvigionamento di materiale dall'esterno, sincronizzandolo con la produzione. Lo scopo è quello di lavorare con giacenze ridotte, evitando il deperimento delle merci immagazzinate ed elevati costi di gestione, oltre all'occupazione del magazzino che potrebbe essere utilizzato diversamente o addirittura ridimensionato, con conseguente eliminazione della possibilità di avere capitale fermo che non produce valore. Solitamente questa categoria di sprechi, insieme a quelle dei trasporti non necessari, sono le più evidenti.

7. Difetti

I prodotti difettosi sono errori che portano alla produzione di materiali e prodotti fuori specifica, che devono essere rilavorati o scartati, causando anch'essi spreco di materiale e tempo. Per difetto si intende la realizzazione di un pezzo fuori dalla conformità fissata dal produttore e dal cliente. Tutti quei processi cosiddetti "RI" sono azioni fatte più di una volta, ad esempio RIcontrollare, RIlavorare, RIspedire, ecc. Questo tipo di spreco può causare un allungamento del tempo di produzione, un peggiore servizio al cliente e un aumento dei costi.



Figura 1.2 I sette sprechi individuati da Taiichi Ohno
Fonte: <https://www.induvation.it/strumenti-lean/>

Spesso nella gestione snella si parla anche di un ottavo spreco, aggiunto da Womack e Jones, cioè lo *spreco della creatività umana* (Jones e Womack, 2006). Questo si ha quando la direzione non permette alla forza lavoro di partecipare alle attività di miglioramento e di apportare in modo autonomo dei piccoli cambiamenti nel processo. Spesso le soluzioni migliori a determinati problemi possono essere date da chi esegue il lavoro, piuttosto che da chi lo pianifica; questo si può ottenere soltanto dando la possibilità a tutte le persone di contribuire al bene dell'azienda. Lo sviluppo, il coinvolgimento e il rispetto per le persone sono tutti concetti chiave della cultura Lean, essenziali per riuscire ad ottenere un ambiente di lavoro dove sia piacevole lavorare e dove ognuno possa dare il proprio contributo, sentendosi importante per il successo dell'azienda.

1.3 House of Lean

Gli elementi fondamentali di una produzione snella possono essere rappresentati graficamente come una “casa” (*Figura 1.3*), intesa come una metafora, contenente tutte le caratteristiche della filosofia Lean.

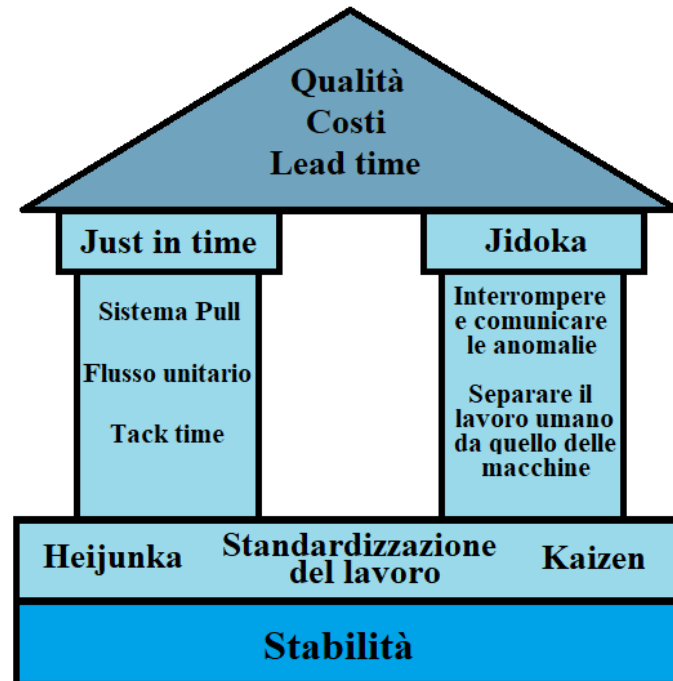


Figura 1.3 House of Lean
Fonte: tradotta da <https://www.lean.org/>

Proprio come la costruzione di una buona casa anche l’implementazione di una produzione snella richiede di essere costruita dal basso, partendo con delle solide fondamenta identificate come “stabilità”. La stabilità viene fornita dalla presenza di personale altamente formato e da macchinari con manutenzione impeccabile che, attraverso la loro affidabilità, riescono a raggiungere gli standard. Le basi sono composte essenzialmente da tre elementi fondamentali:

- Il livellamento della produzione o del carico di lavoro (*Heijunka*).
- La standardizzazione del lavoro.
- Il miglioramento continuo (*Kaizen*).

Le colonne, o per meglio dire, i pilastri, sono essenzialmente due:

- Il *Just-In-Time* che, basandosi sull’utilizzo dei *Kanban*, è composto dal sistema *Pull*, il flusso unitario e il *Takt Time*.
- L’autonomazione (*Jidoka*), realizzabile attraverso la progettazione di processi che si bloccano quando rilevano delle anomalie e la separazione del lavoro degli uomini e

quello delle macchine in un contesto in cui siano presenti sistemi a prova di errore (*Poka-Yoke*).

Questi due pilastri hanno degli “obiettivi zero” e sono la produzione di zero scorte (per il *Just-In-Time*) e zero difetti (per il *Jidoka*).

L’eliminazione degli sprechi (*muda*), l’offerta di beni o servizi di elevata qualità, ad un prezzo ridotto, con tempi di realizzazione molto contenuti sono i componenti del tetto della casa. Quest’ultimo rappresenta l’obiettivo generale dell’implementazione di tutti questi strumenti o tecniche, che dovrebbe essere la creazione di maggior valore e, conseguentemente, il raggiungimento della soddisfazione di tre tipi di soggetti. I primi ad essere interessanti sono i clienti, poiché gioveranno di una maggiore qualità, di minori costi e di un *lead time* notevolmente ridotto. I dipendenti beneficeranno di maggiori sicurezze e soddisfazioni sul posto di lavoro, legate alla maggior partecipazione alle decisioni aziendali. Infine, l’azienda migliorerà dal punto di vista della flessibilità e dei profitti, aumentando i ricavi e tagliando i costi di produzione.

La successiva trattazione partirà dai due pilastri principali del Toyota Production System (il *Just-In-Time* e il *Jidoka*) per poi soffermarsi sulle fondamenta (*Heijunka*, standardizzazione del lavoro e *Kaizen*).

1.3.1 Il Just-In-Time

Il JIT è una strategia gestionale produttiva alla base del Toyota Production System che è finalizzata a minimizzare il livello delle scorte avviando la produzione solo quando si manifesta la domanda (Ohno, 1993). È quindi possibile fornire ciò che serve, esattamente quando serve e nella quantità richiesta, per riuscire a mantenere un flusso continuo rispondendo in modo flessibile al mercato. Questo concetto è nato in Toyota intorno agli anni Sessanta, in contrapposizione al classico metodo di produzione che prevede la pianificazione di ogni fase produttiva indipendentemente dalle altre. La produzione snella, attraverso un insieme di tecniche o strumenti, ottimizza la *supply chain* e la logistica, andando a richiedere un tempismo perfetto tra linea di produzione e fornitori, per garantire che i materiali acquistati vengano consegnati solo quando necessario.

La traduzione dall’inglese di *Just-In-Time* corrisponde ad “appena in tempo” o “esattamente in tempo”, e rende l’idea di come questa logica di tipo *Pull* richiede di produrre solamente ciò che si è già venduto, o si è sul punto di vendere, evitando di realizzare un qualcosa che si spera di vendere in futuro. Il *JIT* è una politica di gestione delle scorte che tenta di apportare una maggiore efficienza alle fasi a monte di un processo produttivo, soprattutto alle operazioni di fornitura, in modo da riuscire a reperire i materiali e svolgere le relative operazioni di lavorazione quando i processi a valle lo richiedano. Il suo scopo è di ottenere un allineamento, una sincronizzazione tra quello che l’impresa

offre ai propri clienti e le richieste che questi ultimi avanzano sotto forma di domanda di mercato. Il risultato finale dell'utilizzo di un sistema di questo sistema è l'eliminazione, o quanto meno un notevole snellimento, del magazzino.

Affinché tutto questo possa essere possibile, le fasi situate in una posizione maggiormente vicina al cliente finale dovranno avere il modo di comunicare ai processi sequenzialmente precedenti la quantità e il tipo di materiali che dovranno realizzare. A tale scopo vengono utilizzati i cartellini di segnalazione *Kanban*, congiuntamente allo sfruttamento dello SMED (*Single Minute Exchange Of Die*), una metodologia attraverso cui è possibile ridurre i tempi di *setup* rendendo maggiormente flessibile e versatile il sistema produttivo, cercando di portare ad un riattrezzaggio dei macchinari in meno di dieci minuti.

Il punto di partenza della metodologia SMED consiste nella ripartizione del tempo di setup in due tipi di operazioni distinte identificate come IED (*Inside Exchange of Die*) e OED (*Outside Exchange of Die*). Le prime devono necessariamente essere realizzate quando i macchinari sono fermi, mentre le seconde possono aver luogo quando questi sono in funzione. Si cerca quindi di svolgere le operazioni IED quando i macchinari sono in funzione, in modo da riuscire a velocizzare le tempistiche relative al riattrezzaggio. Se questo è possibile viene ridisegnato un nuovo ciclo di *set-up* (quindi un nuovo sistema di procedure) e si avanza attraverso ad un'analisi maggiormente critica delle rimanenti attività IED per riuscire a vedere se è possibile far diminuire la loro durata. L'utilizzo congiunto di *Kanban* e SMED porta all'eliminazione dei "tempi morti" e una conseguenziale riduzione dei tempi di attraversamento. Il risultato è la creazione di un sistema ad elevata flessibilità, che sia capace di adattarsi alle richieste e all'andamento del mercato. Quindi, il JIT diventa lo strumento primario attraverso il quale un'impresa Lean dovrebbe rapportarsi col mercato, avendo sempre come obiettivo primario la creazione di valore aggiunto e la soddisfazione del cliente. Allo stesso tempo, il JIT, è un meccanismo che non tollera errori ed inefficienze, generando alcune problematiche. Infatti, anche un breve ritardo di un fornitore o di una lavorazione può comportare la paralisi dei reparti a valle, generando ritardi nella produzione.

Il JIT è essenzialmente articolato in tre elementi che verranno esposti nei paragrafi immediatamente successivi:

- il sistema *Pull*;
- il sistema *One-Piece-One-Flow*;
- il *Takt Time*.

Sistema Pull

È un metodo di controllo della produzione in cui il flusso dei materiali si sposta da monte verso valle, tirato dalla richiesta del cliente finale. Come già precedentemente preannunciato, la logica *Pull* si contrappone ai sistemi tradizionali, che seguono una logica di tipo *Push*. La criticità di questi sistemi risiede nel non riuscire a livellare la quantità prodotta alla domanda reale, poiché la programmazione avviene prima di un'effettiva richiesta proveniente dal mercato. I sistemi produttivi tradizionali, per riuscire a gestire una programmazione della produzione antecedente alle richieste provenienti dal mercato, impiegano complessi sistemi di previsione, attraverso l'uso di dati storici e di modelli matematici. Essi sfruttano sistemi di gestione *MRP (Material Requirements Planning)*, attraverso i quali vengono eseguite delle previsioni della domanda e degli ordini in arrivo, per poi calcolare i componenti o i materiali necessari, stimando il tempo della loro consegna in azienda. Questo tipo di impostazione richiede l'arrivo dei materiali in azienda prima delle richieste dei clienti e, nel caso in cui le previsioni risultassero errate, porterebbero alla generazione di un elevato numero di scorte. Inoltre ciò che caratterizza sistemi produttivi Push è l'assenza di sincronizzazione tra le varie fasi, con conseguente accumulo di scorte intermedie, e riduzione della redditività dell'impresa.

La filosofia Lean, invece, non necessita dell'utilizzo di modelli previsionali, ma basa la programmazione della propria produzione sulle necessità dei clienti, consentendo di ridurre al minimo il tempo che si interpone tra la loro richiesta e la sua completa soddisfazione. Questo è possibile solamente in presenza di una *supply chain* con elevata solidità e flessibilità, che consenta la consegna di materiali in grande rapidità, anche se le richieste dovessero essere caratterizzate da piccole quantità e grande varietà. L'utilizzo di questa tecnica permette l'eliminazione delle scorte di materia prima, di prodotti intermedi tra le fasi, e di prodotti finiti, evitando sprechi di spazio.

I sistemi di tipo Pull possono essere suddivisi in tre tipologie:

- *Supermarket Pull System*: è la tipologia più semplice e diffusa, dove ogni processo ha un negozio, o un supermercato, che contiene una determinata quantità di ogni prodotto generato. Ogni processo a monte produce solamente ciò che viene ritirato dal processo a valle, reintegrando quindi i prodotti che vengono prelevati dal suo supermercato. Tipicamente questa informazione viene ricevuta dal sistema a monte attraverso un kanban, che lo autorizza a sostituire ciò che è stato ritirato. Poiché ogni processo è responsabile del rifornimento del suo supermercato, viene agevolata la gestione quotidiana, generando opportunità di miglioramento continue. Lo svantaggio di questo tipo di sistema è che il processo deve portare a inventario la quantità di tutte le parti che produce, risultando difficoltoso dal punto di vista logistico se vi sono tantissime parti prodotte.

- *Sequential Pull System*: i prodotti sono realizzati “su ordinazione”, minimizzando il livello di inventario, e cercando di determinare un equilibrio tra quantità e mix offerti. Ogni processo a valle produce ciò che gli è stato consegnato dal processo a monte, seguendo un’ottica FIFO (First In First Out). In questo sistema i Lead Time devono essere più brevi possibili e prevedibili, ed è di fondamentale importanza l’uso dei cartellini kanban. Questo sistema viene sfruttato maggiormente quando il numero di componenti che dovrebbero essere tenuti a Supermarket è eccessivamente elevato.
- *Mixed Pull System*: comporta l’applicazione simultanea delle due tipologie precedentemente descritte, ottenendo i vantaggi di entrambe le strategie. Esso presenta, però, molte complessità nel bilanciamento del lavoro e nell’identificazione delle anomalie, rendendo molto difficoltoso il miglioramento del sistema stesso.

Sistema One-Piece-One-Flow

Il secondo elemento necessario per operare in una logica *JIT* è il sistema *One piece one flow*, traducibile come “flusso unitario”. Questo sistema propone di organizzare il sistema produttivo con l’avanzamento dei componenti da una fase produttiva all’altra, un pezzo alla volta seguendo un flusso continuo. La flessibilità risulta essere un elemento chiave nello sviluppo del processo, poiché permette di cambiare il modello di prodotto, mantenendo, al contempo, un flusso continuo lungo cui i materiali procedono senza attese o accumuli di scorte intermedie. Il verificarsi di queste condizioni avviene attraverso l’applicazione della metodologia SMED, che consente di riuscire a gestire adeguatamente i tempi di setup, e quindi di abbassare il tempo di attraversamento dei materiali nei reparti.

I vantaggi derivanti dall’applicazione di un sistema a flusso unitario riguardano l’efficienza nell’utilizzazione dello spazio, con magazzini di minori dimensioni, una buona visione dello svolgimento complessivo del processo, un’ottimizzazione e riduzione degli spostamenti degli operatori e dei materiali, e una migliore capacità di sincronizzazione generata da una maggiore flessibilità produttiva.

Takt time

Il terzo elemento che caratterizza una politica di gestione delle scorte *JIT* è il *Takt Time*, il ritmo di produzione ottimale per riuscire a soddisfare la domanda del cliente. In tedesco il termine “Takt” significa “ritmo”, che unito alla parola “time” sta ad indicare il tempo massimo in cui deve uscire dalle linee di produzione un prodotto finito per soddisfare, appunto, le richieste del mercato. È un indicatore temporale che permette di unire la produzione alla domanda sincronizzando le varie

stazioni produttive in linea, ottenendo un flusso continuo e bilanciato. È uno strumento utilissimo per riuscire a fissare il ritmo che deve seguire la produzione per eliminare le attese o colli di bottiglia, evitando la generazione di scorte intermedie. La formula per il calcolo è la seguente:

$$Takt\ time = \frac{tempo\ totale\ disponibile/giorno}{richiesta\ cliente/giorno}$$

Si utilizza solitamente come intervallo di tempo di riferimento il giorno lavorativo, espresso in minuti, e la richiesta del cliente come pezzi al giorno.

Questo indicatore non va tuttavia confuso con il tempo ciclo o cycle time. Il cycle time, infatti, rappresenta il tempo effettivo di realizzazione, le ore di lavoro manuale necessarie per completare il processo. Conoscendo il tempo ciclo e il Takt time è possibile ricavare il numero di risorse, inteso come macchinari e operatori, necessarie per soddisfare le richieste del mercato, attraverso la formula seguente:

$$n^{\circ}\ risorse\ produttive\ necessarie = \frac{cycle\ time\ totale}{Takt\ time}$$

Questo calcolo permette di svolgere le dovute operazioni di assestamento nel caso in cui il personale presente all'interno di ciascuna isola lavorativa sia in sovrannumero, oppure se all'interno della stessa vi sia una carenza di personale. Per tentare di evitare sprechi, a causa di un non corretto bilanciamento delle fasi, è opportuno fare in modo che tutti i tempi ciclo del sistema siano il più possibile prossimi al Takt time. Devono necessariamente essere ben definite le operazioni standard, in modo che si possa intervenire sul lavoro delle varie fasi ridistribuendo le operazioni per equipararle al Takt time. Inoltre, qualora si presentasse un macchinario avente cycle time maggiore del Takt time è necessario effettuare un'analisi delle operazioni relative a questo sottoprocesso, individuando le attività a non valore aggiunto, eliminando tali sprechi in ottica Lean.

Nella realtà, le persone e le macchine non possono mantenere costantemente il 100% di efficienza, a causa di interruzioni o problemi durante i processi. In questi casi il sistema produttivo verrà impostato per viaggiare ad una velocità maggiore, per tenere conto del verificarsi di queste incertezze.

1.3.2 Jidoka

Il secondo pilastro della House of Lean è il *Jidoka*, parola giapponese che tradotta significa “autonomazione” (Tanaka M., 2006). È un meccanismo che permette la rilevazione degli errori da parte delle macchine, dotandole di opportuni sistemi di arresto. La formazione degli operatori risulta essere fondamentale, poiché saranno loro stessi ad intervenire per comprendere e risolvere il problema. Questo sistema permette di affinare la qualità, portando maggior valore all’impresa, con l’obiettivo di avere “zero difetti”. Esso ha lo scopo di verificare la qualità dei prodotti ad ogni step del processo produttivo, in modo che i pezzi difettosi non vengano mandati avanti alle fasi successive e soprattutto al cliente, evitando una sua perdita di fiducia.

Inoltre l’autonomazione consente di avere dei vantaggi, separando il lavoro delle macchine, che sono in grado di lavorare da sole in condizioni normali, da quello dell’uomo. Viene richiesto l’intervento di quest’ultimo soltanto in caso di anomalia, permettendo quindi ad un unico operatore di gestire più macchine, aumentando l’efficienza produttiva.

Per facilitare l’implementazione di questo meccanismo vengono utilizzate diverse tecniche che hanno l’obiettivo di rendere visibili a chiunque gli errori, e facilitare la ricerca delle possibili soluzioni. Una di esse è l’adozione del sistema *poka yoke*, o *a prova di errore*. Si tratta di meccanismi o accorgimenti che permettono di evitare di commettere degli errori, o di evidenziarli in modo da essere prontamente corretti dall’operatore, consentendo il raggiungimento dell’obiettivo di zero difetti. I principali esempi possono essere delle check list delle azioni da svolgere durante una lavorazione, per evitare di dimenticare alcuni passaggi, oppure contenitori con dei riferimenti, in modo che l’impatto visivo renda prontamente percepibile la mancanza di qualche materiale.

1.3.3 Heijunka

Dopo aver illustrato i due pilastri, verranno ora trattate le fondamenta su cui si basa la casa della Lean. Il primo concetto è il *Heijunka*, ossia il volume di produzione livellato, che permette di equilibrare il carico di lavoro all’interno di una cella produttiva.

L’obiettivo è quello di creare prodotti o semilavorati ad un ritmo costante, in modo che le lavorazioni successive possano procedere anch’esse ad un ritmo tale. Questo sistema risulta più semplice da applicare dove la domanda del mercato è costante, ma quando le richieste del cliente subiscono fluttuazioni, è necessario cercare di livellare la domanda, ma soprattutto livellare la produzione. La domanda dei clienti può essere influenzata attraverso la manipolazione dell’offerta del prodotto, cercando di stabilire un processo di ordini e di abbassare la variabilità, ottenendo uno schema più prevedibile delle richieste. Quella per prodotto richiede il livellamento del tipo e della quantità da produrre in un determinato periodo di tempo, per riuscire a gestire al meglio le richieste dei clienti,

pur mantenendo un'irrelevante quantità di prodotti in stock. Infatti si ottengono dei benefici nelle fasi di acquisto dei materiali e nella loro gestione a magazzino, dato il loro consumo costante, permettendo una semplificazione della programmazione giornaliera di produzione. Per ottimizzare l'implementazione di questo sistema, evitando fluttuazioni lungo le linee produttive, è consigliabile partire dalla linea finale e procedere a ritroso.

Esistono due diversi tipi di livellamento della produzione:

- *Livellamento del volume di produzione*: intende riuscire a produrre una quantità giornaliera di prodotto costante nell'arco delle settimane che sia pari alla media giornaliera della domanda di lungo termine, tendendo un minimo di inventario per soddisfare i picchi. Il vantaggio del portare questo inventario è che riesce a livellare la produzione nell'intera produzione e contenere il WIP.
- *Livellamento del mix di produzione*: richiede che la varietà dei prodotti da generare sia distribuita equamente in un dato periodo di tempo predefinito. Quest'approccio ha come obiettivo la determinazione della sequenza di produzione, cercando di ridurre i tempi di setup delle produzioni per riuscire a produrre lotti sempre più piccoli di ogni prodotto. Si ottiene un lead time più contenuto e con una riduzione delle scorte di WIP.

1.3.4 Standardizzazione del lavoro

Lo *Standard Work* serve a definire tutte le procedure che l'operatore deve svolgere all'interno del processo produttivo. Può essere inteso anche come la precisa implementazione di una riorganizzazione dei movimenti di persone, macchine, materiale secondo criteri di ottimizzazione (Cortiglioni et al, 2017).

Questa attività ha come obiettivo la riduzione degli sprechi legati alle lavorazioni, creati anche da movimenti non necessari, che sono di difficile individuazione ed eliminazione.

Le tre voci che compongono gli standard operativi sono:

1. *Il ciclo operativo*: è il tempo stabilito per fare un pezzo o un'unità. Esso è determinato applicando la formula del Takt time, descritta in precedenza, con l'obiettivo di produrre una data quantità in base alla richiesta del cliente.
2. *La sequenza lavorativa*: è l'elenco sistematico di tutte le procedure o lavorazioni che l'operaio deve svolgere all'interno di un ciclo operativo. Un esempio di sequenza può essere il trasporto dei particolari, il suo montaggio sulla macchina, la rimozione della macchina e il suo imballaggio.
3. *Le apparecchiature standard*: esse servono ad agevolare il lavoro dell'operaio in modo da terminarlo entro il tempo del Takt time.

La standardizzazione del lavoro permette inoltre di stabilire una migliore interazione delle persone con il loro ambiente lavorativo, al fine di migliorare l'efficienza, eliminare gli errori e la variabilità delle operazioni. Questo è reso possibile attraverso l'applicazione dei Kaizen, che permettono di ottimizzare le lavorazioni, rivedendo e correggendo ogni volta il tempo reale impiegato dall'operatore nello svolgimento delle sue mansioni, con l'obiettivo di soddisfare il Takt time definito.

1.3.5 Kaizen

La parola giapponese *Kaizen* sta ad indicare un miglioramento incrementale, progressivo, rappresentato da una successione di piccoli e continui progressi che si accumulano col tempo. Il miglioramento continuo si contrappone all'innovazione, che tendenzialmente è un miglioramento radicale ed improvviso per creare velocemente più valore (Convis e Liker, 2016). La differenza maggiore tra i Kaizen e l'innovazione sta nel fatto che quest'ultima avviene per opera di decisioni prese dagli organi direzionali e necessita spesso di forti investimenti. I Kaizen invece mirano a coinvolgere l'intera azienda, dai dirigenti agli operai, che autonomamente riescono ad individuare i possibili sprechi e proporre soluzioni per abbatterli, o ridurli. Sono proprio gli operatori, attraverso il lavoro quotidiano, ad essere i padroni del processo, possedendo competenze specifiche, che danno loro la possibilità di essere autonomi nella gestione dei problemi. È grazie a questo coinvolgimento che gli operatori risultano più motivati nel loro lavoro e nel suo miglioramento. I Kaizen possono essere inoltre adottati per portare alla standardizzazione dei processi, che di per sé risulta essere una delle maniere per renderli più efficienti. Inoltre, spesso il miglioramento è strettamente legato alla semplificazione, attraverso la quale si richiede un minore livello di addestramento del personale e si riducono anche le possibilità di errore.

Per attuare il metodo Kaizen è opportuno seguire il ciclo di Deming o ciclo PDCA, composto da quattro fasi:

1. *Plan*: consiste nel verificare la situazione attuale di un determinato processo e cercare dei possibili miglioramenti. Si parte dallo stabilire quali risultati si vogliano ottenere, tenendo la logica dei piccoli cambiamenti;
2. *Do*: in questa fase viene applicato quanto pianificato nella fase precedente. Si applicano le modifiche studiate e si verifica, attraverso la raccolta dei dati, la loro efficacia;
3. *Check*: si analizzano quindi i dati raccolti, paragonandoli ai risultati previsti, per vedere se i miglioramenti ottenuti sono in linea con quanto pianificato;

4. *Act*: se nella fase di check i cambiamenti apportati hanno generato dei miglioramenti rispetto alla situazione iniziale, allora questo diventa il nuovo standard. Se invece non si sono presentati i progressi prestabiliti, bisogna analizzare nuovamente la situazione per proporre altri possibili miglioramenti.

Il ciclo appena descritto deve essere applicato in maniera continuativa, per poter apportare continuamente miglioramenti ai processi: l'obiettivo dei Kaizen, è infatti il conseguimento della perfezione, a cui si aspira sempre ma non viene mai raggiunta.

1.4 Gli strumenti della Lean Production

Per rendere possibile l'applicazione del pensiero Lean è necessaria l'adozione di determinati strumenti e tecniche. Verranno in seguito descritti in particolare quelli utilizzati e visti in Frandent, utili alla stesura di questo elaborato.

1.4.1 Value Stream Map

Per Value Stream Map si intende la mappatura grafica di tutte le azioni necessarie alla realizzazione di un prodotto, partendo direttamente dal fornitore, passando per tutta la catena produttiva, fino alla consegna al cliente del prodotto finito (Rother M. e Shook J., 2003). Il presupposto sul quale basare il Value Stream non è il miglioramento del singolo processo, ma l'ottimizzazione globale e continua. Le peculiarità della mappatura del processo sono due:

1. Current State Map: descrive la situazione attuale del prodotto nel flusso del valore.
2. Future State Map: indica la modalità in cui si vuole vedere il prodotto all'interno del flusso di valore.

Tale metodologia viene usata all'interno degli stabilimenti per permettere di visualizzare e identificare tutte le attività, a valore aggiunto e non a valore aggiunto, che sono svolte per realizzare il prodotto. Sono considerate a valore aggiunto le sole attività che portano a trasformazioni necessarie del materiale, mentre tutte le attività che non aggiungono valore al prodotto richiesto dal cliente devono essere eliminate dal flusso del valore. La Value Stream Map mostra il collegamento tra il flusso di materiale ed il flusso delle informazioni, che risultano essere fondamentali poiché contengono le indicazioni sulle azioni da svolgere per ogni processo.

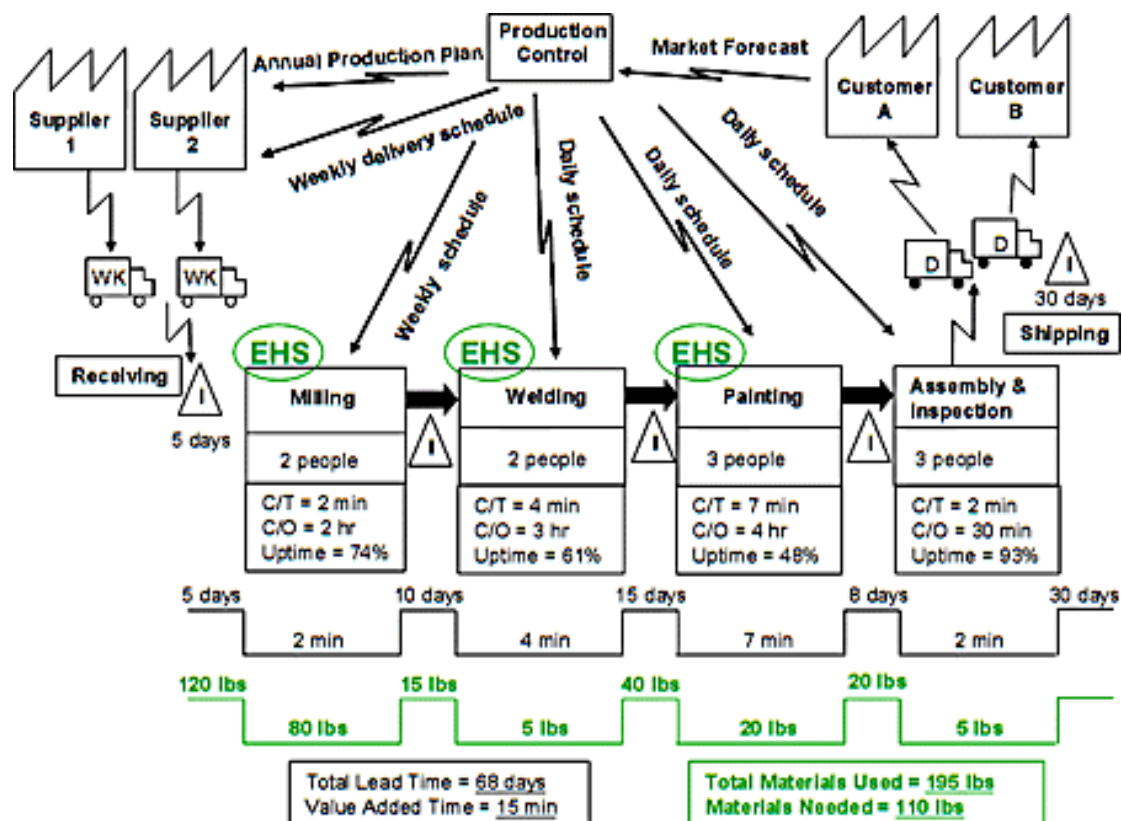


Figura 1.4 Esempio di Current State Map
Fonte: <https://www.leanmanufacturing.it/>

1.4.2 I 5 perché

Un'altra tecnica utile allo studio delle criticità e all'abbattimento dei muda è la 5w, o metodo dei "5 perché". Essa consiste in una serie di domande che permettono di ricercare le relazioni causa-effetto che si nascondono dietro ad un determinato problema, cercando di darsi delle risposte (Bonfiglioli R., 2004).

Domandandosi 5 cinque volte "perché" si riesce ad analizzare in maniera più approfondita il problema, identificando la causa radice di esso, evitando quindi un approccio superficiale. Con questo approccio si riesce a non trascurare il problema, permettendo inoltre di individuare più agevolmente le misure correttive attuabili, che impediscono il ripresentarsi del problema, o di altri eventi collegati ad esso.

Questa tecnica favorisce lo sviluppo e la formazione del personale sia in termini cognitivi che di predisposizione al *problem solving*.

1.4.3 La metodologia 5S

Il metodo 5S è un passaggio fondamentale per il raggiungimento della produzione Just-In-Time. Si tratta di una tecnica utilizzata per mantenere ordinato e pulito il posto di lavoro, ed è di supporto alla manutenzione autonoma, poiché guida l'operatore nel miglioramento, mettendo in evidenza i problemi (Bonfiglioli R., 2004).

Questa metodologia è articolata in cinque fasi, che servono da guida per effettuare correttamente ed efficacemente i passaggi di miglioramento all'interno dell'azienda. Le "5S" si riferiscono a cinque termini giapponesi che rappresentano le tappe principali del metodo:

- *Seiri* (separare): il primo passo riguarda la rimozione dalla postazione di lavoro di tutto ciò che non serve al processo produttivo in corso. Si tratta, quindi, di distinguere ciò che è necessario e ciò che risulta inutile o superfluo all'interno dell'area; tutto quello che non serve può essere eliminato o ricollocato in una postazione più idonea. Per fare questo è necessaria un'attenta osservazione rispetto alla frequenza di utilizzo dei vari oggetti, in base a questa si valuterà l'eliminazione o lo spostamento degli utensili in questione. In questa fase l'operatore può servirsi di cartellini colorati da assegnare ai vari oggetti in base al loro utilizzo, per poi agire in base al risultato che ne deriva. Eliminando il non necessario si ottiene una postazione più libera e semplice da organizzare, riducendo parte dello spreco.
- *Seiton* (riordinare): una volta rimossi gli oggetti inutili si ha maggiore spazio a disposizione. A questo punto gli utensili devono essere disposti in maniera tale che siano facili da identificare, utilizzare e riporre, in base alle esigenze degli operatori; così che ogni cosa abbia una precisa collocazione e l'ambiente di lavoro sia più organizzato. La sistemazione e l'organizzazione permettono di ottenere una maggiore fluidità e linearità nelle attività produttive, questo è molto importante in quanto consente di eliminare numerosi sprechi nel loro svolgimento. Anche in questo caso si possono utilizzare delle tecniche visive come tracciare delle linee per terra o utilizzare delle lavagne, in modo che sia chiaro dove gli utensili debbano essere posizionati. Il processo, in questo modo, risulterà anche più ergonomico, perché gli oggetti vengono collocati in modo che siano facilmente raggiungibili e comodi per l'operatore.
- *Seiso* (pulire): il terzo step prevede una pulizia dell'ambiente di lavoro da svolgere in modo sistematico, in modo da ridurre i rischi per la salute e permettere agli operatori di ispezionare l'area e dar loro la possibilità di rilevare eventuali inesattezze o problemi sul nascere. L'azione di pulizia favorisce, quindi, una manutenzione periodica dei macchinari e dell'attrezzatura, oltre a rendere l'ambiente un luogo piacevole, e a norma, in cui lavorare.

- *Seiketsu* (standardizzare): una volta eseguite le tre fasi precedenti, è necessario che queste continuino ad essere applicate, al fine di renderle un'abitudine quotidiana degli operatori, e assicurare che siano mantenute nel tempo per ottenere un continuo miglioramento. Per fare ciò è fondamentale che vengano introdotti degli standard per gli operatori, utili a definire le procedure da seguire e fare in modo che ognuno abbia chiaro il lavoro che deve svolgere, quali attrezzature utilizzare e avere un'area appositamente organizzata.
- *Shitsuke* (diffondere): l'ultima tappa prevede che le procedure messe in atto diventino un'abitudine e vengano mantenute nel corso del tempo. È la fase più difficile da applicare e rende possibile la consolidazione all'interno dell'organizzazione dell'azienda delle quattro fasi precedenti, in modo da renderle parti integranti di ciascun dipendente. È fondamentale, quindi, che ogni operatore venga spinto all'autocontrollo della propria postazione di lavoro, incentivandolo a proporre nuovi miglioramenti alle condizioni di lavoro, cercando di rendere consapevoli tutti i dipendenti dei benefici che può apportare l'applicazione delle 5S all'interno dell'azienda. È necessario, infine, che l'azienda preveda la predisposizione di condizioni ottimali allo svolgimento di tutti i processi del sistema 5S, oltre ad un grande impegno e coinvolgimento da parte della direzione aziendale.

In sintesi, grazie all'attuazione di questa metodologia, è possibile beneficiare di molteplici vantaggi: una maggiore sicurezza e pulizia sul posto di lavoro, una riduzione del tempo perso a cercare gli utensili e un'ottimizzazione degli spazi. Inoltre, grazie ad un continuo monitoraggio, è possibile risolvere nell'immediato le problematiche che si riscontrano, cercando di ottenere un miglioramento continuo all'interno di un ambiente di lavoro più organizzato ed efficiente.

1.4.4 Kanban

Lo strumento maggiormente utilizzato dalle imprese snelle per riuscire ad attuare il JIT è il kanban, termine giapponese che significa “insegna” o “cartellino” (Turner et al, 2012). Quest'ultimo viene utilizzato come strumento visivo, venendo applicato su un contenitore, con l'obiettivo di comunicare informazioni riguardanti la produzione, il prelievo di determinanti componenti/materiali. Infatti, è uno strumento metodologico che ogni giorno fornisce istruzioni di produzione e movimentazione nel luogo fisico dove occorrono, coprendo in particolare la schedulazione e il controllo di avanzamento. Nel cartellino kanban solitamente sono presenti il codice dell'articolo, la quantità, il tempo ciclo di produzione dell'articolo, e il lead time di produzione, utile a visualizzare il tempo necessario alla produzione dell'intera quantità di articoli indicati, il reparto dove viene prodotto e la destinazione del magazzino dove viene stoccato.

Lo scopo del kanban è quello di tirare la produzione in base alle richieste del mercato, autorizzando la produzione o l'acquisto di un certo numero di componenti a seguito dell'utilizzo degli stessi da parte di una fase a valle. Quando il volume di componenti rappresentato dal cartellino viene consumato, esso viene passato al magazzino, indicando la necessità di ripristinare la quantità di componenti utilizzati. Oltre a stabilire il momento in cui produrre, e quindi a regolamentare il flusso, esso indica anche l'esatta quantità da produrre di quel dato articolo, indicata appunto sul cartellino. Il flusso dei materiali in una produzione a kanban è perciò definito “*tirato*” in quanto la produzione di un componente è autorizzata solo da un effettivo consumo.

I kanban si possono distinguere in due grandi tipologie:

- I *kanban di prelievo* o di trasporto: servono per spostare componenti e materiali verso un processo produttivo;
- I *kanban di produzione* che rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle.

L'utilizzo del kanban permette quindi l'eliminazione della sovrapproduzione, un aumento della flessibilità nella risposta alla domanda del cliente e una riduzione dei costi di elaborazione delle informazioni, con conseguente acquisizione dei dati che diventa più rapida e la limitazione di produzione in eccesso.

1.4.5 Spaghetti Chart

La mappatura Spaghetti Chart (*figura 1.4*) è uno strumento di Lean manufacturing molto utile per visualizzare una serie di informazioni connesse ad ogni singola procedura legata ai flussi fisici di materiali (o di persone), di trasporto e al layout di un'azienda. Si tratta di un grafico che rappresenta gli spostamenti di ogni singola procedura, informazione, movimentazione, sia essa di materiali che di personale. Viene utilizzata una mappa in scala del reparto (o dell'intero stabilimento) che si intende analizzare e, attraverso le linee tracciate di colore diverso sul grafico che rappresentano le varie movimentazioni del flusso, si possono visualizzare facilmente gli spostamenti degli operatori e del prodotto che avvengono durante il ciclo produttivo, permettendo di evidenziare tutti gli eventuali incroci effettuati, frutto di un layout non ottimale.

Successivamente si potrà agire per poter migliorare e ottimizzare le performance in modo che la disposizione fisica delle attrezzature, dei magazzini, dei lavoratori e degli stock siano ottimali. L'obiettivo della Spaghetti Chart è proprio quello di eliminare gli sprechi, intesi come spostamenti non necessari del personale e di prodotti, che sono parte integrante del processo di produzione, per renderlo nettamente più semplice e snello.

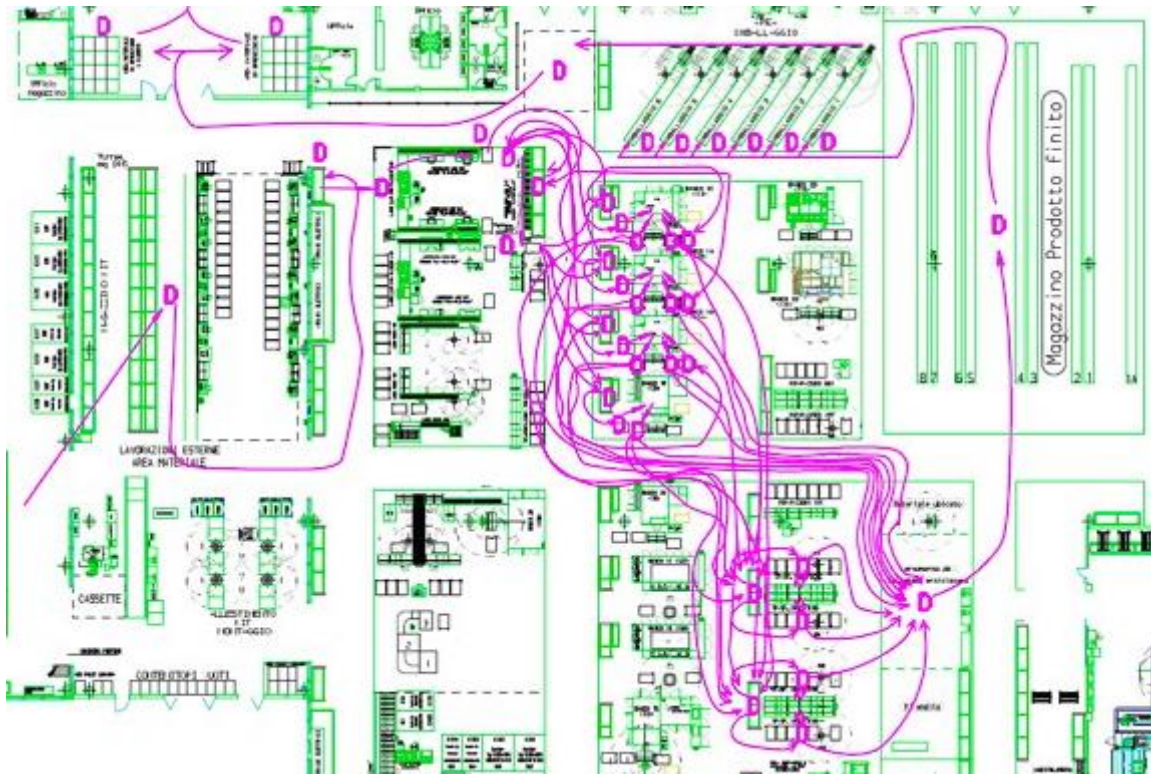


Figura 1.4 Esempio di Spaghetti Chart

Fonte: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/spaghetti-chart.html>

1.4.6 Yamazumi chart

Il termine giapponese “yamazumi” indica, letteralmente, “impilare”, “mettere una cosa sopra l’altra”. Si tratta di un diagramma a barre che viene utilizzato per mostrare i carichi di lavoro suddivisi tra un certo numero di operatori, tipicamente di una linea di assemblaggio o di una cella produttiva. Questo strumento facilita l’attribuzione di nuove attività, l’individuazione e la rimozione di eventuali compiti privi di valore aggiunto.

Il diagramma di Yamazumi utilizzato in questo elaborato è associato al Takt Time, permettendo un bilanciamento diretto e visuale dei carichi di lavoro tra gli operatori. Nell’asse delle ascisse sono presenti i carichi di lavoro suddivisi per tutti gli operatori interessati, raffigurati in colonne impilate corrispondenti alle varie attività di ogni operatore. Nell’asse delle ordinate è raffigurato il tempo, espresso in minuti o secondi, e viene visualizzato limite superiore viene posto il Takt Time: se la “colonna” di un operatore supera questo limite, significa che il suo carico di lavoro non rispetta il ritmo previsto e quindi o si cerca di ridurre le attività che non aggiungono valore, oppure significa che serve un ulteriore operatore per poter rispettare il Takt Time. Questa tecnica ha il vantaggio di essere uno strumento visuale molto semplice e intuitivo. La Yamazumi può essere anche visualizzata

attraverso colonne impilate che indicano le attività a valore aggiunto (verde), a non valore aggiunto (giallo), e spreco (rosso), come visualizzato in figura 1.5.

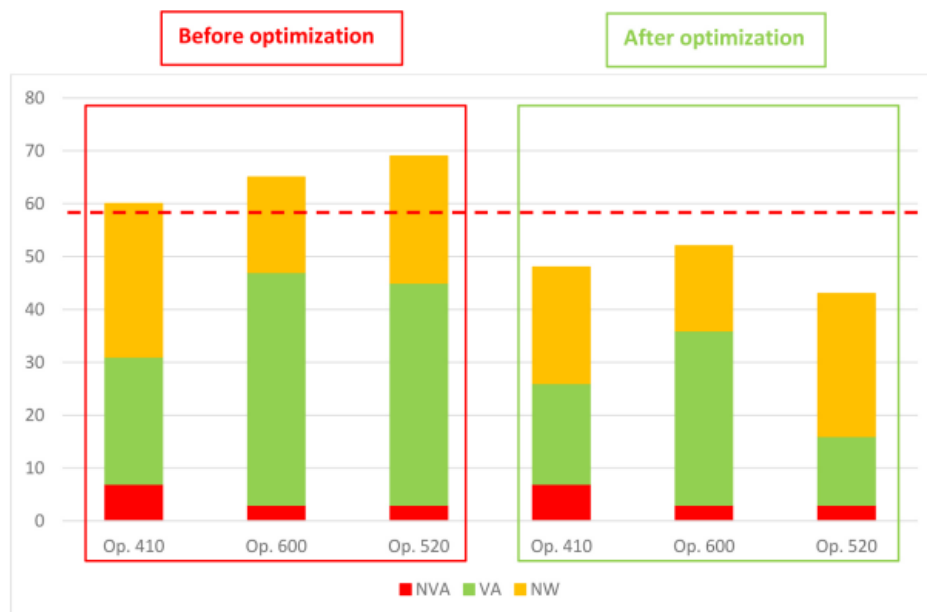


Figura 1.5 Esempio di diagramma Yamazumi

Fonte: <http://www.astri.com/Optimization-of-Production-Processes-Using-the-Yamazumi-Method,80921,0,2.html>

1.5 Lean Production nel settore delle macchine agricole

La volatilità e l'elevata dinamica della richiesta del mercato costringono le varie imprese produttrici di macchine agricole ad un costante miglioramento, concentrandosi sull'eliminazione di tutte le forme di sprechi, aumentando la flessibilità ed ottimizzando le risorse a disposizione, applicando la Lean Production. Per essere flessibili alle esigenze dei clienti è necessario evitare elevati livelli di inventario, abolendo la gestione della produzione in grandi lotti.

Il settore delle macchine agricole e degli attrezzi è caratterizzato da prodotti complessi e difficili da realizzare, che spesso presentano tempi di consegna lunghi, i quali ostacolano i reali vantaggi dell'attuazione dei principi Lean.

Questo è confermato attraverso la pubblicazione di G.A. Marodin e T. A. Saurin (2013), che hanno analizzato gli studi pubblicati dal 1996 al 2012, basati sulla Lean Production. L'obiettivo è di visualizzare, attraverso un'accurata selezione delle pubblicazioni, i settori a cui appartengono le società oggetto di studio che hanno implementato l'ottica Lean, prendendo in considerazione soltanto articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali. I settori con più pubblicazioni sono quello

manifatturiero, dei servizi e delle automobili (dal quale la Lean Production è stata originata). Il settore delle macchine per la lavorazione della terra risulta essere presente in un solo caso studio.

Il caso studio in questione è relativo allo sviluppo della Lean Production nel settore delle macchine agricole in Brasile (Forrester et al, 2010). Esso dimostra che le imprese di questo settore che in quel periodo si sono avvicinate al mondo Lean, hanno avuto dei miglioramenti in termini di riduzione di costi e sprechi. Allo stesso tempo però sottolinea come molte di esse non sono riuscite ad ottenere tutti i benefici di questa filosofia. Infatti, vi è una tendenza a considerare l'adozione di principi Lean come a breve termine, per ottenere miglioramenti immediati, a causa di una mancanza di supporto continuo da parte dei manager.

Questo fattore non si presenta in Frandent, poiché, come verrà trattato nel paragrafo 2.4, sta credendo e investendo costantemente nella Lean Production dal 2006. Questo ha permesso di sopravvivere alla recente crisi, crescendo, e rispondendo ancor più prontamente alle svariate richieste dei clienti, fattore chiave di successo per le piccole medio imprese.

CAPITOLO II

L'azienda: Frandent Group Srl

In questo capitolo verrà presentata l'azienda nella quale si è svolto il presente lavoro di tesi, descrivendo la sua storia e i prodotti commercializzati. Il capitolo si chiude illustrando il cambiamento Lean della Frandent, che ha permesso una crescita della stessa, grazie ai miglioramenti apportati.

2.1 Storia

Frandent, di cui in *figura 2.1* è mostrato il logo aziendale, è specializzata nella produzione di macchine agricole, in particolare erpici, spandivoltafieno e ranghinatori. Il nome *Frandent* deriva dall'unione dei due componenti principali dell'erpice: i franditori e i denti.

The logo consists of the word "FRANDENT" in a bold, red, sans-serif font. The text is centered between two horizontal yellow brushstroke-like bars that have a slightly irregular, hand-painted appearance.

Figura 2.1 Logo aziendale
Fonte: <https://www.frandent.it/>

La Frandent nacque inizialmente in una piccola officina di riparazione e vendita di macchine agricole a Cavour, dove Maurilio Bruno, padre dell'attuale titolare Ezio, costruì e brevettò un erpice rotante perfezionato. Da questa intuizione, nel giugno 1977 nacque la Frandent Group Srl che stabilì la sua sede a Osasco, a pochi chilometri da Cavour, sempre in provincia di Torino.

All'originario segmento degli erpici rotanti, che continuarono a mantenere un ruolo di primo piano nelle strategie aziendali, si affiancarono nel 1982 gli spandivoltafieno. Essi, inizialmente, venivano acquistati da un'azienda emiliana per essere poi personalizzati e commercializzati con il marchio

Frudent, ma, complice un aumento della richiesta, successivamente si optò per una progettazione e produzione totale interna. Queste furono le premesse sulle quali maturò, nel 1992, un primo momento di svolta per il business dell'azienda, grazie al lancio dei primi erpici rotanti a rulli conici della serie Eternum, seguiti nel 1997 dagli spandivoltafieno della serie GRHS e dalla nuova produzione di ranghinatori della linea RA.

Una data fondamentale per la Frudent è il 2002, anno in cui è stata ottenuta la *Certificazione Enama*, sugli aspetti funzionali e di sicurezza, con la quale il mercato ha riconosciuto le caratteristiche di qualità e durata delle macchine proposte. Dopo la grande crescita degli anni Ottanta e Novanta, la Frudent aderì al Patto territoriale, grazie al quale riuscì ad ottenere un finanziamento per costruire un nuovo stabilimento, inaugurato nel 2006. Quest'ultimo, progettato con tecnologie e macchinari all'avanguardia, ha permesso di introdurre significative innovazioni nel processo produttivo.

Ad oggi la Frudent conta 26 dipendenti, suddivisi tra produzione, amministrazione, ufficio tecnico e ufficio commerciale, con un fatturato nel 2018 di 8,12 milioni di euro.

2.2 Prodotti

La gamma di prodotti, composta da più di 100 modelli, è suddivisa in due principali divisioni: erpici e fienagione.

L'*erpice rotante* è una macchina agricola trainata dal trattore che permette la lavorazione del terreno prima della semina, grazie alla rotazione impressa dalla potenza del trattore ai denti. La linea degli erpici si divide in fissi e pieghevoli. I primi sono concepiti per l'utilizzo in spazi ridotti, e sono adatti per trattori di piccola e media potenza. Esistono particolari modelli di questo genere ideati per l'impiego in frutteti e in vigneti, caratterizzati dalle dimensioni ridotte (larghezza che varia da 1,5 a 2,3 metri). I pieghevoli, invece, permettono una lavorazione più ampia di terreno, grazie alle dimensioni maggiori dell'attrezzo, di cui i modelli variano da 3,5 a 8 metri.

Tra i prodotti elencati sono compresi modelli *Classic* ed *Eternum* (figura 2.2): i Classic sono prodotti più economici, mentre i secondi rappresentano l'eccellenza della divisione, garantendo maggiore robustezza e lunga durata.



Figura 2.2 Erpice fisso Eternum
Fonte: <https://www.frudent.it/>

Nella divisione fienagione si trovano invece gli *spandivoltafieno* e i *ranghinatori*. Lo spandivoltafieno (figura 2.3) ha lo scopo di smuovere e voltare il fieno, per accelerarne l'essiccazione, mentre il ranghinatore è atto a disporre il foraggio falciato in cumuli longitudinali e allineati sul campo, chiamati “andane”. Lo spandivoltafieno è rappresentato da una trentina di applicazioni che variano dalla serie Classic (per le piccole e medie superfici, con una larghezza dai 2,5 ai 4 metri), Profi (adatto a superfici medio-grandi, con copertura dai 6 ai 7,2 metri) e Super Pro (il top di gamma per un uso professionale, in grado di arrivare fino a 8,2 metri di larghezza, che garantiscono maggiore robustezza e velocità di produzione).



Figura 2.3 Spandivoltafieno in azione
Fonte: <https://www.frudent.it/>

Come gli spandivoltafieno, i ranghinatori si dividono nelle tre classi sopra citate, raggiungendo i 7,8 metri di larghezza di lavoro nel modello Rander Super Pro. Esso è caratterizzato dalla presenza di

due rotor, mentre tutti gli altri esemplari della categoria, che variano da 3 metri a 4,5 metri, ne possiedono soltanto uno.

Questi prodotti sono soggetti a forte stagionalità, con un aumento netto della richiesta in primavera, dove vengono utilizzati per la lavorazione del terreno in vista del nuovo ciclo agricolo.

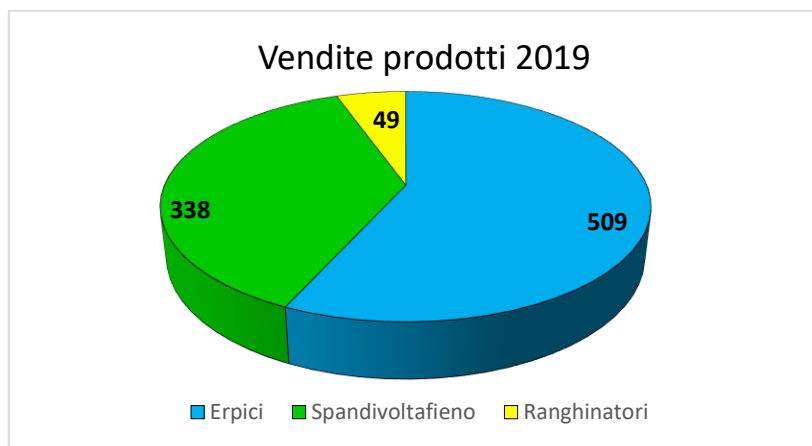


Figura 2.4 Composizione delle tipologie di prodotti venduti nel 2019

Come riporta la *figura 2.4* sopra presentata, gli erpici risultano essere ancora il core business della Frandent, superando il 50% delle vendite totali nel 2019. La richiesta di spandivoltafieno è in aumento del 13% rispetto all'anno precedente, mentre rimane defilata la produzione dei ranghinatori.

Molto importanti sono le collaborazioni che Frandent ha instaurato nel corso degli anni con altri rivenditori del settore, dando la possibilità all'azienda di ampliare la domanda, e di avere importanti opportunità di crescita. In particolare risultano strategiche le partnership con Sulky-Burel, azienda francese che acquista il 59% degli erpici, e Malone Farm Machinery, società irlandese interessata agli spandivoltafieno. Malone ha aumentato vertiginosamente la sua richiesta nel corso degli ultimi anni, andando a sottolineare la mancanza di uno standard definito sul reparto fienagione, come verrà discusso nel capitolo 3.

Le esportazioni (rappresentate in *figura 2.5*) compongono circa l'85% delle vendite dell'azienda, che avvengono principalmente nell'Europa occidentale: Francia, Irlanda, Germania, Belgio, Spagna e Portogallo. Meno consistenti, ma comunque presenti, le esportazioni negli altri continenti, che toccano Canada, Stati Uniti, Giappone, Sudafrica, Thailandia e Nuova Zelanda.

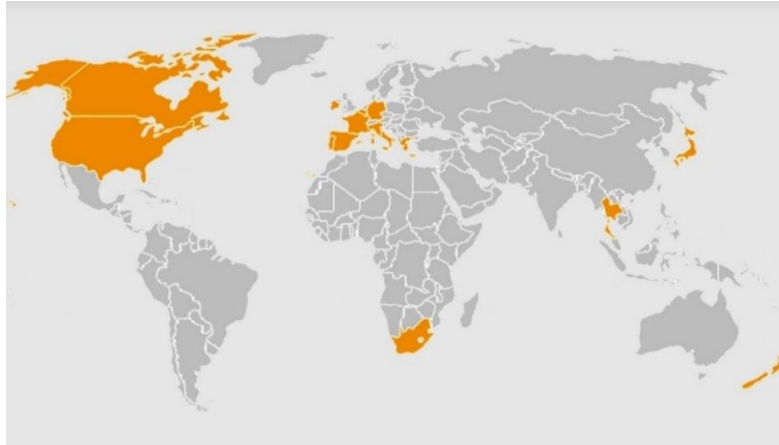


Figura 2.5 Mappa delle esportazioni
Fonte: <https://www.frudent.it/>

2.3 Stabilimento

Il nuovo stabilimento, situato ad Osasco (TO), ha sicuramente guidato la trasformazione in ottica Lean, con un nuovo layout, che ha permesso l'introduzione di un percorso lineare, dall'arrivo dei singoli componenti sino al completo assemblaggio delle macchine.

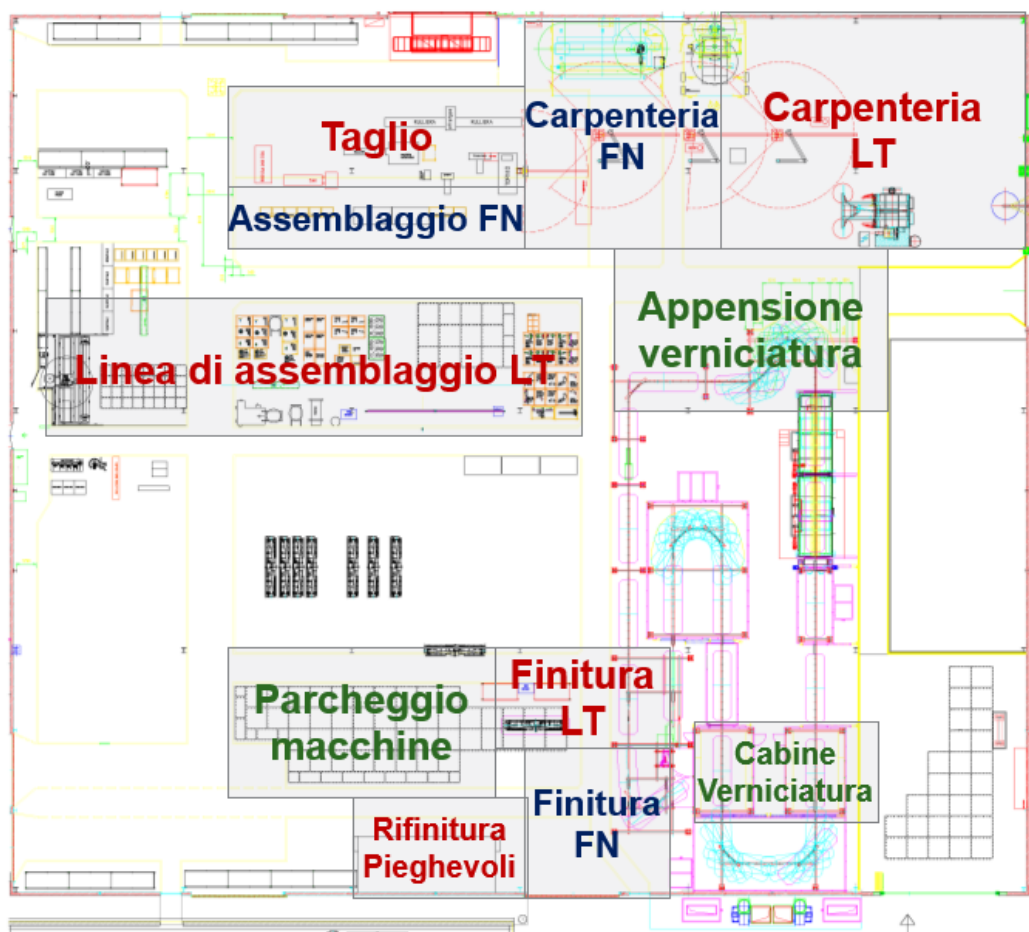


Figura 2.6 Layout dello stabilimento

Come mostra la *figura 2.6*, lo stabilimento è organizzato in 5 macro-aree:

1. Taglio: è la partenza del flusso, nel quale viene preparato il materiale per la carpenteria;
2. Carpenteria: è il reparto dove vengono creati i componenti che verranno assemblati sulle macchine;
3. Assemblaggio: unisce i particolari creati dalla carpenteria, arrivando a presentare di fatto la macchina quasi completa;
4. Verniciatura: le varie parti della macchina vengono prima appese, per intercorrere in una fase di pulizia a caldo, e poi verniciate;
5. Finitura: vengono aggiunti gli ultimi particolari sulle macchine, oltre ad effettuare un controllo qualità finale, per poi spostarle nel parcheggio adiacente in attesa della spedizione.

Le operazioni di carpenteria, di assemblaggio e di finitura vengono effettuate in aree distinte, seguendo la logica delle due divisioni, linea “terra” e linea “fienagione”, mentre la verniciatura risulta essere in comune.

Il layout ha subito alcuni cambiamenti nel corso degli anni, anche grazie alla diminuzione del magazzino, ed è stato progettato per favorire il flusso della produzione, limitando il più possibile ogni movimentazione superflua dei materiali e delle persone, considerate come veri e propri sprechi.

Sono state inoltre introdotte quattro isole robotizzate, per operazioni di saldatura precise e ad alta qualità, riducendo il lavoro degli operatori, e un magazzino automatizzato verticale pensato per razionalizzare gli ingombri dello stoccaggio, per gestire l’approvvigionamento con il metodo del Kanban e per permettere una maggiore qualità dei prodotti stoccati.

Per garantire un’ottima qualità e robustezza delle macchine è stata adibita un’area di 9000 m² per la costruzione di due piste per effettuare dei test.

Le piste hanno l’obiettivo di testare le evoluzioni e accelerare l’usura e gli eventi che possono accadere durante la vita dei macchinari, sottoponendoli a situazioni molto gravose, in modo da evidenziare gli eventuali limiti di progettazione. In particolare la pista per gli erpici ha una forma circolare, con un diametro di 50 metri, anziché essere un rettilineo, come solitamente accade, dando la possibilità di provare la macchina in tensione, aumentandone lo sforzo. Essa è divisa in quattro parti, che variano la difficoltà in base alla quantità e profondità delle pietre immesse dentro al terreno. Inoltre, è stato creato un tratto di pista con dei dossi per testare le macchine in fase di trasporto, simulando i danni provocati dalle vibrazioni. La pista dedicata alle macchine per la fienagione ha forma ellittica ed è, invece, composta di argilla che, durante le prove, viene inondata d’acqua.

2.4 Cambiamento in ottica Lean

Fu proprio il trasferimento nel nuovo stabilimento a dare il campanello d'allarme, ad avvicinare la Frandent alla Lean Production. Infatti, con l'ampliamento dell'area di lavoro da 1200 a 4000 m², si pensava di attuare un importante aumento della produzione, cancellando i vecchi problemi di spazio e di limiti di attrezzature. Questa idea fu smentita da un aumento consistente dei costi, soprattutto per quanto riguarda l'elettricità richiesta dall'impianto di verniciatura, e da una diminuzione parziale della produzione (Camuffo A., 2014).

Evidenziato il problema la risoluzione si ebbe quasi per caso, grazie all'improvvisa puntualità di consegna di un fornitore, che solitamente aveva tempi di consegna molto lunghi. Fu proprio il titolare Ezio ad indagare sul motivo di questo miglioramento, scoprendo la Lean. Dopo essersi documentato accuratamente su questa filosofia, decise di applicarla alla Frandent nel 2009 grazie alla consulenza del Gruppo Galgano, ma non senza ostacoli. Infatti, fu molto difficile convincere gli operatori a cambiare il proprio modo di operare, poiché, data la loro abitudine ad effettuare il proprio lavoro, non comprendevano il miglioramento di cui potevano beneficiare. Il primo ostacolo da superare fu impostare un'organizzazione basata su team, passo importante verso la trasformazione Lean, che si contrappone all'individualismo lavorativo tipico delle imprese italiane. Gli operatori, che erano soliti lavorare singolarmente, dovettero partecipare ad attività di formazione, in cui veniva potenziata la capacità di problem solving, principio fondamentale per attuare una gestione "dal basso" dei problemi. Contemporaneamente si iniziò ad effettuare il value stream mapping degli erpici rotanti, che all'epoca rappresentavano oltre il 70% del fatturato, cercando di comprendere gli sprechi, quali tempi di attraversamento complessivi lunghissimi, attrezzature e materiali distanti dalle postazioni di lavoro, magazzini sovrabbondanti. Questi sprechi furono combattuti da "settimane kaizen", che portarono ad una modifica sostanziale del layout, passando ad una produzione a flusso e robotizzando alcune attività di carpenteria. Inoltre, si adottò la tecnica 5s che permise di dare ordine al materiale utile ed eliminare quello superfluo, organizzando meglio gli spazi a disposizione, introducendo i kanban. Questa riorganizzazione permise di migliorare l'affidabilità delle operazioni e, di conseguenza, anche la sicurezza e l'ergonomia degli operatori.

Aspetto rilevante dell'adozione del Lean thinking della Frandent è stato il coinvolgimento anche dei propri fornitori, oltre che alle attività commerciali e di marketing. Questo rappresenta la principale differenza fra Frandent e le altre piccole imprese italiane: aumentare la produttività in fabbrica, ma rimanere inefficienti o incapaci di migliorare nelle altre aree aziendali non permette di ottenere significative ottimizzazioni.

I risultati di questa trasformazione sono evidenti, ed hanno permesso di internalizzare nuovamente alcune attività precedentemente date in outsourcing, come l'attività di sabbiatura e la produzione delle vasche per gli erpici, con un abbondante raddoppio della produttività e un tempo di attraversamento complessivo del prodotto ridotto dell'80%.

La Lean Production ha quindi permesso all'azienda di crescere, andando ad aumentare il proprio personale e portandolo in pochi anni da 16 a 27 persone, nonostante la recente crisi, i cui effetti sono stati assai meno drammatici che altrove.

Il miglioramento sta proseguendo attraverso la consulenza della Toyota Academy, iniziata nel 2018, con l'obiettivo di continuare nel processo di standardizzazione e lotta agli sprechi intrapreso per la linea terra, e l'applicazione di esso alla divisione fienagione, obiettivo di questo lavoro di tesi.

CAPITOLO III

Analisi AS IS dei processi aziendali

In questo capitolo saranno descritti e analizzati i processi svolti nello stabilimento Frandent, coinvolti nella produzione delle macchine per la fienagione. Verranno spiegate le differenze principali di struttura e di tempi di produzione dei due modelli di spandivoltafieno prodotti e saranno identificate le problematiche della produzione, partendo dall'assenza di processi standard, fino alla complessità organizzativa, la generazione di magazzini intermedi e di attese, che rendono inefficiente il processo produttivo.

3.1 Perché effettuare questa analisi?

La divisione fienagione sta avendo una crescita delle vendite, ma sono ancora inferiori a quelle degli erpici, vero punto di forza della Frandent. Questa crescita della domanda avviene soprattutto grazie ad un nuovo cliente irlandese, Malone Farm Machinery. Il grafico sotto riportato (*figura 3.1*) quantifica questo incremento della domanda.

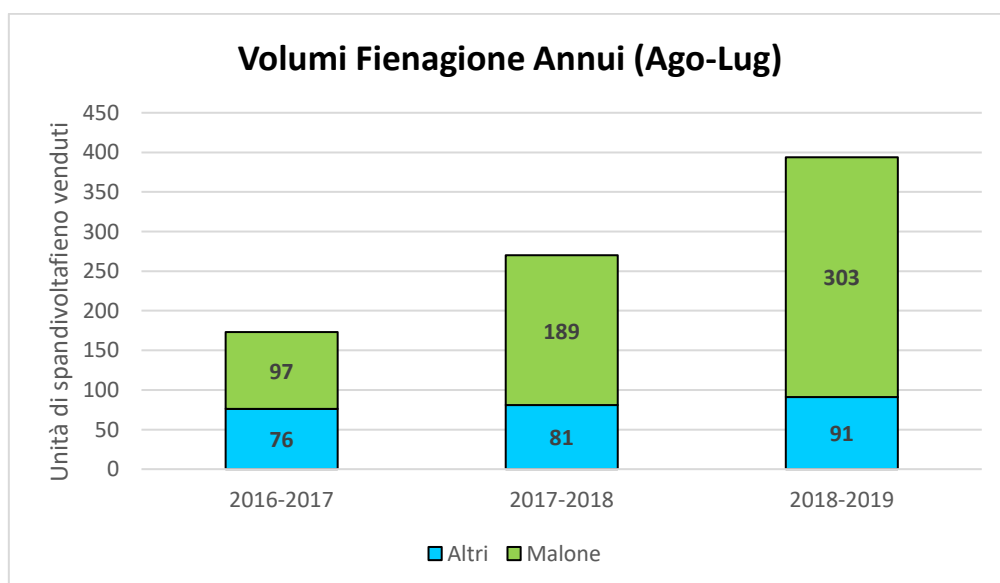


Figura 3.1 Crescita della domanda di spandivoltafieno

I dati contano il volume di spandivoltafieno venduti nel corso di un anno, dalla ripresa delle vacanze estive, fino a quelle dell'anno successivo. Mentre per il resto dei clienti si nota una leggera crescita, Malone ha quasi raddoppiato ogni anno la sua richiesta, contribuendo ad arrivare a quasi 400 macchine totali per la fienagione prodotte nel corso dell'ultimo anno.

Questo ha sicuramente influito sull'organizzazione lavorativa all'interno dello stabilimento, dando sempre maggiore attenzione ed impiego di personale per la produzione di questi specifici attrezzi.

Un'ulteriore analisi si può evincere dai dati raccolti negli ultimi anni, ossia l'assoluta supremazia di vendita di due modelli: il *GRHS 600 SuperPro* e il *GRHS 840 SuperPro*. Essi, sono gli unici modelli acquistati dal cliente irlandese, e rappresentano il 20% dei modelli prodotti, ma corrispondono da soli a quasi l'80% delle vendite.

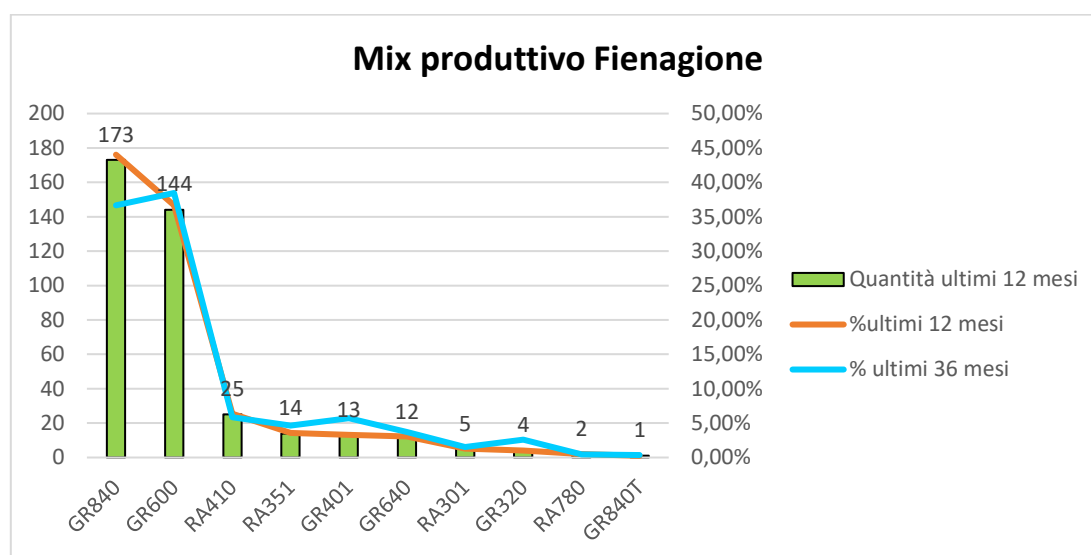


Figura 3.2 Modelli prodotti nell'ultimo anno

Inoltre, la *figura 3.2* evidenzia un aumento della richiesta del modello *GRHS 840 SuperPro*, mentre conferma il trend per gli altri modelli, in particolare del *GRHS 600*.

Essi rappresentano il top di gamma della serie, garantiscono una maggiore robustezza e un'elevata velocità di produzione, risparmiando tempo durante la lavorazione. La loro principale caratteristica è il rivoluzionario dente a Z che permette di rivoltare il fienaggio più delicato, mantenendo inalterate le sue proprietà nutritive. Inoltre, l'innovativo sistema di regolazione dell'angolo di lavoro permette di modificare l'inclinazione della macchina su tre differenti posizioni, per adattarsi al meglio a tutte le condizioni di lavoro, di terreno e alla quantità di prodotto. Per queste ragioni sono i prodotti scelti da Malone, per via delle caratteristiche del suolo irlandese, composto da erba molto più pesante che viene tagliata con meno frequenza rispetto alle abitudini italiane, sottoponendo i macchinari a stress gravosi.

La caratteristica principale del cliente Malone è la richiesta di macchine complete al 75%: necessita soltanto del “cuore” dell’attrezzo, comprensivo della meccanica, per questioni fondamentalmente di spazio e costi di spedizione. Non vengono interessate da questo flusso l’area verniciatura, e il reparto finitura, poiché quest’ultima è effettuata chiudendo solamente la macchina e preparando una pedana, contenente i componenti non assemblati, che verranno poi montati direttamente in Irlanda. In particolare, a differenza della produzione per gli altri clienti, non vengono prodotte le protezioni antinfortunistiche, l’attacco a tre punti per collegare l’attrezzo al trattore, le ruote, i denti e il cardano.

Mentre parte della linea produttiva ha già effettuato una trasformazione Lean, la fienagione è ancora priva di tempi e programmazione standard, organizzando l’utilizzo del personale “alla giornata”.

In seguito verranno descritte le principali differenze tra i due modelli in esame, utili a comprendere tempi e processi di produzione diversi.

GRHS 600 SuperPro

È il modello più piccolo tra i due e, come suggerisce il nome, ha una larghezza di 6 metri, richiudibile quando viene trasportato su strada a 3 metri. È composto da 4 rotor, ognuno con 7 braccia, ed ha un peso complessivo di 770 Kg. Al momento, risulta essere il prodotto più acquistato da Malone, con 296 macchine vendute dal 2016 al 2019. (Figura 3.3)



Figura 3.3 Spandivoltafieno GRHS 600 Super Pro
Fonte: <https://www.frudent.it/>

GRHS 840 SuperPro

Ha dimensioni maggiori, con una larghezza massima di 8,4 metri, garantendo una più ampia copertura del terreno, con la possibilità di essere portato anch’esso a 3 metri durante il trasporto. L’altra principale differenza è il numero di rotor, 6, composti sempre da 7 braccia, ed un peso di 1100 kg. È il prodotto più in crescita, superando come volumi di vendite nell’ultimo anno il modello 600, di 29 unità. (Figura 3.4)



Figura 3.4 Spandivoltafieno GRHS 840 Super Pro
Fonte: <https://www.frandent.it/>

3.2 Descrizione delle lavorazioni

Una macchina per essere pronta alla spedizione deve attraversare quattro diversi reparti: taglio, carpenteria, assemblaggio e finitura.

3.2.1 Taglio

Il reparto *taglio*, che non verrà analizzato in questo lavoro di tesi, è la base della produzione per tutti i modelli prodotti in Frandent. I vari tubi, tubolari, o piatti ferrosi, arrivano nello stabilimento in fasci con diverse misure, e qui vengono tagliati e forati secondo le varie specifiche richieste. L'area è composta da due seghetti, uno manuale e uno automatico, da due trapani a colonna, oltre che da due rulliere, necessarie per accompagnare il materiale ai seghetti. Quest'area non è stata ancora del tutto coinvolta nel processo di standardizzazione, ed è ancora caratterizzata da lunghi tempi di setup, che costringono i due operatori a produrre materiale in grande quantità, generando molte scorte di materiale tagliato e forato, per “ammortizzare” i tempi di attrezzaggio.

La *carpenteria* è il reparto successivo, dove vengono lavorati e assemblati i particolari ferrosi. Il materiale da elaborare è in parte derivante dal taglio, e da dei cassoni, o Kanban, dove sono sistemate delle sagome. Esse, spedite da vari fornitori, sono forme metalliche ottenute grazie al taglio laser che, unite tra di loro o con del materiale derivante dal reparto taglio, rappresentano parti delle macchine finite.

In quest'area avvengono principalmente operazioni di saldatura a filo, effettuate specialmente manualmente, date le contenute dimensioni dei particolari. Solitamente, prima della saldatura vera e propria avviene la puntatura, ossia la generazione di punti di saldatura sul perimetro dei pezzi da

unire, senza creare cioè una saldatura continua senza interruzioni, ma realizzando molteplici punti posti a distanze più o meno regolari tra loro, utile a tenere assieme le parti in vista di una successiva saldatura continua. I componenti vengono saldati su “dime di saldatura”, chiamate comunemente “maschere”, che consentono il preciso piazzamento e fissaggio di particolari meccanici, in modo da poterli assemblare fra loro mediante saldatura manuale o robotizzata. Esse sono necessarie per ottenere dei prodotti in serie, realizzati accuratamente, che possano essere pressoché identici ed eventualmente intercambiabili. Le saldature possono essere anche effettuate con gli appositi programmi di saldatura robotizzata, soprattutto nei casi in cui si prevedano ripetizioni di un'operazione su pezzi simili, ottenendo dei vantaggi, quali l'incremento nella precisione e della produttività.

La saldatura genera delle impurità, soprattutto quando vengono utilizzate saldatrici non di ultima generazione. Per rimuoverle vengono svolte inizialmente alcune operazioni manuali e successivamente viene richiesto l'uso della sabbiatrice. Le operazioni manuali consistono nella *molatura* di alcune saldature, che risultano eccessive, o che possono creare problemi in fase di assemblaggio, e nella *spallinatura*, ossia la rimozione manuale dei pallini generati dalla saldatrice, attraverso un particolare oggetto appuntito. La sabbiatrice è una macchina che, grazie all'azione dell'aria compressa, lancia microsferiche metalliche contro gli oggetti, rimuovendo le impurità presenti sulle superfici causate soprattutto dalla saldatura precedente, rendendole lucide e pronte alla verniciatura. Per permettere l'ingresso all'interno della sabbiatrice, una volta terminate le varie operazioni di saldo-carpenteria, i vari componenti devono essere appesi su un *grappolo*, una struttura metallica con dei ganci, usata anche per trasportarli.

La carpenteria si divide in quattro lavorazioni: zincatura, montaggio, appensione e lame. Queste lavorazioni vengono così suddivise in base alla tipologia di componenti prodotte, e di conseguenza dalle sagome contenute nei diversi kanban. Di seguito verranno elencati e descritti i vari componenti generati dalle lavorazioni, sottolineando le differenze tra i due modelli in questione.

3.2.2 Zincatura

La zincatura, che solitamente è la lavorazione iniziale del flusso, è composta quasi interamente da parti che non vengono direttamente montate sulle macchine richieste da Malone, ma inserite soltanto all'interno del pacco da spedire. Questo implica un loro posizionamento interno nel grappolo, per lasciare lo spazio ai particolari che verranno prodotti nelle successive fasi, e che devono poi essere rimossi dal grappolo precedentemente, in fase di assemblaggio. I componenti comuni ai due modelli sono:

- *portaruote*: come suggerisce il termine sono i particolari che permettono di collegare gli pneumatici alla macchina. Deve esserne prodotta una versione destra ed una sinistra e se ne contano quattro (due coppie) per il modello GRHS 600, e sei (tre coppie) per il GRHS 840;
- *blocco cilindro*: è necessario nel momento in cui la macchina deve essere chiusa per il trasporto su strada, bloccando appunto i cilindri in modo meccanico, evitando che essa si apra. Devono essere prodotti due componenti per entrambi i modelli;
- *insieme blocco regolazione ruote*: permette di controllare la direzione delle ruote, consentendo di posizionarle anche in obliquo, per ottenere un preciso fienaggio anche sulla bordatura dei campi. Esso è presente in quantità unitaria nelle due tipologie di macchine;
- *cavalletto per trasporto*: questo componente viene montato sulla macchina in fase di finitura, ma è solo utile per agevolarne la stabilità durante il trasporto, e verrà rimosso una volta arrivata a destinazione. Devono essere prodotti due componenti per entrambi i modelli, ma il cavalletto per il GRHS 840 deve presentare l'aggiunta di una piccola sagoma che permette un migliore fissaggio alla macchina;
- *leve spostamento barra centrale*: utili per la regolazione manuale, esse non richiedono alcuna lavorazione, e si trovano già complete all'interno del Kanban. Esse verranno quindi soltanto appese al grappolo, e ne sono necessarie due unità per entrambi i modelli.

Inoltre nella fase di zincatura vengono prodotti anche due *supporti espulsore*, che presentano forme completamente diverse nei due modelli. Infine, soltanto per il modello GRHS 840, vengono richiesti altri due componenti chiamati *perno espulsore*, indispensabile in fase di apertura della macchina, per superare la forza di gravità.

Tutti questi componenti (*tabella 3.1*) vengono creati su un unico tavolo di lavoro, contenente le dime di saldatura specifiche per ogni pezzo, rendendo minimi gli spostamenti dell'operatore, eccezion fatta per i cavalletti, che contengono la loro dima di saldatura su un altro tavolo.

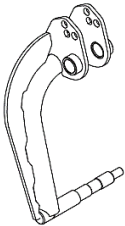
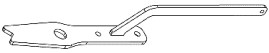
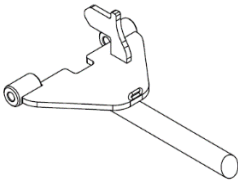
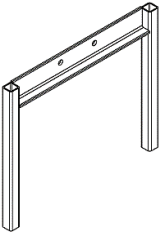
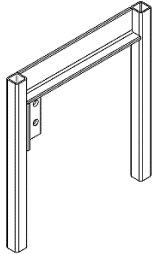
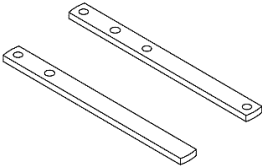
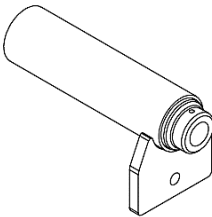
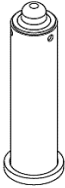
Particolare	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Rappresentazione GRHS 600	Rappresentazione GRHS 840
1 Portaruote	4	6		
2 Blocco cilindro	2	2		
3 Insieme blocco regolazione ruote	1	1		
4 Cavalletto per trasporto	2	2		
5 Leve spostamento barra centrale	2	2		
6 Supporti espulsore	2	2		
7 Perno espulsore	0	2	/	

Tabella 3.1 Componenti prodotti dalla zincatura

3.2.3 Montaggio

Durante la fase di montaggio vengono creati i particolari che verranno direttamente assemblati nella successiva fase. Vengono prodotti i bracci che collegano i vari rotori tra di loro e al riduttore centrale, e le leve che danno la direzione alle singole ruote (*tabella 3.2*). In particolare, i componenti prodotti in questa lavorazione sono:

- *braccio centrale riduttore*: sono i due particolari che collegano il riduttore ai primi due rotori, una copia destra e una sinistra, e presentano una variazione di sagome tra i due modelli. Hanno entrambi come base un tubolare 80x80mm e 5 mm di spessore, con una lunghezza di 443 mm;
- *braccio laterale*: questo braccio viene collegato tra il primo e il secondo rotore (ultimo) nel modello GRHS 600, e tra il secondo e il terzo rotore nel GRHS 840. È richiesta la produzione di un particolare destro e uno sinistro, e il tubolare di base è lo stesso del braccio centrale ma ha una lunghezza di 830 mm. Le differenze si evidenziano sulle due coppie di sagome che vengono saldate sui tubolari, diverse sia nella posizione che nella forma, che permettono il collegamento della macchina alle protezioni antinfortunistiche, e ai pistoni idraulici, necessari per la chiusura dell'attrezzo quando viene trasportato su strada;
- *braccio laterale medio*: questa coppia di bracci è necessaria solo per il modello GRHS 840, e collega il primo rotore al secondo. Ha le stesse caratteristiche del braccio laterale, ma presenta due diverse sagome, utilizzate per unire il braccio laterale medio al telaio porta cilindri (prodotto nell'appensione);
- *leve orientamento ruote*: sono dei piccoli particolari che vengono montati sopra ogni rotore, permettono il collegamento degli stessi alla barra centrale spostamento ruote (anch'essa prodotta nell'appensione) dando la direzione alle ruote. Non vi è alcuna differenza di struttura delle leve per i due modelli, ma devono essere prodotte quattro copie per il modello 600, e sei per il GRHS 840.

Per questa fase sono necessarie due maschere: la prima viene utilizzata per puntare i tubolari alle sagome e alle piastrine (sagome posizionate all'estremità dei tubolari che permettono il collegamento di essi al riduttore o ai rotori) e per la saldatura delle leve, mentre la seconda permette la rotazione dei bracci per effettuare le restanti saldature.

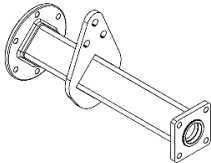
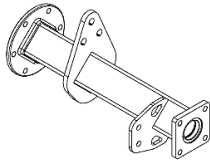
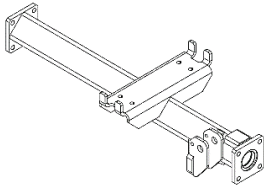
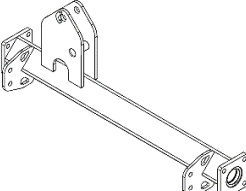
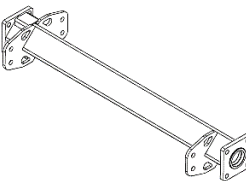
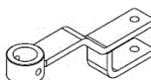
Particolare	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Rappresentazione GRHS 600	Rappresentazione GRHS 840
8 Braccio centrale riduttore	2	2		
9 Braccio laterale	2	2		
10 Braccio laterale medio	0	2	/	
11 Leve orientamento ruote	4	6		

Tabella 3.2 Componenti prodotti dal montaggio

3.2.4 Appensione

Durante quest'ultima fase della carpenteria vengono prodotti i seguenti particolari (tabella 3.3):

- *telaio porta cilindri*: è il componente di dimensioni maggiori, che permette il sostegno dei cilindri e il collegamento all'attacco tre punti. Presenta forma e dimensione diverse per i due modelli, causate dalla saldatura di differenti sagome e tubolari. Esso viene puntato su una maschera e successivamente viene posizionato su robot, per completare la fase di saldatura. Infine è necessaria una fase di "pulizia" attraverso molatura e spallinatura;
- *barra centrale spostamento ruote*: è il componente al quale vengono collegate le leve di ogni rotore e l'insieme blocco regolazione ruote, dando la stessa direzione a tutte le ruote. Ogni macchina ne richiede soltanto un'unità e non presenta alcuna differenza tra i due modelli. Non viene montato direttamente alla macchina, ma soltanto legato ad essa attraverso delle fascette in fase di finitura;
- *barra spostamento ruote*: è un piccolo supporto che permette di allineare le ruote anche quando l'attrezzo è già chiuso. Vengono prodotte due unità per macchina, e vi è la presenza

di due ulteriori sagome per il modello GRHS 840. Questi componenti vengono inseriti nel pacco;

- *supporto rotore*: questo componente viene utilizzato per sostenere i rotori nella chiusura della macchina. Viene unicamente prodotto per il modello 840, e sono necessarie due copie che vengono aggiunte nel pacco.

Sono necessarie due diverse maschere per la costruzione dei due tipi di telaio porta cilindri, mentre per gli altri componenti vengono utilizzate le stesse dime di saldatura per entrambi i modelli.

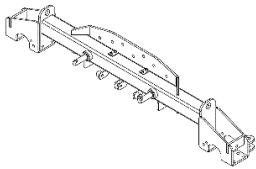
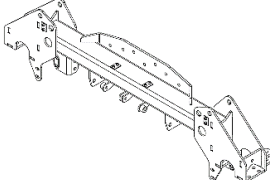
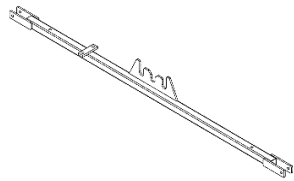
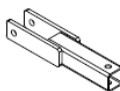
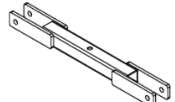
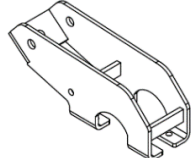
Particolare	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Rappresentazione GRHS 600	Rappresentazione GRHS 840
12 Telaio porta cilindri	1	1		
13 Barra centrale spostamento ruote	1	1		
14 Barra spostamento ruote	2	2		
15 Supporto rotore	0	2	/	

Tabella 3.3 Componenti prodotti dall'appensione

3.2.5 Lame

Questa lavorazione è specifica per la generazione delle *lame portadenti* (tabella 3.4), le parti metalliche che consentono di collegare i denti (i particolari che rivoltano il fieno) ai rotori, più precisamente ai supporti portalame, e richiedono due fasi: *stampaggio* e *saldatura*.

Le lame vengono generate nel reparto taglio, dove vengono tagliate da dei piatti laminati di ferro e successivamente forate nelle due estremità, secondo le specifiche richieste. Per il problema già descritto in precedenza, legato ai lunghi tempi di setup, vengono prodotte in grande quantità, e riposte in contenitori in lamiera, chiamati “bocche di lupo”, in attesa di una futura lavorazione. Le lame, successivamente, devono essere stampate, ossia devono ottenere un’inclinazione di 150 gradi da entrambe le estremità. Quest’operazione avviene attraverso l’utilizzo di una pressa, che si trova all’estremità opposta del reparto taglio, e richiede quindi una movimentazione della bocca di lupo. Terminato lo stampaggio le lame procedono, su un altro carretto, in direzione dell’area carpenteria, dove vengono saldate con un piccolo tubo, il particolare a cui verrà fissato il dente. Come avviene per le altre lavorazioni di carpenteria, la lama piegata e il tubo vengono posizionati su una dima di saldatura apposita, vengono saldati assieme e appesi al grappolo (figura 3.5). Esso è specifico per questo tipo di componente, diverso da quello comune alle altre aree della carpenteria, ma è anch’esso utilizzato per poter trasportare ed introdurre le lame all’interno della sabbiatrice. È necessaria la creazione di un particolare destro e uno sinistro, e devono essere prodotte 7 lame per rotore, quindi 28 per il modello GRHS 600 e 42 per il GRHS 840 (14 destre e 14 sinistre per il GRHS 600, 21 destre e 21 sinistre per il GRHS 840). Infine le lame vengono scaricate dal grappolo e inserite nel pacco, ricoprendone lo strato iniziale.

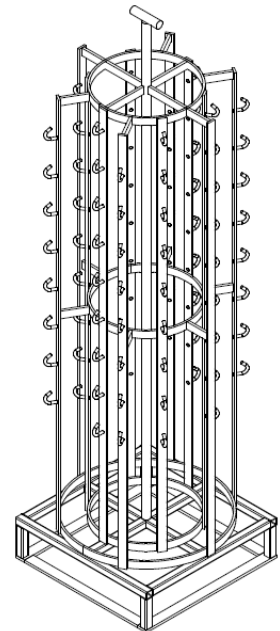


Figura 3.5 Grappolo per lame portadenti

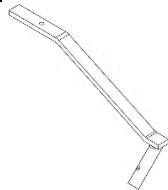
Particolare	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Rappresentazione GRHS 600	Rappresentazione GRHS 840
16 Lame portadenti	28	42		

Tabella 3.4 Lama portadenti stampata e saldata

3.2.6 Assemblaggio

La fase successiva alla carpenteria è rappresentata dall'assemblaggio. Mentre per le altre lavorazioni della carpenteria non è necessario stabilire un ordine di produzione, l'assemblaggio deve essere effettuato soltanto dopo aver terminato la zincatura, il montaggio e l'appensione. Infatti in questa lavorazione vengono scaricati dal grappolo, precedentemente sabbiato, i vari componenti prodotti dal reparto carpenteria, e montati con altri particolari, procedendo con la realizzazione della macchina.

In particolare, vengono assemblati i bracci laterali con il riduttore centrale e con i vari rotori, le leve sui rotori, e montato infine il telaio portacilindri. È la fase più lunga e delicata poiché si deve andare a delineare la struttura e la meccanica della macchina, e possono essere visualizzati anche errori delle fasi di lavorazione precedenti. L'area è composta da uno scaffale a gravità, contenente tutta la viteria, i vari ingranaggi e cuscinetti, un banco di lavoro, un serbatoio per l'olio, uno per il grasso e la maschera, posizionata al centro dell'area, dove viene montata la macchina e ne permette la sua rotazione.

Alcuni componenti necessari in questa fase non sono realizzati dalla carpenteria, ma vengono prodotti da fornitori, pur essendo stati progettati e disegnati in Frandent. Essi sono la *scatola riduttore*, i *rotori centrali* (costituiti dai *supporti cerniera fissa* e dai *supporti cerniera mobile*) e i *rotori laterali*.

La scatola riduttore viene inizialmente bloccata sul banco di lavoro attraverso una morsa, per poterle incidere il numero di matricola, indispensabile per l'identificazione della macchina, per poi procedere con l'assemblaggio con i bracci centrali, inserendo al loro interno l'albero, gli ingranaggi e l'olio, necessari per far girare i vari rotori. Successivamente i particolari già assemblati vengono spostati in maschera attraverso l'utilizzo del carroponte, per poter montare i rotori centrali. Questi sono costituiti da un supporto cerniera fissa, che viene collegato ai bracci centrali, e un supporto cerniera mobile, unito a quello fisso, che permette la chiusura della macchina.

I vari rotori, prima di essere montati in maschera, devono essere assemblati con i perni e i cuscinetti, che consentono la regolazione della direzione delle ruote. In questa fase devono essere effettuate delle "registrazioni", ossia l'introduzione di specifici spessori per compensare le tolleranze date dal rotore stesso, dal perno e dal supporto cuscinetto. Questi spessori sono inseriti in quantità non standardizzata da parte dell'operatore, che deve verificare che il perno inserito nel supporto cerniera fissa non oscilli e contemporaneamente riesca a ruotare su sé stesso senza avere troppo attrito.

Dopo aver inserito i rotori centrali, si procede con il fissaggio ad essi dei bracci laterali, e dopodiché dei rotori laterali (nel caso del GRHS 840 si dovrà ripetere questa operazione per inserire gli altri due rotori centrali e bracci medi) e quindi all'inserimento delle leve sui rotori stessi, effettuando un'ulteriore registrazione. Viene quindi introdotto del grasso all'interno di ogni rotore, sigillandolo successivamente attraverso una corona conica e un supporto porta lame. Prima di concludere

l'assemblaggio con il montaggio del telaio porta cilindri e dei cavalletti sulla macchina, deve essere svolto un collaudo, della durata di 5 minuti, per verificare che tutte le componenti meccaniche non abbiano problemi, collegando la macchina ad un apposito dispositivo.

L'assemblaggio è il processo più lento poiché richiede l'uso di numerose viti e rondelle di diverso tipo, e costringe l'operatore ad effettuare numerosi camminamenti per recuperare il materiale necessario man mano che i componenti vengono assemblati e quindi le dimensioni della macchina aumentano.

3.2.7 Finitura

L'ultima operazione che deve essere svolta per concludere il processo di produzione di una macchina per la fienagione richiesta da Malone, è la finitura, che consente di ottenere una macchina pronta alla spedizione. In questa fase, oltre alle ultime operazioni sulla macchina, vengono inseriti i particolari restanti nel pacco.

La finitura inizia con la rimozione della macchina dalla maschera, spostandola nella zona adiacente, per poterla richiudere. Vengono quindi fissati i bracci laterali, in modo da evitare che si aprano durante il trasporto, legati alla macchina i cilindri, e successivamente la macchina viene spostata in un'apposita area, dove deve essere collegata ad altre due. Infatti le macchine vengono preparate a tre a tre per essere spedite e di conseguenza il pacco deve contenere il materiale restante per tre spandivoltafieno. Nel pacco devono essere inseriti i particolari prodotti dalla carpenteria che non sono stati montati nella fase di assemblaggio, e una piccola scatola contenente viti, rondelle, molle, catene, utili a fissare i particolari mancanti. I componenti da inserire nel pacco sono le lame portadenti, che vengono collocate alla base, i portaruote, i blocchi cilindri, l'insieme blocco regolazione ruote, le leve spostamento barra centrale, i supporti espulsore, le barre spostamento ruote, i supporti rotore e i perni espulsore (questi ultimi due soltanto per il GRHS 840) e infine i dischi porta lame (componente non prodotto in Frandent, fondamentali per fissare le lame portadenti ai rotor).

Terminato l'inserimento di tutti questi particolari per tre macchine, il pacco può essere sigillato e posizionato, attraverso l'uso di un muletto, sopra le tre macchine unite per il modello 600 (*figura 3.6*). Questo non è possibile per il GRHS 840, poiché i due bracci laterali aggiuntivi occupano quell'apposito spazio, rendendo impossibile il posizionamento del pacco in quel punto. Infine le tre macchine vengono trasportate, insieme al pacco, nell'area spedizioni, con l'utilizzo di un transpallet, dove rimangono fino alla loro spedizione.



Figura 3.6 Tre GRHS 600 con il relativo pacco, pronti per la spedizione

3.3 Flusso e tempistiche

Dopo aver descritto le varie fasi necessarie per la realizzazione delle macchine è doveroso illustrare le tempistiche e il flusso delle lavorazioni. Prima di questo lavoro di tesi, e quindi di standardizzazione, i tempi non sono mai stati rilevati in modo accurato, e sono assegnate soltanto parzialmente delle lavorazioni fisse ai vari addetti. Come riporta la *figura 3.7* la produzione è impostata secondo lo schema delle isole di montaggio, in cui vengono effettuate le varie lavorazioni, seguendo dei vincoli predefiniti. Il reparto taglio deve fornire il materiale alla carpenteria (rappresentata in figura con il colore blu), che a sua volta deve essere effettuata prima dell'assemblaggio e della finitura (rappresentati in rosso). Gli operatori coinvolti nella produzione di macchine per la fienagione sono generalmente cinque, per entrambi i modelli. Di questi cinque operatori, tre fanno parte della carpenteria (operai di colore azzurro, verde e blu), e due sono addetti all'assemblaggio e alla finitura (operai di colore giallo e rosso). Gli operatori della carpenteria non possono essere posizionati all'assemblaggio o alla finitura, e viceversa, con un'unica eccezione per lo stampaggio delle lame (rappresentato in verde), che non richiede particolari competenze specifiche, e può essere svolto da tutti gli addetti.

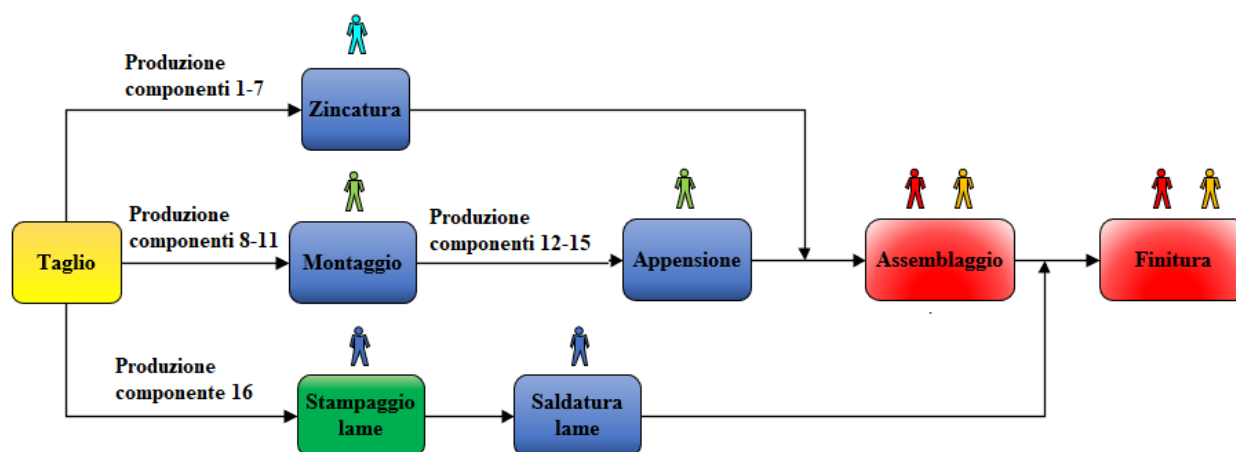


Figura 3.7 Schema riassuntivo dell'organizzazione e del flusso della produzione

Come già accennato in precedenza, il modello GRHS 600 ha dimensioni ridotte, quindi viene completato più velocemente rispetto al GRHS 840. Nella successiva *tabella 3.5* vengono riportati l'organizzazione e le tempistiche precedenti delle varie lavorazioni per la realizzazione dei due modelli.

Isola	Lavorazione	Numero di addetti	GRHS 600 Durata (min)	GRHS 840 Durata (min)
1	Zincatura	1	120	150
2	Montaggio	1	90	120
	Appensione	1	90	90
3	Stampaggio lame	1	40	60
	Saldatura lame	1	40	60
4	Assemblaggio	2	90	150
	Finitura	2	30	30

Tabella 3.5 Organizzazione delle isole di lavoro e durata delle lavorazioni

Il montaggio e l'appensione vengono effettuati dallo stesso operatore, mentre un altro si occupa dello stampaggio e della saldatura delle lame e un terzo della zincatura. L'assemblaggio e la finitura, invece, sono svolti in contemporanea da altri due operatori. In particolare, dati i 460 minuti disponibili nell'arco di una giornata lavorativa (8 ore lavorative, con 10 minuti di pausa al mattino e al pomeriggio), il flusso della produzione del GRHS 600 presenta i seguenti risultati:

Isola	Lavorazioni	GRHS 600/giorno
1	Zincatura	3,83
2	Montaggio Appensione	2,55
3	Stampaggio lame Saldatura lame	5,75
4	Assemblaggio Finitura	3,83

Tabella 3.6 Produzione giornaliera delle varie lavorazioni per un GRHS 600

Come si può osservare dalla *tabella 3.6*, il flusso della linea è disaccoppiato, in quanto ogni isola produce un numero di macchine al giorno differente dagli altri. Inoltre, essendo tempi non standardizzati, la produzione giornaliera può variare in positivo, ma anche in negativo. Per la carpenteria le lavorazioni fisse agli operatori sono la zincatura, il montaggio e l'appensione, mentre le lame rappresentano un vero e proprio problema di organizzazione. Infatti, nella maggior parte dei casi, viene incaricato un addetto tutta la giornata per la loro produzione, ma avendo un tempo di lavorazione molto più basso rispetto agli altri, si genera un enorme magazzino. Infatti l'isola dove vengono effettuate il montaggio e l'appensione rappresenta il collo di bottiglia della linea, con conseguente generazione di magazzino, appunto, da parte del reparto lame e della zincatura ed incremento del lead time.

Simulando su Excel un carico di 42 macchine GRHS 600 si ottengono i risultati riportati nella *tabella 3.7*.

Macchina	Minuto in cui viene iniziata	Minuto in cui viene terminata	Lead time (min)
1	0	300	300
2	80	480	400
3	160	660	500
4	240	840	600
5	320	1020	700
6	400	1200	800
7	480	1380	900
8	560	1560	1000
9	640	1740	1100
10	720	1920	1200
11	800	2100	1300
12	880	2280	1400
13	960	2460	1500
14	1040	2640	1600
15	1120	2820	1700
16	1200	3000	1800
17	1280	3180	1900
18	1360	3360	2000
19	1440	3540	2100
20	1520	3720	2200
21	1600	3900	2300
22	1680	4080	2400
23	1760	4260	2500
24	1840	4440	2600
25	1920	4620	2700
26	2000	4800	2800
27	2080	4980	2900
28	2160	5160	3000
29	2240	5340	3100
30	2320	5520	3200
31	2400	5700	3300
32	2480	5880	3400
33	2560	6060	3500
34	2640	6240	3600
35	2720	6420	3700
36	2800	6600	3800
37	2880	6780	3900
38	2960	6960	4000
39	3040	7140	4100
40	3120	7320	4200
41	3200	7500	4300
42	3280	7680	4400

Tabella 3.7 Simulazione di un carico di GRHS 600 con relativo lead time di ogni macchina

Questa proiezione teorica evidenzia un aumentare costante di 100 minuti a macchina di *lead time*, ossia da quando la macchina comincia ad essere prodotta (escludendo il reparto taglio, non preso in considerazione in questo elaborato) fino al momento in cui risulta essere pronta per la spedizione.

La prima macchina impiegherà 300 minuti per essere completata poiché, partendo in parallelo tutte le isole della carpenteria, devono essere sommati i 180 minuti del collo di bottiglia con i 120 necessari per assemblaggio e finitura. La seconda invece risulterà avere un lead time più lungo per il generarsi di magazzino tra le varie isole della carpenteria, in particolare dei 100 minuti, differenza di durata tra il reparto lame e l'isola montaggio-appensione, e così via.

Il lead time, dunque, va aumentando di macchina in macchina, raggiungendo il valore di 4400 minuti (che corrisponde a circa 9,5 giorni) per la 42esima macchina, con un valore medio di 2350 minuti, ossia poco più di 5 giorni.

Per quanto riguarda il magazzino di semilavorati è pari a 1,28 unità mediamente generate giornalmente dalla zincatura e di 3,20 unità al giorno derivanti dal reparto lame. Il prossimo grafico (figura 3.8) delinea meglio l'andamento del WIP durante lo svolgimento del carico di 42 GRHS 600.

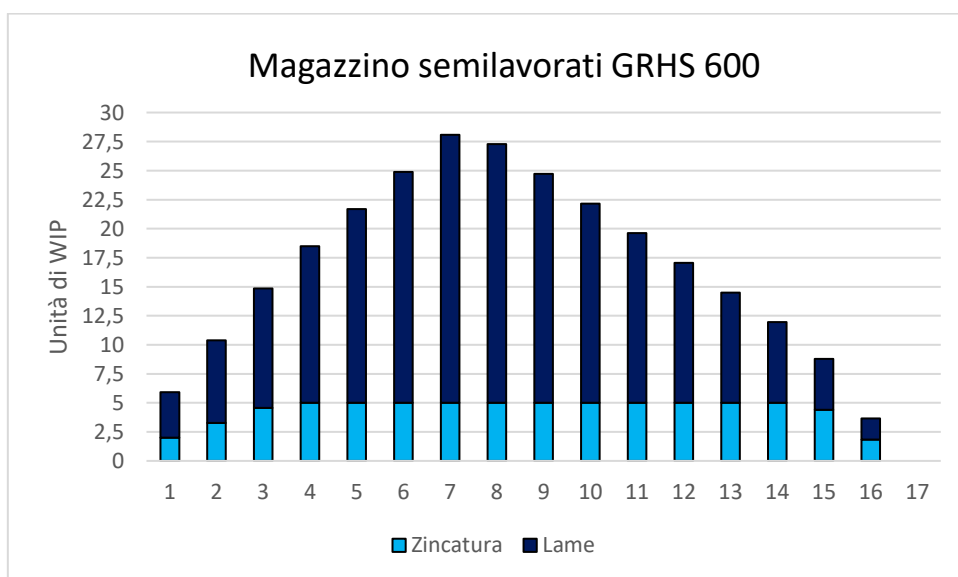


Figura 3.8 Magazzino di semilavorati generato durante un carico di GRHS 600

Assumendo che il processo venga “svuotato”, cioè non continuando più a produrre GRHS 600 dopo aver terminato il carico, per completarlo sono necessari 17 giorni, e il magazzino di semilavorati raggiunge il suo picco massimo al settimo giorno, per poi diminuire costantemente nei giorni successivi per il completamento delle attività di stampaggio e saldatura lame. Si può inoltre notare che i semilavorati provenienti dall'isola zincatura non superino mai le 5 unità, questo perché vi sono

soltanto sei grappoli a disposizione che vengono scambiati tra le isole. Questa situazione genera una costante attesa, dopo il quarto giorno, di 60 minuti da parte dell'addetto alla zincatura, per attendere che il grappolo venga liberato in fase di finitura. Stessa sorte accade all'isola dove vengono svolti assemblaggio e finitura, avendo un tempo totale di 120 minuti, incorrono in un'attesa di 60 minuti per far sì che i processi di montaggio e finitura terminino.

Questa è chiaramente una soluzione teorica, poiché realmente non vi sono attese costanti di 60 minuti tra i reparti, ma si gestisce questa situazione giornalmente con le seguenti possibilità:

1. viene rimossa una persona da assemblaggio e finitura, in modo da rallentare il processo, e può essere impiegata alla produzione delle lame, che temporaneamente possono essere state interrotte per il procrearsi di troppo magazzino, o al dedicarsi ad altre attività legate agli erpici;
2. il saldocarpentiere del montaggio e dell'appensione viene affiancato o dall'operatore delle lame, o da quello della zincatura, per velocizzare il processo ed evitare attese da parte degli operatori dell'assemblaggio-finitura, o della zincatura stessa.

Questa problematica va gestita, appunto, giorno per giorno, in base alle complicazioni che si presentano. Emerge un'elevata complessità organizzativa, che si tramuta anche in maggiore tempo dedicato alla pianificazione della giornata da parte del capo officina.

Inoltre, come già è stato sottolineato in precedenza, la numerosa generazione di semilavorati di lame, che vengono prodotte e posizionate nel pacco in attesa di essere prelevate per la finitura, genera uno stock teorico massimo di oltre 23 unità nel settimo giorno, che deve trovare una collocazione all'interno dello stabilimento.

Per quanto riguarda il GRHS 840 le tempiste sono chiaramente maggiori, con conseguente minore produzione giornaliera di macchine. Come riporta la *tabella 3.8*, anche in questo processo non è presente un bilanciamento, anche se le varie produzioni sono più equilibrate rispetto al modello GRHS 600.

Isola	Lavorazioni	GRHS 840/giorno
1	Zincatura	3,06
2	Montaggio Appensione	2,19
3	Stampaggio lame Saldatura lame	3,83
4	Assemblaggio Finitura	2,55

Tabella 3.8 Produzione giornaliera delle varie lavorazioni per un GRHS 840

Si presentano le stesse problematiche descritte in precedenza, in particolare la generazione di semilavorati tra i processi, (mediamente 0,87 unità giornaliere generate dalla zincatura e 1,64 unità al giorno derivanti dal reparto lame) come si può evincere dalla *figura 3.9*.

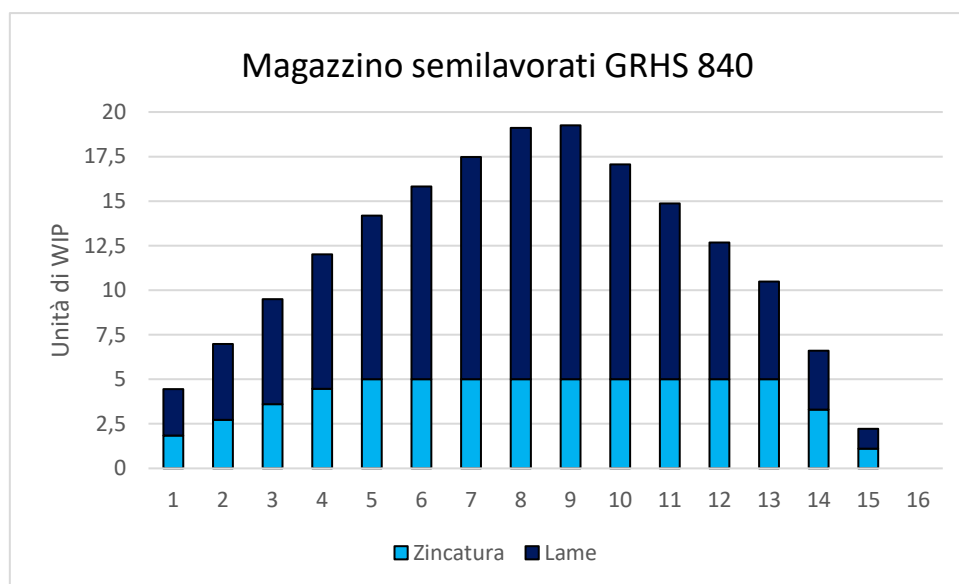


Figura 3.9 Magazzino di semilavorati generato durante un carico di GRHS 600

Assumendo sempre che il processo venga svuotato, sono necessari 16 giorni per completare il carico di 33 macchine, inferiori al carico del GRHS 600 per le dimensioni più ingombranti. Il magazzino raggiunge il suo picco nel nono giorno grazie alla produzione delle lame, per poi diminuire costantemente nei giorni successivi. Anche in questo caso il WIP massimo della zincatura è di 5 unità, raggiunto al quinto giorno, per il limite di grappoli a disposizione, generando una costante attesa di 60 minuti da parte dell'addetto alla zincatura, per attendere che il grappolo sia svuotato in finitura. Inoltre, come nel GRHS 600, vi è un'attesa di mezz'ora da parte dell'isola assemblaggio-finitura per permettere il completamento delle operazioni di montaggio-appensione.

Il lead time continua a crescere all'aumentare del numero delle macchine, come riporta la *tabella 3.9*, ottenuta simulando il carico di 33 macchine.

Macchina	Minuto in cui viene iniziata	Minuto in cui viene terminata	Lead time (min)
1	0	390	390
2	120	600	480
3	240	810	570
4	360	1020	660
5	480	1230	750
6	600	1440	840
7	720	1650	930
8	840	1860	1020
9	960	2070	1110
10	1080	2280	1200
11	1200	2490	1290
12	1320	2700	1380
13	1440	2910	1470
14	1560	3120	1560
15	1680	3330	1650
16	1800	3540	1740
17	1920	3750	1830
18	2040	3960	1920
19	2160	4170	2010
20	2280	4380	2100
21	2400	4590	2190
22	2520	4800	2280
23	2640	5010	2370
24	2760	5220	2460
25	2880	5430	2550
26	3000	5640	2640
27	3120	5850	2730
28	3240	6060	2820
29	3360	6270	2910
30	3480	6480	3000
31	3600	6690	3090
32	3720	6900	3180
33	3840	7110	3270

Tabella 3.9 Simulazione di un carico di GRHS 840 con relativo lead time di ogni macchina

Come si può osservare dalla tabella il lead time cresce costantemente di 90 minuti di macchina in macchina, che corrisponde alla differenza della durata delle attività tra il reparto lame e l'isola montaggio-appensione.

Mentre per la prima macchina occorrono soltanto 390 minuti (ottenuti sommando i 210 minuti di montaggio-appensione con i 180 dell'isola assemblaggio-finitura), sono invece necessari 3270 minuti da quando l'ultima macchina del carico viene iniziata a quando è completa, con un lead time medio di 1830 minuti, corrispondente a quasi 4 giorni.

Questa impostazione genera le stesse problematiche riscontrate per il modello GRHS 600, comportando un eguale complessità organizzativa, obbligando una gestione della produzione giorno per giorno.

Infine si evidenzia come gli operatori non siano saturi, obbligandoli a interrompere la propria attività, con conseguente spostamento in un'altra area dello stabilimento per svolgere altri compiti, generando inutili camminamenti ed inefficienze.

Questa gestione è comunque possibile in Frandent, grazie all'interscambiabilità e alle varie skills su più settori dei propri operatori, che in altre realtà si sarebbe tramutata in reali attese, aumentando, e non di poco, le inefficienze.

Nella tabella 3.10 vengono riassunti le criticità che emergono nella fase di produzione dei due particolari.

Criticità	Descrizione
1	Generazione crescente di WIP
2	Lead time crescente per ogni macchina prodotta in un carico
3	Creazione di attesa da parte degli operatori
4	Difficile organizzazione della giornata lavorativa dei vari operatori

Tabella 3.10 Riassunto delle criticità descritte in questo capitolo

CAPITOLO IV

Implementazione dell'ottica Lean nella produzione di macchine per la fienagione

L'obiettivo del capitolo è l'applicazione della logica Lean al processo di produzione degli spandivoltafieno, che si svolge nello stabilimento della Frandent, al fine di individuarne sprechi e criticità. I processi descritti nel terzo capitolo verranno analizzati e saranno proposte, e successivamente applicate, azioni di miglioramento, per rendere più efficienti tali processi e ridurre le attività non a valore aggiunto.

Il capitolo terminerà con la quantificazione dei risparmi in termini di tempo che si sono ottenuti dall'applicazione delle azioni proposte, e il bilanciamento necessario per raggiungere il takt time desiderato per i due modelli ed avere una produzione tirata dal cliente.

4.1 Metodologia

Per l'applicazione della logica Lean nel corso di questo progetto sono stati affrontati i seguenti passaggi:

1. Definizione del takt time: è la partenza necessaria per mappare il flusso della produzione dei due modelli presi in esame.
2. Realizzazione dei video alle lavorazioni: i video consentono in prima battuta di rilevare il tempo alle varie fasi, e risultano fondamentali per un'analisi più approfondita alla ricerca dei vari sprechi. Possono essere anche visualizzati dagli operatori, facilitando attraverso la auto-osservazione, le proposte di miglioramento.
3. Stesura delle istruzioni e sequenze: le istruzioni sono delle descrizioni dettagliate delle operazioni, affiancate da immagini dimostrative, che hanno come obiettivo la standardizzazione delle lavorazioni dei componenti. Vengono utilizzate in fase di formazione

di nuovi operatori, nell'ottica dell'interscambiabilità, concetto molto attuale in Frandent. Le sequenze invece danno un ordine delle operazioni all'interno di una fase, volte anch'esse al processo di standardizzazione.

4. Kaizen: dopo aver osservato i processi, si rilevano gli sprechi, o criticità che non rendono fluide le lavorazioni. Successivamente si procede con la loro risoluzione, ove è possibile, al fine di avere dei saving di tempo, e di migliorare la qualità delle operazioni dei lavoratori. Verranno utilizzati il metodo 5S e i diagrammi yamazumi.
5. Bilanciamento: calcolati i saving, si effettuerà il bilanciamento delle operazioni degli operatori in modo che ogni stadio duri esattamente il takt time, ottenendo un flusso ottimale della linea, eliminando attese e fermate descritte nel capitolo III.
6. Training: è la fase finale dell'applicazione della logica Lean, dove vengono riosservati i processi bilanciati, controllando i tempi, aggiornando le istruzioni e le sequenze e verificando che gli operatori seguano le sequenze prefissate. In questa fase avviene anche un ulteriore confronto con gli operatori, dove verranno segnalate le problematiche che non permettono di rispettare il tempo ciclo prefissato.

Questi step hanno consentito l'applicazione della filosofia Lean in Frandent, sottolineando che è stata fondamentale l'osservazione diretta dei processi, permettendo la raccolta dei dati e delle informazioni necessarie per comprenderne il funzionamento e a sviluppare questo capitolo.

La determinazione e la volontà di raggiungere l'obiettivo prefissato sono la base per superare le difficoltà o le resistenze affrontate lungo questo percorso. Il confronto diretto con gli operatori è risultato determinante innanzitutto per ascoltare le loro proposte di miglioramento e, allo stesso tempo, per acquisire il livello di dettaglio necessario per individuare gli sprechi nascosti.

4.2 Definizione del takt time

La definizione del takt time è la base di questo progetto realizzato in Frandent, da cui deriverà l'impostazione del flusso della produzione degli spandivoltafieno richiesti dal Cliente irlandese.

Per la commessa dei due modelli in esame, non è stata presa in considerazione la domanda annuale, ma il picco massimo mensile del 2019, avvenuto a giugno, con la richiesta di 55 spandivoltafieno. Considerando una media di 21 giorni lavorativi al mese si ottengono i seguenti risultati:

$$\text{domanda giornaliera} = \frac{\text{domanda mensile}}{\text{numero di giorni disponibili}} = \frac{55}{21} = 2,62 \text{ macchine al giorno}$$

Nel periodo di alta stagione, il cliente arriva quindi a richiede 2 macchine e il 62% della terza al giorno. Questo dato è stato approssimato a 3, stimando un aumento dei volumi venduti, con il considerevole vantaggio di possedere un sistema già pronto. Una possibile alternativa poteva contemplare l'introduzione di un doppio takt time, uno per l'alta stagione e uno per la bassa, con due differenti produzioni giornaliere di macchine. Questa proposta è stata accantonata temporaneamente a causa della sua complessità di gestione maggiore, avendo l'esigenza di avere un sistema di produzione efficace fin da subito, in grado di gestire i picchi dell'alta stagione.

Tarando quindi la produzione a tre macchine al giorno, e avendo a disposizione 460 minuti giornalieri il calcolo del takt time risulta essere:

$$Takt\ time = \frac{460\ min/giorno}{3\ unità/giorno} = 153,3\ min/unità$$

Ogni operatore dovrà completare il suo ciclo di lavorazione in 153,3 minuti.

4.3 Rilevazione tempi

Dopo aver definito il ritmo della produzione si è passati alle rilevazioni dei tempi: in un primo momento grazie ai video realizzati e, successivamente, ad una serie di rilevazioni attraverso una misura cronometrica di ogni operazione. Per il reparto fienagione, le tempistiche non erano mai state rilevate in modo accurato, ma erano stati gli operatori stessi ad auto-cronometrarsi, per poi comunicarle alla direzione della produzione. Solitamente queste durate erano legate a vecchie lavorazioni, le quali hanno subito alcuni mutamenti nel corso dei mesi, diminuendo o aumentando le tempistiche delle singole lavorazioni. Nel corso delle rilevazioni si è riscontrata un po' di variabilità, auspicabile dal minutaggio elevato delle operazioni, e da alcuni fattori che verranno affrontati nel prossimo paragrafo, il 4.4, legato ai Kaizen.

Le tabelle 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 riportano i valori medi delle rilevazioni dei singoli particolari di tutte le lavorazioni della carpenteria.

Zincatura						
Particolari (tempi in minuti)	Tempo singolo GRHS 600	Tempo singolo GRHS 840	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Totale GRHS 600	Totale GRHS 840
Porta ruote	13	13	4	6	52	78
Blocco cilindro	3	3	2	2	6	6
Insieme blocco regolazione ruote	8	8	1	1	8	8
Cavalletto per trasporto	6	7	2	2	12	14
Leve spostamento barra centrale	0,25	0,25	1	1	0,25	0,25
Supporto espulsore	7,5	5	2	2	15	10
Perno espulsore	0	7,5	0	2	0	15
Totale					93,25	131,25

Tabella 4.1 Rilevazione tempi particolari zincatura

Montaggio						
Particolari (tempi in minuti)	Tempo singolo GRHS 600	Tempo singolo GRHS 840	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Totale GRHS 600	Totale GRHS 840
Braccio centrale riduttore	11	14,5	2	2	22	29
Braccio laterale	16	20,5	2	2	32	41
Braccio laterale medio	0	25,5	0	2	0	51
Leve orientamento ruote	3	3	4	6	12	18
Totale					66	139

Tabella 4.2 Rilevazione tempi particolari montaggio

Appensione						
Particolari (tempi in minuti)	Tempo singolo GRHS 600	Tempo singolo GRHS 840	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Totale GRHS 600	Totale GRHS 840
Telaio porta cilindri	35	40	1	1	35	40
<i>Telaio porta cilindri (robot)</i>	<i>24</i>	<i>35</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>35</i>
Finitura telaio porta cilindri	12	13	1	1	12	13
Barra centrale spostamento ruote	11,5	11,5	1	1	11,5	11,5
Barra spostamento ruote	4	6,5	2	2	8	13
Supporto rotore	0	11	0	2	0	22
Totale					66,5	99,5

Tabella 4.3 Rilevazione tempi particolari appensione

Lame						
Particolari (tempi in minuti)	Tempo singolo GRHS 600	Tempo singolo GRHS 840	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Totale GRHS 600	Totale GRHS 840
Stampaggio lame	1	1	28	42	28	42
Saldatura Lame	1,5	1,	28	42	42	63
Finitura lame	0,15	0,15	28	42	4,2	6,3
Totale					74,2	111,3

Tabella 4.4 Rilevazione tempi lavorazioni lame

I dati registrati danno una visione più accurata dei tempi ciclo delle varie lavorazioni, ed evidenziano un significativo scostamento dai dati illustrati nel capitolo precedente. La zincatura presenta una riduzione di tempo che varia dal 13% del modello GRHS 600 al 22% del GRHS 840, mentre le lame erano leggermente sovrastimate. Il montaggio e l'appensione sottolineano come la rilevazione dei tempi fosse alquanto approssimativa, con una sovrastima di più di 20 minuti per il modello GRHS 600, e una sottostima di almeno 15 minuti per il modello GRHS 840.

La tabella 4.3 dell'appensione, riporta in corsivo il tempo di saldatura su robot del telaio portacilindri, ma esso non è da conteggiare nella somma totale del tempo ciclo della lavorazione, poiché questa operazione avviene in parallelo alle altre, non creando delle attese.

Le tempistiche dell'assemblaggio e della finitura, che erano solite essere eseguite con l'impiego di due operatori, sono state rilevate con un solo addetto allo svolgimento delle operazioni. I risultati delle rilevazioni sono riportati nelle tabelle 4.5 e 4.6.

Assemblaggio		
Attività (tempo in minuti)	Tempo GRHS 600	Tempo GRHS 840
Assemblaggio riduttore	26	26
Assemblaggio con bracci e rotor	93	156
Collaudo	8	8
Assemblaggio Telaio porta cilindri	8	18,5
Totale	135	209,5

Tabella 4.5 Rilevazioni tempi con singolo operatore assemblaggio

Finitura		
Attività (tempo in minuti)	Tempo GRHS 600	Tempo GRHS 840
Preparazione macchina	11	15
Preparazione scatola	9,5	10,5
Preparazione pedana	12	20
Totale	27,5	33,5

Tabella 4.6 Rilevazioni tempi con singolo operatore finitura

Anche in questo caso i dati confermano un minutaggio inferiore rispetto alla situazione teorica presentata nel capitolo III, dovuti sicuramente ad una mancanza di rilevazioni accurate, ma influenzate anche dal lavoro in simultanea dei due operatori. Infatti le lavorazioni svolte contemporaneamente sulla stessa macchina, o sugli stessi componenti, portano ad inefficienze, come la creazione di attese, intralci, o semplicemente perdite di tempo legate allo scambio di parole. In particolare l'assemblaggio presenta una durata ridotta di 30 minuti nel modello GRHS 840 (90 minuti in precedenza, ma impiegando due operatori), e una diminuzione del 25% per il GRHS 600, mentre la finitura risulta essere praticamente dimezzata.

4.4 Kaizen riscontrati

Nel corso dell'analisi dei vari processi sono stati rilevati, con l'aiuto dei diversi operatori, alcuni miglioramenti che possono facilitare le singole lavorazioni. Questo è soltanto possibile grazie ad un'attenta visione e comprensione del processo in analisi, ed un dettagliato confronto con i vari addetti. Sono proprio questi ultimi, con le loro intuizioni e conoscenze, a proporre, e soprattutto a risolvere, le problematiche che ostacolano la produzione. Talvolta è anche necessario un diverso punto di vista, per evidenziare loro dei possibili cambiamenti sul modo di operare di ognuno, fornendo nuove idee e possibilità di miglioramento. Inoltre essi sono fondamentali per cercare di standardizzare il più possibile le lavorazioni, evitando di imbattersi in inconvenienti che allungano i tempi di produzione.

Verranno ora descritti i principali Kaizen riscontrati nelle varie lavorazioni, che possono portare benefici sia facilitando la produzione, sia permettendo una diminuzione dei tempi di processo. Essi saranno risolti attraverso l'uso della metodologia 5S, della spaghetti chart, ed evidenziando le attività a non valore aggiunto con Yamazumi chart, in modo da cercare di eliminarle o, quanto meno, contenerle.

4.4.1 Kaizen zincatura

I problemi principali riscontrati nel processo di zincatura riguardano soprattutto l'organizzazione dello spazio all'interno dell'area. Infatti, questa lavorazione richiede soltanto un tavolo di lavoro contenente tutte le dime di saldatura necessarie alla realizzazione dei componenti, oltre che alla saldatrice ed al tubo di aspirazione, presente in tutti i reparti di carpenteria. Sono stati rilevati numerosi oggetti non pertinenti a questa lavorazione, poiché in quest'area vengono anche svolte sporadicamente lavorazioni sui rulli degli erpici, oltre agli altri modelli per la fienagione non acquistati da Malone.

L'area si presentava non ordinata, costringendo talvolta l'operatore a dover cercare alcuni utensili per effettuare la lavorazione, che non venivano mai collocati nella stessa posizione. Una buona organizzazione dell'area può sicuramente aiutare l'operatore nello svolgimento della propria attività, ma sono stati evidenziati anche altri interessanti miglioramenti che verranno descritti di seguito.

Kaizen 1: dima di saldatura e prelievo del materiale per i cavalletti

La dima di saldatura per la costruzione dei cavalletti era situata su un piano di lavoro, di dimensioni importanti, posizionato vicino alla maschera principale, causando un notevole ingombro all'interno dell'area. L'operatore era quindi costretto, oltre che a spostarsi dal suo piano di lavoro, a movimentare il tubo dell'aspiratore e la saldatrice, provocando un procedimento non fluido e un allungamento dei tempi di lavorazione. Infatti, questi spostamenti venivano eseguiti per la produzione dei cavalletti e poi dovevano essere ripetuti per riposizionarsi sulla maschera principale per il completamento dei particolari mancanti, generando una perdita di tempo di 40 secondi totali. Inoltre, il materiale necessario alla produzione per i cavalletti, proveniente dal reparto taglio, era situato in un cassone al di fuori dell'area della zincatura, insieme ai tubolari dell'appensione e del montaggio. Il cassone era collocato in uno spazio a metà tra le due aree, comodo ad entrambi gli operatori, ma che comunque li costringeva ad effettuare dei camminamenti per recuperare il materiale necessario. Questo oltre a creare un camminamento evitabile di 12 metri impiegando circa 10 secondi, poteva creare anche problemi di organizzazione tra il reparto taglio e la carpenteria, e talvolta l'addetto alla zincatura rimaneva senza materiale, poiché non ne era definito un perfetto standard di produzione, generando attese ed inconvenienti ad entrambe le lavorazioni.

Risoluzione

La dima di saldatura per i cavalletti è stata unificata con la maschera principale, posizionandola sotto di essa, con la possibilità di essere estratta, come un cassetto, al momento della lavorazione, evitando l'occupazione di spazio inutile (*figura 4.1*). Questo ha permesso di rimuovere il tavolo contenente la

dima di saldatura dei cavalletti, liberando spazio e permettendo all'operatore una migliore ergonomia all'interno dell'area, evitando il suo spostamento e quello dell'attrezzatura utile per svolgere l'operazione.



Figura 4.2: Dima di saldatura per i cavalletti unificata con la maschera principale

Per il prelievo di materiale sono stati creati due appositi carretti adatti a contenere il quantitativo di componenti per i cavalletti per tre macchine di entrambi i modelli. Sono stati anche posizionati i tubi del supporto espulsore, contenuti in precedenza nel kanban, e i tondi che compongono la base del blocco regolazione ruote, che erano collocati in una latta senza una posizione fissa. Il carrello è stato studiato a poka yoke, ossia a prova di errore, con dei riferimenti per evitare che l'operatore del taglio possa dimenticarsi del materiale (*figura 4.2*). Sono state create due copie, con ruote, per facilitarne la movimentazione, e potendo usare la logica vuoto-pieno. Infatti un carrello sarà nell'area della zincatura, che durante la giornata verrà svuotato, e l'altro si troverà nell'area taglio, dove verrà rifornito.



Figura 4.3 Carrello poka-yoke per il materiale della zincatura dei due modelli

Queste operazioni hanno permesso l'eliminazione di 40 secondi di muda nel corso di questa lavorazione, diminuendoli di più del 4% per entrambi i modelli, come è visualizzato nei diagrammi Yamazumi mostrati nelle figure 4.3 e 4.4.

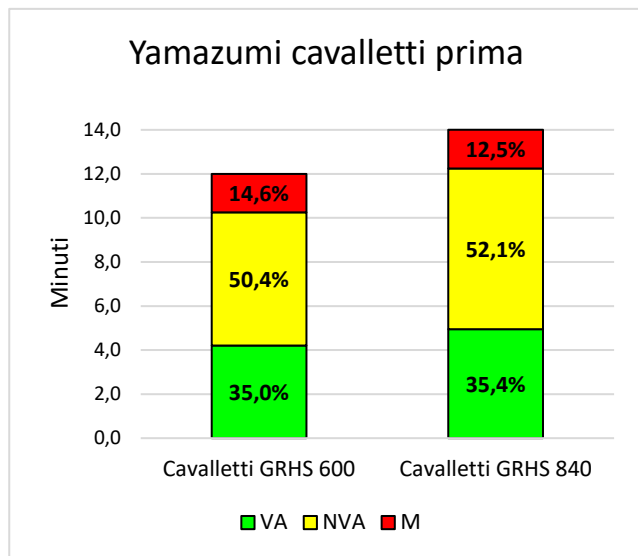


Figura 4.3 Yamazumi della situazione iniziale dei cavalletti

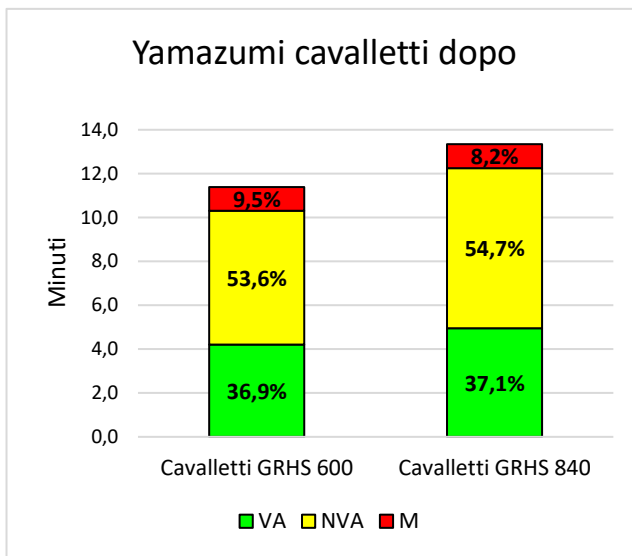


Figure 4.4 Yamazumi della situazione migliorata dei cavalletti

Kaizen 2: generazione pallini di saldatura

Nell'operazione di zincatura, come in tutte le altre lavorazioni della carpenteria, le sagome devono essere saldate tra loro o con tubi o tubolari, per produrre i particolari che compongono la macchina. Durante la saldatura, possono crearsi dei "pallini", o spruzzi, in zone adiacenti alle saldature, che rimangono vistosi e percepibili al tatto in particolare dopo la verniciatura, rendendo meno estetico il particolare. Questi possono essere generati dalla saldatrice, dal suo utilizzo, e da parametri non corretti dalla regolazione del gas e della corrente. Per ovviare a questo problema l'operatore è costretto, in primis, ad utilizzare un prodotto antiaderente, e ad effettuare, dopo la saldatura, un'operazione di "spallinatura", che consiste nella rimozione degli spruzzi attraverso un apposito utensile appuntito. Questa operazione è chiaramente una rilavorazione, che non porta ad un reale valore aggiunto al cliente, il quale dà per scontato l'arrivo del particolare senza pallini, e comporta una perdita di tempo quantificata nella tabella 4.7.

Particolari	Tempo impiegato a spallinare (sec)
Porta ruote	150
Blocco cilindro	25
Insieme blocco regolazione ruote	40
Cavalletto per trasporto	15
Leve spostamento barra centrale	-
Supporto espulsore	12
Perno espulsore	15

Tabella 4.7 Tempo impiegato a spallinare ogni particolare

Risoluzione

Come punto di partenza si è ragionato su come evitare questa scomoda rilavorazione, valutando in un primo momento l'opzione di non più effettuarla. Questo ovviamente comportava una diminuzione della qualità del prodotto, che poteva anche essere accettata se i particolari non presentavano pallini in punti visibili, tenendo presente che l'operazione di sabbiatura successiva poteva comunque rimuovere qualche impurità. Questa possibilità è stata scartata poiché effettivamente tutti i particolari creati nella fase di zincatura vengono posizionati nella pedana, e quindi saranno scaricati manualmente dal cliente, che potrà molto facilmente valutare la qualità del semilavorato in questione. Si è deciso quindi di acquistare una saldatrice nuova, e con l'aiuto di un tecnico sono stati creati più programmi di saldatura, utili a cambiare velocemente i parametri, adattandoli alle caratteristiche dei particolari. È stata visualizzata fin da subito una maggiore qualità e uniformità della saldatura, e la quasi assenza di generazione di impurità. Grazie a questa sostituzione è stato possibile eliminare quasi definitivamente l'operazione di spallinatura dei particolari, generando un risparmio di tempo di più di 9 minuti per entrambi i modelli. Le figure 4.5 e 4.6, che raffigurano le Yamazumi chart, aiutano a visualizzare meglio questa eliminazione di spreco.

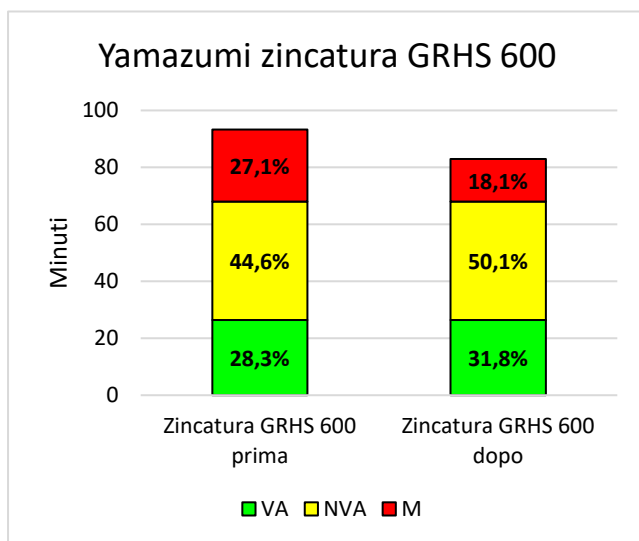


Figura 4.5 Yamazumi con confronto della situazione iniziale e migliorata della zincatura del GRHS 600

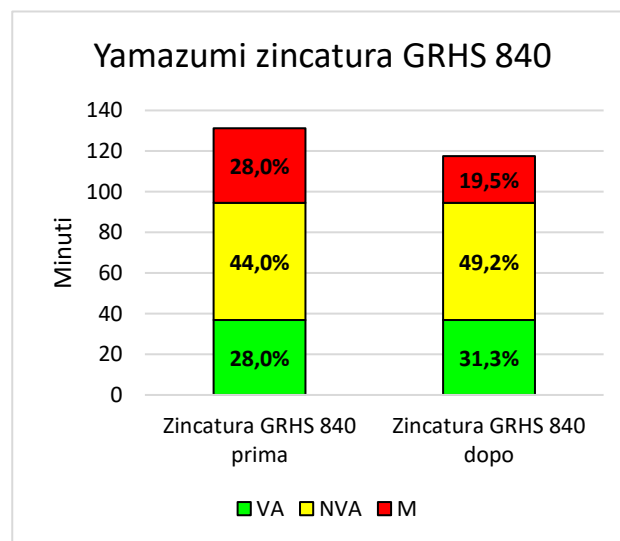


Figura 4.6 Yamazumi con confronto della situazione iniziale e migliorata della zincatura del GRHS 840

Inoltre per migliorare l'organizzazione dell'area della zincatura è stato usato il metodo delle 5S descritto nella tabella 4.8.

Seiri (separare)	Separare i vari oggetti dell'area, appartenenti a più lavorazioni.
Seiton (riordinare)	Riordinare i vari attrezzi, posizionandoli in un apposito punto.
Seiso (pulire)	-
Seiketsu (standardizzare)	Standardizzare la disposizione dei kanban, della maschera principale e del grappolo attraverso l'uso di una segnaletica sul pavimento.
Shitsuke (diffondere)	Comunicare la standardizzazione ad altri operatori che possono effettuare la zincatura, e controllare periodicamente se la disposizione concordata viene rispettata.

Tabella 4.8 5S applicato all'area della Zincatura

4.4.2 Kaizen montaggio e appensione

Il montaggio e l'appensione, oltre ad essere effettuati dallo stesso operatore, venivano anche effettuati nella stessa area, attraverso l'uso di tre differenti maschere (due per il montaggio, e una per l'appensione). Quest'area si presentava molto caotica, con un'organizzazione dello spazio approssimativa e non delineata, e con la presenza di molti oggetti non pertinenti alle due lavorazioni. Anche in quest'area vengono effettuate sporadicamente altre lavorazioni, soprattutto la creazione dei

componenti per le macchine per la fienagione vendute in Italia, quindi complete. In particolare, vi erano uno scatolone di dimensioni considerevoli contenente le bombolette del prodotto antispruzzo finite e un tavolo di lavoro quadrato, con un lato di circa 1 metro, utilizzato principalmente per appoggiare gli utensili di lavoro. Questi due componenti occupavano gran parte dello spazio a disposizione dell'operatore, senza essere utilizzati per le lavorazioni. Inoltre alla base della maschera della puntatura dei tubolari erano presenti alcune dime di saldature, non identificate, appartenenti a più lavorazioni, creando confusione al momento del loro utilizzo.

Verranno elencate le principali migliorie riscontrate per queste due lavorazioni, collegate anche all'organizzazione dell'area.

In seguito è visualizzata la spaghetti chart iniziale dell'area del montaggio e appensione dell'operatore all'interno dell'area, per il modello GRHS 600 (figura 4.7).

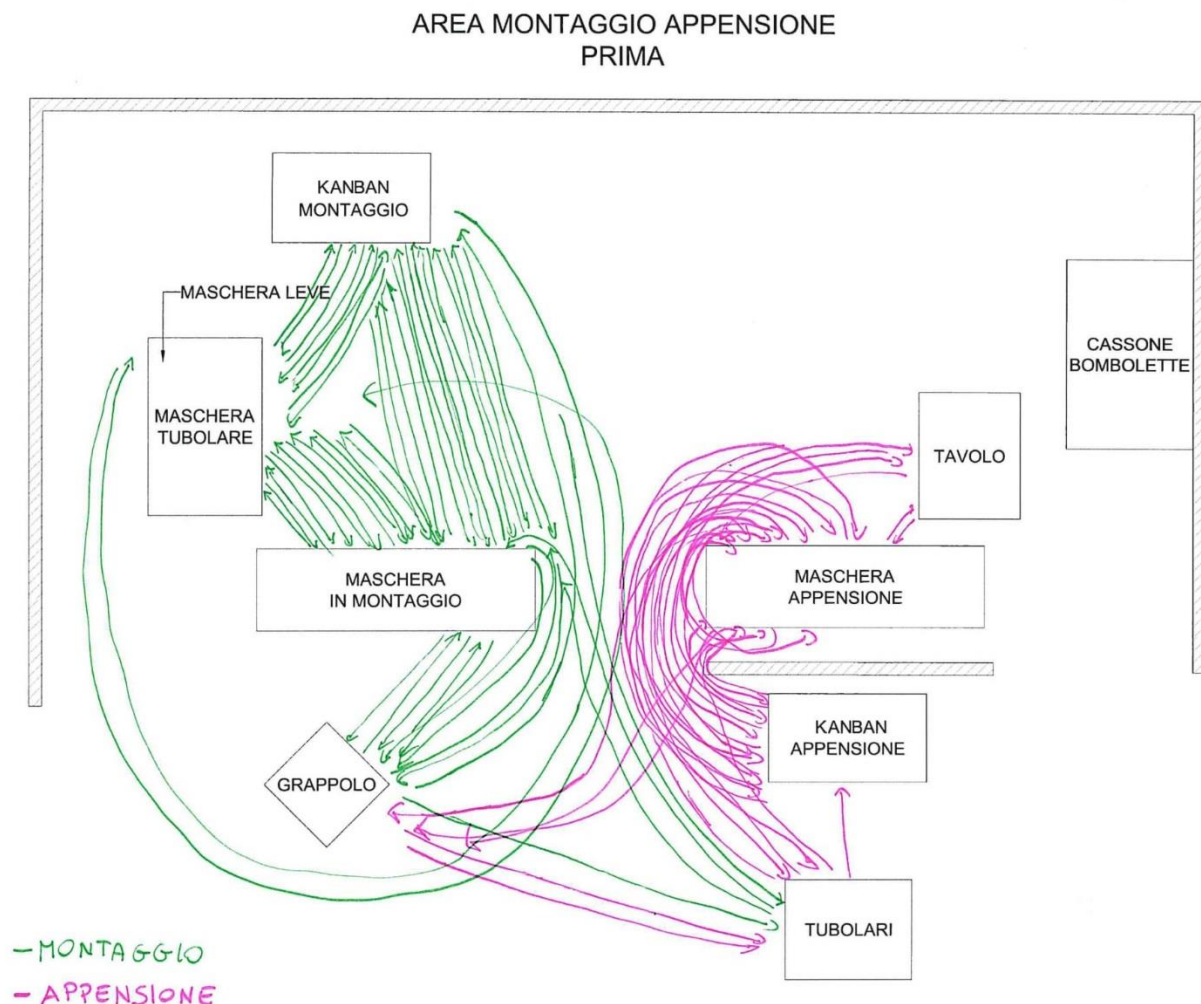


Figura 4.7 Spaghetti chart della situazione iniziale nell'area montaggio-appensione

Kaizen 3: mancanza viti per chiusura bracci centrali

Nel montaggio, quando i due bracci centrali sono stati completati, prima di essere appesi al grappolo, devono essere uniti tra di loro. Ciò avviene per evitare che durante il processo di sabbiatura entri la sabbia al loro interno, aggiungendo dei tappi di gomma alle altre due estremità. Per collegare i due tubolari sono necessari due bulloni e due viti, che non erano presenti nell'area. Ad ogni lavorazione, l'operatore recuperava le viti e i bulloni dall'area dell'assemblaggio, compiendo una camminata totale di 35 metri, impiegando circa 30 secondi. Questa situazione, ripetendosi nel corso di tutte le lavorazioni, generava una perdita di tempo, oltre che di materiale, in quando talvolta erano già presenti nell'area le viti necessarie, poiché erano state prese in maggiori quantità precedentemente, ma erano posizionate in punti non standardizzati.

Risoluzione

È stato installato sul grappolo un mini-supporto (*figura 4.8*) che possa contenere le due viti con i rispettivi bulloni. Gli addetti all'assemblaggio dopo aver rimosso le viti e i bulloni dai bracci laterali, le inseriscono nell'apposito supporto del grappolo, che dopo essere stato completamente svuotato ritornerà alla carpenteria. Questa gestione innanzitutto evita che l'operatore del montaggio compia un camminamento per recuperare le viti, e in secondo luogo impedisce la dispersione del materiale, sapendo che vi sono sempre le stesse 6 copie di viti sui 6 grappoli.



Figura 4.8 Supporto inserito nel grappolo per contenere viti e bulloni

Kaizen 4: diametro piastrina e raggio del tubolare

Le piastrine sono le sagome che vengono posizionate alle estremità dei bracci centrali e dei bracci laterali, e hanno la funzione di collegare i tubolari ai vari rotori, in particolare al supporto cerniera fissa. Esse hanno una forma quadrata, con un foro all'interno sporgente dalla piastrina alcuni

millimetri, in modo da far passare e guidare l'inserimento dell'albero. Il diametro esterno del foro è di 70mm, identico al lato interno del tubolare. Questo risulta essere un problema, perché la piastrina molte volte non entra all'interno del tubolare, costringendo l'operatore ad effettuare una smussatura su uno o più lati di quest'ultimo. Inoltre, la piastrina deve essere messa sfasata di 45 gradi rispetto al tubolare, e se il raggio di curvatura del tubolare è troppo stretto, sporge oltre la piastrina, non lasciando più spazio per la saldatura (*figura 4.9*). Anche in questo caso è necessaria una leggera smussatura su tutti e quattro gli angoli, fino a creare lo spazio per la saldatura. Queste smussature sono chiaramente delle rilavorazioni, le prime effettuate dal reparto taglio, portando un impiego di tempo pari a 45 secondi a lato del tubolare, e le seconde dall'addetto al montaggio, per adattare il tubolare alle proprie esigenze, spreco 10 secondi a lato.

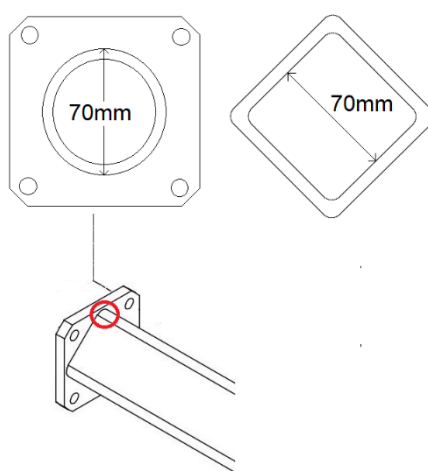


Figura 4.9 La zona evidenziata in rosso indica il luogo dove deve essere depositata la saldatura

Risoluzione

Il diametro esterno della piastrina di 70mm era stato progettato inizialmente per facilitare il centraggio di essa sul tubolare, provocando però il suo non corretto inserimento. Dopo un'attenta analisi, si è evinto che la piastrina veniva fissata in maschera attraverso una calamita, perfettamente centrata rispetto al tubolare grazie a dei riferimenti, rendendo inutile la presenza della sporgenza del foro. Si è quindi deciso di restringere il diametro esterno della piastrina a 68,5mm, evitando così di molare internamente il tubolare.

Per il raggio dei tubolari si è contattato il fornitore e si è richiesto un raggio più largo per le forniture future, evitando quindi di smussare il tubolare agli angoli. Questa operazione oltre a permettere del risparmio di tempo permette di aumentare notevolmente l'efficacia della saldatura, utile a tenere uniti la piastrina e il tubolare. Infatti sia che il raggio del tubolare sia troppo stretto (non avendo quindi spazio per depositare la saldatura), e sia che venga smussato troppo (originando troppo spazio da

ricoprire con la saldatura), potrebbero generarsi delle crepe all'interno della saldatura che la renderebbero più debole, creando la possibilità di rottura della giunzione.

Ricordando che la piastrina viene montata solo su un lato dei bracci centrali, e su entrambi i lati dei bracci laterali, la tabella 4.9 quantifica il risparmio di tempo conseguente a questi due interventi, tenendo presente che il saving della molatura interna dei tubolari sarà dell'area taglio, mentre quello dello smusso degli angoli sarà attribuito all'addetto del montaggio.

Particolari	Saving GRHS 600 molatura interna (sec)	Saving GRHS 600 molatura angoli (sec)	Saving GRHS 840 molatura interna (sec)	Saving GRHS 840 molatura angoli (sec)
Braccio centrale riduttore	90	20	90	20
Braccio laterale	180	40	180	40
Braccio laterale medio	0	0	180	40
Totale	270	60	450	100

Tabella 4.9 Saving legati alla molatura dei tubolari

Si evidenzia un interessante risparmio di tempo, soprattutto nell'area taglio, ma anche al montaggio, con 1 minuto e 1 minuto e 40 secondi di rilavorazione eliminati rispettivamente al modello GRHS 600 e al GRHS 840.

Kaizen 5: modifiche alle maschere principali

La maschera del montaggio, in particolare quella utilizzata per il fissaggio delle piastrine ai tubolari, conteneva anche la dima di saldatura delle leve. Questa è di dimensioni contenute ed era posizionata all'estremità opposta rispetto a quella dei tubolari, costringendo l'operatore ad effettuare un camminamento, "circumnavigando" entrambe le maschere, con conseguente spostamento del tubo di aspirazione e del filo della saldatrice, impiegando circa 40 secondi. Questo spostamento risultava piuttosto scomodo, riducendo anche lo spazio disponibile all'interno dell'area, poiché la maschera doveva essere posizionata più centralmente, per permettere il passaggio dell'operatore.

Simile situazione si trovava per la maschera dell'appensione, divisa in due parti: un lato utilizzato per la puntatura del telaio porta cilindri, e l'altro per la puntatura delle barre per lo spostamento delle ruote. Dopo aver puntato le barre, l'operatore si portava dal lato opposto della maschera, dove vi è un supporto, utilizzato anche per il telaio porta cilindri, che consentiva l'appoggio e soprattutto la perfetta rotazione del particolare per completare la saldatura delle barre. Anche in questo caso

l'operatore era costretto ad effettuare uno spostamento dell'attrezzatura necessaria alla saldatura, andando a compiere una movimentazione che allungava i tempi di produzione di 20 secondi totali.

Risoluzione

La dima di saldatura delle leve è stata rimossa dalla maschera della puntatura dei tubolari, posizionandola in quella in cui vengono saldati i tubolari, evitando uno spostamento, e movimentazione dall'attrezzatura per saldare.

Azione simile è stata apportata alla maschera dell'appensione, aggiungendo un supporto dal lato della maschera dove vi è la dima di saldatura per le barre, evitando, anche in questo frangente un camminamento e una movimentazione di materiale.

Kaizen 6: posizione dei kanban

In quest'area si trovano tre kanban, uno per il montaggio, uno per l'appensione e un cassone contenente i tubolari, in comune con la zincatura. Il kanban del montaggio è l'unico che era posizionato all'interno dell'area, in particolare, alle spalle delle due maschere (posizionate a 90 gradi un rispetto all'altra), formando una "C" all'interno della quale l'operatore produceva. Invece, la bocca di lupo contenente le sagome per l'appensione e il cassone con i tubolari utilizzati per le tre lavorazioni della carpenteria, erano fuori dall'area. Anche in questo caso, data la mancanza di spazio, l'operatore usciva dall'area ogni qualvolta doveva prelevare un tubolare, comportando dei camminamenti superflui.

Risoluzione

Dopo un'attenta analisi attraverso la spaghetti chart si è optato di spostare la bocca di lupo contenenti il materiale per il montaggio tra le due maschere, in modo da evitare passi per prelevare il materiale, risultando più comodo rispetto al suo posizionamento precedente.

Inoltre, sono stati costruiti due nuovi cassoni per permettere il contenimento di tutti i tubolari necessari al montaggio e all'appensione (*figura 4.10*), di dimensioni minori, per consentire il loro inserimento all'interno dell'area. Sono stati ideati con la logica poka-yoke, permettendo l'inserimento del materiale per le tre macchine al giorno richieste ed evitando che il reparto taglio possa dimenticarsi qualche componente. La logica con cui verranno utilizzati è la stessa descritta nella zincatura, con un cassone nell'area montaggio-appensione da cui viene prelevato il materiale, e il secondo nell'area taglio dove viene rifornito dei vari tubolari. Le dimensioni minori di questi cassoni hanno permesso il loro inserimento all'interno dell'area, evitando all'operatore di uscire dall'area per recuperare il materiale.



Figura 4.10 Il carretto contenente il materiale per l'appensione e il montaggio rifornito dal reparto taglio

Questo Kaizen è soltanto una parte della riorganizzazione dell'area, di cui si è descritto all'inizio di questo paragrafo. Sono stati messi in pratica altri spostamenti che hanno permesso di ridurre i camminamenti dell'operatore, analizzati attraverso la tecnica 5S, descritta nella tabella 4.10.

Seiri (separare)	Separare gli attrezzi e le dime di saldatura.
Seiton (riordinare)	Riordinare i vari attrezzi e dime di saldatura, posizionandoli in un apposito punto e identificandole.
Seiso (pulire)	Rimuovere lo scatolone delle bombolette e gettare gli oggetti non utili alle lavorazioni.
Seiketsu (standardizzare)	Standardizzare la disposizione dei kanban, delle maschere, del grappolo e del tavolo di lavoro attraverso l'uso di una segnaletica sul pavimento.
Shitsuke (diffondere)	Comunicare la standardizzazione ad altri operatori e controllare periodicamente se la disposizione concordata viene rispettata.

Tabella 4.10 5S applicata all'area del montaggio-appensione

Grazie alla rimozione dello scatolone delle bombolette è stato possibile guadagnare molto spazio, e con il conseguente riposizionamento del tavolo di lavoro, non rimosso poiché utile per qualsiasi lavorazione, ma ripulito dei vari attrezzi, si è creato lo spazio per portare all'interno dell'area il kanban

dell'appensione. Queste migliorie si possono visualizzare meglio nella figura 4.11, raffigurante la spaghetti chart.

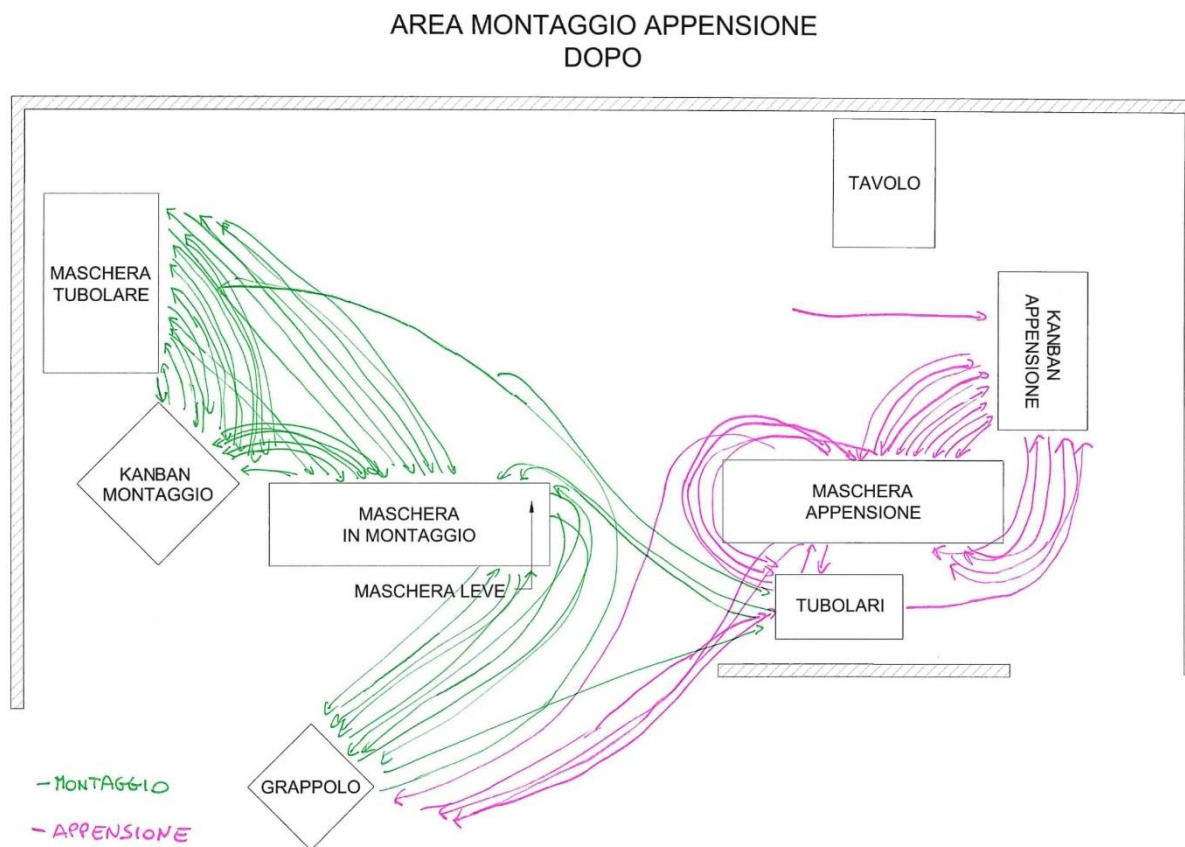


Figura 4.11 Spaghetti chart attuale dell'area montaggio-appensione

Grazie alla nuova disposizione visualizzata nella spaghetti chart precedente, l'operatore evita di uscire dall'area per prelevare sagome e tubolari, e risparmia camminamenti con la nuova posizione del kanban del montaggio. Con la nuova configurazione l'operatore risparmia, per il montaggio e l'appensione di un GRHS 600, rispettivamente 42 e 80 metri, con una riduzione del tempo ciclo delle lavorazioni di 90 secondi.

4.4.3 Kaizen lame

Le lame portadenti, come già descritto in precedenza, vengono prima stampate e poi saldate, e queste due attività vengono svolte in due aree diverse. Lo stampaggio avviene in corrispondenza della pressa, mentre la saldatura in un'apposita area della carpenteria, dove si trova la maschera necessaria per la lavorazione. In seguito verranno elencati i Kaizen relativi a questa fase, legati anche all'organizzazione dell'area.

Kaizen 7: layout area pressa

L'operatore deve raggiungere la pressa dall'area di taglio. Prima di iniziare a stampare, l'operatore porta con sé un contenitore vuoto, che possa sostenere le lame stampate e, se non è già presente, una bocca di lupo contenente 200 lame forate, da stampare. Solitamente venivano stampate lame in quantità sufficienti per due macchine. Ai due lati della pressa si trovavano delle bocche di lupo contenenti delle lame da stampare di varie dimensioni, appartenenti ad altri modelli della fienagione, e alcune di scarto.

Come mostra la figura 4.12, l'addetto rivolto verso la pressa trova alla sua destra le lame da stampare, sulla sinistra il disco per effettuare il controllo, e alle sue spalle il contenitore dove colloca le lame lavorate. L'operatore preleva dal cassone la lama, la pressa nel primo stampo per effettuare la prima piega, la ruota su sé stessa di 180 gradi e la capovolge, la inserisce nel secondo stampo, preleva un'altra lama e la inserisce nel primo stampo, effettuando quindi la pressatura. Questo processo avviene fino al completamento di tutte le lame da stampare. Prima di essere riposta nel cassone, la lama, subisce due controlli: uno per verificare l'angolo di piegatura attraverso una dima (situata sopra lo stampo della pressa), e uno diretto sul disco (situato all'interno di una bocca di lupo contenente delle lame), per accertarsi che dopo la piegatura il foro sia nella posizione richiesta. Queste operazioni sono molto veloci, ma obbligano l'operatore ad effettuare una rotazione di 360°, per tutte le lame da pressare, rendendo quest'attività scomoda, non ergonomica.

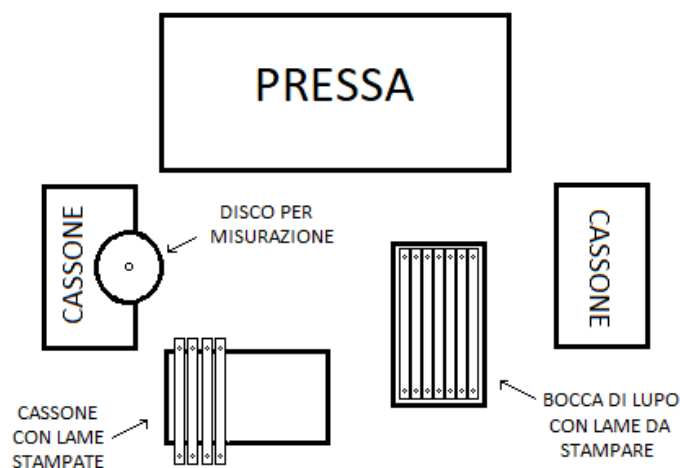


Figura 4.12 Rappresentazione situazione iniziale dell'area adiacente alla pressa

Risoluzione

Per rivedere l'organizzazione di quest'area è stata applicata la tecnica 5S, in modo da renderla più snella e agevole, riassunta nella tabella 4.11.

Seiri (separare)	Separare le bocche di lupo contenenti le diverse tipologie di lame da stampare.
Seiton (riordinare)	Riordinare le bocche di lupo, identificando quelle non necessarie.
Seiso (pulire)	Rimuovere le bocche di lupo inutilizzate, ed eliminare le lame rovinate dal loro interno.
Seiketsu (standardizzare)	Standardizzare la disposizione delle bocche di lupo e del cassone attraverso l'uso di una segnaletica sul pavimento.
Shitsuke (diffondere)	Comunicare la standardizzazione ad altri operatori e controllare periodicamente se la disposizione concordata viene rispettata.

Tabella 4.11 5S applicata all'area della pressa

Sono quindi state rimosse le bocche di lupo contenenti i diversi tipi di lame, ormai inutilizzate o utilizzate saltuariamente, permettendo di posizionare più vicino alla pressa la bocca di lupo contenente le lame da stampare. Inoltre questo ha permesso l'avvicinamento del cassone contenente le lame già stampate, posizionandolo alla sinistra dell'operatore, anziché alle sue spalle (*figura 4.13*). Questa nuova disposizione evita all'operatore di compiere una rotazione di 360° ad ogni lama stampata, ma soltanto di 180° gradi, migliorando l'ergonomia, risparmiando circa 3 secondi ogni stampaggio di lama.



Figura 4.13 Nuova layout area pressa

Kaizen 8: controllo angolo di piegatura

Come è già stato spiegato nel Kaizen precedente, l'operatore svolge due controlli per validare le caratteristiche della lama stampata. Questo, oltre ad essere un doppio controllo, obbliga l'operatore a togliere la lama stampata dalla pressa, posizionarla sopra allo stampo, verificare l'angolo di piegatura collocando la dima sopra la lama, rimuovere la dima, inserire la lama sul disco, verificare la distanza del foro attraverso un perno, rimuovere il perno e spostare la lama stampata nel cassone. L'operatore si trova quindi a riprendere più volte in mano la lama, e fare numerose movimentazioni che, nonostante siano particolarmente veloci, fanno perdere alcuni secondi.

Risoluzione

Il doppio controllo è stato esaminato, chiedendosi se fosse realmente necessario verificare in due punti diversi che la lama fosse conforme. Il controllo in dima risulta fondamentale per verificare l'angolo di piega, ma il controllo su disco può essere superfluo. Esso infatti controlla se la lama piegata monti perfettamente sul disco, ricontrollando quindi l'angolo di piegatura e la posizione del foro. L'angolo di piegatura viene appunto verificato dalla dima, e la posizione del foro, che comunque non cambia perché non interessata dal piego, viene già verificata dall'operatore del taglio al momento del foro. Inoltre è stato certificato che se una lama superava il controllo in dima, superava anche il controllo su disco, rendendolo di fatto inutile.

È stato quindi eliminato il controllo, e di conseguenza anche la presenza ingombrante del disco, liberando ulteriore spazio.

Kaizen 9: rilavorazione delle lame

In alcuni casi, dopo aver stampato la lama, essa non superava il controllo in dima, e di conseguenza anche sul disco. Infatti la lama presentava due tipologie di difetto: poteva avere un non conforme angolo di piegatura, oppure non si presentava perfettamente rettilinea, generando delle piccole oscillazioni nella parte centrale della lama. Per risolvere queste problematiche la lama veniva rilavorata, attraverso un altro processo di pressatura, oppure si tentava di correggere l'angolo di piegatura con dei colpi di martello. Questo generava un notevole spreco di tempo, che di fatto raddoppiava la durata del processo di stampaggio, causando anche un processo di raddrizzamento da parte dell'operatore non proprio ergonomico ed in sicurezza.

Risoluzione

Questa problematica è stata quella più difficoltosa da affrontare, poiché erano possibili poche soluzioni. In primo luogo si è verificato che il piatto laminato, da cui vengono tagliate le lame,

ricevuto dal fornitore, fosse in tolleranza, trovando una risposta affermativa, pur non essendo perfettamente rettilineo. Successivamente si sono controllati i parametri della pressa, non riscontrando particolari anomalie, tranne una non perfetta posizione dello stampo di base. Esso infatti talvolta non risultava coincidente con la pressa, portando un angolo di piega non perfettamente coretto. Sono quindi state create delle piccole guide sullo stampo di base, in modo da permettere un suo preciso posizionamento, diminuendo la quantità di lame che non superavano il controllo in dima. Per la rettilineità dei piatti si è deciso di monitorarli, prestando maggiore attenzione in fase di scarico, evitando di aumentare la deformazione di essi.

Dopo aver risolto questi kaizen si può visualizzare la Yamazumi chart, rappresentata nella figura 4.14, dello stampaggio di una singola lama.

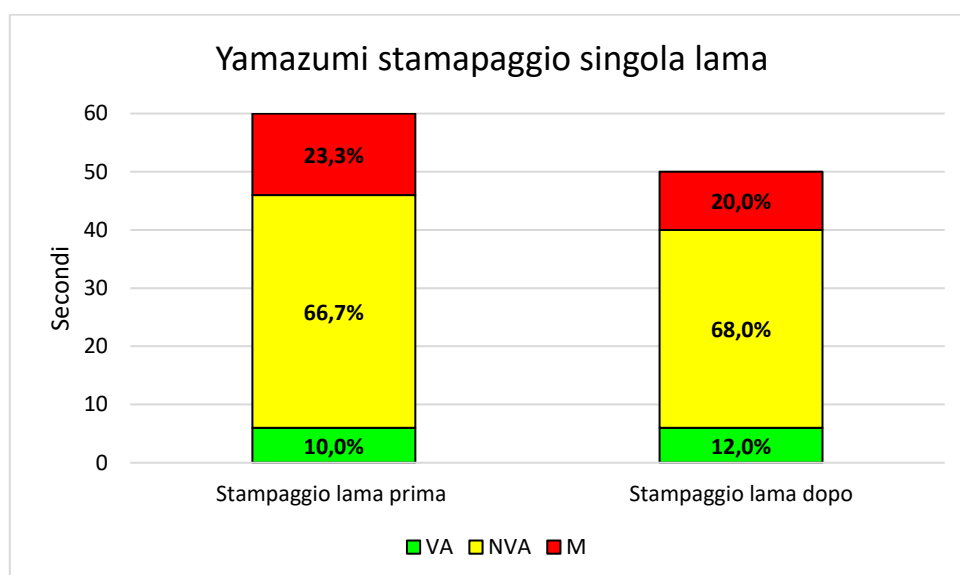


Figura 4.14 Yamazumi dello stampaggio di una lama prima e dopo i miglioramenti

Come visualizza il grafico è stato diminuito il tempo di stampaggio di una singola lama di 10 secondi, andando ad eliminare del valore non aggiunto, grazie all'eliminazione del controllo su disco, e diminuendo i muda, attraverso l'eliminazione della rotazione a 360 gradi dell'addetto per compiere la lavorazione.

Kaizen 10: layout area saldatura lame

La saldatura delle lame avviene in un'area della carpenteria, a fianco di quella del montaggio e dell'appensione. Quest'area ha dimensioni molto contenute perché deve soltanto ospitare una

saldatrice, la maschera apposita per la saldatura delle lame, una bocca di lupo con i tubi portadenti, il carretto con le lame da stampare e il grappolo. Vi era però la presenza di un ingombrante tavolo da lavoro, lungo circa 2 metri e largo 80cm, che occupava parecchio spazio, viste già le limitate misure dell'area. Esso veniva soltanto utilizzato come base per fissare una morsa, trovando un accumulo di utensili inutilizzati, alcuni da diverso tempo. Inoltre, la maschera si presenta molto usurata, con le chiusure, utili a bloccare le lame, molto consumate, e con una vecchia impostazione, dando solo lo spazio per puntare la lama al tubo, senza dare la possibilità di una diretta completa saldatura (che veniva completata rimuovendo il particolare dalla dima).

Risoluzione

Anche in questa situazione si è utilizzata la tecnica 5S per riorganizzare l'area, descritta nella tabella 4.12.

Seiri (separare)	Separare gli attrezzi contenuti nel tavolo di lavoro.
Seiton (riordinare)	Riordinare i vari attrezzi, posizionandoli in un apposito posto.
Seiso (pulire)	Rimuovere il tavolo di lavoro, liberando spazio, e gettare gli oggetti inutilizzati.
Seiketsu (standardizzare)	Standardizzare la disposizione della maschera, del grappolo, della saldatrice e del cassone.
Shitsuke (diffondere)	Comunicare la standardizzazione ad altri operatori e controllare periodicamente se la disposizione concordata viene rispettata.

Tabella 4.12 5S applicata all'area saldatura lame

Grazie alla rimozione del tavolo di lavoro e la sua sostituzione con uno di dimensioni decisamente minori, è stato possibile posizionare la saldatrice all'angolo dell'area, che sarebbe stato difficile da sfruttare in altro modo, liberando spazio.

Nella maschera sono state sostituite le chiusure, facilitando il loro utilizzo e permettendo una migliore precisione nel bloccaggio delle lame, con conseguente aumento della qualità di saldatura tra di esse e il tubo portadenti. Per quanto riguarda l'impostazione della maschera, si è optato di non intervenire, in quanto si analizzerà in futuro la possibilità di far saldare le lame al robot.

Kaizen 11: Appensione delle lame sul grappolo

Si è osservato che il grappolo per l'appensione delle lame saldate è formato da 12 barre, 6 più interne, 6 più esterne, in cui vi sono 7 ganci, distanziati uno dall'altro di 20 cm, per un totale di 72 ganci. Questo numero non è sufficiente a contenere il quantitativo di lame di tre macchine di GRHS 600

(corrispondenti a due macchine GRHS 840) pari a 84 particolari, e vista l'alternanza di personale alla saldatura lame, non è definito uno standard. Infatti possono presentarsi due casi: un operatore riempie il grappolo appendendo solo sui ganci presenti, riuscendo a far stare solo le lame per due macchine, e un secondo operatore è solito appendere le 12 lame mancanti attraverso dei ganci mobili posizionandole alla rinfusa. Quest'ultima azione è svolta per cercare di trasportare il grappolo a sabbiare il minor numero di volte, ma allo stesso tempo genera una qualità di sabbiatura più bassa, per la troppa quantità di lame, disposte in maniera non ordinata. Inoltre vengono spesso mischiate lame destre con quelle sinistre, creando innanzitutto problemi nel conteggio delle lame già svolte, e soprattutto generando problemi in fase di scarico, dati dagli incroci delle lame, a causa della forte pressione all'interno della sabbiatrice.

Risoluzione

Si è valutata l'idea di creare un nuovo grappolo che potesse contenere lame per tre macchine di GRHS 840, ma questa ipotesi è stata scartata dato l'eccessivo peso generato dal carico di 126 lame, sia in fase di trasporto manuale alla sabbiatrice, sia per il limite massimo di 500 kg di carico imposto dalla sabbiatrice. Si è optato per una modifica del grappolo esistente, cercando di avere 84 ganci, che erano quindi sufficienti a contenere tre macchine di GRHS 600 e due di GRHS 840. È stata fatta in principio una verifica, portando la distanza dei ganci a 15cm uno dall'altro, senza che essa impattasse sulla qualità delle lame sabbiate. In seguito si è deciso di impostare 42 ganci distribuiti su 5 barre, e altri 42 ganci collocati sulle opposte 5 barre, lasciando 2 barre come divisori. In questo modo si possono appendere tutte in un verso le 42 lame destre e dall'altro lato le 42 lame sinistre, evitando confusioni, come mostra la figura 4.15. Questo è stato svolto nell'ottica del bilanciamento, permettendo un trasporto in meno durante il giorno alla sabbiatrice per il modello GRHS 600, che comportava un dispendio di tempo di circa tre minuti. In questi tre minuti sono compresi trasposto alla sabbiatrice, appensione del grappolo alla sabbiatrice, ritorno alla postazione di lavoro (continuando altre attività durante i circa 10 minuti di sabbiatura), camminamento verso la sabbiatrice, scarico del grappolo, e ritorno alla postazione con grappolo sabbiato. Quindi, considerando tre macchine prodotte durante una giornata, si ha un risparmio di tempo di 1 minuto ad ogni singola finitura di lame per il modello GRHS 600, che di conseguenza verrà svolta una sola volta durante il giorno. Non porta, invece, nessun risparmio di tempo per il GRHS 840, ma permette all'operatore di evitare confusioni con l'appensione e il conteggio delle lame già saldate, perché sa che appendendo le lame a tutti i ganci, avrà saldato il quantitativo di lame per due macchine.



Figura 4.15 Disposizione e separazione delle lame sul grappolo

4.4.4 Kaizen assemblaggio

L'area dell'assemblaggio si presenta, rispetto a quella della carpenteria, molto ordinata, con un'ottima definizione dello spazio e del posizionamento degli attrezzi. Come è già stato evidenziato in precedenza, questa fase è più lenta rispetto alle altre a causa della distanza tra le molteplici viti che si trovano in appositi contenitori, che genera numerosi camminamenti, seppur brevi, tra la maschera e lo scaffale a gravità, rallentando il processo di assemblaggio. Sono stati comunque individuati alcuni Kaizen che possono permettere il miglioramento di questo processo.

Kaizen 12: molatura supporti cerniera fissa e supporti laterali

I supporti cerniera fissa e i supporti laterali, prima di essere assemblati con i supporti porta lame, necessitano di una molatura, poiché questi ultimi non riescono ad essere inseriti correttamente. Questa molatura deve essere su due lati per i due supporti cerniera fissa, mentre soltanto su un lato per quelli laterali. La molatura dei rotori, a cui va seguita una soffiatura per rimuovere la polvere creata, è una rilavorazione che genera uno spreco di tempo.

Risoluzione

È stato richiesto e accettato dal fornitore di incidere attraverso il taglio laser una piccola rientranza sul lato dei supporti. Dopo aver terminato il magazzino di rotori, sia in casa, sia in ordine con le vecchie caratteristiche, si è osservato una riduzione di tempo descritta nella tabella 4.13, sapendo che vi sono due rotori laterali per entrambi i modelli, mentre i rotori centrali sono due per il modello GRHS 600 e quattro per il GRHS 840.

Particolare	Saving molatura (sec)	Saving GRHS 600 (sec)	Saving GRHS 840 (sec)
Supporto centrale	20	40	80
Supporto laterale	15	30	30
Totale		70	110

Tabella 4.13 Tempo risparmiato a molare i rotori

È stato quindi risparmiato 1 minuto e 10 secondi per il modello GRHS 600, e 1 minuto e 40 secondi per il GRHS 840.

Kaizen 13: loctite su viti

L'inserimento delle viti è la principale causa della lentezza di questo processo, vista la loro numerosità, ma soprattutto della necessità della presenza di loctite su di esse. Si tratta di un adesivo liquido che **impedisce l'allentamento, la corrosione e il grippaggio delle parti** di qualsiasi dispositivo di fissaggio filettato in presenza di vibrazioni e urti. Il suo inserimento rallenta il processo, poiché l'operatore deve posizionare in verticale sulla postazione di lavoro le viti, e cospargerle con il liquido, anziché inserire le stesse direttamente nei vari componenti. Tuttavia, la loctite va inserita soltanto sulle seguenti viti (richiesta specifica da parte di Malone):

- viti 12x30, usate per fissare i tubolari ai i rotori;
- viti 8x10, le quali fissano gli anelli al supporto cerniera fissa;
- viti 12x25, uniscono la corona al supporto porta lame;
- viti 12x35, che vanno ad unire il supporto cuscinetto, contenente il perno, con il supporto cerniera fissa.

Le viti 12x30 necessitano anche della presenza della rondella, operazione che rallenta già singolarmente l'introduzione delle viti, dando meno impatto all'inserimento del fissante.

La tabella 4.14 riporta i tempi impiegati dall'operatore per inserire la loctite sulle diverse viti.

Vite	Quantità GRHS 600	Quantità GRHS 840	Tempo (sec) GRHS 600	Tempo (sec) GRHS 840
12x30	24	40	40	65
8x10	16	24	60	90
12x25	28	42	60	90
12x35	8	16	20	40

Tabella 4.14 Tempo impiegato ad inserire la loctite sui vari tipi di vite

Risoluzione

Non potendo rimuovere la loctite, vista la specifica richiesta del cliente, si è pensato di contattare il fornitore per richiedere una quotazione delle vite con la presenza della loctite già incorporata. In attesa della risposta si è stimato quanto fosse il prezzo di ogni tipologia di vite compreso di manodopera e di loctite, nella modalità di inserimento manuale attuata fino a quel momento. Tenendo in considerazione il costo della loctite (298 euro al litro) e il costo orario della manodopera (40 euro all'ora) si sono ottenuti i risultati riportati in tabella 4.15.

Vite	Prezzo singola vite	Prezzo vite con loctite e madopera
12x30	0,0958 €	0,1222 €
8x10	0,0267 €	0,0762 €
12x25	0,0882 €	0,1199 €
12x35	0,0912 €	0,1268 €

Tabella 4.15 Stima del prezzo delle vite comprese di manodopera e loctite

Il fornitore ha richiesto un prezzo per la vite 8x10 di 17 centesimi, e per tutte le altre di 21 centesimi. Queste quotazioni sono risultate parecchio eccessive, senza considerare la spedizione che sarebbe dovuta avvenire a grandi lotti, creando non poche difficoltà nella gestione di esse in Frandent.

Non è stata del tutto abbandonata questa ipotesi, andando alla ricerca di nuovi fornitori, che possano presentare proposte più economiche e di facile gestione.

Kaizen 14: posizionamento cassoni

L'operatore, prima di iniziare la fase di montaggio, deve rifornirsi del materiale necessario dagli appositi cassoni, che contengono:

- Scatole riduttori;
- Supporti cerniera fissa;
- Supporto cerniera mobile;

- Supporto laterale;
- Anello labirinto;
- Supporto porta lame a sette fori.

Questi cassoni sono collocati in una posizione distante dall'area di lavoro, dando origine ad una camminata da parte dell'operatore di 50 metri. Essa durava almeno 45 secondi, ma poteva prolungarsi per la presenza di ostacoli lungo il corridoio, come ingombranti cassoni, o il transito del muletto per le operazioni di logistica interna. Inoltre, questi componenti all'interno dei cassoni, sono parzialmente mischiati, e creano un problema in fase di sostituzione, per il loro diverso consumo.

Risoluzione

Si è contattato il fornitore per avanzare la richiesta di separazione del materiale all'interno dei cassoni, ricevendo la sua disponibilità a collaborare. Inoltre i cassoni sono stati spostati all'interno dell'area di finitura diminuendo la camminata di 30 secondi, portandoli a una distanza complessiva di 15 metri, come si può visualizzare nella figura 4.16.

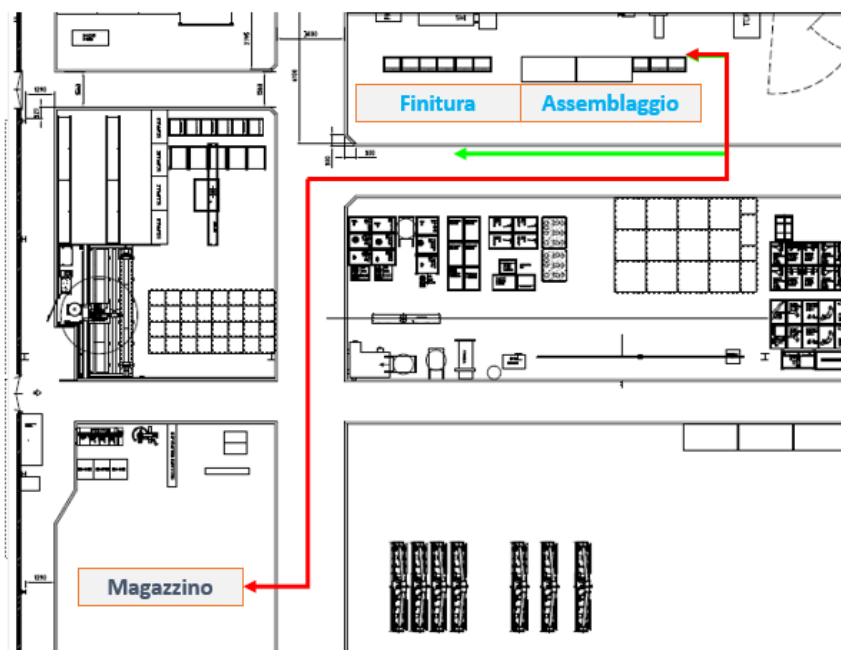


Figura 4.16 Spostamento posizione dei cassoni con risparmio di camminamenti

La tabella 4.16 ha lo scopo di riassumere i vari kaizen affrontati, classificarli, e assegnare loro un saving in termini di tempo.

Kaizen	Classificazione 7 muda	Processo interessato	Soluzione	Saving GRHS 600 (sec)	Saving GRHS 840 (sec)
1	Movimentazione Trasporto	Zincatura	Unificazione maschere e creazione carrello	40	40
2	Difetti	Zincatura	Sostituzione saldatrice, riduzione spallinatura	570	830
3	Movimentazione	Montaggio	Installazione supporto sul grappolo	30	30
4	Difetti	Montaggio	Modifica al diametro della piastrina, e al raggio di curvatura del tubolare	60	100
5	Movimentazione	Montaggio Appensione	Modifica della posizione delle dime di saldatura	50	50
6	Movimentazione Trasporto	Montaggio Appensione	Introduzione all'interno dell'area dei kanban	90	120
7	Movimentazione	Stampaggio lame	Rimozione delle scorte, con miglioramento ergonomia	84	126
8	Processo	Stampaggio lame	Eliminazione controllo su disco	196	294
9	Difetti	Stampaggio lame	Creazione guida sullo stampo	-	-
10	Movimentazione	Saldatura lame	Rimozione tavolo da lavoro e miglioramento layout	-	-
11	Processo	Saldatura Finitura lame	Standardizzazione ganci su grappolo	60	-
12	Difetto	Assemblaggio	Eliminazione molatura particolari	70	110
13	Processo	Assemblaggio	Utilizzare viti con loctite incorporata	180	285
14	Movimentazione Trasporto	Assemblaggio	Avvicinamento all'area dei cassoni contenuti i componenti da prelevare	30	30

Tabella 4.16 Sintesi dei kaizen individuati e delle soluzioni apportate con relativi saving

Il kaizen numero 13, riguardante la loctite sulle viti, non è stato ancora chiuso, perciò i saving indicati in corsivo sono ipotetici, e non verranno quindi sottratti alla durata dell'assemblaggio.

4.5 Bilanciamento

Dopo aver individuato e risolto i Kaizen, si sono ottenuti i nuovi tempi ciclo delle lavorazioni, che permettono di ottenere un bilanciamento scremato dai muda eliminati. Il lavoro di questa tesi ha come obiettivo la ridistribuzione delle attività alle stazioni della linea in modo tale da soddisfare tutti i vincoli presenti massimizzando l'utilizzo degli operatori. Inoltre, la durata delle attività riassegnate a vari operatori, deve soddisfare il vincolo del takt time, ossia non deve superare in termini di tempo di 153,3 minuti, che corrispondono a tre macchine al giorno. Inoltre i benefici del bilanciamento sono la creazione di un flusso tirato dalla domanda del cliente, eliminando il disaccoppiamento tra le varie isole, evitando quindi la generazione di magazzino di semilavorati, e riducendo il lead time. Verranno ora analizzati i bilanciamenti apportati ai due modelli presi in esame.

4.5.1 Bilanciamento GRHS 600

Il primo step è quello di aggiornare i dati delle varie lavorazioni, togliendo i secondi di muda eliminati. La tabella 4.17 riporta i tempi ciclo delle lavorazioni aggiornati.

Lavorazione	Tempo ciclo prima dei Kaizen (min)	Tempo ciclo dopo i Kaizen (min)
Zincatura	93,25	83
Montaggio	66	63,5
Appensione	66,5	65,5
Stampaggio lame	28	23,4
Saldatura lame	42	42
Finitura lame	4,2	3,2
Assemblaggio	135	133,5
Finitura	27,5	27,5

Tabella 4.17 Tempi ciclo delle lavorazioni del GRHS 600 ottenuti riducendo i muda

Con i dati aggiornati si può costruire la yamazumi chart del bilanciamento, visualizzando il takt a 153,3 minuti. Inoltre si è deciso di operare introducendo un livello di saturazione al 90%, ossia bilanciando la linea a 138 minuti, avendo un margine all'interno delle lavorazioni, in modo da evitare di superare il takt in caso anche di piccole problematiche o interruzioni. La yamazumi rappresentata in figura 4.17 chiarifica la situazione attuale, tenendo l'impostazione delle isole di lavoro descritte

nel capitolo III, con l'unica differenza nell'isola 4 dove le lavorazioni avvengono con un singolo operatore, anziché in coppia.

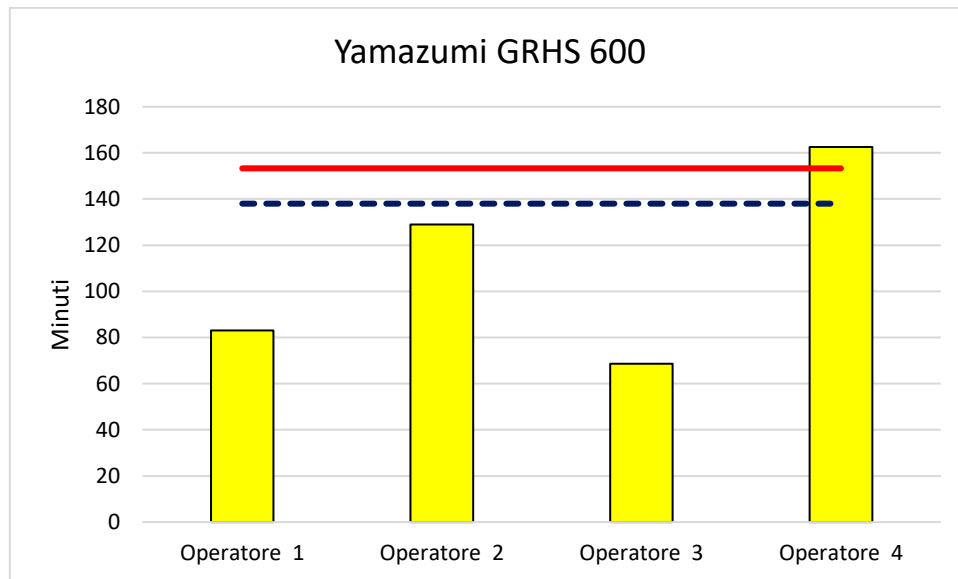


Figura 4.17 Yamazumi della situazione attuale del GRHS 600

Le due linee rette raffigurano rispettivamente il takt time saturato a 138 minuti (linea blu tratteggiata) e il takt time effettivo a 153,3 minuti (linea rossa). Come si può osservare dalla figura 4.17 vi è un notevole sbilanciamento in termini di durata di tempo tra i vari operatori. Inoltre l'operatore 1 e 3 risultano piuttosto scarichi, essendo ben al di sotto della linea retta blu tratteggiata, mentre l'operatore 4 è al di sopra di entrambe le linee, sfiorando quindi il takt time.

Per calcolare il numero di operatori necessari per soddisfare il takt time è necessario conoscere il tempo ciclo sommato di tutte le lavorazioni e dividerlo per il takt time saturato.

$$\text{Tempo ciclo totale} = \sum_{i=1}^4 \text{tempo ciclo dell'operatore} = 441,6 \text{ minuti}$$

$$n^{\circ} \text{ operatori necessari} = \frac{\text{cycle time totale}}{\text{takt time saturato}} = \frac{441,6}{138} = 3,2 \approx 4 \text{ operatori}$$

Il numero di operatori necessari per soddisfare la domanda del cliente, e avendo quindi un processo tirato è di 3,2 operatori, richiedendo perciò l'utilizzo di 4 operatori, invece di 5 utilizzati fino a questo momento.

Il bilanciamento è partito dall'operatore 1, che appunto risultava scarico. Per ottenere una saturazione prossima al 90% si doveva valutare l'assegnazione di parte delle lavorazioni delle lame. Per quantità

di tempo intuitivamente sono state assegnate la saldatura delle lame, e la loro finitura, oltre ovviamente alla zincatura. La somma dei tempi ciclo delle lavorazioni risulta essere la seguente:

$$\text{Tempo ciclo operatore 1} = 83 + 42 + 3,2 = 128,2 \text{ minuti}$$

Ottenendo 128,2 minuti si è quindi sotto il takt time, ottenendo una saturazione del 83,6%. L'assegnazione della saldatura delle lame è stata possibile innanzitutto per la mobilità della maschera, dei cassoni e del grappolo, rendendo quindi veloce lo spostamento e l'impostazione del nuovo layout, ma anche grazie alla pulizia dell'area zincatura con il metodo 5S descritto in precedenza, nel paragrafo 4.4.1. È stata standardizzata la sequenza con cui devono essere svolte le lavorazioni, effettuando in precedenza la zincatura ed in seguito la saldatura delle lame. Note le durate delle altre lavorazioni è impossibile assegnare altre mansioni all'operatore 1.

L'addetto 2, con le operazioni di montaggio e appensione, raggiunge i 129 minuti, risultando saturo al 84,13%. È stato però standardizzato l'ordine di svolgimento delle lavorazioni, con precedenza all'appensione. Infatti l'appensione è composta dalla puntatura del telaio portacilindri, dalla sua saldatura robotizzata, dalla sua finitura e dalla saldatura delle barre spostamento ruote, quest'ultima avviene durante il processo di saldatura sul robot del telaio. Il tempo di lavorazione totale delle barre è di 19,5 minuti, contro i 24 della saldatura robotizzata, creando così un'attesa di 4,5 minuti per la fase di finitura del telaio portacilindri. In alcuni casi l'operatore era solito procedere con l'inizio del montaggio della macchina successiva, creando notevole confusione, poiché vi erano due grappoli iniziati senza essere terminati. Impostando quindi come prima attività l'appensione, si avrà la stessa sequenza descritta in precedenza, ma anziché avere un'attesa, si potrà procedere con il montaggio, per poi terminare con la finitura del telaio porta cilindri, rientrando nei 129 minuti prefissati.

L'operatore 3, liberato della saldatura delle lame, rimarrebbe soltanto con lo stampaggio delle lame, della durata di 23,4 minuti, ed essendo troppo poco saturo, è stato rimosso dalla produzione di GRHS 600.

Le operazioni di assemblaggio e finitura sono quelle più complesse da bilanciare, poiché avendo un tempo ciclo di 161 minuti, necessitano l'utilizzo di due operatori, di cui uno completamente occupato (operatore 4), e il secondo (operatore 5, che nella vecchia impostazione lavorava congiuntamente all'operatore 4) con il compito di svolgere le operazioni fuori dai 138 minuti. La possibilità più semplice sarebbe stata di assegnare al secondo operatore la finitura delle macchine, liberando circa mezz'ora all'operatore 4, che avrebbe dato la possibilità di essere al di sotto del takt saturato. Questa soluzione avrebbe portato un livello di organizzazione più complesso, poiché sarebbe stato necessario che il secondo operatore dovesse essere reperibile al termine dell'assemblaggio di ogni macchina (in

modo da liberare la maschera per effettuare l'assemblaggio della macchina successiva), interrompendo quindi 3 volte nel corso della sua giornata lavorativa le mansioni a lui affidate, per poter rifinire le macchine.

Si è quindi optato di farlo lavorare in anticipo, realizzando dei componenti utili ad abbassare l'assemblaggio di 23 minuti per rientrare nel takt. Sono stati quindi selezionati i rotori centrali, quelli laterali e le corone coniche unite ai supporti portalame, raffigurati in figura 4.18. La durata della produzione di questi componenti è pari a 28 minuti che, rimuovendoli dall'assemblaggio, portano il tempo ciclo dell'operatore 4 a 133 minuti, soddisfacendo le condizioni del takt, con un livello di saturazione del 86,7%.

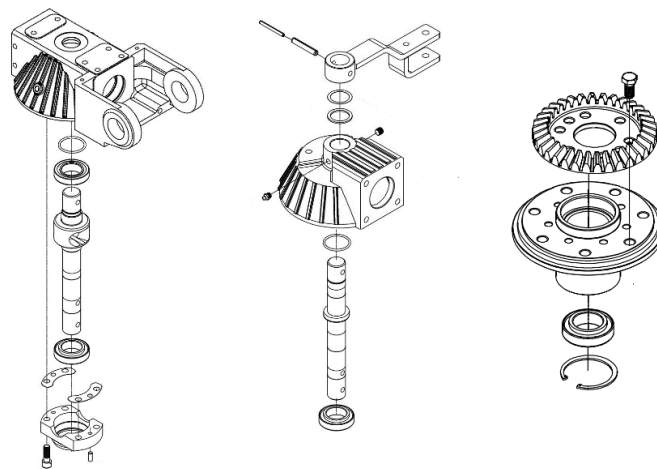


Figura 4.18 I rotori centrali, laterali e i supporti portalame uniti alle corone, realizzati dal secondo operatore

Per permettere lo svolgimento di queste operazioni senza intralciare l'operatore 4 durante l'assemblaggio è stata creata una piccola postazione nella zona della finitura, attrezzandola di tutti i componenti e materiali utili a produrre i componenti elencati in precedenza. Risulta molto vantaggiosa la nuova disposizione dei cassoni descritta nel kaizen 14, poiché il secondo operatore si trova alle sue spalle i supporti cerniera fissa, laterali, e portalame, evitando quindi una movimentazione per il loro prelievo. Inoltre, sono stati realizzati due carretti per depositare i particolari completati, consentendo loro una facile movimentazione e un agevole prelievo, visto il peso consistente, utilizzandoli con la logica vuoto pieno, descritta in precedenza.

All'operatore 5 quindi, è stato anche assegnato lo stampaggio delle lame unito alla produzione dei componenti sopra citati, che potrà produrre per tre macchine in successione, senza dover attendere lavorazioni di altri operatori, portando la durata delle sue attività a 51,4 minuti. Si avrà quindi la generazione di semilavorati per le tre macchine che verranno prodotte il giorno successivo.

La situazione aggiornata presenta i risultati raffigurati in figura 4.19, mostrando l'eliminazione del terzo operatore, il bilanciamento degli operatori 1, 2 e 4, che rispettano ora i vincoli del takt time, mentre il quinto risulta volutamente poco saturo, facilitando la sua gestione.

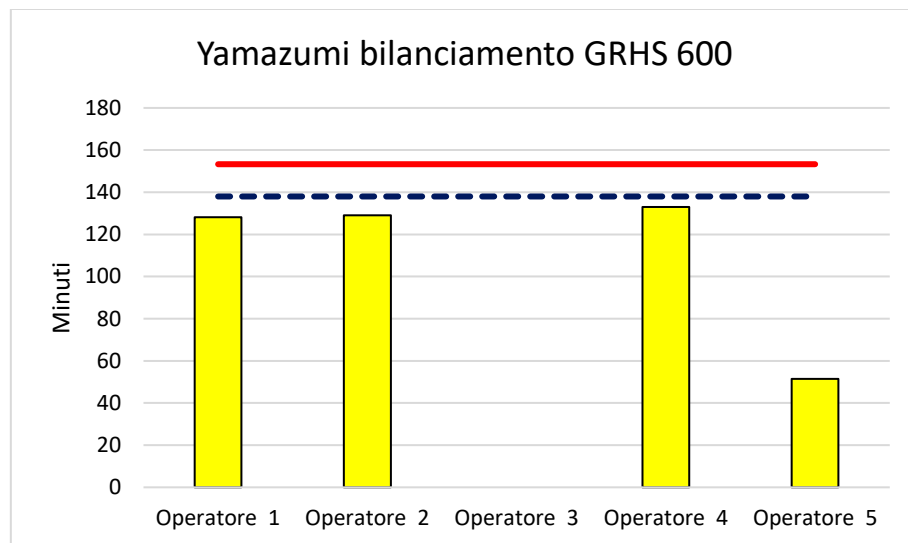


Figura 4.19 Bilanciamento del GRHS 600

Dopo il bilanciamento è necessario definire la sequenza delle lavorazioni per avere una produzione in linea, ottenendo un flusso continuo tirato dal cliente. Sarà quindi l'operatore 4 (ex 5, dopo l'eliminazione del terzo) a far partire il flusso, con lo stampaggio delle lame, seguito dall'operatore 1 e 2, che completano le operazioni di carpenteria, quindi di nuovo l'operatore 4 nella realizzazione dei rotori, e infine dall'operatore 3 che assembla e rifinisce la macchina. Il flusso di produzione è rappresentato dai grappoli, infatti ogni operatore non potrà iniziare la sua lavorazione se non è ancora stata ultimata il grappolo in dotazione all'operatore precedente. È stato introdotto un buffer di sicurezza tra la carpenteria e l'assemblaggio, pari a 2 macchine, in modo da non avere un processo troppo tirato.

Il gantt chart raffigurato in figura 4.20 simula la realizzazione delle prime 3 macchine di un carico, chiarificando il flusso di produzione descritto in precedenza, evidenziando le lavorazioni del quarto operatore tutte in blocco, poste alla fine della giornata lavorativa e l'assenza di tempi di attesa.

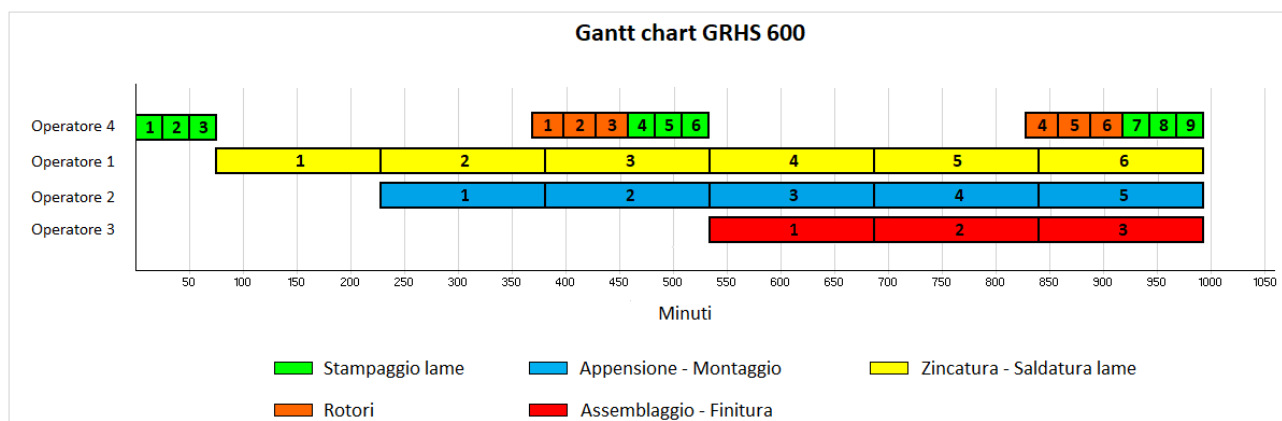


Figura 4.20 Gantt chart della produzione di 3 macchine GRHS 600

Simulando su Excel il carico di 42 macchine si ottengono i risultati riportati in tabella 4.18.

Macchina	Minuto in cui viene iniziata	Minuto in cui viene terminata	Lead time (min)
1	0	688	688
2	25	842	817
3	50	995	945
4	460	1148	688
5	485	1302	817
6	510	1455	945
7	920	1608	688
8	945	1762	817
9	970	1915	945
10	1380	2068	688
11	1405	2222	817
12	1430	2375	945
13	1840	2528	688
14	1865	2682	817
15	1890	2835	945
16	2300	2988	688
17	2325	3142	817
18	2350	3295	945
19	2760	3448	688
20	2785	3602	817
21	2810	3755	945
22	3220	3908	688
23	3245	4062	817
24	3270	4215	945
25	3680	4368	688
26	3705	4522	817
27	3730	4675	945
28	4140	4828	688
29	4165	4982	817
30	4190	5135	945
31	4600	5288	688
32	4625	5442	817
33	4650	5595	945
34	5060	5748	688
35	5085	5902	817
36	5110	6055	945
37	5520	6208	688
38	5545	6362	817
39	5570	6515	945
40	5980	6668	688
41	6005	6822	817
42	6030	6975	945

Tabella 4.18 Proiezione di un carico di GRHS 600

Si può osservare un lead time in aumento per le prime tre macchine, che poi si mantiene costante a tre a tre, presentando un valore medio di 816,67 minuti, inferiore quindi ai due giorni, contro i cinque della precedente impostazione.

Il magazzino di semilavorati (figura 4.21), è presente, ma costante, non più in aumento come in precedenza, con la formazione di lame stampate e saldate per tre macchine, i componenti per i rotori anch'essi per tre macchine, e la formazione di due grappoli di scorta tra carpenteria ed assemblaggio, raggiungendo il picco di 11 semilavorati al giorno.

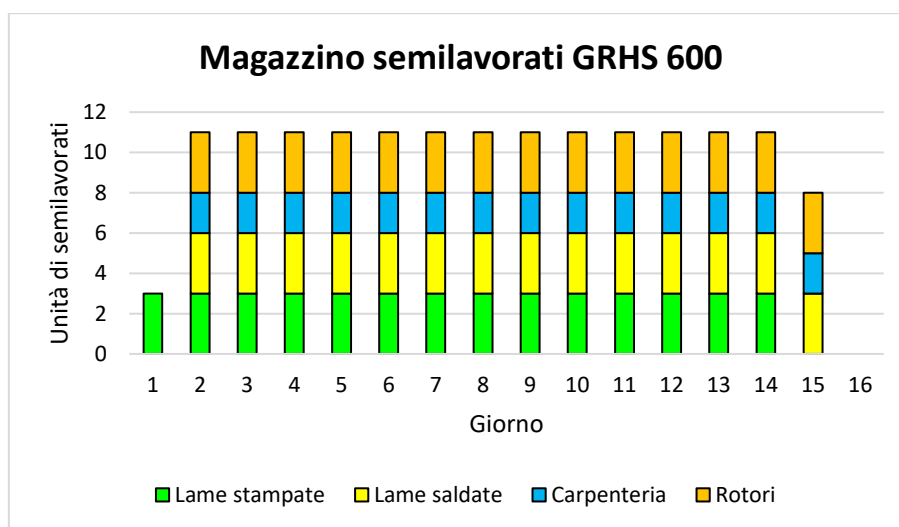


Figura 4.21 Grafico raffigurante i semilavorati di GRHS 600 durante il carico

4.5.2 Bilanciamento GRHS 840

Come avvenuto in precedenza occorre rimuovere dalla durata delle singole lavorazioni i secondi di muda eliminati. La tabella 4.19 riporta i tempi ciclo delle lavorazioni aggiornati.

Lavorazione	Tempo ciclo prima dei Kaizen (min)	Tempo ciclo dopo i Kaizen (min)
Zincatura	131,25	117
Montaggio	139	135,5
Appensione	99,5	97,5
Stampaggio lame	42	35
Saldatura lame	63	63
Finitura lame	6,3	6,3
Assemblaggio	209,5	207,2
Finitura	35,5	35,5

Tabella 4.19 Tempi ciclo delle lavorazioni del GRHS 840 ottenuti riducendo i muda

Le dimensioni maggiori di questo modello rispetto al GRHS 600 comportando una durata più lunga delle lavorazioni, come si può evincere dalla precedente tabella. I dati aggiornati permettono di costruire la Yamazumi chart, visualizzando sempre il takt time a 153,3 minuti e il takt saturato a 138 minuti. La Yamazumi riportata in figura 4.22 mantiene l'impostazione delle isole assegnando gli operatori come descritto nel capitolo III, ma facendo svolgere le attività di assemblaggio e finitura ad un solo operatore.

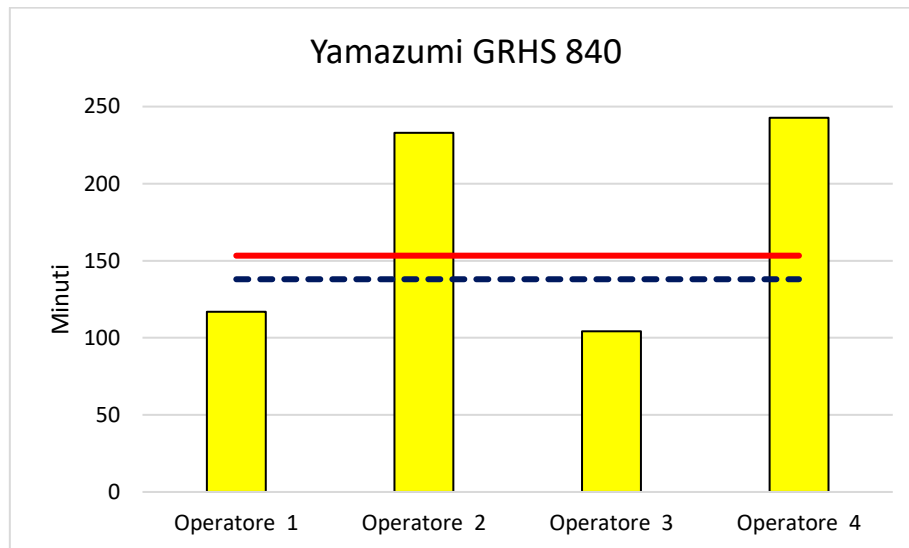


Figura 4.22 Yamazumi chart della situazione attuale GRHS 840

La figura 4.22 evidenzia un notevole sbilanciamento in termini di durata di tempo tra i vari operatori. Inoltre l'operatore 1 e 3 risultano al di sotto della linea retta blu tratteggiata, quindi scarichi, mentre l'operatore 2 e 4 superano di quasi 100 minuti il takt time.

Per impostare il bilanciamento è fondamentale conoscere quanti operatori sono necessari alla realizzazione di questo modello, soddisfacendo il takt di 138 minuti.

$$\text{Tempo ciclo totale} = \sum_{i=1}^4 \text{tempo ciclo dell'operatore} = 697 \text{ minuti}$$

$$n^{\circ} \text{ operatori necessari} = \frac{\text{cycle time totale}}{\text{takt time saturato}} = \frac{697}{138} = 5,05 \approx 5 \text{ operatori}$$

Il numero di operatori necessari per soddisfare la domanda del cliente è di 5,05 operatori, richiedendo perciò l'impiego di 5 operatori, come è avvenuto fino a questo momento. In questo caso non tutti gli operatori rispetteranno il takt time saturato di 138 minuti, ma rimanendo comunque al di sotto dei 153,33 minuti. L'obiettivo è di ridistribuire le lavorazioni in modo che tutti gli operatori siano

prossimi ai 138 minuti, tenendo il più possibile fede al bilanciamento fatto per GRHS 600, per facilitare il cambio di produzione da un modello all'altro.

Come avvenuto in precedenza il bilanciamento può partire dall'operatore 1, che risulta leggermente scarico. Non gli si possono più attribuire la saldatura delle lame, come avvenuto per l'altro modello, perché supererebbe il takt, si è quindi optato di assegnargli la saldatura dei supporti rotore, che complessivamente durano 22 minuti, portandolo a 139 minuti, con saturazione al 90,6%.

Il secondo addetto risulta decisamente oltre il takt, ma rimuovendo l'appensione porta il tempo ciclo a 135,5 minuti, raggiungendo una saturazione del 88,4%.

Il terzo operatore, tenendo l'impostazione del GRHS 600, non dovrà più effettuare lo stampaggio delle lame, ma continuerà a svolgere la saldatura e finitura delle lame, e il resto dell'appensione. Il suo tempo ciclo sarà:

$$\text{Tempo ciclo operatore 3} = 63 + 6,3 + 75,5 = 144,8 \text{ minuti}$$

I 144,8 minuti portano un livello di saturazione del 94,4%, rimanendo sotto il takt che permette la realizzazione delle tre macchine al giorno. Questa assegnazione è stata possibile grazie al kaizen 10, sfruttando la pulizia dell'area lame, potendo introdurre al suo interno la maschera per l'appensione e il suo kanban. Anche in questo caso è stata standardizzata la sequenza, con lo svolgimento prima dell'appensione e poi delle lame, per permettere la parallelizzazione della saldatura sul robot del telaio portacilindri.

Il quarto operatore ha un tempo ciclo di oltre 240 minuti, ma rimuovendo il montaggio dei rotori (sei in questo caso), il telaio portacilindri e la finitura della macchina, preparati sempre dal quinto operatore, il quarto raggiunge i 140 minuti, con un livello di saturazione del 91,3%.

Il quinto operatore svolgerà quindi lo stampaggio delle lame, l'assemblaggio dei rotori, sfruttando la postazione descritta in precedenza, impiegando 50 minuti, il montaggio del telaio porta cilindri sulla macchina, e la sua finitura.

$$\text{Tempo ciclo operatore 5} = 35 + 50 + 18,5 + 35,5 = 139 \text{ minuti}$$

Il suo tempo ciclo sarà quindi di 139 minuti, al 90,6% saturo. Molto importante sarà impostare una standardizzazione delle sequenze delle sue attività, poiché all'interno del suo tempo ciclo è costretto a lavorare con le realizzazioni di mansioni su diversi numeri di macchine.

I risultati raffigurati in figura 4.23, presentano la situazione aggiornata mostrando un bilanciamento degli operatori, che rispettano ora i vincoli del takt time, anche se 4 di essi superano la saturazione del 90 %, in particolare l'operatore 3.

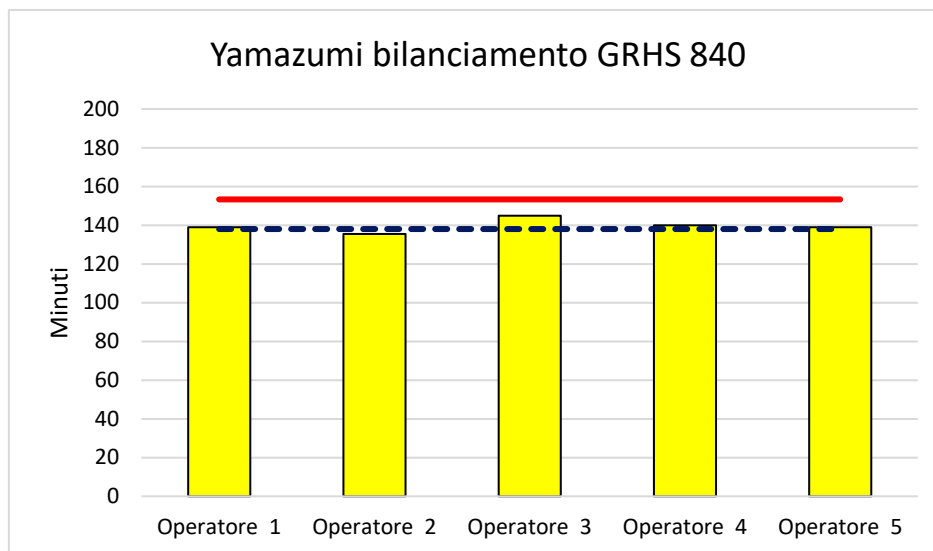


Figura 4.23 Bilanciamento del GRHS 840

La definizione della sequenza delle lavorazioni è fondamentale per ottenere un flusso continuo di produzione. L'operatore 1 è colui che fa partire il flusso, seguito dall'operatore 2, dall'operatore 5 con lo stampaggio delle lame e dall'operatore 3 che completa le operazioni di carpenteria. Successivamente vi è nuovamente l'operatore 5 con la produzione di rotori, poi l'operatore 4 che assembla la macchina, e infine l'operatore 5 con il montaggio del telaio portacilindri e la finitura della macchina. Questa sequenza risulta più complessa, soprattutto per l'operatore 5 che dovrà lavorare in sia in anticipo con lo stampaggio delle lame e la realizzazione dei rotori, che al termine dell'assemblaggio, ma permette di avere un flusso continuo ed efficace per la realizzazione delle 3 macchine al giorno. Per evitare di avere un processo troppo tirato, come per il GRHS 600, è stato introdotto un buffer di sicurezza tra la carpenteria e l'assemblaggio, pari a due macchine.

Per chiarificare la sequenza descritta in precedenza è stato costruito il gantt chart, rappresentato in figura 4.24. Simulando la produzione delle prime tre macchine del carico si può notare come inizialmente l'operatore 5 sia scarico, producendo soltanto lo stampaggio delle lame per 3 macchine, (generando quindi un WIP di lame stampate di 2 macchine), ma a partire dal secondo giorno inizierà a svolgere i rotori per la macchina successiva, e appena l'operatore 4 terminerà l'assemblaggio della prima macchina, potrà assemblarle il telaio porta cilindri e prepararla alla spedizione.

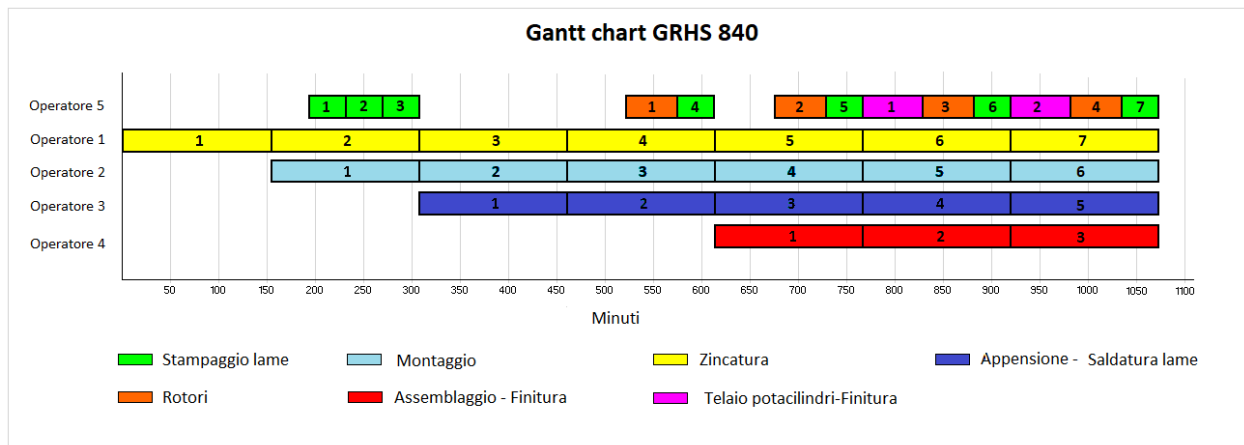


Figura 4.24 Gantt chart della produzione di 3 GRHS 840

Simulando su excel il carico di 33 macchine, si ottengono i risultati riportati in tabella 4.20.

Macchina	Minuto in cui viene iniziata	Minuto in cui viene terminata	Lead time (min)
1	0	827	827
2	153	980	827
3	267	1133	867
4	460	1287	827
5	613	1440	827
6	767	1593	827
7	920	1747	827
8	1073	1900	827
9	1227	2053	827
10	1380	2207	827
11	1533	2360	827
12	1687	2513	827
13	1840	2667	827
14	1993	2820	827
15	2147	2973	827
16	2300	3127	827
17	2453	3280	827
18	2607	3433	827
19	2760	3587	827
20	2913	3740	827
21	3067	3893	827
22	3220	4047	827
23	3373	4200	827
24	3527	4353	827
25	3680	4507	827
26	3833	4660	827
27	3987	4813	827
28	4140	4967	827
29	4293	5120	827
30	4447	5273	827
31	4600	5427	827
32	4753	5580	827
33	4907	5733	827

Tabella 4.20 Proiezione di un carico di GRHS 840

Come riporta la tabella il lead time per ogni macchina è fisso, tranne per il caso della macchina 3, dove risulta 40 minuti più lungo per via dell'inizio anticipato dello stampaggio delle lame, per permettere una più facile gestione dell'operatore 5 durante il primo giorno. Il lead time medio di ogni macchina risulta essere inferiore ai due giorni, dimezzando la situazione vista nel capitolo III.

Il magazzino di semilavorati (*figura 4.25*) anche in questo caso è controllato, ed è inferiore al modello GRHS 600 per la presenza costante dell'operatore 5 che, lame stampate escluse, non produrrà altro

WIP, ma preparerà i rotori che verranno montati sulla macchina successiva dall'operatore 5. Tenendo in considerazione che il processo venga svuotato, si avrà un picco di 5 semilavorati, per poi azzerarsi nel corso dell'ultimo giorno di produzione del GRHS 840.

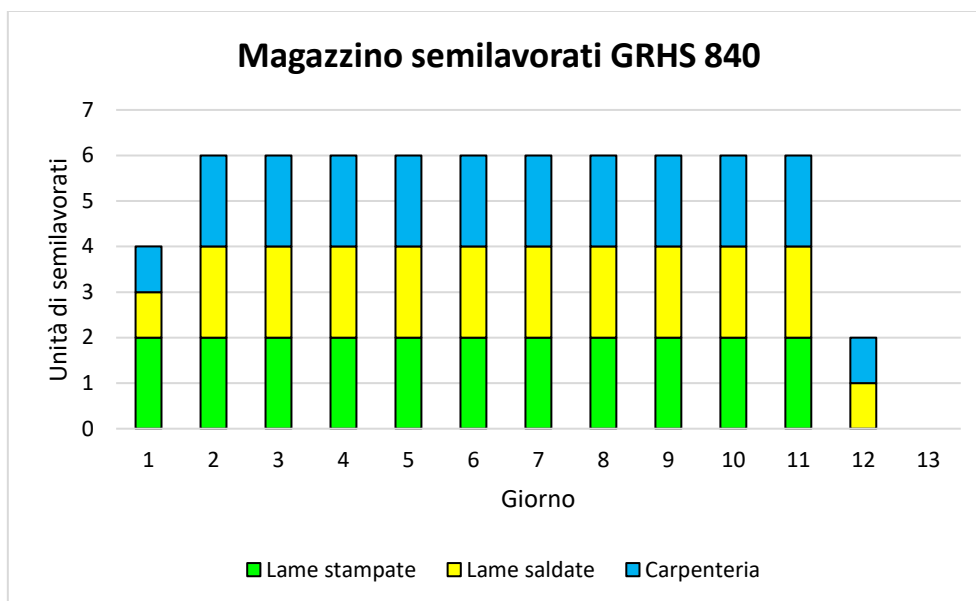


Figura 4.25 Grafico raffigurante i semilavorati di GRHS 840 durante il carico

4.5.3 Benefici dei bilanciamenti

Gli effetti dei bilanciamenti applicati sono stati visibili fin da subito, con la creazione di un flusso continuo, che permette agli operatori di svolgere le proprie lavorazioni senza avere delle interruzioni. Sono state infatti eliminate le scomode attese, come la mancanza di grappoli per l'operatore della zincatura, oppure l'attesa del materiale proveniente dalla carpenteria per i componenti dell'assemblaggio. Inoltre, un ulteriore beneficio è la creazione di uno standard, dove ogni operatore sa esattamente quali compiti ha da svolgere lungo la giornata lavorativa, con tempi prefissati, avendo quindi la possibilità di autogestirsi rispetto agli obiettivi giornalieri.

La ridistribuzione delle attività ha permesso un aumento di efficienza, con il raggiungimento dell'obiettivo prefissato di tre macchine al giorno per entrambi i modelli, richiesti dal cliente. In particolare, nel caso del modello GRHS 600, vi è stato un ridimensionamento del personale, con la rimozione totale di un operatore, e liberando l'intera mattinata di lavoro ad un secondo, spostandoli ad attività legate agli erpici, agevolando la produzione soprattutto in alta stagione. Inoltre si è a conoscenza della reale saturazione di ogni operatore, prossima, per entrambi i modelli al 90%.

La generazione di un flusso produttivo ha anche permesso di contenere e controllare il WIP, ridimensionandolo, e facilitandone la sua gestione. Ogni semilavorato ha una postazione fissa,

quantificata, con un notevole miglioramento rispetto alla precedente situazione, dove vi erano delle perdite di tempo ed inefficienze per la sistemazione del WIP generato, e per il suo prelievo. Questo ha comportato una migliore gestione dello spazio, liberando delle aree, come quella utilizzata per il deposito dei pacchi di lame stampate e saldate svolte in notevole anticipo.

Il lead time complessivo della produzione di un carico di entrambi i modelli, è diminuito, ma soprattutto il lead time medio singolo di ogni macchina è decisamente contenuto, con la conseguente diminuzione dei livelli di WIP già citata.

Le tabelle 4.21 e 4.22 quantificano i benefici appena descritti per i due modelli analizzati.

	AS IS	TO BE
Impiego personale	5 operatori, con capacità produttiva di 2,55 macchine/giorno	4 operatori, con capacità produttiva di 3 macchine/giorno
Generazione WIP	Crescente, con picco massimo di 27 semilavorati	Costante, con picco massimo di 6 semilavorati
Lead time di un carico	16 giorni 5 ore 20 minuti	15 giorni 1 ora 15 minuti
Lead time medio a macchina	5 giorni 50 minuti	1 giorno 5 ore 57 minuti
Lead time massimo a macchina	9 giorni 4 ore 20 minuti	2 giorni 25 minuti

Tabella 4.21 Confronto situazione AS IS e TO BE per GRHS 600

	AS IS	TO BE
Impiego personale	5 operatori, con capacità produttiva di 2,19 macchine/giorno	5 operatori, con capacità produttiva di 3 macchine/giorno
Generazione WIP	Crescente, con picco massimo di 19 semilavorati	Costante, con picco massimo di 11 semilavorati
Lead time di un carico	15 giorni 3 ore 30 minuti	12 giorni 3 ore 33 minuti
Lead time medio a macchina	3 giorni 7 ore 50 minuti	1 giorno 6 ore 8 minuti
Lead time massimo a macchina	7 giorni 50 minuti	1 giorni 6 ore 7 minuti

Tabella 4.22 Confronto situazione AS IS e TO BE per GRHS 840

Infine, l'organizzazione degli addetti è estremamente più semplice e veloce, evitando che l'impostazione della giornata di essi variasse di giorno in giorno, in particolare per ricollocare ad altre attività gli operatori che si trovano in attesa del materiale.

CAPITOLO V

Conclusioni

In quest'ultimo capitolo si vogliono presentare le conclusioni finali dell'intero elaborato.

Verranno analizzati i benefici apportati grazie all'implementazione delle tecniche Lean descritte, con la loro diretta applicazione all'interno della Frandent e allo stesso modo verranno presentati i limiti di questo lavoro di tesi.

Il capitolo si concluderà con alcuni suggerimenti su quali possano essere i passi futuri che l'azienda potrà compiere per ottenere nuovi risultati in ottica Lean.

5.1 Analisi dei benefici del lavoro di tesi

Il principale beneficio di questo lavoro di tesi è la diretta applicazione dei miglioramenti e del bilanciamento proposto, consegnando una linea in grado di produrre tre macchine spandivoltafierno dei modelli *GRHS 600* e *GRHS 840* per il cliente. Questo è stato possibile con un meticoloso confronto con gli operatori stessi, frutto di numerosi tentativi e ragionamenti per arrivare alla soluzione finale proposta. Infatti, solo attraverso l'applicazione reale dei principi pensati, sono potuti emergere i problemi e i limiti di questi ragionamenti, con conseguente rimodulazione e riapplicazione dei concetti proposti. Questo ha permesso di conoscere meglio il processo e ha dato la possibilità di individuare problemi che non sarebbero sorti se non ci fosse stata una reale applicazione.

Sono inoltre stati coinvolti operatori che prima non avevano partecipato al progetto Lean dell'azienda, suscitando in alcuni una forte volontà e coinvolgimento al miglioramento continuo, grazie all'applicazione dei Kaizen. Grazie ad essi infatti è stato possibile rendere le lavorazioni più fluide e si è riusciti a ridurre alcuni sprechi che erano presenti all'interno di esse.

Gli altri benefici, che sono stati già presentati al termine del quarto capitolo, sono la riduzione del WIP, la diminuzione del lead time di produzione di una singola macchina e di un carico, e l'eliminazione di tempi di attesa dei lavoratori, con conseguente redistribuzione delle attività. Quest'ultimo aspetto ha favorito l'incremento di skills di alcuni operatori, che ha permesso la loro

intercambiabilità, molto utile e gradita all'interno dell'azienda, soprattutto nei periodi di alta domanda. Una rilevazione dei tempi più accurata delle diverse lavorazioni e la completa conoscenza dei vari vincoli che intercorrono tra di esse permette una più facile modifica del bilanciamento, in previsione di un futuro incremento della domanda da parte del cliente, o attuando un doppio takt time in periodi di alta e bassa domanda.

5.2 Limiti del lavoro di tesi

Il principale limite di questo elaborato è l'assenza di coinvolgimento del reparto taglio nel processo di miglioramento Lean. Infatti il taglio rappresenta l'inizio della linea di produzione sia della fienagione sia della lavorazione terra. Come si è potuto osservare, l'operatore dell'area in questione è sovente affiancato da un altro addetto, con conseguente produzione di molti semilavorati, per sfruttare il più possibile i lunghi tempi di setup. Non è ancora presente una giornata lavorativa standard, che risulterebbe utile a facilitare l'operatore nella sua organizzazione e nella produzione di semilavorati strettamente necessari, evitando l'accumulo di WIP.

Un ulteriore limite può essere rappresentato dall'assenza di implementazione di un doppio takt time, utile a soddisfare più accuratamente la domanda stagionale. Applicando questo accorgimento sarebbe possibile liberare certi operatori per alcune ore della giornata, che potrebbero svolgere lavorazioni legate alla produzione di altri macchinari.

Infine, la non numerosa rilevazione di Kaizen nell'area assemblaggio e finitura può essere considerata un limite di questo elaborato, che ha consentito soltanto una riduzione molto marginale dei tempi di lavorazione.

5.3 Passi futuri

I primi passi che l'azienda può compiere per continuare il processo di Lean Manufacturing sono la risoluzione dei limiti appena descritti nel precedente paragrafo. Implementando le metodologie Lean descritte in questo elaborato, sarà innanzitutto possibile conoscere i tempi di lavorazioni dell'area taglio, puntando, attraverso i Kaizen, alla loro riduzione, con l'obiettivo di abbattere i tempi di setup. Vi sarebbe quindi la possibilità di attuare un bilanciamento utile a saturare al meglio gli addetti dell'area, con conseguente organizzazione giornaliera delle lavorazioni, per produrre un numero di semilavorati contenuto.

L'implementazione di un doppio takt time sarebbe il passo successivo, anche per adattarsi ad un ulteriore aumento o stabilizzazione della richiesta del cliente.

Sempre con la logica descritta in precedenza, sarebbe opportuno mappare il processo di lavorazione delle macchine di spandivoltafierno vendute per gli altri clienti, quindi complete, con conseguente rilevazione di tempi e applicazione degli strumenti Lean ai componenti e alle lavorazioni che non sono presenti nel processo di produzione delle macchine per il cliente irlandese.

Allo stesso modo si potrebbe applicare la medesima metodologia di analisi per il processo di produzione dei ranghinatori, dei quali non sono mai state rilevate le tempistiche di lavorazione, per via della richiesta molto bassa, grazie alle quali si potrebbero apportare numerosi miglioramenti.

Infine, il consiglio che sicuramente la Frandent applicherà, è la continua ricerca del miglioramento, anche nei processi già analizzati, in modo da trovare nuove soluzioni, volte a perfezionare i componenti prodotti e a ridurre i tempi di lavorazione, con il completo coinvolgimento dei vari operatori.

BIBLIOGRAFIA

Attolico L., Liker J. (2014), *Toyota Way. I 14 principi per la rinascita del sistema industriale italiano*, Hoepli, Milano.

Bonfiglioli R. (2004), *Pensare snello. Lean-thinking alla maniera italiana. Costruiamo l'impresa competitiva (più produttività-minori sprechi) 5 nuovi casi italiani di successo*, Franco Angeli, Milano.

Camuffo A. (2014), *L'arte di migliorare. Made in Lean Italy per tornare a competere*, Marsilio Editori, Venezia.

Convis G. L., Liker J. K. (2016), *Toyota Way per la Lean leadership*, Hoepli, Milano.

Cortiglioni S., Salcerini L., Verga D. (2017), *Toyota Way: oltre la crisi. Il successo continuo*, Hoepli, Milano.

Forrester, P., Kazumi Shimizu, U., Soriano-Meier, H., Arturo Garza-Reyes, J. and Fernando Cruz Basso, L. (2010), "*Lean production, market share and value creation in the agricultural machinery sector in Brazil*", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 21 No. 7, pp. 853-871.

Marodin G. A., Saurin T. A., (2013), *Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies*, International Journal of Production Research, Vol.51 No.22, pp. 6663-6680

Graziadei G. (2005), *Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*, Hoepli, Milano.

Jones D., Womack J. (1997), *Lean Thinking. Per I manager che cambieranno il mondo*, Guerini e Associati, Milano.

Jones D., Womack J. (2006), *Lean Thinking. Come Creare Valore e Bandire gli Sprechi*, Guerini e Associati, Milano.

Ohno T. (1978), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Diamond, Tokyo.

Ohno T. (1993), *Lo spirito Toyota. Il modello giapponese della qualità totale. E il suo Prezzo*, Einaudi, Torino.

Rother M., Shook J. (2003), *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, Lean Enterprise Institute, Cambridge.

Tanaka M. (2006), *Il modello Toyota. La giusta applicazione del metodo Toyota per riprogettare il proprio sistema logistico-produttivo*, Il Sole 24 Ore, Milano.

Turner, R., Madachy, R., Lane, Ingold, D., e Lane, J. A. (2012) *Modeling Kanban Processes in Systems Engineering* IEEE press, Proceedings of the International Conference on Software and System Process, Zurich, Switzerland on 2nd-3rd June 2012

SITOGRAFIA

<http://www.astrj.com>

<https://www.ctq.it>

<https://www.frandent.it>

<https://www.induvation.it>

<https://www.leanmanufacturing.it/>

<https://www.lean.org/>

RINGRAZIAMENTI

Arrivato alla fine di questo percorso universitario, desidero ringraziare tutti coloro che, in un modo o nell'altro, hanno creduto in me e mi hanno aiutato a raggiungere questo importante traguardo.

Innanzitutto vorrei ringraziare la mia relatrice, la professoressa Anna Corinna Cagliano, per la sua disponibilità, e il tempo che mi ha dedicato, aiutandomi nella stesura di questo elaborato.

Un ringraziamento particolare va ad Ezio Bruno, titolare della Frandent, per avermi dato la possibilità di effettuare questo tirocinio, applicando concetti che per me rimanevano fermi alla teoria. Ringrazio anche il direttore della produzione, Matteo Racca, per avermi guidato in quest'esperienza, e l'ing. Filippo Mardegan per la sua disponibilità e le sue spiegazioni dettagliate sulle tematiche Lean. Ringrazio i ragazzi della produzione, per avermi accolto con cordialità, e per la loro disponibilità con la quale hanno sempre risposto alle mie domande, permettendomi di comprendere il processo più agevolmente.

Il ringraziamento maggiore va alla mia famiglia: senza di loro non avrei mai potuto affrontare, e concludere, questo percorso di studi. Grazie per aver sempre creduto in me, nonostante le mille difficoltà, e per il fondamentale sostegno.

Ringrazio i miei amici, per avermi accompagnato e sostenuto in questo lungo percorso, in particolare Davide, per avermi sempre spronato ed aiutato dandomi preziosi consigli.

Fondamentali sono stati i miei compagni di corso, per avermi accompagnato in questo percorso di studi; senza la loro compagnia e il loro aiuto non sarebbe stato possibile raggiungere questo traguardo. In particolare ringrazio Pierpaolo, con cui ho condiviso praticamente tutto il percorso di studi, per le sue spiegazioni, per il suo costante aiuto, e soprattutto per aver trovato una grande amicizia.

Infine, un ringraziamento speciale va a Laura, per avermi sostenuto, supportato e sopportato durante questo tempo, per la sua costante vicinanza, che ha reso il tutto molto meno difficile da affrontare.