

ALMA MATER STUDIORUM – Università di Bologna

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

TESI DI LAUREA

**PROGETTAZIONE DELLA PRODUZIONE A FLUSSO DELLE LINEE DI
LAVORAZIONE E TAGLIO: IL CASO FOM INDUSTRIE**

Relatore:

Prof. Alberto Regattieri

Presentata da:

Giorgia Gobbatti

Anno Accademico 2021-2022

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. CAPITOLO 1: LEAN MANUFACTURING	6
1.1. Introduzione alla Lean Manufacturing	6
1.2. Tecniche utilizzate seguendo i principi lean	8
1.3. Produzione a flusso, approccio per l'implementazione reale	10
1.3.1. Requisiti per la Lean Manufacturing e definizione del Takt Time.....	10
1.3.2. Produrre a flusso	12
1.4. La funzione Tempi e Metodi.....	16
1.4.1. Tecniche per la definizione del tempo standard.....	16
2. CAPITOLO 2: FOM INDUSTRIE	19
2.1. Presentazione dell'azienda.....	19
2.2. Gamma Prodotti di Fom Industrie	21
2.3. Contesto di riferimento e situazione attuale dell'azienda	24
2.3.1. Andamento economico generale	24
2.3.2. Analisi di Bilancio	27
2.4. La Linea LT-LMT	31
3. CAPITOLO 3: SITUAZIONE AS-IS.....	37
3.1. Osservazione e rilevazione delle criticità.....	38
3.1.1. Cerchio di Ohno e Gemba Walk, osservazione e ricerca dei 7 sprechi	38
3.1.2. Layout della situazione AS-IS.....	40
3.1.3. Stoccaggio e approvvigionamento dei materiali nella situazione AS-IS.....	41
3.2. Rilievi cronometrici e analisi delle fasi di lavorazione	45
3.2.1. Raccolta dati e confronto con tempi standard.....	45
3.2.2. Interpretazione del rilievo: stima dei tempi di Push, Step-in e Step-out e confronto con Takt Time	49
3.3. Ciclo di montaggio della Linea LT-LMT	52
3.3.1. Osservazione delle operazioni di montaggio e criticità rilevate	52
3.3.2. Skill matrix e dimensionamento degli operatori	55
4. CAPITOLO 4: LINEA A FLUSSO CONTINUO.....	58
4.1. Obiettivi del progetto, road map di miglioramento	58

4.2.	Analisi dei fattori determinanti	60
4.2.1.	Proposte di modifiche tecniche	60
4.2.2.	Proposte di modifiche di ciclo	62
4.3.	Layout della linea a flusso	63
5.	CAPITOLO 5: CAMBIAMENTO DELLA SEQUENZA DI MONTAGGIO	67
5.1.	Nuova sequenza di montaggio	68
5.1.1.	Risultati delle modifiche apportate	68
5.1.2.	Bilanciamento dell'operatore per il Push	70
5.1.3.	Bilanciamento della linea: confronto AS-IS e TO-BE dei tempi di picking e montaggio meccanico.	75
5.2.	Suddivisione delle fasi di picking.....	83
5.2.1.	Progettazione della suddivisione dei materiali	83
5.2.2.	Disposizione dei materiali all'interno del carrello	87
6.	CAPITOLO 6: SITUAZIONE TO-BE	89
6.1.	Standardizzazione della sequenza di montaggio	90
6.1.1.	Ottimizzazione del ciclo produttivo e rispetto del Takt Time	90
6.1.2.	SOP, Standard Operating Procedures	93
6.2.	Standardizzazione della bulloneria e delle attrezzature di montaggio	96
6.3.	Standardizzazione della postazione di lavoro.....	99
6.3.1.	Riorganizzazione della zona di montaggio, visual management dell'area	99
6.3.2.	Gestione delle isole di lavoro	103
7.	CAPITOLO 7: VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA	105
8.	CAPITOLO 8: CONCLUSIONI	112
	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	115
	RINGRAZIAMENTI	117

Introduzione

Fom Industrie è un'azienda leader nella produzione di macchine per il taglio e la lavorazione di profilati di alluminio. Nata nel 1972, l'azienda propone macchine utensili caratterizzate da una tecnologia all'avanguardia. Il gruppo Fom comprende 9 aziende manifatturiere, 10 filiali commerciali nel mondo e 55 distributori ufficiali. La sede principale si trova a Cattolica (RN), stabilimento nel quale è stato svolto questo lavoro di tesi.

Lo studio è focalizzato sugli impianti automatizzati prodotti da Fom Industrie, le linee di lavorazione e taglio LMT e le linee di taglio LT. L'analisi delle operazioni di montaggio degli impianti e l'attività di miglioramento del flusso produttivo delle linee rappresenta il cuore del progetto di tesi svolto in azienda. Lo scopo dell'elaborato consiste, pertanto, nel conferimento di una maggior efficienza attraverso la progettazione della produzione a flusso delle linee LT-LMT, in ottica Lean Manufacturing.

La tesi è stata strutturata nel modo seguente: il primo capitolo è dedicato alla Lean Manufacturing, ai suoi principi che caratterizzano la metodologia e agli strumenti messi a disposizione dal sistema di produzione. In questo capitolo vengono illustrate le tecniche utilizzate per la progettazione, l'implementazione della produzione a flusso e la funzione Tempi e Metodi. Nel secondo capitolo viene introdotta l'azienda con una presentazione di carattere generale concentrandosi sulla gamma prodotti e facendo riferimento al contesto nella quale è inserita. A seguito dell'analisi della situazione attuale di Fom Industrie attraverso lo studio dei bilanci chiusi al 31/12/2020 e al 31/12/2021, viene approfondita la descrizione della Linea LT-LMT. Nel terzo capitolo viene esaminata la situazione AS-IS partendo dalla rilevazione delle criticità, dall'osservazione del layout attuale e dalle problematiche che riguardano lo stoccaggio e approvvigionamento dei materiali. In questa fase dello studio si fa riferimento ai rilievi cronometrici e all'analisi delle fasi di lavorazione, eseguiti in azienda, operazioni che permettono di avere i dati necessari alla progettazione dei

miglioramenti. L'analisi del ciclo di montaggio della Linea LT-LMT, consente di individuare le attività a valore aggiunto per identificare le opportunità di miglioramento ed eseguire un adeguato dimensionamento degli operatori. Il quarto capitolo continua in questa direzione definendo gli obiettivi del progetto a cominciare dalle motivazioni che hanno spinto la messa in atto delle attività e spiegando il percorso che si seguirà con i punti fondamentali per raggiungere l'efficienza del processo. Saranno analizzate le modifiche tecniche e le modifiche di ciclo proposte per conseguire l'obiettivo della produzione a flusso e saranno fatte alcune considerazioni sulla nuova zona di montaggio in relazione al layout della linea a flusso. Nel capitolo cinque viene esposto il percorso compiuto per lo studio dei cambiamenti da implementare alla linea; rispettando le precedenze tecnologiche, è stata definita una nuova sequenza di montaggio progettata tenendo conto delle modifiche implementate, della quale viene valutato il nuovo tempo ciclo e le relative conseguenze sul ciclo produttivo. Le conseguenze sul ciclo hanno prodotto una riprogettazione del ciclo di un elemento della Linea LT-LMT, studiato tramite il bilanciamento dell'operatore che lavora su di essa e grazie ai risultati raggiunti, è stato possibile costruire il bilanciamento della linea. Alcuni cambiamenti derivanti dall'analisi del bilanciamento hanno previsto la suddivisione del picking dei materiali che ha comportato una riprogettazione del prelievo e posizionamento dei codici necessari al montaggio. Con il sesto capitolo si giunge all'approfondimento della situazione TO-BE. Attraverso la standardizzazione della sequenza di montaggio individuata includendo la redazione di una SOP – Standard Operating Procedures, la standardizzazione della bulloneria e delle attrezzature di montaggio e la standardizzazione della postazione di lavoro si arriva alla definizione dello scenario futuro. È stato definito il layout futuro della zona di montaggio utilizzando le informazioni ricavate dalle modifiche progettate per la gestione dei materiali, della bulloneria e delle attrezzature considerando i vantaggi derivanti dalla posizione all'interno dello stabilimento dove avverrà la produzione a flusso studiata. Il lavoro svolto in azienda ha permesso di implementare alcuni di questi cambiamenti mentre altri sono stati solamente progettati con l'obiettivo di costruire un

processo produttivo efficiente e a flusso continuo per il montaggio meccanico della Linea LT-LMT. Nel settimo capitolo viene trattato l'impatto economico attraverso i flussi di cassa mentre con l'ottavo si conclude l'elaborato facendo alcune riflessioni sull'andamento e le conseguenze dell'implementazione della produzione a flusso.

1. Capitolo 1: Lean Manufacturing

Questo capitolo comincia con un'introduzione teorica alla Lean Manufacturing. Si spiegano i principi fondanti riponendo particolare attenzione alla descrizione degli "sprechi", facendo un riferimento al contesto aziendale che ha portato allo sviluppo di questo sistema di produzione. Successivamente vengono elencate le tecniche "Lean" utilizzate durante lo svolgimento del progetto in questione con lo scopo di dare un'infarinatura utile alla comprensione delle attività svolte in azienda. Ci si concentra sul ripensamento del processo produttivo come requisito fondamentale per avere una produzione snella, per poi arrivare alla definizione di Takt Time. La cadenza della produzione è il concetto più importante da fornire per spiegare la produzione a flusso, con la quale si prosegue, che consiste nel cambiamento progettato per la linea LT-LMT. Viene definito cosa vuol dire produrre a flusso e vengono indicate le procedure per la progettazione di una linea a flusso continuo che saranno applicate al montaggio dell'impianto in esame. Infine, si mostra come la funzione Tempi e Metodi, con le sue tecniche di rilevazione dei tempi, sia fondamentale per l'implementazione di questo sistema produttivo.

1.1.Introduzione alla Lean Manufacturing

Nello scenario attuale dell'industria manifatturiera, le aziende devono produrre a basso costo mantenendo una buona qualità. Una strategia di miglioramento che consente di raggiungere questo obiettivo è la Lean Manufacturing. Nata come Toyota Production System da Eiji Toyoda negli anni '50 come alternativa alla produzione di massa di Henry Ford, era considerata una soluzione ottimale per rispondere alle esigenze del tempo: ampi mix produttivi con variabilità del mercato molto elevata. Il Lean Manufacturing System corrisponde perciò a un sistema integrato di attività, progettato

per realizzare ampi mix produttivi utilizzando scorte minime di materie prime, semilavorati e prodotti finiti. Si tratta di trovare l'efficienza attraverso l'eliminazione degli sprechi. In questo periodo storico, tale sistema produttivo risulta ancora più essenziale, l'attuale congiuntura internazionale evidenzia infatti una notevole tensione dei mercati delle materie prime ed un incremento del tasso di inflazione, risulta quindi strategico ottimizzare la gestione delle scorte ed adeguare il ritmo della produzione alle mutevoli condizioni di mercato.

L'idea della Lean Manufacturing o produzione snella è quella di gestire i processi dal punto di vista del cliente e di analizzare il consumo di ogni risorsa per assicurarsi che sia "a valore aggiunto". Le attività svolte in azienda possono essere distinte in tre categorie: attività a valore aggiunto, attività con nessun valore aggiunto e attività con nessun valore aggiunto ma necessarie. Le attività a valore aggiunto corrispondono alla trasformazione della materia e sono quelle per cui il cliente è disposto a pagare. Le attività con nessun valore aggiunto consistono nelle rilavorazioni e nei tempi di attesa e sono quelle che dovrebbero essere progressivamente ridotte fino ad eliminarle in quanto generano soltanto uno spreco di risorse. Infine, le attività non a valore aggiunto ma necessarie sono quelle che non possono essere eliminate per via di vincoli tecnici, costruttivi o di sicurezza. Il termine "spreco" è quindi relativo a tutti i processi che non portano ad aggiungere valore al prodotto finale e, secondo il Toyota Production System, gli sprechi o "Muda" sono essenzialmente sette:

- Sovraproduzione;
- Scorte;
- Superfici;
- Trasporto;
- Movimenti;
- Tempi di attesa;
- Riparazioni o errori.

Secondo la Lean Manufacturing un'azienda funziona in modo efficiente se riesce a ridurre i costi avendo “zero sprechi”. Lo scopo è l'implementazione di un miglioramento continuo (“Kaizen”) focalizzato sulla qualità e sulla produttività avendo una flessibilità massima per rispondere alla domanda. La flessibilità è data dall'approccio “Just in time” (JIT) ovvero un sistema “pull” tirato dal cliente che consiste nel produrre il prodotto richiesto, nella quantità esatta e nel momento in cui viene richiesto. Come spiegato nel libro *Logistica integrata e flessibile per sistemi produttivi dell'industria e del terziario*¹: “...l'approccio Just in Time significa produrre nel minimo tempo possibile, impiegando sottogruppi adatti per essere montati al momento opportuno nei prodotti finiti, parti adatte al momento opportuno per essere inserite nei sottogruppi, materiali acquistati adatti per essere trasformati al momento opportuno in parti, riducendo gli scarti e con il massimo utilizzo dell'impianto.” Si tratta perciò di una logica innescata dal mercato e di una politica di gestione delle scorte volta a migliorare il processo produttivo ottimizzando le fasi a monte della produzione e alleggerendo le scorte di materie prime e semilavorati. I benefici del JIT sono rappresentati dalla facile individuazione dei colli di bottiglia e inefficienze, dalla migliore qualità dei prodotti, dalle migliori prestazioni della manodopera in quanto maggiormente incentivata dalle competenze multiple, da una migliore organizzazione del magazzino e infine da una riduzione del “lead time” di produzione. L'applicazione del “Kaizen” deve essere diffusa a tutti i livelli dell'azienda per promuovere l'eliminazione delle inefficienze nei metodi di produzione.

Grazie all'applicazione di una serie di pratiche “Lean”, il tempo che intercorre tra gli ordini dei clienti e la consegna del prodotto si accorcia producendo una soddisfazione del cliente al quale viene fornito un servizio eccellente con costi ridotti e alta qualità.

¹ Pareschi A., Persona A., Ferrari E., Regattieri A., *Logistica integrata e flessibile per sistemi produttivi dell'industria e del terziario*, 2011

1.2. Tecniche utilizzate seguendo i principi lean

Il termine “lean” nasce negli anni '80 quando le organizzazioni americane hanno cominciato ad adottare il “Toyota Production System”. Sono state identificate numerose pratiche per implementare la Lean Manufacturing e di seguito vengono riportati gli strumenti lean utilizzati nel contesto del progetto studiato per Fom Industrie:

- Il metodo “5S”;
- L’approccio “Poka-Yoke”;
- “Kaizen”;
- “One-Piece Flow”;
- “Process Mapping”.
- Il cartellino e il sistema “kanban”;

Partendo dalla descrizione del metodo “5S”, esso costituisce un metodo per l’organizzazione di un ambiente di lavoro che contiene le cinque “S”: *Seiri* (Selezionare ed eliminare), *Seiton* (Ordinare utensili, strumenti e materiali), *Seiso* (Pulire), *Seiketsu* (Standardizzare), *Shitsuke* (Mantenere). Il primo passo consiste nella selezione di ciò che è necessario e nell’eliminazione dei materiali o attrezzature inutili sul posto di lavoro, operazioni che contribuiscono all’eliminazione degli sprechi. Successivamente è fondamentale ordinare quello che si è selezionato e pulire l’area di lavoro in modo che le attrezzature e i materiali siano sempre a portata di mano dell’operatore. Le ultime due “S” migliorano la disciplina e gli standard del luogo di lavoro attraverso la formalizzazione di una gestione a vista e il mantenimento dei risultati che devono essere controllati con un audit periodico.

L’approccio “Poka Yoke” serve per evitare errori, solitamente dovuti ad azioni ripetitive, grazie a condizioni operative che non permettano di effettuare un’operazione sbagliata. Consiste quindi in una disposizione dell’ambiente di lavoro o in una conformazione dei dispositivi tali da rendere possibile lo svolgimento dell’operazione solo nel modo giusto.

La definizione del miglioramento continuo o Kaizen è un fondamento culturale con il quale si fissano nuovi obiettivi per migliorare l'efficienza del processo produttivo. Si tratta del principio con cui si esegue un'analisi dei problemi e la conseguente ricerca delle soluzioni che dovranno essere monitorate per raggiungere prestazioni soddisfacenti.

Il "One-Piece Flow" definisce il principio per cui i prodotti saranno prodotti con massima efficienza muovendosi continuamente attraverso le fasi di lavorazione con tempi di attesa minimi e con la distanza percorsa più breve possibile. Ciò è applicabile con una riduzione dei lotti e una riduzione dei tempi di set-up rendendo il flusso produttivo continuo per garantire una massima flessibilità.

La mappatura dei processi consiste nella costruzione di un modello che individua le relazioni tra attività, persone, dati e materiali coinvolti nella produzione di un determinato output. La descrizione delle operazioni da eseguire con la relativa sequenza e modalità è molto utile per formare gli operatori in modo semplice e poco costoso e inoltre, aiuta a migliorare e a ridisegnare i processi produttivi. Nello specifico, durante questo lavoro di tesi è stata redatta una SOP, Standard Operating Procedure che verrà descritta nel dettaglio successivamente.

Come spiegato precedentemente, l'approccio JIT è una tecnica di gestione industriale che punta ad avere una massima flessibilità per rispondere ai cambiamenti del mercato tempestivamente. Ne deriva perciò un sistema produttivo "market-oriented" che ha l'obiettivo di eliminare i vincoli rappresentati dagli sprechi di risorse. Per completezza, si riporta la descrizione dello strumento che assicura il JIT ovvero il cartellino Kanban anche se non è stato progettato per l'azienda oggetto di tesi. Il sistema Kanban controlla la produzione attraverso schede, cartelli o contenitori che attivano il movimento del processo a valle del flusso dei prodotti. Questi forniscono informazioni sui prodotti che circolano lungo il processo di riferimento garantendo una logica pull. Partendo dalle fasi di lavoro a valle e riportando varie informazioni come il numero di pezzi, la collocazione nel layout e soprattutto il momento in cui servono i materiali, si risale per

l'intero processo arrivando ai fornitori che consegnano al momento giusto solo ciò che è richiesto permettendo di ridurre al minimo le scorte.

1.3. Produzione a flusso, approccio per l'implementazione reale

1.3.1. Requisiti per la Lean Manufacturing e definizione del Takt Time

Dopo aver elencato le tecniche utilizzate durante il lavoro eseguito in azienda, è utile fare un passo indietro per spiegare i requisiti necessari per implementare la Lean Manufacturing. Per applicare le tecniche lean, per prima cosa, bisogna mettere in atto una reingegnerizzazione del processo produttivo. È necessario un layout di stabilimento o per lo meno della zona di produzione interessata, che garantisca un flusso produttivo bilanciato e la minimizzazione WIP. Per fare questo, le stazioni di lavoro devono essere parte di una linea di produzione e devono essere legate tra loro con una logica "pull". La capacità produttiva deve essere bilanciata in modo adeguato per passare da una fase del processo all'altra e le celle di lavoro solitamente sono configurate con una forma a "U". Il processo produttivo deve quindi consentire la riduzione del materiale in attesa tra una fase all'altra del processo di lavorazione e la riduzione del numero di operatori il cui lavoro deve essere programmato per saturare il loro turno di lavoro. Altri requisiti necessari, oltre alla riduzione delle scorte, sono la riduzione dei tempi di set-up e il controllo totale della qualità. Con il Total Quality Control viene costruita la qualità lungo il processo, gli operatori sono responsabili della qualità del proprio lavoro e vengono eliminate le scorte interoperazionali. Gli operatori svolgono un ruolo fondamentale anche per l'integrazione della manutenzione preventiva implementata da essi attraverso ispezioni periodiche e interventi per mantenere l'affidabilità degli impianti. Si segnala poi l'importanza della collaborazione con i fornitori e l'attenzione al miglioramento della progettazione dei prodotti.

Un concetto molto importante è inoltre il livellamento della produzione. Con la Lean Manufacturing si tende ad avere una flessibilità elevata mantenendo contenuti i costi e garantendo una continuità dell'offerta. Essendo un sistema tirato dalla domanda la

quale ha la caratteristica di essere variabile, è essenziale compiere delle operazioni per rendere possibile il livellamento della produzione. Per schedulare infatti le quantità da produrre a valle, bisogna ricondursi a una domanda costante eliminando le sue fluttuazioni. Questo consente di avere una cadenza uniforme per tirare i materiali dalle fasi finali di produzione avendo meno scorte anche nei processi a monte. Si cerca perciò di avere un orizzonte temporale congelato ovvero un periodo in cui la programmazione della produzione è confermata. La programmazione permette di determinare le quantità dei materiali per prodotto finito strettamente necessarie tramite l'esplosione della distinta base e quindi di eliminare le scorte organizzando l'intero processo nell'ottica Lean di riduzione ed eliminazione degli sprechi. Si effettuano quindi misurazioni con lo scopo di sincronizzare le attività produttive con la domanda di mercato.

Grazie all'ottenimento di una domanda costante riferita a uno specifico periodo di tempo, è possibile calcolare il Takt Time (TT). Il Takt Time definisce la velocità con cui deve avanzare il flusso produttivo, viene stabilito ogni quanto tempo un prodotto debba spostarsi da una fase all'altra del flusso in modo da rendere sincronizzati la produzione e il consumo. Rappresenta infatti la cadenza o il passo del sistema produttivo che deve essere allineato alla richiesta di mercato e si calcola con la seguente formula:

$$TT = \frac{\text{Tempo lavorativo disponibile} \left[\frac{h}{gg} \right]}{\text{Domanda} \left[\frac{pz}{gg} \right]}$$

Viene fornito il ritmo produttivo con unità di misura [h/pz] che indica ogni quanto tempo deve uscire un pezzo del prodotto finito. In questo caso viene considerata la domanda giornaliera di pezzi richiesti dal mercato e di conseguenza si riconduce il tempo disponibile per la produzione in ore lavorative al giorno. Per avere una perfetta sincronizzazione del sistema produttivo con il cliente, la fase di lavoro più lenta dovrebbe avere un tempo ciclo prossimo al TT tenendo conto dei problemi che possono incorrere come guasti, problemi di qualità, ecc.

1.3.2. Produrre a flusso

Il flusso continuo rappresenta il principale obiettivo della Lean Manufacturing. Il concetto di flusso continuo può estendersi a qualsiasi processo produttivo e, per prima cosa, è fondamentale fornire la definizione di “linea”. Una linea consiste nella disposizione di persone, macchine, materiali e metodi con fasi di lavorazione collocate in sequenza attraverso le quali i prodotti vengono lavorati con un flusso continuo. Come accennato prima, la disposizione più nota è la “U shape” ma sono possibili diverse configurazioni; una delle più comuni è la linea di produzione rettilinea. La riprogettazione di layout deve permettere di avere le aree di lavoro il più vicino possibile per facilitare e velocizzare la movimentazione dei materiali all’interno della linea. La creazione di un flusso continuo coinvolge diverse figure all’interno dell’azienda in quanto necessita di essere progettato, perfezionato ma soprattutto mantenuto. Gli ingegneri di produzione hanno il ruolo di progettare i layout iniziali e il numero di operatori per ogni linea a flusso continuo partendo dai dati raccolti direttamente nella zona di produzione. È inoltre fondamentale il team di produzione, ovvero gli operatori e il capo reparto che aiutano a far funzionare la produzione a flusso trovando modi per migliorarla. La produzione a flusso perciò, prevede lo spostamento del singolo prodotto attraverso ogni fase del processo fino a quando non è pronto per essere consegnato al cliente.

Rispetto alla tradizionale produzione “a isole”, con quella a flusso continuo è possibile ottenere prestazioni decisamente migliori e una catena del valore molto più snella. La produzione “a isola di lavoro” rischia infatti di generare sovrapproduzione e tempi di attesa, due dei “Muda” spiegati precedentemente e inoltre, rende difficile l’individuazione dei problemi legati alla produzione.

Per progettare un flusso continuo è importante considerare alcuni aspetti. Bisogna valutare se la domanda del prodotto che si vuole produrre a flusso è abbastanza elevata da permettere che gli venga dedicata un’intera linea o se risulta necessario aggregare la produzione di più prodotti nella stessa linea. Nel caso vengano lavorati nella stessa linea più prodotti è necessario che il lavoro richiesto all’operatore, per produrre ognuno

di questi dall'inizio alla fine, non vari di molto e che gli step di produzione e le attrezzature siano simili, il contrario renderebbe difficile mantenere a flusso la produzione e renderebbe più complicato passaggio da un prodotto all'altro per gli operatori. Infine è utile valutare che il Takt Time non sia né troppo ridotto né troppo elevato in quanto provocherebbe un lavoro troppo ripetitivo e stressante nel primo caso e un lavoro difficile da standardizzare nel secondo.

La determinazione del Takt Time è centrale nella progettazione del flusso continuo, esso serve a sincronizzare il ritmo del flusso con il ritmo delle vendite. Il Takt Time viene messo a confronto con il tempo ciclo per individuare il collo di bottiglia ed applicare dei miglioramenti che porteranno ad avere un decremento del tempo ciclo stesso in modo da rimanere all'interno della cadenza. Il tempo ciclo consiste nel tempo impiegato per produrre uno specifico prodotto dall'inizio alla fine. Il confronto tra i due tempi serve per fissare il ritmo della linea. Poiché il TT è il rapporto tra il tempo disponibile e la domanda di mercato, la quale non è modificabile, gli aggiustamenti applicabili per far coincidere il tempo ciclo della linea con il TT, e per far uscire il prodotto finito al momento giusto, sono: modificare il tempo lavorativo disponibile tramite il numero o la lunghezza dei turni di lavoro oppure modificare il numero delle fasi che compongono la linea.

La linea è composta da stazioni nelle quali uno o più operatori eseguono le operazioni per completare un ciclo. In ogni stazione o fase, viene aggiunto valore al prodotto fino a quando non risulta pronto a passare alla fase successiva, completando il ciclo. A questo punto, la stazione sarà nuovamente pronta a ricevere il prodotto proveniente dalla fase precedente.

Un concetto importante nella progettazione del flusso continuo è l'inclusione solo delle operazioni che aggiungono valore, in quanto, uno degli obiettivi è ridisegnare il processo produttivo eliminando gli sprechi. Uno degli step principali è la raccolta dei dati sul campo per riuscire a catturare i tempi reali impiegati dagli operatori per ogni micro-operazione, per comprendere meglio il processo produttivo e per individuare gli

sprechi anche più nascosti. Il risultato della raccolta dei tempi ed eliminazione o riduzione dei tempi di azioni non a valore aggiunto deve aiutare ad effettuare il bilanciamento della linea. Bilanciare una linea significa determinare la distribuzione del lavoro degli operatori in ogni fase del flusso in relazione al Takt Time e consiste nella descrizione di ogni fase di lavoro che compone la linea con il relativo tempo ciclo. Il tempo di uscita del prodotto finito dalla linea deve avere un ritmo che corrisponde al TT. Il bilanciamento serve inoltre a identificare il numero di operatori necessari in ogni fase del flusso. Se il tempo impiegato dall'operatore che lavora in una fase coincide con il TT, per rispondere alle esigenze del cliente, basta un'unica persona che completa il ciclo di quella fase. Se per esempio invece, il tempo necessario per le lavorazioni risulta maggiore, diventa necessario impiegare in quella fase più di un operatore. In questo caso va distribuito il lavoro tra gli operatori assegnando loro le specifiche operazioni da eseguire. Il metodo per determinare il numero degli operatori necessari è il seguente:

$$N^{\circ} \text{ operatori} = \frac{\text{Tempo ciclo} \left[\frac{h}{pz} \right]}{\text{Takt Time} \left[\frac{h}{pz} \right]}$$

Oltre al lavoro degli operatori, i sistemi produttivi comprendono la gestione dei materiali e delle attrezzature e il lavoro dei macchinari necessari alla produzione. Tutte le componenti del sistema produttivo devono rispettare il TT per ottenere un flusso continuo. Ogni macchina deve completare il proprio ciclo in tempo per passare alla fase successiva così come i materiali richiesti da ogni fase devono essere disponibili ogni volta in cui essa ricomincia. Il corretto funzionamento di questi fattori deve servire a permettere all'operatore di svolgere il proprio lavoro nel modo più efficiente possibile. Anche il layout della zona dedicata alla linea assume un ruolo importante in quanto deve essere tale da minimizzare l'accumulo di materiale tra una stazione e l'altra, deve essere funzionale all'eliminazione degli spostamenti degli operatori dalla zona di lavoro e deve aiutare a rimuovere gli ostacoli e consentire di svolgere solo operazioni a valore aggiunto.

Dopo aver analizzato il processo per costruire un flusso continuo di produzione è rilevante fare un'ultima considerazione. La domanda proveniente dal mercato non rimane costante e quando cambia bisogna capire come aggiustare il flusso produttivo. Non è vantaggioso cambiare frequentemente il ritmo poiché si tradurrebbe in un aumento dei costi e in una diminuzione della qualità e per contro, anche un cambiamento ritardato apporterebbe problemi alla produttività.

Nella Lean Manufacturing, sia la produzione che le funzioni a supporto sono legate al Takt Time, il che significa che sono orientate alla soddisfazione del cliente. Il passaggio alla produzione a flusso è un cambiamento visibile e consiste in un primo passo per implementare i principi Lean. Il flusso continuo apporta diversi vantaggi sia all'esterno per i clienti che all'interno per l'azienda e può essere considerata come una strategia a lungo termine per migliorare la competitività della stessa.

Il lavoro condotto all'interno dell'azienda si è trattato proprio della progettazione di una linea a flusso per gli impianti automatizzati. La linea LT-LMT rappresenta per Fom Industrie il prodotto avente l'impatto più sostanzioso sul fatturato ed è caratterizzato da una domanda che è decisamente aumentata nell'ultimo periodo perciò, si è deciso di applicare la produzione a flusso ad alcune fasi di montaggio. Nell'elaborato saranno trattati nel dettaglio tutti i passi effettuati per raggiungere questo scopo.

1.4. La funzione Tempi e Metodi

1.4.1. Tecniche per la definizione del tempo standard

Come accennato precedentemente, una parte essenziale nella progettazione di una linea a flusso continuo è la raccolta dei tempi. La misurazione accurata dei tempi delle operazioni eseguite dagli operatori durante ogni fase della linea consente di avere dati molto precisi, che non sempre corrispondono ai tempi standard forniti dai sistemi informativi.

È importante raccogliere i dati per ogni operazione separatamente per evidenziare il tempo "sprecato", specialmente i tempi di attesa. Esso è reso particolarmente evidente

se si confronta la somma dei tempi di ogni operazione presi con il cronometro con il tempo totale di lavoro in cui l'operatore è dedicato all'insieme delle stesse operazioni dall'inizio alla fine. Quest'ultimo risulterà maggiore e la differenza indica il tempo impiegato per le azioni che non aggiungono valore. Per avere misurazioni significative, è necessario ripetere il cronometrando diverse volte. Nel libro *Creating continuous flow* di Mike Rother e Rick Harris², vengono consigliati 10 cronometraggi del ciclo produttivo per avere dati affidabili. La raccolta dei tempi deve essere ripetuta perché spesso capita che gli operatori svolgano il proprio lavoro velocemente e risulta difficile riuscire a seguire ogni operazione con la giusta attenzione rendendo necessaria la ripetizione dell'osservazione nel ciclo successivo. Il numero delle misurazioni dipende tuttavia dalla durata del ciclo in quanto, è utile ripetere più volte le misurazioni per cogliere ogni dettaglio ma questo rappresenta anche un dispendio di risorse e comporta la valutazione costi/benefici. In questo lavoro di tesi sono state effettuate rilevazioni cronometriche in un numero minore in quanto il tempo ciclo studiato è molto elevato.

Solitamente si misurano i tempi delle operazioni eseguite da una persona esperta anche se il dato è più realistico se si considerano i tempi impiegati da operatori diversi. I dati ottenuti dovranno essere poi confrontati e andranno selezionati i tempi più rappresentativi: usualmente si tiene il tempo più basso ripetuto più spesso. Un punto fondamentale è comunicare all'operatore che si sta valutando il tempo dell'operazione e non la velocità con cui la sta eseguendo.

I tempi impiegati dagli operatori possono essere molto diversi da un ciclo all'altro e l'obiettivo deve essere quello di trovare il modo migliore possibile per eseguire una certa operazione e di creare le condizioni per favorire la lavorazione nel modo più vantaggioso individuato. Ci si riconduce in questo modo, all'importanza della standardizzazione del lavoro che consente di avere un miglioramento continuo dei metodi di lavoro, pilastro della Lean Manufacturing. Nel libro *Tempi e Metodi* di

² Rother M., Harris R., *Creating Continuous Flow*, 2001

Marco Minati³, l'autore scrive: “...migliorare significa, prima di tutto, conoscere e, per conoscere, bisogna misurare. La prima cosa da misurare è il lavoro.”. Questo è il motivo per cui questa funzione risulta così importante per un cambiamento nella produzione. È necessario prendere una misura diretta dei tempi poiché i tempi a consuntivo sono imprecisi: sono tempi dichiarati al lordo delle perdite e delle attività di supporto alla produzione come attrezzaggi e trasporti e inoltre, possono essere effettuate registrazioni in modo approssimativo.

È utile riportare alcuni concetti. Il tempo viene misurato tramite un cronometro e la durata dell'operazione è definita come la quantità di tempo nel quale questa viene portata a compimento. Il lavoro contenuto in un'operazione è rappresentato invece dal seguente rapporto:

$$L = D * U$$

Ovvero la durata dell'operazione per il numero di risorse impiegate, operatori o macchine.

Il tempo standard di un'operazione consiste nel tempo che l'azienda assegna alle risorse coinvolte in una operazione per eseguirla secondo un metodo stabilito. Al tempo standard si arriva seguendo una procedura che parte dalla misurazione del tempo osservato ripetuta su più cicli produttivi. Dai dati raccolti si trova poi il tempo normale che serve per l'ottenimento del tempo assegnato ottenuto applicando una maggiorazione per poi arrivare ad ottenere il tempo standard. Al tempo normale viene infatti aggiunta una maggiorazione arbitraria per affaticamento e imprevisti mentre il tempo assegnato viene aumentato per fabbisogni fisiologici, incremento del 4,16% per gli uomini e del 5% per le donne.

Il metodo di lavoro e il relativo tempo per eseguire ogni operazione vanno a determinare l'efficienza di un sistema produttivo. Lo sviluppo di metodi che generano

³ Minati M., *Tempi e Metodi*, 2012

una riduzione del tempo di impiego delle risorse porta un vantaggio economico. Tuttavia, non esiste una disciplina scientifica per lo studio dei metodi in quanto ci sono molti fattori di variabilità che dipendono dal prodotto, dalle tecnologie, dalla qualità delle risorse e dall'ergonomia del posto di lavoro. È compito perciò dell'analista, in collaborazione con il team di produzione, trovare il metodo migliore per eseguire un'operazione.

Dati precisi, puntuali e garantiti nel tempo sono perciò informazioni strategiche per un'azienda soprattutto nel momento in cui sta ripensando ai suoi sistemi produttivi per la progettazione di un cambiamento. In ottica Lean, una visione chiara dei metodi di lavoro consente di eliminare gli sprechi valorizzando le operazioni a valore aggiunto.

2. Capitolo 2: Fom Industrie

Questo primo capitolo presenta l'azienda Fom Industrie, nella quale è stato condotto il progetto di tesi. A seguito di una presentazione generale sul core business e sulla composizione del gruppo al quale appartiene, viene descritta la gamma prodotti proposta da Fom. Si passa poi ad una descrizione dell'andamento economico dell'industria delle macchine utensili, focalizzandosi sulle caratteristiche delle aziende appartenenti al settore e agli obiettivi che devono raggiungere per soddisfare il mercato. Successivamente viene eseguita un'analisi più specifica dell'andamento dell'azienda confrontando i bilanci chiusi al 31/12/2020 e 31/12/2021 per capire le motivazioni che hanno portato alla decisione di intraprendere questo progetto. Infine vengono presentati nel dettaglio gli impianti automatizzati, il loro funzionamento e le caratteristiche della linea LT-LMT, prodotto di Fom Industrie sul quale è stato studiato il cambiamento.

2.1. Presentazione dell'azienda

L'azienda viene fondata nel 1972 da Gianfranco Pettinari e Franco Sparaventi. Fom, acronimo di Fonderie Officine Meccaniche, nasce come officina meccanica in uno stabilimento situato a Cattolica. La prima macchina risale all'anno successivo e consiste in un attrezzo in grado di fare fori e asole per lavorare gli infissi in alluminio. Entrando in un settore dall'elevato potenziale, l'azienda continua negli anni ad

ingrandirsi trasferendosi in uno stabilimento più grande a Misano Adriatico nel 1976 per poi stabilizzarsi nuovamente a Cattolica nel 2002. L'azienda compie, negli anni, una rapida ascesa e nel 1980 entrano a far parte della società due nuovi soci: Nello Andreani e Lorenzo Paci.



Figura 1 stabilimento di Cattolica, immagine presa da https://www.fomindustrie.com/azienda/#chi_siamo

Oggi, Fom Industrie è presente in tutto il mondo come leader per la costruzione di macchina per la lavorazione e il taglio di estrusi in alluminio. L'azienda vanta una tecnologia all'avanguardia e nel 1989 acquisisce la prima filiale, espandendosi nel mercato mondiale. Con 9 aziende manifatturiere, 10 filiali commerciali e 55 distributori, il gruppo cerca di avere un controllo e una gestione completa di tutte le fasi della filiera produttiva. Oltre alla produzione dei macchinari, vengono curati i servizi aggiuntivi e complementari come la logistica, i software sviluppati all'interno e la manutenzione. Il gruppo comprende Fom Industrie, Comall, FST, ProfteQ, Tex, Rim, Graf Synergy, BCR, CIMA tech. La prima è produttrice di macchine per il taglio e la lavorazione dell'alluminio; Comall è invece specializzata in macchine per la lavorazione di profilati in alluminio e PVC. Produce punzonatrici di vario genere, attrezzature per la logistica di officina (magazzini, carrelli, banchi, sistemi di

movimentazione), impianti per il taglio termico, troncatrici, foratrici e rulliere. FST propone soluzioni software per il serramento e le macchine per la lavorazione dell'alluminio e PVC, offre programmi di consulenza, implementazione, formazione, assistenza tecnica e aggiornamenti per garantire l'innovazione nel campo dell'Information Technology. ProfteQ, situata a Padova e importante acquisto del gruppo, produce soluzioni e sistemi di elevata qualità offrendo una vasta gamma di modelli per la lavorazione di profili in PVC. Tex fornisce soluzioni per l'automazione industriale garantendo performance elevate e costanti nel tempo attraverso sistemi elettronici per il controllo di macchine industriali di vari settori come la lavorazione del metallo, pietra, legno, tessile, vetro e ceramica. Rim è specializzata nelle attrezzature per l'assemblaggio dei serramenti. Graf Synergy, acquisizione molto vantaggiosa per il gruppo, è leader nella costruzione di macchine per lavorare profilati in PVC e detiene diversi brevetti relativi alle macchine saldatrici aventi la tecnologia "senza cordolo di saldatura". BCR è nel settore della meccanica di precisione e utilizzando sistemi di progettazione e simulazione 3D e sistemi CAD-CAM, esegue lavorazioni meccaniche di precisione su plastica, alluminio e acciai speciali. Infine CIMA tech fornisce soluzioni per l'industria del packaging nel campo specifico di movimentazione industriale interna di contenitori di vario tipo.

Fom Industrie s.r.l. ha registrato nel 2021 un fatturato di € 73.648.631. Il gruppo conta circa 500 dipendenti, 312 dei quali lavorano nello stabilimento di Cattolica.

I valori su cui è fondata la cultura aziendale sono l'etica, la trasparenza e la ricerca dell'eccellenza dichiarati nel Codice Etico ai sensi del decreto legislativo no.231 dell'8 Giugno 2001, il quale deve ispirare il comportamento dei dipendenti nello svolgimento delle attività e nei rapporti con gli stakeholders.

2.2.Gamma Prodotti di Fom Industrie

La gamma di prodotti offerta da Fom Industrie comprende:

- Impianti automatizzati;
- Centri di lavoro;

- Troncatrici a due teste;
- Troncatrici monotesta;
- Intestatrici;
- Pantografi;
- Cianfrinatrici;
- Foratrici;
- Rulliere e battute;
- Taglio termico;
- Macchine complementari.

Gli impianti automatizzati consistono nelle linee di lavorazione e taglio LMX2 650, LMX 650, LMT 65, LMT 65 2P e nelle linee di taglio LT 550, LT65, LT500, LT 600. Le Linee LT-LMT sono argomento del progetto di tesi e saranno descritte in modo più approfondito successivamente. I centri di lavoro eseguono lavorazioni di foratura e fresatura su profilati in alluminio o acciaio e si differenziano per essere a 5, a 4 oppure a 3+1 assi controllati. I centri di lavoro a 5 assi (Axel 5) sono una soluzione economica grazie alla semplice configurabilità dei piani di lavoro che li rende adatti per la produzione di piccoli lotti, quelli a 4 assi controllati lavorano profili di grandi sezioni (Axel 4) e comprendono il dispositivo Xflow, brevetto di Fom Industrie per regolare e ottimizzare la direzione del flusso di lubrificazione degli utensili (FMC serie 4, FMC serie 3, FMC serie 2). I centri a 3+1 assi includono i centri di lavoro con rotazione del piano di lavoro a 0/90/180 (FMC serie 1) e i centri di lavoro a controllo numerico a 3 assi controllati con posizionamento pneumatico dell'elettromandrino 0/90/180 (ARGO) caratterizzati da semplicità nell'utilizzo e robustezza. Le troncatrici a 2 teste consistono in vari tipi di macchina con diverse modalità di eseguire il taglio in base alla lama, la quale può essere frontale, discendente o ascendente con taglio composto. Le troncatrici a lame frontali presentano uno spostamento motorizzato della testa mobile e inclinazione controllata elettronicamente (BLITZ, BLITZ FW, BLITZ ALVA 550 THETA, BLITZ ALVA 550) oppure controllata pneumaticamente (BLITZ ALVA 500, BLITZ ALVA 500M). Le troncatrici a lame discendenti sono di due tipi:

piramidale (MOXIE) o per profili in acciaio (STEEL 35M) con spostamento motorizzato o manuale della testa mobile a seconda della versione. Infine, esiste un unico modello della troncatrice a lame discendenti piramidale (KEOPE) che consiste nella macchina più flessibile rispetto alle esigenze del cliente, grazie alle diverse configurazioni che può assumere. Tutte le troncatrici sono caratterizzate dalla possibilità di scegliere tra diversi diametri di lama e diverse versioni di lunghezza. La stessa possibilità appartiene anche alle troncatrici monotesta, contraddistinte dalla lama frontale, ascendente, discendente oltre al taglio composto e al taglio automatico. Quelle a lama frontale (SPRING 55 THETA, 55, 45 A, 45 E) hanno una gestione elettronica, pneumatica o elettropneumatica dell'inclinazione della lama, quelle a lama ascendente (PANDA 550 THETA, 550, 400, 300 ECHO, la rifilatrice DUMBO, KAIMAN PIX 700 THETA, F) presentano una gestione manuale della rotazione e discesa della lama, come anche le troncatrici a lama discendente (SIKA PLUS M, SIKA PLUS oleopneumatica con discesa lame e morse pneumatiche). Per ultimi, il taglio composto viene eseguito dalla troncatrice monotesta KAIMAN 700 THETA, mentre quello automatico dai modelli MIRAGE e MIRAGE 600 che hanno il taglio fisso a 90°. Le intestatrici realizzano intestature con angolo variabile da 45° dx a 45° sx (MISTRAL 26 26°, MISTRAL 200) o con angolo fisso a 90° (JET) e hanno il principale vantaggio di avere un cambio rapido del gruppo frese con bloccaggio automatico che permette minimi tempi di fermo macchina. I pantografi elettropneumatici, con la funzione di eseguire incisioni di stampi e modelli, sono presenti in catalogo con rotazione del piano di lavoro (MATISSE), con regolazione in altezza del piano di lavoro (PRINCE) e con unità foratura a 3 fusi (CALCO TER) oltre ai modelli ISOS e CALCO. Le cianfrinatrici, utilizzate per la lavorazione degli angoli, sono a 4 teste con posizionamento utensili controllato e banco di carico e scarico automatico per permettere una produttività molto elevata e l'inserimento in un flusso di lavoro a ciclo continuo (EVER THETA A, C) oppure, con carico/scarico manuale (EVER THETA) che comprendono un modello di assemblatrice di angoli (BAHIA L). Nel comparto delle foratrici sono messe a catalogo foratrici elettropneumatiche a due teste mobili

(PEGASO 2), a due mandrini in linea (PEGASO), per accoppiamento a 90° (TEBE) e un banco per unità foratura (GEMINI) ovvero una foratrice configurabile multitesta. Nella lista della gamma prodotti di Fom Industrie sono incluse rulliere e battute, prodotte da un'altra azienda appartenente al gruppo: Comall. Anche per quanto riguarda il taglio termico è Comall che produce gli impianti di produzione di profili senza conducibilità termica grazie a un corpo centrale di un materiale isolante, situato all'interno del profilato. Produce inoltre zigrinatrici per rendere ruvide le superfici in modo da aumentare la resistenza allo scivolamento della "barretta" inserita all'interno, assemblatrici per profili e macchine per prova antisfilamento. Infine, si possono trovare tra le possibilità di acquisto ulteriori macchine marchiate Comall complementari alla produzione: carrelli, aspiratori, banchi, sistemi di movimentazione e accessori per la logistica e assemblaggio.

Come si può notare dalla descrizione dei vari prodotti offerti dall'azienda, il ventaglio è molto esteso e comprende, oltre alle macchine industriali prodotte all'interno dello stabilimento di Fom industrie, altri impianti e attrezzature prodotte da un altro membro del gruppo Fom. Questo consente un'ampia possibilità di scelta per i clienti che intendono acquistare un prodotto Fom, potendo spaziare tra diverse opzioni e configurazioni. I macchinari sono personalizzabili in relazione alle esigenze del cliente il quale, può trovare macchinari con una grande varietà di prestazioni, costi, dimensioni e tipologie di lavorazione dei profili. Oltre a questo, possono essere integrate all'acquisto macchinari complementari e funzionali per la logistica interna, opzione che riflette la volontà dell'azienda di avere una gestione a 360° della filiera produttiva. Alcuni dei macchinari inoltre, sono accompagnati da software integrati per la programmazione delle lavorazioni, sviluppati da FST, o da unità di controllo di Tex, altre componenti del gruppo.

2.3. Contesto di riferimento e situazione attuale dell'azienda

2.3.1. Andamento economico generale

L'industria italiana produttrice di macchine utensili ha un ruolo fondamentale nel panorama internazionale. Il settore delle macchine utensili rappresenta uno dei punti di forza dell'industria manifatturiera italiana, dovuto a una tradizione radicata nel nostro paese. L'Italia è pertanto arrivata a classificarsi tra i maggiori produttori di macchine utensili al mondo. Nell'industria metalmeccanica, quella italiana è quinta nella classifica di produzione e quarta nell'esportazione e consumo.

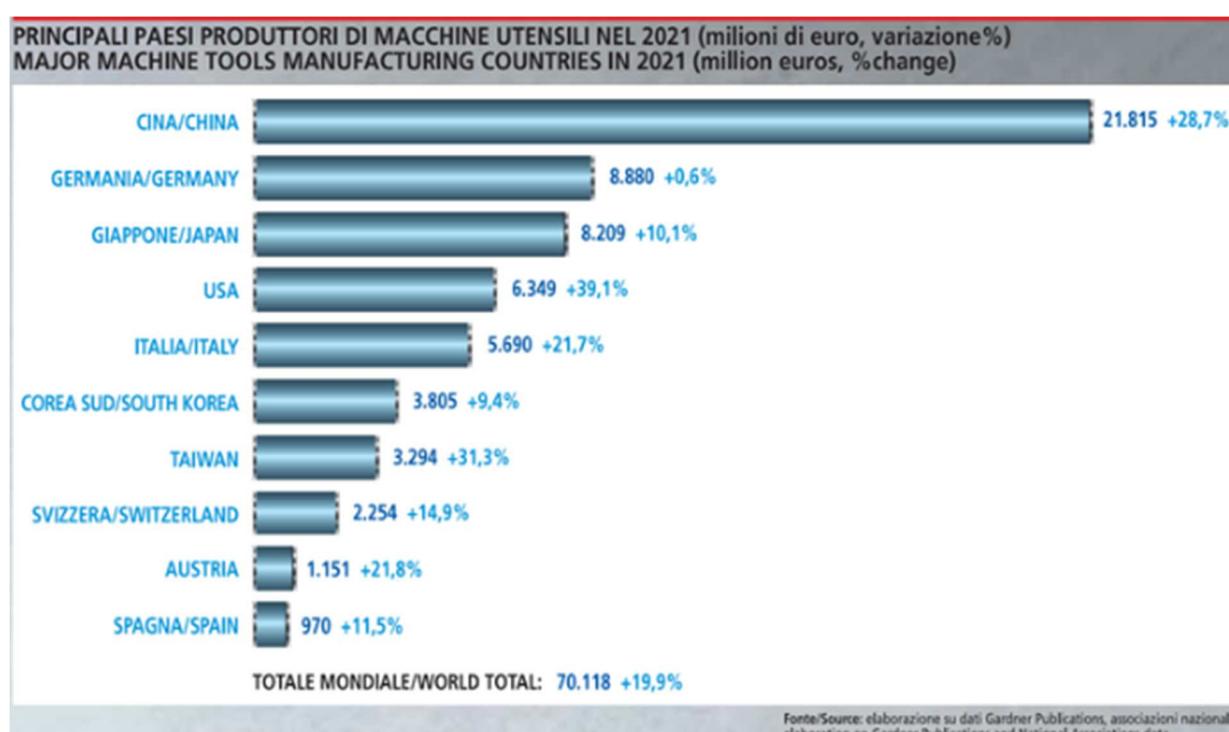


Figura 2 Classifica dei paesi produttori di macchine utensili nel 2021, Fonte: elaborazione dati Gardner Publication associazioni nazionali

Dai dati di preconsuntivo elaborati dal Centro Studi & Cultura di Impresa di UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE emerge che, per quanto riguarda i produttori, il settore delle macchine utensili nel 2021 ha contato un aumento del 21,7% rispetto al 2020 pari a 5690 milioni di euro. Per l'esportazione si registra un incremento del 12,2% (2945 milioni di euro) mentre tra i paesi consumatori si ha un +40,0% con 4006 milioni di euro. Questo scenario, che vede una rapida ascesa del settore, ha determinato un aumento della media annua di utilizzo della capacità produttiva che è passata dal 65% nel 2020 all'80,2% nel 2021. Crescita che ha coinvolto anche gli ordini che sono tali

da coprire 7,3 mesi di produzione contro i 5 mesi dell'anno 2020. Il risultato è dovuto al positivo andamento delle consegne dei costruttori italiani sul mercato interno e delle esportazioni. Il primo paese di destinazione del made in Italy di settore è la Germania seguita da Stati Uniti, Cina, Polonia e Francia. Nonostante la crescita della domanda, persistono delle difficoltà a causa del difficile reperimento di componenti e di materie prime che comportano uno scollamento tra la raccolta di ordini e la consegna dei macchinari.

Le caratteristiche delle aziende costruttrici di macchine utensili rispecchiano quelle del sistema produttivo italiano: piccole-medie imprese, orientate all'esportazione e con una forte attenzione alla qualità. Le previsioni per l'anno 2022 annunciano una continuità in questa linea di crescita: il 13% in più rispetto al 2021 per la produzione e il 13,6 % per l'export, tornando ai livelli precedenti alla pandemia. Persiste la scarsità delle materie prime, peggiorata durante il 2022 a causa della situazione internazionale. La domanda di rame, palladio, nichel, neon e alluminio è in aumento ma non riesce ad essere soddisfatta a causa di diversi fattori tra i quali i problemi logistici e l'aumento dei costi relativi ai materiali provenienti dalla Cina nonché per i problemi di rifornimento dovuti alla guerra in Ucraina che riguardano soprattutto l'alluminio, essendo la Russia il secondo produttore mondiale dopo la Cina. Ulteriori problematiche che riguardano il settore consistono nell'importanza sempre maggiore conferita alla personalizzazione di prodotto e nell'internazionalizzazione, elemento strategico per la competitività. Nel tempo, la frammentazione della produzione per permettere la realizzazione di prodotti customizzati ha aiutato l'Italia a difendersi sui mercati dei paesi emergenti tramite approcci strutturati rivolti a mercati esteri, anche se le dimensioni contenute delle imprese italiane non gioca a nostro vantaggio nella competizione internazionale. L'obiettivo delle aziende che fanno parte del settore è diventato perciò, l'offerta di prodotti che permettano ai loro clienti un salto innovativo e allo stesso tempo garantiscano un'offerta personalizzata. Un altro punto fondamentale per il settore è la focalizzazione sulla fornitura di servizi. Servizi di pre e post vendita, co-progettazione con i clienti, sviluppo di software e formazione degli

operatori che utilizzeranno le macchine, consentono di mantenere la leadership nel settore e di aumentare i margini di ricavo.

Dopo aver dato una visione generale sull'andamento del settore a cui appartiene l'azienda studiata, è necessario entrare maggiormente nello specifico. Come si può immaginare, anche Fom Industrie, in quanto leader nella produzione di macchine utensili per il taglio e la lavorazione di profilati di alluminio, è stata coinvolta nella crescita significativa di settore.

2.3.2. Analisi di Bilancio

I dati relativi all'analisi che saranno esposti sono stati ricavati dai bilanci chiusi al 31-12-2020 e al 31-12-2021, corredati dalle rispettive relazioni sulla gestione. Tali documenti sono stati estratti dai dati pubblicati sul Registro delle Imprese di Forlì-Cesena e Rimini.

Esaminando lo Stato Patrimoniale, una delle voci che salta all'occhio è quella relativa alle immobilizzazioni materiali dal dettaglio della quale risulta un incremento di investimenti per € 789.667 in impianti e macchinari (da € 372.263 nel 2020 a € 1.161.930 nel 2021) segnalati anche nella nota integrativa come incremento significativo dovuto all'acquisto di una fresatrice. Un ulteriore aspetto da sottolineare è l'incremento dei crediti tributari da € 473.171 al 31-12-2020 a € 1.090.716 al 31-12-2021 dovuto allo sfruttamento dei contributi (credito di imposta) per investimenti in tecnologie 4.0 e all'Ecobonus a seguito dell'acquisto di una nuova caldaia a servizio della fabbrica. Inoltre, l'aumento dei crediti verso clienti pari a € 13.358.481 nel 2021 rispetto a € 8.225.932 del 2020 è dato dal maggior portafoglio ordini e fatturato. Le rimanenze finali subiscono un incremento di € 2.176.205 che si può considerare modesto in relazione all'incremento del volume d'affari. Si segnala poi un aumento molto rilevante della liquidità aziendale che passa da € 8.230.990 ad € 21.652.268 con un incremento di € 13.421.278, dato che attesta l'ottimo ciclo finanziario (incassi/pagamenti) dell'azienda.

Il patrimonio netto al 31-12-2021 ammonta a € 55.358.821 (comprensivo dell'utile dell'esercizio) aumentando considerevolmente rispetto ai € 48.328.871 della chiusura del 2020, incremento dovuto principalmente sia all'accantonamento di gran parte dell'utile del 2020 che della rilevanza dell'utile del 2021 incluso nel patrimonio. Si segnala poi una ulteriore rivalutazione dei beni dell'attivo evidenziata nell'aumento della riserva di rivalutazione. La società quindi si autofinanzia mediante l'accantonamento di gran parte dell'utile dell'esercizio nel patrimonio aziendale, distribuendo ai soci soltanto una piccola parte di esso.

Nel passivo, altre voci degne di nota sono gli acconti ricevuti da clienti, aumentati di € 4.891.258 che denotano un maggior valore degli anticipi ricevuti dai clienti per forniture di beni e servizi in corso alla fine dell'anno. Per contro i debiti verso fornitori, aumentano di € 10.840.374 a causa dell'aumento degli acquisti e delle forniture in genere, dovuto in parte al rincaro dei prezzi di acquisto delle materie prime che riguarda questo periodo storico, particolarmente rilevante negli ultimi mesi del 2021.

Passando all'analisi del Conto Economico si può evidenziare l'aumento dei ricavi che ammontano a € 73.648.631 nel 2021 rispetto ai € 51.999.373 del 2020.

Considerando inoltre i ricavi complessivi, intesi come somma algebrica dei ricavi delle vendite e delle prestazioni e delle variazioni delle rimanenze di prodotti in corso di lavorazione, semilavorati e finiti si rileva un aumento del 45,22% rispetto all'anno precedente.

$$73.648.631€ + 97.254€ = 73.745.885€ \quad (2021)$$

$$51.999.373€ + (-1.216.874€) = 50.782.499€ \quad (2020)$$

Riguardo ai costi di acquisto di materie prime, di consumo e merci anch'essi da intendersi al netto della variazione delle rimanenze, assistiamo a un aumento rispetto all'esercizio precedente pari al 59,22%.

$$43.453.137 € - 2.071.279€ = 41.381.858€ \quad (2021)$$

27.394.912€ – 1.405.524€ = 25.989.888€ (2020)

Come si può vedere, l'incremento dei costi di acquisto di materie prime ha subito un aumento molto rilevante e maggiore rispetto all'incremento dei ricavi di vendita, di conseguenza il margine sulle vendite considerando solo i costi "più strettamente variabili" è diminuito passando dal 48,82% del 2020 al 43,89% del 2021.

Risulta quindi possibile ricavare la marginalità delle vendite:

73.745.885€ – 41.381.858€ = 32.364.027€ (2021)

50.782.499€ – 25.989.388€ = 24.793.111€ (2020).

Ciò denota una marginalità che diminuisce lievemente per effetto del maggior incremento dei costi relativi agli acquisti.

Anche i costi fissi subiscono un aumento, i costi per servizi sono aumentati di € 2.244.341, i costi del personale sono cresciuti di € 2.615.972 a causa del rientro dell'intero organico sul posto di lavoro successivamente all'emergenza pandemica, e dall'incremento di ULA a seguito di assunzioni, mentre gli ammortamenti sono aumentati di € 1.567.556 a causa degli investimenti effettuati nel periodo di riferimento.

Considerando dei dati più aggregati, la redditività totale delle vendite data dall'indice ROS che sarà evidenziato più avanti, registra comunque un miglioramento per effetto della ripartizione dei costi fissi (seppure incrementati) su un maggiore volume di ricavi.

Infine è doveroso sottolineare la rilevanza dei proventi da imprese collegate che passano da € 400.000 nel 2020 a € 3.200.000 nel 2021 con un aumento di € 2.800.000, senza addentrarsi nei dettagli si tratta di proventi finanziari che provvedono ad un incremento sostanzioso dell'utile che però non rappresentano ricavi "caratteristici" della società.

Dopo aver analizzato gli aspetti più significativi emersi dal confronto tra i bilanci chiusi al 31-12-2020 e al 31-12-2021, possono essere fatte alcune considerazioni per valutare

la performance dell'azienda. Con un risultato di esercizio positivo di € 8.258.326 alla chiusura del 2021 confronto ai € 3.187.338 della chiusura del 2020, per prima cosa è utile valutare l'EBITDA o margine operativo lordo che risulta pari a € 8.115.828 per il 2021 rispetto a € 4.968.429 del 2020. Esso rappresenta l'utile prima di oneri finanziari, tasse, svalutazioni e ammortamenti e vede un aumento del 63,35% che, come spiegato nella relazione sulla gestione, deriva sia dall'aumento dei ricavi che da una politica di contenimento dei costi fissi, ma è anche influenzata dall'ottenimento di contributi in conto esercizio e a capitali per investimenti eseguiti in nuova tecnologia e penetrazione nei mercati. Questo andamento riflette il trend seguito dal settore delle imprese costruttrici di macchine utensili, come descritto in precedenza. Tramite l'EBITDA è possibile calcolare alcuni indici riportati di seguito:

$$ROS = \frac{EBITDA}{RICAVI DA VENDITE}$$

$$ROI = \frac{EBITDA}{CAPITALE INVESTITO (TOTALE IMMOBILIZZAZIONI)}$$

$$ROE = \frac{EBITDA}{TOTALE PATRIMONIO NETTO AL NETTO DELL'UTILE}$$

Rispettivamente, questi rapporti indicano la redditività delle vendite, del capitale investito e del capitale proprio. Nella tabella seguente vengono mostrati i risultati ottenuti:

	31/12/2021	31/12/2020
EBITDA	8.115.828,00 €	4.968.429,00 €
RICAVI DA VENDITE	73.648.631,00 €	51.999.373,00 €
CAPITALE INVESTITO	39.213.342,00 €	39.836.356,00 €
PATRIMONIO NETTO	47.100.495,00 €	45.141.533,00 €
ROS	0,110196590	0,095547864
ROI	0,206965986	0,124720971
ROE	0,172308762	0,110063364

Tabella 1 Indici della gestione caratteristica

Come si può notare, tutti gli indici della gestione caratteristica aumentano a indicare una performance aziendale positiva che si riflette anche finanziariamente dal consistente aumento di liquidità aziendale.

Tuttavia, dati i costi fissi molto elevati e l'aumento progressivo, in questo momento storico dei costi di acquisto delle materie prime, diventa strategico per Fom Industrie che l'aumento della produzione possa soddisfare l'aumento della domanda di mercato continuando a contenere l'impatto dei costi fissi mediante un recupero di efficienza nella produzione, nella gestione del magazzino e negli acquisti. Si consideri infatti che, l'aumento di utile dell'anno 2021 è stato provocato anche da fattori "non caratteristici" e non sempre ripetibili come i proventi da partecipazioni e l'ottenimento di contributi su investimenti ed altri crediti di imposta, e che la situazione internazionale di approvvigionamento delle materie prime è notevolmente deteriorata rispetto al 2021. Risulta quindi fondamentale un lieve recupero ed un consolidamento della marginalità primaria (ricavi di vendita - costi di acquisto) che può essere ottenuto dall'azione congiunta dell'efficientamento del processo di acquisto, produzione e magazzino e da un adeguamento continuo dei listini di vendita.

2.4. La Linea LT-LMT

Come detto precedentemente, nella tradizione italiana l'industria delle macchine utensili ha sempre assunto un ruolo fondamentale. I processi produttivi sono in continua evoluzione e in particolare la lavorazione dei metalli è un terreno fertile per l'innovazione tecnologica. Con l'obiettivo di semplificare e rendere più veloce e preciso il lavoro manuale sono nate le macchine utensili, strumenti e macchine che compiono una trasformazione di un materiale attraverso l'utilizzo di utensili. I materiali lavorati sono materiali rigidi come il metallo che possono subire modifiche mediante taglio, rettifica, foratura e altri generi di deformazioni. La produzione attuale di macchine utensili comprende la costruzione di macchine a controllo numerico, precise e flessibili, fino alla costruzione di impianti maggiormente automatizzati. I vari modelli di macchine possono essere di diverse dimensioni e di diversa complessità ma presentano alcuni elementi in comune. Includono il basamento, una struttura in ghisa

o acciaio saldato per conferire stabilità e robustezza, il mandrino nel quale sono inseriti elementi per sostenere l'utensile e il pezzo da lavorare, i motori elettrici per trasmettere i moti necessari alla lavorazione e gli alberi. Tra gli alberi si distingue l'albero motore alimentato direttamente dal rotore del motore elettrico e gli alberi condotti collegati tramite organi di trasmissione.

La produzione di Fom Industrie è fortemente orientata verso prodotti ad alto contenuto tecnologico e impianti automatizzati. Gli obiettivi dell'azienda nello sviluppo di soluzioni innovative sono:

- Migliorare le performance produttive;
- Incrementare l'affidabilità dei macchinari;
- Garantire la sicurezza e la salvaguardia degli utilizzatori.

Per quanto riguarda le performance produttive l'azienda vuole migliorare l'efficienza delle macchine grazie all'uso di strumentazioni intuitive da parte degli utilizzatori e a un'automazione più elaborata per ridurre gli interventi manuali. L'affidabilità e la qualità dei prodotti sono ciò che distingue Fom Industrie. L'azienda punta molto sugli investimenti nella ricerca e sperimentazione di nuove macchine e tecnologie e inoltre considera un fattore importante la sicurezza e la salvaguardia dei lavoratori riponendo molta attenzione sull'ergonomia, sulla riduzione del rumore, dei trucioli, e sui dispositivi di sicurezza.

Come descritto precedentemente, la gamma dei prodotti di Fom Industrie è molto ampia e prevede diverse tipologie di macchinari che vanno dai Centri di lavoro CNC alle Linee automatiche di taglio e lavoro.

Uno dei prodotti di maggior interesse per l'azienda sono gli impianti automatizzati. Essi apportano il peso maggiore sul fatturato avendo un costo elevato ed essendo la domanda di questi macchinari molto sostenuta. Per questo motivo è stata presa la decisione di intraprendere questo percorso di tesi relativamente a questo specifico prodotto.

Gli impianti automatizzati comprendono due tipologie di linee, quelle di lavorazione e taglio e quelle di solo taglio. Come preannunciato durante la descrizione della gamma prodotti dell'azienda, esistono diversi modelli di questi impianti. Più precisamente, il progetto si è concentrato sulle linee LT-LMT. Cominciando dalla linea di taglio LT, i modelli si differenziano per il tipo di lama e il suo diametro. La linea è costituita da diversi elementi:

- L'alimentatore barre e sistema presa profilo;
- La pinza;
- Il sistema di avanzamento profilo;
- Il magazzino di carico;
- La cabina insonorizzata;
- L'unità di taglio;
- Il magazzino di scarico.



Figura 3 Linea LT3 550, immagine presa da <https://www.fomindustrie.com/macchine/lt3-550/>

L'alimentatore barre e sistema presa profilo è costituito da una trave in acciaio elettrosaldato. La principale funzione di questo elemento è garantire rigidità e stabilità nel tempo. La pinza è caratterizzata da un posizionamento automatico e controllato in modo da adattare la presa ad angolazioni variabili con un'elevata precisione. Il sistema di avanzamento profilo presenta invece, una serie di rulli orizzontali e verticali in materiale antigraffio ed è dotato di una soluzione innovativa per il ribaltamento e il sostegno automatico del profilo ed intestatura che permette di lavorare barre con geometrie complesse e irregolari. Questi tre componenti formano il "Push". Il "Push"

costituisce una specifica fase della sequenza di montaggio studiata in questo elaborato; sono state analizzate le operazioni svolte, corredate dai tempi impiegati per svolgerle, cercando miglioramenti da applicare per avere un impatto nel montaggio complessivo della macchina. Il “Push”, come si può vedere dalla figura sotto riportata, è composto da un basamento molto pesante e robusto per conferire stabilità al “Carro” montato sulle guide e sulla cremagliera posizionate su di esso. Comprende inoltre una “Catena” collegata alla “Pinza” e infine i “Rulli” per far scorrere i profili da lavorare.



Figura 4 "Push" della linea LT3 550, immagine presa da <https://www.fomindustrie.com/macchine/lt3-550/>

I profili vengono accumulati e fatti traslare verso la cabina insonorizzata tramite il magazzino di carico, il quale detiene una capacità variabile di barre (6-18 barre per LT3 550 e LT 65, 13 per LT 500, 9-13 barre per LT) che possono essere sostenute. Il magazzino viene chiamato “Step-in” e costituisce un’altra fase di montaggio della macchina.

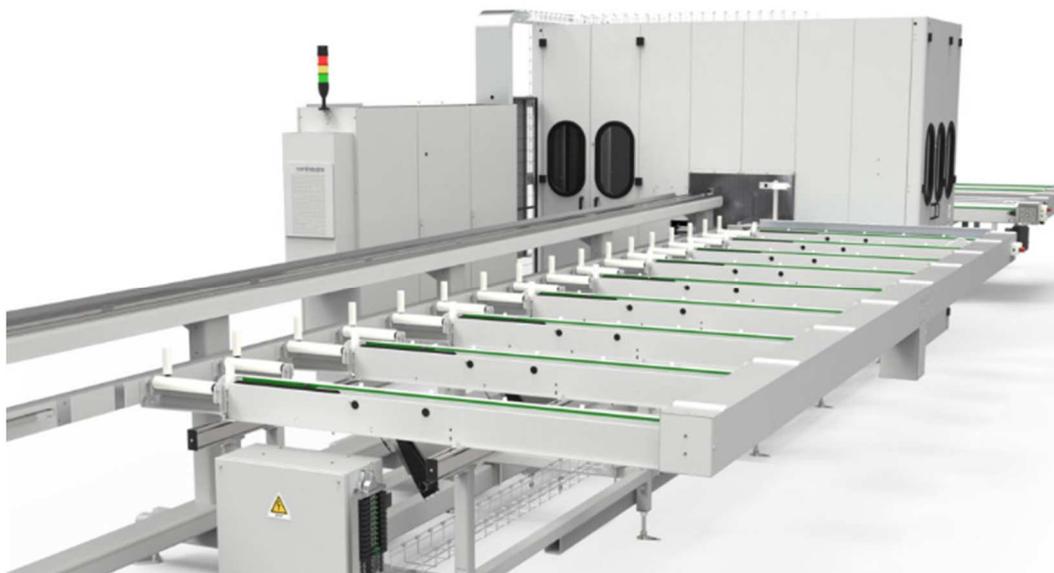


Figura 5 "Step-in" della linea LT3 550, immagine presa da <https://www.fomindustrie.com/macchine/lt3-550/>

Lo "Step-in" è formato da una struttura che deve essere allineata e stabile per permettere agli "step" che sorreggono i profili di essere rettilinei per consentire il moto dei profili verso i rulli del "Push". In base alla versione scelta, può avere capacità di carico differente come le lunghezze minime e massime dei profili trasportabili. Presenta un impianto elettrico e pneumatico collegato agli "step" per regolare il loro moto e la possibilità di montare un gruppo "ribaltatori" per ribaltare i profili che dovranno essere tagliati. Il profilo quando entra nella cabina viene tagliato da una troncatrice che può avere lame di diverse dimensioni che dipendono dal modello della macchina scelto dal cliente. La lama può essere con uscita frontale e discendente (trilama con lame a 45°/90°/135° della LT3 550, lama frontale della LT 65 e della LT500), con uscita ascendente (LT 600) e solitamente ha il posizionamento elettronico dell'inclinazione della lama.

L'ultimo elemento che consente l'estrazione dei pezzi finiti che escono dalla cabina è il magazzino di scarico. Anche detto "Step-out", permette di accumulare i profili tagliati su cinghie motorizzate ("step") che hanno anche la funzione di trasportarli verso l'operatore.

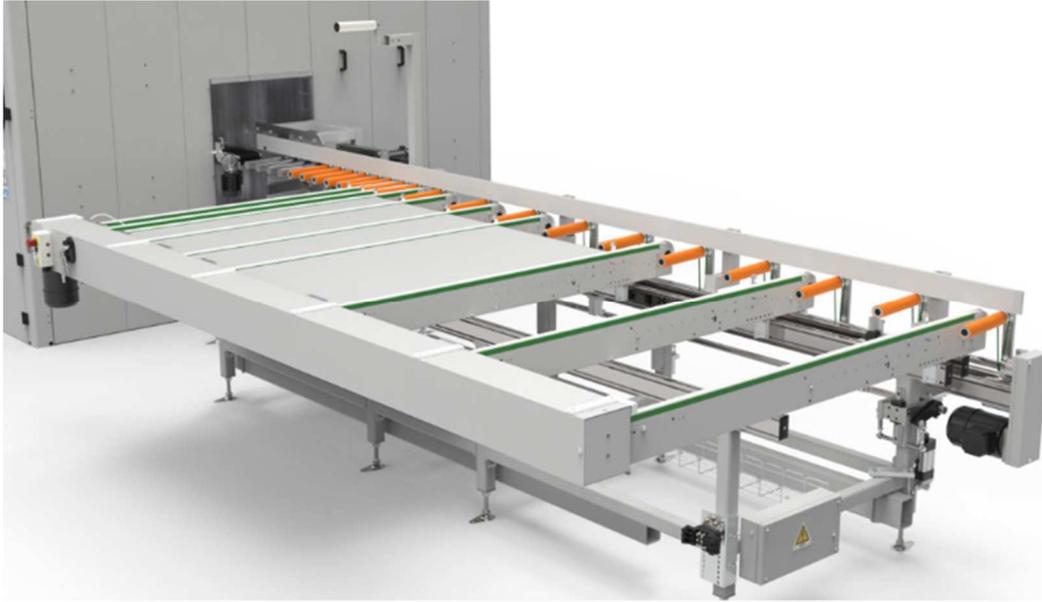


Figura 6 "Step-out" della linea LT3 550, immagine presa da <https://www.fomindustrie.com/macchine/lt3-550/>

Lo "Step-out" è molto simile allo "Step-in" e consiste nell'ultima fase di montaggio per completare la linea. Presenta anch'esso una struttura che deve essere robusta e allineata per consentire il moto di uscita dei pezzi convogliato dagli "step" ma a differenza dello "Step-in", lo "Step out" include i "rulli". Anche per gli step di uscita, i profili possono essere di svariate dimensioni delimitate dalla lunghezza minima e massima scaricabile a seconda della versione. Grazie alle coperture inserite in mezzo agli "step", questi possono movimentare i profili di diverse lunghezze che vengono compattati fino a quando non vengono prelevati dall'operatore. In aggiunta, comprende delle fotocellule per rilevare la presenza e l'accumulo dei profili e un sistema di sicurezza anti-caduta tramite micro di sicurezza. I magazzini di carico/scarico possono essere configurati in profondità e lunghezza (8 varianti per LT3 550, 20 varianti per LT 65, 4 varianti per LT 500, 11 varianti per LT 600) e inoltre, la macchina può essere settata a destra o sinistra a seconda della direzione di avanzamento del materiale.

Le linee LMT di lavorazione e taglio comprendono essenzialmente tutti gli elementi delle linee di solo taglio tranne per un'unità aggiuntiva: l'unità di lavorazione multimandrino. Le linee LMT presentano il "Push" per spingere i profili nel luogo di lavorazione e taglio, lo "Step-in" per caricare e trasportare i pezzi in ingresso e lo "Step-out" per convogliare all'uscita i pezzi finiti. In questo caso però, all'interno della

cabina insonorizzata, oltre all'unità di taglio si trova anche l'unità di lavorazione multimandrino la quale consente di fare lavorazione sulle quattro facce del profilo. Per i modelli LMT 65 e LMT 65 2P il multimandrino può essere attrezzato con un massimo di 16 elettromandrini mentre l'unità di taglio è caratterizzata da un'inclinazione della lama da 20° a 160°. La differenza tra questi due modelli consiste nel fatto che nella linea LMT 65 2P le unità di taglio e di lavoro sono separate per massimizzare la produttività consentendo l'esecuzione contemporanea delle operazioni. Come le linee LT, anche queste possono essere configurate per profondità e lunghezza di "Step-in" e "Step-out" e come macchina destra o sinistra a seconda della direzione di avanzamento dei profili, esistono 20 varianti.



Figura 7 Linea LMT 65, immagine presa da <https://www.fomindustrie.com/macchine/lmt-65/>

Anche le linee LMX2 650 e LMX 650 fanno parte degli impianti automatizzati. Queste macchine sono ancora più sofisticate e comprendono nuovi elementi oltre a quelli visti finora nelle linee LT-LMT. L'unità che le caratterizza è l'unità aggiuntiva FU500 a 5 assi controllati per la LMX2 650 e il modulo aggiuntivo XMU per la LMX 650 per realizzare ogni tipo di lavorazione: forature, fresature, intestature, maschiature, tagli piramidali e inclinati.

Tutti gli impianti automatizzati sono dotati del software FSTLine sviluppato da FST, azienda appartenente al gruppo. Questo software è specifico per la gestione delle linee di taglio e le linee di taglio e lavoro Fom Industrie e permette di gestire le fasi di programmazione delle lavorazioni.

Gli impianti automatizzati, grazie al loro livello di automazione consentono tempi ciclo ridotti per produzioni in serie. È un prodotto molto richiesto dai clienti di Fom Industrie

il quale ha visto un'impennata nelle richieste durante l'ultimo anno. La domanda attuale delle linee LT-LMT si aggira attorno alle 176 macchine all'anno e per questo è stato necessario intraprendere un percorso di ottimizzazione dei processi di produzione.

3. Capitolo 3: Situazione AS-IS

Nel terzo capitolo si comincia con la trattazione del lavoro svolto all'interno dell'azienda. Il progetto di tesi consiste essenzialmente nella progettazione di una linea a flusso continuo per la linea LT-LMT. Dopo aver dato una spiegazione teorica di tutti gli elementi da considerare quando si cambia in questo modo il sistema produttivo, si passa, in questo capitolo, all'analisi della situazione attuale in modo da comprendere i punti su cui agire per implementare il cambiamento. Si inizia da una rilevazione delle criticità eseguita tramite l'osservazione e la ricerca degli sprechi creati all'interno dello stabilimento. La rilevazione delle criticità comprende un inquadramento generale, la descrizione del layout attuale delle isole di montaggio dedicate alla linea LT-LMT e alcune considerazioni sullo stoccaggio e la movimentazione dei materiali necessari alle fasi di montaggio analizzate. Si procede successivamente con la presentazione del lavoro di rilievo dei tempi ciclo svolto in azienda con la relativa interpretazione dei dati raccolti che vengono confrontati con il Takt Time della macchina, calcolato tramite la domanda di mercato. Durante il rilievo dei tempi è avvenuta contemporaneamente l'osservazione del ciclo di montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", dalla quale sono emersi diversi aspetti che vengono riportati in questo elaborato con l'obiettivo di fornire una motivazione alle modifiche apportate nel proseguimento del progetto. Infine, vengono fatte alcune riflessioni sull'utilizzo della manodopera considerando la Skill Matrix e il calcolo del numero degli operatori necessari per svolgere le operazioni di montaggio delle fasi studiate.

3.1.Osservazione e rilevazione delle criticità

3.1.1. Cerchio di Ohno e Gemba Walk, osservazione e ricerca dei 7 sprechi

La prima attività, svolta in azienda, è stata l'osservazione e la rilevazione delle criticità. Dopo un primo sguardo, sono apparse diverse opportunità per applicare i principi Lean.

Il Gemba Walk è una pratica proposta dalla Lean Production System per l'identificazione delle attività che non aggiungono valore. Si mette in atto camminando all'interno dello stabilimento per raccogliere impressioni e concentrare l'attenzione sui possibili miglioramenti da apportare ai processi. Taiichi Ohno propose un metodo per osservare e prendere nota degli errori commessi nel sistema produttivo. Questo metodo consisteva nel mettersi all'interno di un cerchio disegnato per terra con il gesso e da quel punto osservare l'ambiente circostante e i movimenti degli operatori. L'obiettivo è il miglioramento continuo delle attività svolte all'interno dell'azienda le quali devono essere per prima cosa classificate come “a valore aggiunto”, “con nessun valore aggiunto” e “con nessun valore aggiunto ma necessarie”. Il primo passo per individuare le attività che rappresentano uno spreco è fare un elenco dei “Muda” osservati durante il giro di rilevazione degli errori all'interno dell'azienda. All'interno di Fom Industrie, il progetto di tesi è iniziato proprio in questo modo. Camminando nello stabilimento, per avere un'idea della situazione attuale, si è cercato di individuare gli sprechi più evidenti. Ripercorrendo i 7 muda della Lean Manufacturing, sono emersi vari casi di sovrapproduzione e di scorte.

Le macchine prodotte da Fom Industrie, compresa la linea LT-LMT presa in esame, durante la fase di montaggio ricevono alcuni componenti che vengono premontati in un altro reparto dell'azienda. Gli operatori che lavorano in questo reparto si occupano di premontare due diverse tipologie di premontati. Alcuni codici vengono preparati in serie senza avere una scadenza specifica in quanto sono destinati ad essere stoccati in un'ubicazione dedicata e prelevati quando dovranno essere montati sulla macchina. L'altro genere di premontaggi viene invece gestito in modo diverso; sono codici che sono richiesti nel momento in cui comincia ad essere montata la macchina, quindi nel momento in cui servono. Nel primo caso si ha uno spreco dato da sovrapproduzione oltre che da scorte e da movimentazioni interne di materiali. Questi codici infatti, sono compresi in un ordine che prevede il premontaggio di un numero abbastanza elevato di pezzi che occupano spazio nella zona di lavoro dell'operatore fino a quando non vengono movimentati dagli operatori di picking. Inoltre, consiste in una perdita di

tempo anche per questi ultimi in quanto devono prima stoccare i premontaggi finiti, altro spreco poiché occupano spazio in magazzino rappresentando scorte di semilavorati, e tornare a prenderli nel momento in cui devono arrivare nella zona di montaggio della macchina. La produzione dei componenti da montare sulla macchina, che rappresenta il prodotto finito, eseguita in questo modo rischia di generare dei ritardi nella consegna al cliente e dei problemi di qualità che devono essere risolti fermando l'operatore del premontaggio per consentirgli di fare rilavorazioni.

Questo è il caso più eclatante di spreco notato e viene riportato in quanto, durante la progettazione del sistema di produzione a flusso ideato per la Linea LT-LMT, si cercherà di trasformare i codici gestiti nel primo modo molto oneroso in una gestione Just-in-time, facendo partire l'ordine del premontaggio appena prima dell'avvio del montaggio della linea.

3.1.2. Layout della situazione AS-IS

Come accennato prima, nella progettazione di un flusso continuo, il layout della zona dedicata alla linea assume un ruolo importante. Nella situazione AS-IS, la linea LT-LMT viene prodotta con un sistema di produzione "a isole di lavoro". Agli impianti automatizzati nello stabilimento, sono dedicate 14 isole di montaggio nelle quali vengono portate a termine le fasi di montaggio meccanico di "Push", "Step-in" e "Step-out". All'interno delle isole vengono montati separatamente questi tre elementi della linea i quali, una volta completato il montaggio, vengono assemblati insieme comprendendo la troncatrice e il multimandrino, se previsto dal modello dell'ordine programmato. Sempre nella stessa isola viene effettuato il collaudo elettrico e meccanico e infine la chiusura della macchina, preparata per essere trasportata dal cliente e montata nel suo stabilimento di destinazione. Oltre ai metri quadri occupati, la produzione a isole genera importanti tempi di attesa. Uno dei problemi principali del montaggio della linea LT-LMT effettuato in questo modo consiste nel fatto che c'è un numero limitato di operatori che si occupa, oltre che del montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", anche dell'assemblaggio e chiusura della macchina. Eseguendo nella stessa isola tutte le fasi della produzione, dal montaggio degli elementi fino al momento

in cui è pronta per essere consegnata al cliente, ognuna di queste viene occupata per molto tempo, più precisamente vengono impiegate 182 ore per il raggiungimento della macchina completa ovvero circa un mese. Appare evidente che tempi di produzione così lunghi non rendono possibile il rispetto dei tempi dati dal mercato.

Il Takt Time calcolato per la linea LT-LMT, come si vedrà meglio nel prossimo capitolo, è pari a poco più di 1 giorno a macchina, cadenza che presuppone un cambiamento del sistema produttivo, il quale parte da una riprogettazione di layout. La progettazione della linea a flusso riguarda solamente le fasi di montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out” le quali verranno eseguite in una zona dedicata dello stabilimento, rispettando la cadenza data dal mercato. Questo significa che i tre elementi verranno montati separatamente all’interno della zona e ognuno dovrà essere completato rispettando il Takt Time per essere trasportato in un’altra zona dove seguiranno le fasi successive di assemblaggio e chiusura.

Il layout attuale, essendo disposto in modo dispersivo all’interno dello stabilimento, non consente di ottimizzare i percorsi degli operatori di picking, i quali devono prelevare i codici stoccati in scaffalature sparse e portarli nelle aree dove viene eseguito il montaggio. Il grosso vantaggio della concentrazione delle operazioni di montaggio nella stessa area, prevista dalla produzione a flusso, deriva anche da questo: consentire agli operatori di minimizzare gli spostamenti e il trasporto di materiale. La gestione delle isole funziona in modo tale che, entra in produzione una linea LT o LMT programmata, quando una delle isole si libera. Le linee LT-LMT come detto precedentemente, possono assumere varie configurazioni in base alle richieste del cliente, perciò variano molto in lunghezza e in larghezza. In base a questo vincolo, vengono assegnate aree specifiche dello stabilimento, che abbiano lo spazio sufficiente per il montaggio della macchina e queste aree vengono occupate per tutto il tempo necessario al completamento. Poiché il tempo è abbastanza variabile, non essendoci una sequenza precisa delle operazioni e dipendendo dalla disponibilità dei pochi operatori che hanno le competenze per montare questo tipo di macchina, è molto facile che si producano ritardi nella produzione. I ritardi si accumulano in quanto l’inizio

della produzione di un nuovo ordine deve aspettare che l'isola si liberi e tutto si traduce in una rincorsa agli ordini che arrivano dalla pianificazione della produzione.

3.1.3. Stoccaggio e approvvigionamento dei materiali nella situazione AS-IS

Poiché nella situazione TO-BE, si dedicherà una zona specifica alle fasi di montaggio della linea LT-LMT per sfruttare i vantaggi della produzione a flusso dovuti alla vicinanza, è utile inquadrare la situazione attuale di stoccaggio e approvvigionamento dei materiali. In una situazione ideale, una linea a flusso dovrebbe permettere di ottimizzare i percorsi degli operatori che trasportano i materiali e soprattutto degli operatori che prelevano i materiali dai carrelli per eseguire le lavorazioni in linea. Questo dovrebbe comportare un'ubicazione dei materiali stoccati il più vicino possibile alla zona di montaggio.

Durante il montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", agli operatori che lo eseguono vengono consegnati diverse tipologie di materiali che corrispondono ai premontaggi, differenziati come descritto prima, e ai componenti sfusi. Attualmente i codici dei premontaggi preparati in serie vengono prelevati dalle scaffalature dove sono stati stoccati, mentre i codici la cui produzione ha inizio nel momento in cui parte l'ordine di montaggio dell'intera macchina, vengono accantonati nel reparto di premontaggio per poi essere prelevati dagli operatori di picking e portati nell'isola di lavoro. In questo modo l'operatore che ha il ruolo di approvvigionare le Linee LT-LMT, preleva i premontaggi stoccati, quelli pronti per essere prelevati nel reparto di premontaggio e i componenti sfusi impiegando circa 3 ore e un quarto per la fase "Push" e 4 ore e mezzo per "Step-in" e 4 ore e mezzo "Step-out".

Poiché la zona dello stabilimento dedicata al montaggio delle linee sarà presso il reparto di premontaggio, uno degli obiettivi, oltre alla trasformazione dei codici prodotti in serie in codici preparati nel momento giusto, sarà disporre i banchi di lavoro degli operatori che eseguono i premontaggi destinati alle linee, in una posizione vicina a dove questi componenti devono essere trasportati.

Uno dei codici più critici per il trasporto che riguarda i materiali necessari al montaggio delle linee sono le lamiere di copertura. Consistono in lamiere che possono arrivare a pesare fino a 28 kg e hanno la funzione di sostenere il profilo in entrata e in uscita dalla cabina e di proteggere alcuni componenti della macchina. Le grandi dimensioni di questi componenti, che possono essere anche lunghi quasi 4 metri, rendono difficile la loro movimentazione. Nella situazione attuale, le lamiere sono stoccate in una posizione che rende ancora più scomodo il loro prelievo: sono posizionate in una scaffalatura lontana dal punto in cui dovranno essere montate e come si vede nell'immagine riportata, alcune si trovano in ripiani alti di una scaffalatura collocata a ridosso di un'isola di montaggio con conseguente spazio di manovra molto ridotto per permettere al magazziniere di muoversi con il muletto.



Figura 8 Scaffalatura lamiere linea LT-LMT, fotografia scattata in stabilimento

L'attuale disposizione comporta un tempo di attesa per l'operatore di montaggio che lavora nell'isola sottostante la scaffalatura in quanto, deve essere fermato per poter prelevare i codici ubicati in alcune posizioni ed inoltre, comporta una perdita di tempo per il mulettista che deve attendere per poter svolgere il prelievo.

Poiché nella Lean Manufacturing, anche le funzioni a supporto sono legate al Takt Time, il trasporto dei materiali deve anch'esso rispettare la cadenza di produzione. Il materiale che occorre per il montaggio deve infatti essere disponibile nella zona di montaggio appena un ciclo produttivo della linea comincia e perciò diventa fondamentale l'ottimizzazione del lavoro degli operatori addetti al picking di quei codici.

Le fasi di montaggio della linea LT-LMT prevedono un numero molto elevato di codici, circa 40 per il "Push" e circa un centinaio per "Step-in" e "Step-out". In modo da ottenere una produzione snella a flusso e per rendere più fluido il lavoro degli operatori di montaggio, è necessario trovare una soluzione che può per esempio prevedere lo spaccettamento delle fasi di picking ma soprattutto una giusta disposizione dei materiali all'interno della zona di montaggio. Nella situazione attuale infatti, i materiali vengono consegnati tutti in una volta e questo provoca confusione all'interno dell'area oltre che richiedere più tempo per la ricerca del codice giusto tra i tanti altri contenuti nel carrello. Non sono inoltre previste delle posizioni standardizzate dove situare i carrelli, i quali spesso vengono lasciati in mezzo al corridoio rappresentando un intralcio e senza tenere conto degli spostamenti che devono compiere gli operatori di montaggio per prelevare i materiali.



Figura 9 Disposizione materiali per il montaggio della linea LT_LMT e carrello con materiali prelevati, fotografie scattate in stabilimento

Come si può notare dalle figure, i carrelli necessari a contenere l'elevato numero di codici richiesti al montaggio occupano parecchio spazio. Questi codici vengono consegnati tutti insieme e addirittura comprendono componenti che sono in dotazione con la macchina, perciò non vengono montati in quella specifica fase dagli operatori. Gli operatori inoltre necessitano di attrezzature e minuteria contenute in altri carrelli che contribuiscono ad ingombrare l'area rendendo difficili gli spostamenti e il lavoro degli operatori. In questo caso l'obiettivo deve essere applicare le regole del metodo "5S": capire ciò che è superfluo rimuovendolo, sistemare l'area in modo che tutti i materiali siano a portata di mano in un ambiente pulito e riuscire a mantenere lo standard creato.

3.2. Rilievi cronometrici e analisi delle fasi di lavorazione

3.2.1. Raccolta dati e confronto con tempi standard

In questo lavoro di tesi, la focalizzazione è sulle lavorazioni eseguite durante il montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out" della linea LT-LMT. Il processo previsto da queste fasi consiste nel montaggio meccanico, svolto separatamente, dei tre elementi

che compongono la macchina. Nella situazione attuale, viene eseguito all'interno delle isole di montaggio dedicate alle linee, in cui gli operatori cominciano a montare l'impianto dalle prime fasi fino alle ultime di assemblaggio delle parti e di chiusura. Il tempo standard indicato per il completamento della macchina, ovvero da quando comincia il montaggio fino a quando essa risulta pronta per essere consegnata al cliente, è 182 ore.

Per la progettazione della linea a flusso si è presa la decisione di focalizzarsi sulle prime fasi di montaggio meccanico, le quali sono caratterizzate dai seguenti tempi standard, indicati sul gestionale dell'azienda:

	Tempo [h]
Montaggio Push	8,5
Montaggio Step in	20
Montaggio Step out	12

Tabella 2 tempi standard Push, Step-in, Step-out

Questi tempi sono indicativi in quanto possono cambiare in base alla configurazione della macchina ordinata dal cliente. Nella tabella sono mostrati i tempi di montaggio nella configurazione di base. Nel caso in cui l'ordine preveda invece dimensioni della macchina diverse richieste dal cliente, i tempi aumentano in quanto comprendono il montaggio di elementi aggiuntivi come per esempio lo "Step-in doppio" o lo "Step-out doppio".

La progettazione di una linea a flusso continuo eseguita correttamente prevede la raccolta dei dati direttamente sul campo. Attraverso la rilevazione dei tempi è possibile comprendere a pieno il processo produttivo, individuare le operazioni non a valore aggiunto e soprattutto misurare con precisione i tempi realmente impiegati dagli operatori per ogni micro-operazione. Una micro-operazione consiste in un'operazione che non può essere suddivisa in ulteriori operazioni e consente di avere un grado di precisione molto alto, il che rende particolarmente utile il rilievo dei tempi. I tempi

standard d'altra parte, spesso non sono molto accurati e non consentono di avere informazioni specifiche riguardo alle operazioni eseguite.

Durante il rilievo dei tempi del montaggio meccanico di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, si è cercato di scomporre il metodo di lavoro per produrre una sequenza delle operazioni da misurare. Le operazioni eseguite dagli operatori sono riportate nella scheda di rilievo dei tempi mantenendo il dettaglio delle micro-operazioni con una durata superiore ai 10 secondi. Inizialmente, sono stati eseguiti dei cronometraggi di prova per riuscire a distinguere le operazioni e per comprendere la loro sequenza all'interno del ciclo produttivo. Quando si sono eseguiti i rilievi dei tempi veri e propri, per documentarli, sono stati indicati i tempi relativi ad ogni operazione in un foglio di rilievo strutturato in questo modo:

						sec	min	ore	
COMPOSIZIONE:						OP	OPERAZIONE		
						TR	TRASPORTO		
Operatore:						AT	ATTESA		
Ordine:						PU	PULIZIA		
tempo						RI	RILAVORAZ		
						IM	IMBALLAGGIO		
						UdM (Tempo)	sec		
						IMPATTO SU STD	min		
							ore		
QUALE GRUPPO FUNZIONALE?						CHE ATTIVITA'?	SECONDI #####	00:00:00	
FASE	SEQUENZA	GRUPPO	ATTIVITA'	DESCRIZIONE	OP	T CRO [sec]	TOOLS	PRODOTTI	NOTE
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								

Figura 10 Foglio di rilievo tempi, immagine catturata dal file Excel di rilievo dei tempi

Nel foglio utilizzato durante le misurazioni dei tempi di montaggio, sono state riportate diverse informazioni oltre alla sequenza delle attività e ai tempi cronometrati. È stato inserito il nome dell'operatore in quanto, come spiegato precedentemente, i tempi possono variare in base alla persona che esegue il lavoro dipendendo dalla sua esperienza e dalle sue competenze. In questo progetto di tesi, per ogni fase, è stato ripetuto il cronometraggio per valutare i tempi impiegati da operatori diversi che eseguono le stesse operazioni. All'interno del foglio è stato inoltre indicato il numero di ordine e il tempo dichiarato al sistema informativo dagli operatori che va dal

momento in cui si dedicano a quella fase di montaggio fino a quando terminano il lavoro. Questo tempo è utile per valutare la saturazione dell'operatore, se confrontato con la somma dei tempi di ogni operazione misurati. Quando la fase di montaggio analizzata comincia, viene riportata la sequenza delle operazioni con numeri progressivi, il gruppo al quale appartiene l'operazione, il nome dell'attività e la sua descrizione. Accanto ad ogni attività, oltre al tempo impiegato per eseguirla misurato in secondi, viene indicato il tipo contrassegnato con:

- OP, operazione: operazione a valore aggiunto;
- TR, trasporto: movimentazione di materiale;
- AT, attesa: tempo di attesa per componenti mancanti o ricerca attrezzature e minuteria;
- PU, pulizia: operazioni di pulizia dei componenti o sistemazione ambiente di lavoro;
- RI, rilavorazione: operazioni ripetute a causa di guasti o errori commessi;
- IM, imballaggio: operazioni per scartare i componenti dall'imballo.

Questa classificazione delle attività risulta molto vantaggiosa per evidenziare le operazioni non a valore aggiunto. Le attese e le rilavorazioni devono infatti tendere a non essere più presenti mentre le operazioni di trasporto, imballaggio e pulizia possono essere ottimizzate cercando di ridurre i tempi associati. Un'ulteriore informazione riportata consiste nelle attrezzature utilizzate e nella minuteria necessaria per ogni operazione. Ciò consente di assicurarsi che gli operatori abbiano tutto il materiale a disposizione, evitando che si generino tempi di attesa prima che trovino quello che occorre loro per continuare l'attività.

Sia per "Push" che per "Step-in" e "Step-out", il montaggio è stato suddiviso in macro fasi corrispondenti a una parte meccanica che compone l'elemento della macchina. Per ogni macro fase sono state quindi indicate tutte le micro-operazioni effettuate dall'operatore con i relativi tempi misurati con il cronometro. La suddivisione in fasi è utile per effettuare il bilanciamento nel caso in cui si abbia un tempo ciclo maggiore

del Takt Time e quindi risulta necessario impiegare più di un operatore nello stesso ciclo produttivo. Nel caso del “Push” per esempio, le macro fasi sono le seguenti:

FASI:	sec	min	h
GUIDA E CREMAGLIERA			
CARRO-CATENA			
RULLI			
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO			
PINZA			
			TOT [h]

Tabella 3 Macro fasi del "Push"

Accanto ad ogni fase, a seguito del rilievo dei tempi, viene riportato il tempo totale che corrisponde alla somma dei tempi di tutte le attività che appartengono al montaggio di quella parte. Infine, la somma dei tempi impiegati per ogni fase corrisponde al tempo totale di montaggio. Questo passaggio è utile perché nei diversi rilievi effettuati, le fasi possono essere scambiate nell’ordine di montaggio e tenerle separate può aiutare a determinare la sequenza più efficace. Inoltre, permette di mettere in evidenza la fase più “critica”, ovvero che richiede un tempo maggiore, concentrandosi su di essa per possibili miglioramenti e modifiche in modo da avere un impatto di maggior rilievo sul tempo totale.

3.2.2. Interpretazione del rilievo: stima dei tempi di Push, Step-in e Step-out e confronto con Takt Time

Dopo aver effettuato diversi rilievi cronometrici del montaggio meccanico di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, i dati ottenuti sono stati confrontati cercando di mantenere quelli più rappresentativi. I dati riportati in questo elaborato, per una questione di privacy, non sono quelli rilevati realmente ma consentono ugualmente di proseguire con considerazioni analoghe a quelle effettuate durante il lavoro in azienda. In questo punto, vengono indicati i dati risultanti da una media dei tempi misurati per ogni fase con l’obiettivo di dare un’idea dei tempi impiegati nella situazione attuale, quindi prima di implementare le modifiche progettate.

Per quanto riguarda il “Push”, sono resi noti i nomi delle fasi poiché gli elementi che le caratterizzano sono riportati precedentemente nella descrizione della Linea LT-LMT. I tempi che risultano dal confronto dei diversi rilievi sono i seguenti:

FASI PUSH:	h
GUIDA E CREMAGLIERA	2,75
CARRO-CATENA	1,95
RULLI	1,51
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	1,21
PINZA	0,09
TOT	7,51

Tabella 4 Tempo ciclo del Push nell'AS-IS

Il tempo totale per il montaggio meccanico risulta quindi pari a 7,51 ore, con una parte consistente dovuta al tempo necessario per le operazioni di montaggio comprese nella fase “Guida e Cremagliera”. L’impatto elevato della prima fase anticipa una necessità di modifica che verrà poi proposta durante la riprogettazione del ciclo produttivo.

Per quanto riguarda invece “Step-in” e “Step-out”, non vengono indicati i nomi delle fasi in quanto sarebbero troppo specifiche esplicitando informazioni sensibili per Fom Industrie. Come si può notare dai tempi riportati, che non sono quelli reali ma comunque rappresentativi, le fasi sono abbastanza bilanciate misurando un totale di 10,37 ore per il montaggio meccanico dello “Step-in” e 10,75 ore per il montaggio meccanico dello “Step-out”.

FASI STEP-IN:	h
FASE 1	1,62
FASE 2	1,73
FASE 3	1,61
FASE 4	1,80
FASE 5	1,76
FASE 6	1,85
TOT	10,37

Tabella 5 Tempo ciclo dello Step-in nell'AS-IS

FASI STEP-OUT:	h
FASE 1	2,97
FASE 2	1,82
FASE 3	2,26

FASE 4
FASE 5

1,91
1,79

TOT 10,75

Tabella 6 Tempo ciclo dello Step-out nell'AS-IS

Un'operazione da portare alla luce e comune a entrambi, consiste nella sistemazione dei cavi, la quale rappresenta circa l'11% del tempo totale, percentuale decisamente alta trattandosi di un'attività svolta con fini estetici per la macchina.

I rilievi sono stati realizzati osservando e misurando il lavoro eseguito da un operatore alla volta. Poiché il lavoro contenuto in un'operazione consiste nel prodotto tra la durata della stessa per il numero di risorse impiegate, ne deriva che il lavoro contenuto nel montaggio meccanico dei tre elementi è equivalente al totale della loro durata.

Le considerazioni suggerite verranno analizzate durante la proposta di modifiche tecniche e modifiche di ciclo che avranno l'obiettivo di limare i tempi dove possibile per ottimizzare il ciclo produttivo e, allo stesso tempo, creare le condizioni migliori per rispettare il Takt Time. Poiché la cadenza è calcolata in base agli ordini di produzione della linea LT-LMT pari a 176 macchine all'anno, considerando 220 giorni all'anno di tempo disponibile al lavoro, si ottiene:

$$TT = \frac{\text{Tempo lavorativo disponibile} \left[\frac{gg}{\text{anno}} \right]}{\text{Domanda} \left[\frac{\text{macch}}{\text{anno}} \right]} = \frac{220 \left[\frac{gg}{\text{anno}} \right]}{176 \left[\frac{\text{macch}}{\text{anno}} \right]} = 1,25 \frac{gg}{\text{macch}}$$

Il Takt Time risulta perciò pari a 1,25 giorni per ogni Linea LT-LMT. Questo significa che il ritmo dettato dal mercato impone che il montaggio meccanico di "Push", "Step-in" e "Step-out" dovrà essere progettato in maniera tale da permettere il completamento dei tre elementi che compongono la linea ogni 10 ore, considerando 8 ore lavorative.

$$TT = 8 \left[\frac{h}{gg} \right] * 1,25 \left[\frac{gg}{\text{macch}} \right] = 10 \frac{h}{\text{macch}}$$

Avendo calcolato il ritmo della futura linea a flusso che risulta pari a 10 ore a macchina, si può confrontare con il tempo ciclo misurato durante il rilievo dei tempi. Il "Push"

presenta un tempo ciclo pari a 7,51 ore, ovvero è racchiuso ampiamente all'interno del Takt Time. Da ciò si può dedurre che, le modifiche proposte, non saranno necessarie per il contenimento dei tempi ai fini di rispettare la cadenza, in quanto il montaggio meccanico nella situazione AS-IS rientra all'interno del tempo dato dal mercato. Tuttavia, lo studio di un ciclo produttivo ha messo in evidenza alcune inefficienze che saranno migliorate con l'obiettivo di rendere il lavoro più fluido e più adatto alla produzione a flusso. Il montaggio meccanico di "Step-in" e "Step-out" comporta invece un tempo leggermente superiore alla cadenza, 10,37 ore e 10,75 ore rispettivamente. Ciò presuppone l'implementazione di alcune modifiche per far sì che il tempo ciclo, comprendendo le maggiorazioni dovute ad affaticamento, imprevisti e fabbisogno fisiologico, sia ricondotto al Takt Time. Se le modifiche proposte non saranno sufficienti a ridurre il tempo standard di montaggio, sarà necessario impiegare un operatore in più.

3.3.Ciclo di montaggio della Linea LT-LMT

3.3.1. Osservazione delle operazioni di montaggio e criticità rilevate

Oltre alla misurazione e valutazione del tempo ciclo, durante questa prima fase di analisi, si è riposta l'attenzione sul ciclo produttivo del montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out". La funzione tempi e metodi infatti, contemporaneamente alla raccolta dei dati relativi ai tempi e alle condizioni dell'ambiente produttivo, si occupa di descrivere il ciclo di lavoro con l'obiettivo di efficientarlo. Dietro al tempo rilevato c'è un ciclo composto da attività produttive, alcune delle quali non generano valore per l'impresa. Le attività a valore aggiunto trasformano il prodotto incrementando il valore economico ma sono vincolate da attività di supporto che rappresentano un costo. Le attività che non aggiungono valore costituiscono delle perdite produttive e possono essere dovute in parte alla tecnologia produttiva e in parte all'organizzazione del lavoro.

Durante l'analisi della situazione AS-IS, sono stati osservati diversi cicli delle prime fasi di montaggio della Linea LT-LMT con il principale obiettivo di individuare le

operazioni non a valore aggiunto in modo da eliminarle o ridurle per avere una conseguente riduzione dei tempi di montaggio. I suggerimenti di miglioramento proposti dagli operatori e dal capo reparto sono stati fondamentali. In quanto esperti delle modalità di produzione e delle specifiche di prodotto, hanno proposto possibili miglioramenti per facilitare le operazioni come, per esempio, l'impiego di nuove attrezzature, la modifica di alcuni componenti o il cambiamento di alcune lavorazioni lunghe e ripetitive.

Da una prima osservazione è emerso che non esiste una vera metodologia per il montaggio della Linea LT-LMT, ogni operatore segue il proprio metodo utilizzando una sequenza individuata da ognuno come la più semplice e comoda. Non essendoci operazioni standardizzate, le competenze si trasmettono attraverso il passa parola, grazie all'esperienza degli operatori più esperti. Nella situazione attuale, non esiste perciò un ciclo produttivo vero e proprio ma un insieme di operazioni la cui sequenza è decisa in modo arbitrario. Per questo motivo le operazioni sono state accorpate nelle fasi sopra descritte, in modo da riuscire a confrontare i tempi rilevati.

Gli operatori hanno segnalato diverse problematiche che emergono durante il montaggio delle fasi analizzate. Un punto da rimarcare è la grande quantità di materiale che arriva anche prima dell'inizio del montaggio, tra cui sono presenti codici che vengono montati in fasi successive o addirittura dati in dotazione con la macchina. Il materiale inoltre, è posizionato nel carrello senza seguire alcun tipo di ordine e questo comporta la perdita di tempo, da parte dell'operatore di montaggio, per cercare il codice di cui ha bisogno. Un'altra problematica riportata è la mancanza di attrezzature e viti, che obbliga gli operatori a girare per lo stabilimento nella loro ricerca. Il montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out" prevede l'utilizzo di diverse attrezzature, soprattutto per effettuare gli allineamenti della struttura sulla quale vengono montati tutti gli altri componenti. L'allineamento della struttura è una fase critica nel montaggio di questa macchina in quanto deve essere molto precisa ed è caratterizzata da variabilità in quanto potrebbe essere relativamente veloce come invece potrebbe richiedere molto tempo. Essa dipende da diversi fattori come la qualità dei componenti che arrivano dal

fornitore, la pendenza del pavimento dello stabilimento nel punto in cui viene posizionata la struttura e la precisione delle attrezzature messe a disposizione. Questo rende particolarmente necessaria una standardizzazione delle operazioni per raggiungere l'allineamento della struttura e soprattutto la fornitura di attrezzature adeguate per facilitare l'ottenimento del risultato nel modo più veloce possibile. Un'altra attività perfezionabile, che attualmente richiede molto tempo, consiste nel segnare le quote su alcuni componenti, utili al posizionamento di parti della macchina come per esempio gli "step" di "Step-in" e "Step-out". Gli operatori si confrontano con i disegni tecnici di cui dispongono e contrassegnano con una matita le misure direttamente sul pezzo in cui dovranno essere tenute le distanze durante il montaggio dei componenti. La confusione dovuta ai disegni spesso non aggiornati su cui leggono le quote e la monotonia di questa operazione potrebbero essere risolte grazie ad attrezzature funzionali a rendere il lavoro più veloce e preciso. Oltre ad offrire le attrezzature appropriate e ben conservate, è necessario che queste siano disponibili all'occorrenza e situate in una postazione dedicata. Lo stesso vale per la minuteria che spesso, nella situazione attuale, non è facilmente recuperabile nonostante nelle isole di lavoro siano presenti i carrelli dedicati alle viti, i quali tuttavia non contengono tutta la viteria di cui hanno bisogno gli operatori per svolgere il loro lavoro.

Un'altra questione che è stata annotata riguarda alcuni codici che presentano dei fori. Questi fori spesso devono essere allargati in quanto non permettono di avere abbastanza gioco per essere montati nel modo corretto. L'operazione di allargare i fori dei componenti consiste in una rilavorazione, ovvero un'operazione non a valore aggiunto, che potrebbe essere eliminata riferendo la richiesta di far arrivare il componente con i fori del giusto diametro. Poiché per "Step-in" e "Step-out", l'impatto che produrrebbe la riduzione del tempo di montaggio è molto conveniente perché consentirebbe di arrivare al Takt Time, risulta di fondamentale importanza la focalizzazione sulle operazioni non a valore aggiunto. L'eliminazione delle operazioni che occupano gli operatori, per esempio, per forare la struttura che potrebbe arrivare già forata dal fornitore a seguito dell'inoltro di una richiesta di modifica tecnica,

apporterebbe un grosso vantaggio. Il risparmio di tempo ottenuto grazie all'eliminazione di piccole operazioni è di particolare utilità come, ancora di più, le modifiche più consistenti che possono essere apportate. Una di queste, menzionata anche precedentemente, concerne la sistemazione dei cavi per l'impianto elettrico e pneumatico. Questa attività richiede un tempo sproporzionato alla sua funzionalità trattandosi di un accorgimento estetico poiché, essendo i cavi esposti, devono apparire ordinati alla vista. Un'altra modifica può essere applicata ad un albero particolarmente difficile da movimentare, essendo ingombrante e pesante, che deve essere montato inserendolo negli "step", i quali possono essere decisamente numerosi.

In questo elaborato non è possibile scendere troppo nello specifico per non rivelare informazioni strategiche per l'azienda ma lo scopo è quello di fornire un quadro della situazione per motivare le modifiche e i cambiamenti stabiliti durante il progetto. Le problematiche evidenziate comportano lo sviluppo di modifiche tecniche che, oltre a facilitare il lavoro degli operatori, aiuterebbero a raggiungere l'obiettivo della progettazione di una linea a flusso. È importante rimarcare il concetto dell'importanza di mantenere solo le operazioni a valore aggiunto, corredate solo delle operazioni di supporto necessarie. Ridurre il tempo ciclo il più possibile, consente infatti di affrontare alcuni imprevisti che possono incorrere, come per esempio materiali mancanti, guasti o rilavorazioni, rispettando il ritmo produttivo e senza generare ritardi.

3.3.2. Skill matrix e dimensionamento degli operatori

Il rilievo dei tempi e l'annotazione delle criticità del ciclo produttivo sono state possibili grazie alla collaborazione degli operatori di montaggio del reparto impianti automatizzati. Il capo reparto può assegnare loro le varie fasi di montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", l'assemblaggio delle parti o la chiusura della macchina in base alle competenze possedute. Il totale degli operatori che lavorano sulla linea LT-LMT comprende cinque persone, non tutte addestrate allo stesso modo. Concentrandosi sulle fasi di montaggio d'interesse per questo elaborato, è stata compilata una Skill Matrix con l'obiettivo di mappare le abilità e le competenze degli operatori e di pianificare il loro addestramento.

Operatore	SKILL MATRIX OPERATORI															
	PUSH					STEP-IN						STEP-OUT				
	Imp. Meccanico Push-Guida e Cremagliera	Imp. Meccanico Push-Carro e Catena	Imp. Meccanico Push-Rulli	Cablaggio e Ingrassaggio Push	Imp. Meccanico Push-Pinza	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Operatore 1	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Operatore 2	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Operatore 3	Blu	Blu	Blu	Verde	Blu	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Operatore 4	Verde	Verde	Verde	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Operatore 5	Blu	Blu	Blu	Blu	Blu	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Figura 11 Skill Matrix operatori linea LT-LMT, immagine catturata dal foglio Excel della Skill Matrix

Nelle righe della matrice sono indicate le persone mentre nelle colonne, le fasi considerate in questo studio per suddividere il montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out”. Con il colore verde si segnala che l’operatore è addestrato per eseguire quella fase, il colore giallo rappresenta invece il fatto che l’operatore è in addestramento per quella specifica fase mentre con il colore blu si indica che l’addestramento è programmato. Poiché, come detto precedentemente, le operazioni non sono standardizzate e il ciclo produttivo non è caratterizzato da una sequenza specifica, non esistono istruzioni per il montaggio. La formazione degli operatori avviene tramite affiancamento, tramandando le competenze apprese con l’esperienza. Questo implica che gli operatori in addestramento sono impegnati insieme agli operatori che seguono loro nell’apprendimento, fino a quando non saranno autonomi nell’eseguire quella fase. Una fase da mettere in evidenza è il “Cablaggio e Ingrassaggio” del “Push” in quanto si trattava di un’attività svolta dagli elettricisti una volta completato il montaggio meccanico. Essendo operazioni che non richiedono la specializzazione degli operatori del reparto elettrico, si è deciso di affidarle agli operatori di montaggio in modo da velocizzare il montaggio evitando tempi di attesa. Dalla Skill Matrix si può notare che solo due operatori, nella situazione attuale, sono completamente formati per eseguire tutte le fasi di montaggio; ciò comporta una dipendenza rispetto alla loro presenza poiché una loro eventuale assenza provocherebbe l’arresto del montaggio.

Dato un Takt Time di 10 ore a macchina, è possibile calcolare il numero di operatori richiesto per il montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, considerando il tempo ciclo attuale, senza l’applicazione delle modifiche proposte per ridurlo. La formula per il calcolo del numero di operatori, data la cadenza di mercato, è la seguente:

$$N^{\circ} \text{ operatori} = \frac{\text{Tempo ciclo} \left[\frac{h}{pz} \right]}{\text{Takt Time} \left[\frac{h}{pz} \right]}$$

Questo significa che per “Push”, “Step-in” e “Step-out” si avranno i seguenti risultati:

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{push} = \frac{7,51 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 0,751 \text{ operatori}$$

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{step-in} = \frac{10,37 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 1,037 \text{ operatori}$$

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{step-out} = \frac{10,75 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 1,075 \text{ operatori}$$

Per quanto riguarda il “Push”, un operatore potrebbe essere sufficiente e addirittura non risulterebbe “saturato” in quanto, all’interno del ciclo produttivo di 10 ore, avrebbe 2,49 ore libere. Una soluzione potrebbe essere affidargli altri compiti per compensare il tempo in cui non è occupato. Per “Step-in” e “Step-out” invece, un operatore sembra non essere sufficiente nel caso in cui i tempi di montaggio rimangano quelli rilevati nella situazione attuale. In questo caso, si può affidare il montaggio di questi due elementi della linea LT-LMT a 2 operatori per “Step-in” e 2 per “Step-out” oppure si può pensare ad un operatore per “Step-in”, uno per “Step-out” e un terzo che si occupi di coprire il tempo in più richiesto da entrambi. Questa decisione non sarebbe necessaria se, grazie alle modifiche apportate, si riuscisse a ridurre il tempo ciclo rendendolo pari o minore al Takt Time.

La criticità nell' assegnare il lavoro di queste specifiche fasi della linea LT-LMT sta nel fatto che, oltre al montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", gli stessi operatori eseguono anche le fasi successive di montaggio e chiusura della linea. Nella prospettiva futura sarà infatti necessario creare una squadra di operatori dedicata alle fasi messe a flusso, i quali svolgeranno solo quelle operazioni di montaggio ricominciando il ciclo ogni 10 ore (TT). Sarà probabilmente previsto un programma di Job Rotation e inoltre sarà necessaria l'assunzione e l'addestramento di nuove persone per compensare le lavorazioni delle fasi successive.

4. Capitolo 4: Linea a flusso continuo

Nel quarto capitolo ci si concentra sulle prime fasi della progettazione della linea a flusso continuo. Si riprendono alcuni aspetti descritti nel precedente capitolo per dare un'idea del percorso da seguire per migliorare il ciclo produttivo e avere una conseguente riduzione e ottimizzazione dei tempi. Si effettua poi un'analisi dei fattori rilevati durante l'osservazione della situazione AS-IS descrivendo le modifiche tecniche proposte per "Push", "Step-in" e "Step-out" e le modifiche di ciclo per il montaggio meccanico del "Push", individuato come ciclo con maggiore potenzialità di miglioramento. Infine, si descrive la zona di montaggio dedicate a queste fasi della linea LT-LMT, facendo alcune considerazioni sui vantaggi dovuti alla posizione all'interno dello stabilimento e al layout dell'area di lavoro.

4.1.Obiettivi del progetto, road map di miglioramento

Il fine ultimo del lavoro condotto all'interno di Fom Industrie è la progettazione di una linea a flusso continuo per la linea LT-LMT. A seguito di una crescita della domanda relativa agli impianti automatizzati, la produzione a isole della situazione attuale non permette più il suo soddisfacimento e perciò la soluzione prevede un cambiamento del sistema produttivo, trasformandolo in produzione a flusso continuo. A seguito dell'attività di rilievo dei tempi e di suddivisione delle fasi, che hanno permesso di mettere in evidenza gli aspetti con potenzialità di miglioramento, la concentrazione sul ciclo produttivo ha reso possibile la focalizzazione sul percorso da seguire per

consentire la produzione a flusso. La raccolta dei dati ha aiutato a determinare gli obiettivi in termine di tempi ciclo da raggiungere. Per “Step-in” e “Step-out” risulta vantaggioso ridurre i tempi ciclo per ricondurli al ritmo dato dal mercato, in modo da impiegare un unico operatore per il montaggio di ogni parte. Per il “Push”, la durata del ciclo non rappresenta una criticità in quanto è largamente inferiore al Takt Time anche se ci sono diverse opportunità di miglioramento che comprendono diversi aspetti rilevati come problematici all’interno dell’azienda. La difficoltà dell’attività di allineamento descritta precedentemente, il numero elevato di componenti prodotti in serie che arrivano dal premontaggio e soprattutto il margine di tempo disponibile dell’operatore che non viene pienamente impiegato nel montaggio meccanico, offrono diversi spunti di miglioramento.

Dalle considerazioni effettuate durante l’analisi dell’AS-IS emerge la necessità di fornire le istruzioni per le operazioni di montaggio eseguite dagli operatori. Soprattutto in un’ottica di future assunzioni, per garantire l’implementazione della produzione a flusso, la standardizzazione risulta un aspetto fondamentale. Ad ogni fase del montaggio meccanico standardizzata dovrà essere assegnato un tempo standard che dovrà essere determinato in base ai nuovi rilievi che andranno realizzati a seguito delle modifiche apportate, compreso delle maggiorazioni necessarie. L’operatore avrà infatti l’obiettivo di rispettare il metodo, quindi il tempo, che gli è stato assegnato, sia per le operazioni a valore aggiunto che per quelle non a valore aggiunto che, grazie ai miglioramenti progettati, dovranno essere minimizzate.

Un altro aspetto, emerso precedentemente, su cui ci si focalizzerà in questo elaborato, è la grande quantità di materiale dovuta alla numerosità e al volume dei codici richiesti dal montaggio, i quali dovranno essere organizzati all’interno dei carrelli in modo strategico per l’operatore. I carrelli della minuteria e delle attrezzature sono compresi nella riprogettazione di layout che prevedrà la concentrazione delle postazioni di montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out” in un’unica zona. L’organizzazione, in ottica Lean, prevede l’utilizzo del solo materiale strettamente necessario, situato in una posizione standard, sempre disponibile nel momento in cui è richiesto.

L'organizzazione del materiale derivante dal premontaggio o dal magazzino e della minuteria e attrezzatura dovrebbe seguire questa logica.

I miglioramenti che riguardano il ciclo produttivo sono il primo passo da intraprendere. Le modifiche tecniche e le modifiche di ciclo hanno l'obiettivo di rendere il lavoro più efficiente cercando soluzioni per alcune criticità individuate e contemporaneamente agendo su opportunità di miglioramento. La fase di analisi iniziale della situazione AS-IS si è conclusa con varie proposte di modifiche per "Push", "Step-in" e "Step-out" aventi l'intento di ottimizzare il ciclo produttivo e di ridurre il tempo di montaggio.

4.2. Analisi dei fattori determinanti

4.2.1. Proposte di modifiche tecniche

Le proposte di modifiche tecniche che riguardano "Push", "Step-in" e "Step-out" consistono essenzialmente nell'esposizione di idee e nella progettazione delle attività per l'implementazione, coinvolgendo le figure all'interno dell'azienda che si occupano di portare avanti la pratica. Possono includere richieste da comunicare ai fornitori per modificare i loro prodotti in modo che siano più adeguati alle specifiche della macchina su cui verranno montati oppure richieste per attrezzature utili a facilitare il montaggio di alcuni componenti. Le modifiche qui riportate comprenderanno alcuni accorgimenti notati durante l'osservazione del processo produttivo.

Per quanto riguarda il "Push", una delle modifiche di maggior rilievo consiste nella progettazione di un'attrezzatura per l'allineamento della struttura. Come detto precedentemente, non è possibile entrare troppo nello specifico delle operazioni effettuate dagli operatori durante il montaggio ma, è già stato fatto notare come questa attività richieda molto tempo e sia difficile da standardizzare. L'allineamento è infatti un'attività che dipende da diversi fattori e non è possibile determinare il tempo di esecuzione in quanto è molto variabile. L'attrezzatura proposta ha la finalità di velocizzare l'operazione progettando uno strumento unico da posizionare sopra la struttura in modo da non movimentarlo ogni volta che deve essere controllato l'allineamento. Per facilitare questa attività è stata proposta un'ulteriore soluzione: è

stata ridisegnata la struttura per avere più stabilità e vengono utilizzati dei pesi posizionati alla base delle gambe della struttura in modo da raggiungere l'allineamento più tempestivamente.



Figura 12 Pesi per l'allineamento del Push, fotografie scattate in stabilimento

Per “Step-in” e “Step-out”, le proposte prevedono una modifica tecnica da inoltrare al fornitore per far arrivare la struttura già forata con i fori che servono alle giuste quote, per far risparmiare tempo agli operatori di montaggio, e alcune proposte di nuove attrezzature. Le attrezzature che hanno l'obiettivo di andare a migliorare il lavoro degli operatori comprendono dei sostegni per eseguire l'allineamento della struttura, dei carrelli per la movimentazione di codici molto pesanti e un'attrezzatura per segnare le quote sui componenti su cui montare gli “step”. Anche l'allineamento di queste due parti della linea LT-LMT crea qualche complicazione. Le attrezzature di cui dispongono attualmente gli operatori non consentono di eseguire l'attività in modo semplice in quanto sono necessarie due persone per tenere sollevata la barra dell'allineamento; con alcuni sostegni progettati con questa funzione si riuscirebbe a semplificare e velocizzare l'allineamento. La struttura comprende anche alcuni elementi con un peso molto elevato che rendono difficile la loro movimentazione e montaggio. Il montaggio avviene con l'utilizzo del carro ponte che, spesso genera un tempo di attesa perché è occupato nella movimentazione di altri componenti. L'impiego di carrelli per movimentare e posizionare questi codici che poi verranno sollevati per essere fissati dall'operatore nella posizione corretta, facilitano questa

operazione rendendola più snella come movimentazioni e spostamenti, riducendo il tempo di montaggio. Le misure da segnare sopra i componenti rappresentano un'altra attività critica che potrebbe essere risolta tramite un'attrezzatura adeguata. Un'attrezzatura per questa operazione dovrebbe consentire di segnare direttamente sui componenti le giuste quote che, essendo sempre le stesse, non hanno bisogno di essere controllate sui disegni tecnici.

Come è stato fatto notare durante l'interpretazione dei tempi ciclo e l'osservazione del ciclo produttivo, tra le attività critiche che richiedono più tempo c'è la sistemazione dei cavi e il montaggio dell'albero che movimentano gli "step". Una soluzione proposta per evitare di essere costretti a mettere in ordine i cavi elettrici e pneumatici è un sistema per chiudere quella parte della macchina in modo che non siano esposti. Questo comporterebbe una sistemazione molto più approssimativa in quanto i cavi non sono visibili ma devono essere recuperabili e sostituibili per un'eventuale riparazione o manutenzione. Per quanto riguarda l'albero, una possibile soluzione per una movimentazione e montaggio meno complessa è la divisione in più parti che saranno montate insieme direttamente dopo che sono state inserite.

Per tutti e tre gli elementi si rimarca inoltre l'importanza della preparazione di un carrello per la minuteria dedicato. Ciò consentirebbe di eliminare tutte le operazioni non a valore aggiunto di ricerca delle viti necessarie che causano tempi di attesa.

4.2.2. Proposte di modifiche di ciclo

Grazie all'attività di rilievo dei tempi, è stato possibile comprendere il processo produttivo e le sue inefficienze. Le modifiche di ciclo consistono in miglioramenti apportati al ciclo produttivo nel quale vengono apportati alcuni perfezionamenti delle operazioni che lo compongono. L'obiettivo deve essere l'ottimizzazione del processo produttivo attraverso la riduzione o eliminazione, dove possibile, delle operazioni non a valore aggiunto.

Dei tre, l'elemento su cui sono state progettate le modifiche di ciclo più impattanti, è il "Push". L'osservazione delle operazioni eseguite durante il montaggio ha messo in

evidenza diverse opportunità di miglioramento. Una prima proposta da riportare è il cambiamento del metodo di montaggio riguardante “Guida e Cremagliera”. Nella situazione attuale, durante questa fase, vengono praticate operazioni ripetitive che comportano movimenti monotoni in posizioni poco ergonomiche da parte degli operatori. Essi infatti, compiono diversi giri attorno alla struttura del “Push” per effettuare le attività di montaggio in tutta la lunghezza. Le attività che sono abituati a svolgere, non esistendo istruzioni operative, sono state loro tramandate dagli operatori con maggiore esperienza e non tutte risultano necessarie. È stato quindi proposto un nuovo metodo di montaggio di questi due componenti che prevede l’utilizzo di un avvitatore che ha la funzione di accostamento e serraggio in modo da evitare un giro attorno alla struttura e successivamente, per la regolazione, l’utilizzo di un comparatore che garantisce la precisione ricercata.

Concentrandosi su un’altra fase del “Push”, ovvero quella in cui vengono montati i “rulli” per lo scorrimento verso la cabina dove avviene il taglio e la lavorazione del profilo, si nota un tempo elevato dovuto alla loro regolazione. Poiché la linea a flusso verrà situata in una zona dedicata dove si eseguiranno soltanto le fasi di montaggio meccanico per poi spostare gli elementi in un’isola per continuare con le fasi successive, si è proposto di spostare l’attività di regolazione dei rulli nella fase successiva di assemblaggio in quanto sarebbe stata ripetuta per adattarla alla nuova postazione.

Per quanto riguarda i tempi dovuti alle operazioni non a valore aggiunto, dato il tempo dovuto all’attività di scarto dei componenti imballati, si è proposto di farli arrivare agli operatori già senza imballo, operazione che dovrà essere affidata agli operatori di picking, se il loro tempo ciclo lo permette.

Grazie alle modifiche di ciclo e modifiche tecniche relative al “Push”, ci si aspetta un’ottimizzazione del ciclo produttivo che permetterà di fare alcuni ragionamenti sulla saturazione dell’operatore per avere un ulteriore miglioramento. Per “Step-in” e “Step-

out” ci si aspetta invece una riduzione dei tempi causata dalle modifiche apportate, nella misura tale da raggiungere il Takt Time.

4.3.Layout della linea a flusso

Per la progettazione di una linea a flusso continuo, la disposizione fisica delle fasi di montaggio di cui è composta è fondamentale per l'efficienza del processo produttivo. Il layout della zona da dedicare alla produzione a flusso deve permettere di avere le aree di lavoro in uno spazio adatto a minimizzare i tempi di trasporto e di movimentazione dei materiali. Non dovrebbe esserci accumulo di materiale tra una fase e l'altra e gli operatori dovrebbero avere sufficiente spazio per gli spostamenti e posizioni standardizzate dove trovare i materiali e le attrezzature necessarie al montaggio. È importante che il layout favorisca il compimento delle sole operazioni a valore aggiunto e che aiuti a minimizzare il tempo provocato da quelle non a valore aggiunto ma necessarie.

La zona dedicata alle fasi di montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out” della linea LT-LMT è un'area circoscritta dello stabilimento all'interno del reparto di premontaggio.

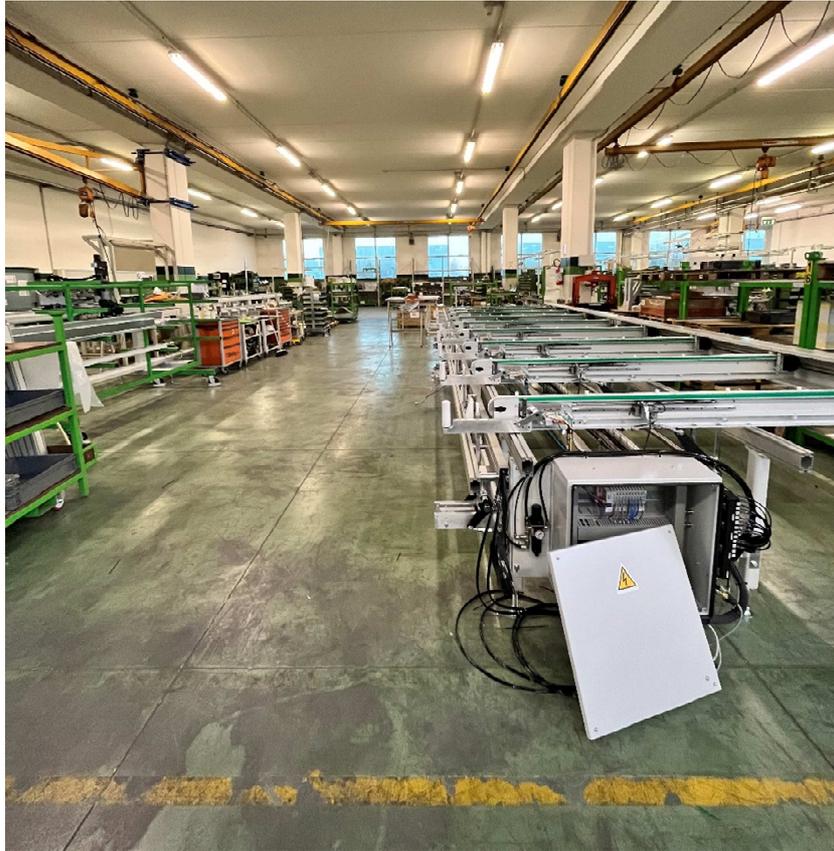


Figura 13 Zona di montaggio di Push, Step-in, Step-out, fotografia scattata in stabilimento

Nella figura si può vedere sulla destra uno “Step-in” quasi completo, sulla sinistra un “Push” mentre dietro lo “Step-in” si trova la postazione dello “Step-out”. In questa zona si svolgeranno perciò solo le prime fasi di montaggio della linea LT-LMT, che dovranno rispettare la cadenza data dal mercato. Il Takt Time, pari a 10 ore a macchina impone perciò un ritmo che vincola il completamento del montaggio ogni 10 ore. In altre parole, da quella zona di montaggio dovrà uscire, ogni 10 ore, un “Push”, uno “Step-in” e uno “Step-out”, in modo da liberarla per permettere di ricominciare con l’ordine successivo. I tre elementi completati saranno trasportati poi in un’altra area dello stabilimento dove, all’interno di un’isola, verrà continuato il ciclo complessivo con le fasi di assemblaggio, collaudo e chiusura.

La zona dedicata al montaggio meccanico, dove si attuerà la linea a flusso continuo, è abbastanza ristretta ma ha il vantaggio di essere situata a ridosso dei banchi di premontaggio. In questi banchi vengono montati alcuni componenti che andranno a costituire le macchine prodotte da Fom Industrie e i premontaggi sono eseguiti

seguendo due logiche diverse, come precedentemente spiegato. La situazione ideale sarebbe avere il banco dove lavora l'operatore di premontaggio addetto alla linea LT-LMT, all'interno della zona dove avviene il montaggio.



Figura 14 Zona di montaggio della linea LT-LMT e vicinanza ai banchi di premontaggio, fotografia scattata in stabilimento

Dedicare il banco di premontaggio dove vengono preparati i componenti richiesti dal montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, significherebbe non avere bisogno dell'operatore di picking per la movimentazione dei materiali, i quali possono essere consegnati direttamente trovandosi nella stessa zona e inoltre comporterebbe un notevole risparmio di tempo nel caso di rilavorazioni dei componenti premontati. Risulta fondamentale, però, per quanto riguarda le logiche di gestione dei premontaggi, rivederle per evitare che i componenti montati in serie vengano stoccati in magazzino per poi essere riportati nuovamente nella stessa area quando occorrono. Il vantaggio della vicinanza dei banchi di premontaggio può dunque essere sfruttato solamente se il montaggio dei componenti premontati della Linea LT-LMT ha inizio prima che cominci la fase di montaggio del relativo ordine e inoltre deve prevedere la lavorazione unicamente dei codici che verranno utilizzati, evitando una sovrapproduzione.

La zona dedicata a queste fasi dovrà comprendere le postazioni per posizionare i carrelli con il materiale richiesto, i carrelli delle attrezzature e i carrelli delle viti. Per questi ultimi si avrà un carrello delle viti dedicato al “Push” e uno unico per “Step-in” e “Step-out” poiché possiedono molta minuteria in comune. Essendo adiacenti, il carrello delle viti unico potrà aiutare a minimizzare lo spazio occupato e le distanze percorse essendo situato in mezzo alle due aree di lavoro di “Step-in” e “Step-out” per essere utilizzato da entrambi gli operatori che lavoreranno su queste fasi.

Altre caratteristiche da mettere in evidenza per questa area sono la presenza del carroponte, utile per le movimentazioni di qualche componente pesante, e la prossimità al corridoio. Poiché la zona si affaccia direttamente sul corridoio, è presente abbastanza spazio per il trasporto dei tre elementi completi. Esiste pertanto un adeguato spazio di manovra per la movimentazione di “Push”, “Step-in” e “Step-out” che, una volta scaduto il tempo dato dal Takt Time vengono prelevati tramite l’uso di un trans pallet e di qualche carrello.

Un aspetto da considerare è che, quando il cliente acquista una linea LT-LMT, può scegliere tra diverse configurazioni. Una delle configurazioni che comporta un cambiamento sostanzioso nella durata del montaggio meccanico riguarda lo “Step-in doppio” o “Step-out doppio” i quali richiedono il doppio del tempo. Data la necessità di dover rispettare il Takt Time per cominciare un nuovo ciclo e data l’area di montaggio che non sarebbe spaziosa abbastanza per contenere queste configurazioni, si è pensato di montare “Step-in” e “Step-out” come se fossero singoli e poi completarli in un secondo momento quando si troveranno nelle isole della Linea LT-LMT.

Il layout della zona dedicata alle fasi di montaggio della linea LT-LMT, deve apportare i vantaggi al ciclo produttivo propri della produzione a flusso. Si deve perciò tenere conto dei principi della Lean Manufacturing come il “One-Piece-Flow” e di alcune tecniche come il metodo “5S” per l’ambiente di lavoro in modo da rendere la produzione snella e raggiungere gli obiettivi prefissati.

5. Capitolo 5: Cambiamento della sequenza di montaggio

Nel quinto capitolo si parte con l'ipotesi di una nuova sequenza di montaggio. Sono state riprese le proposte di modifiche descritte nel capitolo precedente per analizzare i risultati raggiunti, misurati attraverso un nuovo rilievo dei tempi. L'interpretazione dei risultati ha condotto ad un cambiamento sostanziale sul ciclo produttivo del "Push" della linea LT-LMT. Per questo motivo è stato costruito il bilanciamento dell'operatore che si occupa del montaggio meccanico del "Push", valutando la possibilità di comprendere l'attività di premontaggio dei componenti per saturare il tempo di cadenza. L'esito del bilanciamento dell'operatore è stato incluso nel bilanciamento della linea costruito successivamente. È stato effettuato il confronto tra la gestione delle attività di montaggio e di picking nella situazione AS-IS e nella situazione TO-BE, concludendo con i vantaggi apportati dai cambiamenti che si implementeranno nello scenario futuro. Il bilanciamento della linea progettato prevede la suddivisione delle fasi di picking che è stata interamente progettata a causa dell'importanza del contributo dato alla riduzione delle operazioni non a valore aggiunto. È stata studiata la disposizione dei codici all'interno dei mezzi con cui vengono movimentati e dove vengono posizionati e di conseguenza si è valutato lo spazio che sarà necessario nel futuro layout per le posizioni standardizzate dei carrelli e degli altri mezzi.

5.1. Nuova sequenza di montaggio

5.1.1. Risultati delle modifiche apportate

Il bilanciamento della linea è un passo fondamentale per la progettazione della produzione a flusso. Il rilievo dei tempi e la proposta di modifiche per ridurre ed eliminare le operazioni non a valore aggiunto, consente di ottimizzare il ciclo produttivo, il quale dovrà essere bilanciato. Con il bilanciamento si arriva a determinare la distribuzione del lavoro degli operatori nelle fasi in esame, descrivendo le operazioni comprese in ogni specifica fase e attribuendo un tempo che rappresenterà il nuovo tempo ciclo. Da questo punto del progetto in poi, verrà considerato solamente il montaggio meccanico del "Push" in quanto individuato come quello su cui le modifiche proposte comportano un maggior vantaggio. Si ipotizza che, le modifiche

tecniche ideate per “Step-in” e “Step-out”, una volta implementate, riusciranno ad ottenere il risultato sperato, ovvero la riconduzione dei tempi ciclo al Takt Time. A causa della durata limitata della permanenza in azienda, non è stato possibile verificarlo ma, essendo molto ridotta la differenza tra il tempo ciclo di “Step-in” (10,37 ore/macchina) e “Step-out” (10,75 ore/macchina) con il Takt Time (10 ore/macchina), è ragionevole pensare che, a seguito delle modifiche pensate per facilitare le operazioni e ridurre i tempi, si sia arrivati al ritmo imposto dal mercato.

Per il “Push” si sono analizzate numerose proposte di modifiche sia tecniche sia di ciclo e perciò risulta interessante studiare i miglioramenti provocati da queste sul ciclo produttivo. Le modifiche di ciclo riguardanti la fase “Guida e Cremagliera” sono state sperimentate facendo provare agli operatori il nuovo metodo di montaggio. Tramite l’utilizzo della funzione del trapano prima menzionata e del comparatore per la regolazione dei componenti si è rilevato un tempo inferiore rispetto a quello misurato precedentemente. Sono stati effettuati ulteriori rilievi a seguito di alcune modifiche apportate, dai quali risultano i tempi riportati in questa tabella:

FASI PUSH:	h
GUIDA E CREMAGLIERA	2,61
CARRO-CATENA	1,88
RULLI	0,77
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	0,76
PINZA	0,08
TOT	6,10

Tabella 7 Fasi Push a seguito delle modifiche

La prima fase ha subito la modifica di ciclo dovuta al cambiamento proposto per il montaggio della guida e della cremagliera che ha generato un tempo ciclo minore di 2,61 ore rispetto alle 2,75 ore rilevate dal prelievo dei tempi senza modifiche. I tempi ciclo della situazione AS-IS riportati in questo elaborato sono frutto di una media calcolata dai diversi rilievi dei tempi del ciclo produttivo effettuati. Nelle fasi in cui non è stato possibile, durante la permanenza in azienda, implementare le modifiche progettate, sono stati assegnati i tempi minori rilevati con l’obiettivo di standardizzare le operazioni riuscendo a far compiere all’operatore le attività di montaggio in quel

determinato tempo. Per quanto riguarda la fase “Carro-Catena” e “Pinza” i tempi riportati sono infatti i tempi minori rilevati durante la raccolta dati: 1,88 ore rispetto a 1,95 ore per “Carro-Catena” e 0,08 ore rispetto a 0,09 per la fase “Pinza”. Per “Cablaggio e Ingrassaggio”, consistendo in operazioni per cui solo due operatori sono addestrati mentre altri sono in addestramento o in programma di essere addestrati, è stato considerato il tempo impiegato dall’operatore già formato per questa fase. Il tempo per il montaggio dell’impianto elettrico e l’impianto del grasso misurato dall’operatore esperto risulta pari a 0,76 ore confrontate con le 1,21 ore calcolate come media dei tempi impiegati dai diversi operatori. Infine, per la fase “Rulli” si è considerato il tempo misurato nel ciclo in cui non è stata eseguita la regolazione dei rulli in quanto si è progettato che verrà eseguita nella posizione definitiva all’interno dell’isola nel quale avverrà anche l’assemblaggio, il collaudo e la chiusura della linea LT-LMT. La fase che comprende le operazioni che riguardano i “Rulli”, senza la regolazione, comporta un tempo pari a 0,77 ore, decisamente inferiore alla media dei tempi misurati quando veniva invece eseguita questa operazione, che contava 1,51 ore. Il totale delle ore impiegate con le modifiche apportate al ciclo produttivo risulta uguale a 6,10 ore che, confrontate alle 7,51 ore della media dei tempi ciclo nell’AS-IS, denota un netto miglioramento.

Per la modifica proposta che prevede il risparmio di tempo dovuto all’eliminazione delle operazioni di “imballaggio” dei componenti incartati, non è stato possibile misurare i risultati come per quanto riguarda le attrezzature studiate per l’allineamento della struttura. A causa dell’elevato tempo necessario per inoltrare le richieste di fabbricazione delle attrezzature all’officina meccanica o ai fornitori, non si sono potuti registrare i vantaggi dovuti all’utilizzo di queste, l’unica modifica che si è riusciti a testare per l’allineamento, è l’utilizzo dei pesi alla base delle gambe della struttura. Nella fase “Guida e Cremagliera” è infatti compresa anche questa modifica tecnica che ha contribuito a ridurre anch’essa il tempo di esecuzione delle operazioni in quanto l’attività di allineamento della struttura pesa per circa l’8-9% del tempo totale di montaggio del “Push”. Le modifiche approvate per cui non è stato possibile valutarne

l’impatto, si pensa che andranno a ridurre ulteriormente il tempo di montaggio ma per questa fase di progettazione, è sufficiente considerare questo risultato. I nuovi tempi in parte misurati e in parte dedotti dai rilievi precedentemente effettuati, rappresentano il nuovo ciclo di montaggio grazie al quale è possibile elaborare il bilanciamento.

5.1.2. Bilanciamento dell’operatore per il Push

Dato il tempo di montaggio stimato per lo scenario TO-BE riguardante il “Push”, si possono fare diverse considerazioni. Il nuovo metodo, considerato come più efficiente e con le modifiche apportate, ha generato un tempo totale del ciclo produttivo del “Push” pari a 6,1 ore a macchina, di gran lunga inferiore al tempo di Takt Time. Questo fatto è positivo per la produzione a flusso ma comporta alcune riflessioni sull’impiego dell’operatore. Ricalcolando il numero di operatori necessari al montaggio meccanico, considerando il nuovo tempo ciclo si ottiene:

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{push TO-BE} = \frac{6,10 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 0,610 \text{ operatori}$$

Questo significa che in un ciclo, il lavoro necessario per completare il “Push”, può essere svolto da poco più di mezzo operatore, o meglio, l’operatore che lavora in questa fase è saturato per il 61% del tempo. Per il restante tempo della durata del ciclo, l’operatore non ha compiti da portare a termine e perciò risulta inevitabile trovargli altre attività da eseguire. Per sfruttare la vicinanza dei banchi di premontaggio e per rendere continuo il flusso di produzione anche a monte dell’attività di montaggio meccanico, si è pensato di affidare all’operatore di montaggio, anche l’attività di premontaggio dei componenti destinati ad essere montati sul “Push”. In questo modo, lo stesso operatore, all’interno di un ciclo dovrà montare a banco i codici da premontare per poi, una volta completati, passare al montaggio meccanico. Per rendere possibile ciò, il tempo totale per preparare i premontaggi destinati al “Push” dovrà essere uguale o minore della differenza tra il Takt Time e il tempo ciclo del montaggio. Sono stati quindi eseguiti altri rilievi dei tempi per misurare la durata dell’attività di premontaggio. I tempi sono stati prelevati dall’osservazione del lavoro eseguito da un

operatore di premontaggio esperto, ipotizzando che una volta implementata la produzione a flusso, l'operatore di montaggio sarà formato e impiegherà quindi lo stesso tempo. I rilievi hanno condotto al seguente risultato:

PREMONTAGGIO+MONTAGGIO PUSH	h
PREM 1	1,37
PREM 2	0,68
PREM 3	0,16
PREM 4	0,05
PREM 5	0,01
PREM 6	0,20
PREM 7	0,59
PREM 8	0,05
PREM 9	0,03
PREM 10	0,23
GUIDA E CREMAGLIERA	2,61
CARRO-CATENA	1,88
RULLI	0,77
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	0,76
PINZA	0,08
SUBTOTALE PREMONTAGGIO	3,38
SUBTOTALE MONTAGGIO	6,10
SUBTOTALE PREMONTAGGIO+MONTAGGIO	9,48
TAKT TIME	10,00
saturatione	0,95

Tabella 8 Tempi attività di premontaggio e montaggio del Push

Il totale del tempo impiegato dall'operatore del reparto di premontaggio, addetto alla linea LT-LMT, è pari a 3,38 ore le quali, sommate alle 6,1 ore del montaggio meccanico, risultano uguali a 9,48 ore per ogni ciclo di premontaggio e montaggio relativi al "Push". Questo significa che l'operatore che svolge il montaggio meccanico può eseguire anche il premontaggio dei componenti richiesti dal "Push", restando all'interno delle 10 ore/macchina di Takt Time ed essendo saturato al 95%. Per comprendere meglio la distribuzione del lavoro dell'operatore, è stata costruita la Balance Chart qui riportata:

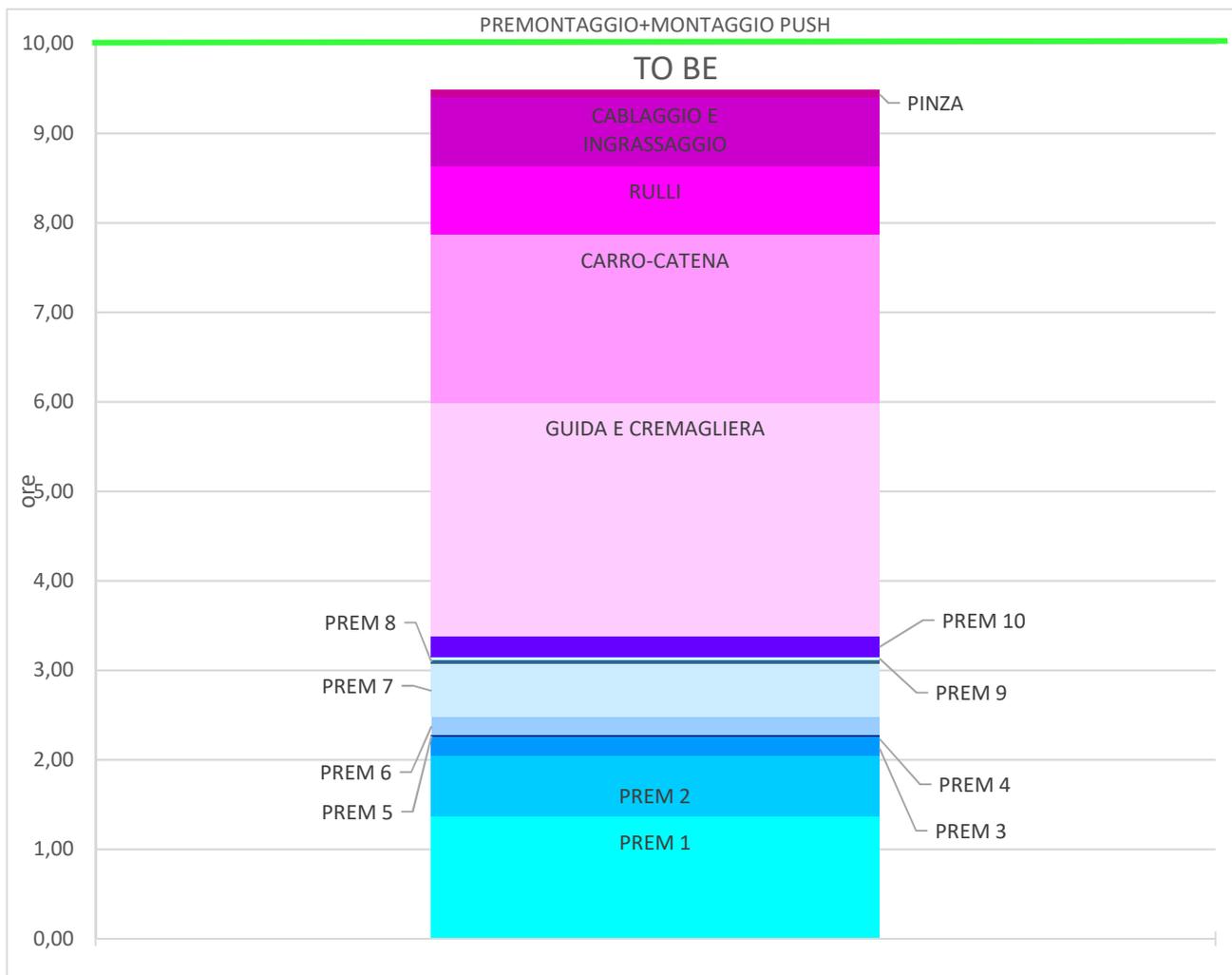


Figura 15 Bilanciamento dell'operatore dedicato al Push, diagramma preso dal file Excel del bilanciamento

Come si può notare, il carico di lavoro dell'operatore è stato progettato in modo da avere le prime 3,38 ore impegnate con l'attività di premontaggio e, una volta completata questa fase, egli continuerà con il montaggio meccanico compiendo tutte le operazioni comprese nella suddivisione delle fasi precedentemente definita. Mantenendo le modifiche apportate al montaggio meccanico, il totale del tempo di esecuzione per il montaggio, sommato alle precedenti operazioni di premontaggio, risulta pari a 9,48 ore per ogni "Push" della Linea LT-LMT.

Risulta inoltre vantaggioso avere un margine tra il tempo ciclo e il Takt Time in quanto, quando verranno apportate tutte le modifiche in programma, il tempo standard da assegnare al ciclo produttivo dovrà comprendere le maggiorazioni per affaticamento, imprevisti e fabbisogni fisiologici. Si può già notare per esempio che, attribuendo la

maggiorazione per fabbisogno fisiologico del 4,16% essendoci per il momento solo operatori uomini, si arriva a un tempo comunque inferiore alla cadenza data dal mercato:

$$9.48 \frac{h}{macch} * (1 + 0.0416) = 9,87 \frac{h}{macch}$$

L'implementazione delle modifiche che non si sono potute testare, produrranno un'ulteriore riduzione del tempo ciclo, al quale dovrà essere attribuita, oltre che la maggiorazione per fabbisogni fisiologici, anche quella per imprevisti e sforzo fisico che viene decisa in modo arbitrario a seconda del tipo di lavorazioni e delle condizioni ambientali della zona dove avverrà il montaggio.

I premontaggi considerati durante il bilanciamento dell'operatore sono tutti quelli presenti nella distinta base del "Push" tranne la "pinza". La "pinza" è un codice il cui montaggio viene già effettuato da un altro operatore, non addetto alla linea LT-LMT, che impiega 1,52 ore per l'attività. Si è deciso, per il momento, di non includerla nel ciclo progettato per il "Push", in quanto comporta operazioni più complesse rispetto agli altri premontaggi e inoltre, si andrebbe a sfiorare il Takt Time.

Il bilanciamento effettuato per il "Push", con l'obiettivo di andare a saturare l'operatore che si vuole dedicare a questa fase della linea LT-LMT, comporta un ulteriore vantaggio. Questo modo di gestire i premontaggi, non permette più la loro produzione in serie e quindi risparmia del tempo e della distanza percorsa all'operatore di picking. Si ricorda che il sistema attuale di gestione dei codici premontati prevede due tipi di gestione: alcuni vengono premontati mesi prima dell'utilizzo, in serie e ubicati prima di essere prelevati per poi venire effettivamente montati sulla macchina mentre altri vengono gestiti tempestivamente in base alla richiesta, ovvero quando parte l'ordine di produzione della macchina. Facendo svolgere il montaggio dei componenti da premontare allo stesso operatore, egli dovrà prima svolgere operazioni a banco poi, portandosi dietro il carrello contenente il materiale premontato, dovrà spostarsi nella zona dedicata al montaggio dove già si troverà il basamento della macchina.

Tutti i premontaggi necessari al montaggio meccanico della fase in esame sono quindi messi a flusso consentendo un bilanciamento con una distribuzione del lavoro appropriata per un unico operatore da dedicare a queste attività. Comprendere l'attività di premontaggio in questa fase, riduce il rischio di ritardi provenienti dal reparto di premontaggio o dal picking dei materiali poiché i componenti premontati, verranno preparati direttamente dallo stesso operatore di montaggio il quale, trovandosi nella stessa zona per entrambe le attività, movimenterà lui stesso i materiali senza ricorrere all'operatore di picking.

5.1.3. Bilanciamento della linea: confronto AS-IS e TO-BE dei tempi di picking e montaggio meccanico

Avendo a disposizione tutti i tempi necessari per bilanciare la linea a flusso per le fasi di montaggio meccanico della linea LT-LMT, è stato possibile costruire la Balance Chart relativa alla linea. La Balance Chart o Yamazumi Chart è uno strumento grafico per la creazione del flusso continuo grazie alla progettazione della distribuzione del lavoro degli operatori, in relazione al Takt Time. Nel diagramma a barre vengono infatti mostrati i tempi ciclo della linea e di conseguenza, il carico di lavoro degli operatori confrontati con il Takt Time.

Per completezza e per includere la problematica discussa precedentemente riguardo la questione dell'approvvigionamento e stoccaggio dei materiali, si è progettato il bilanciamento per l'attività di montaggio meccanico e l'attività di picking dei materiali. Si hanno a disposizione i tempi impiegati dagli operatori di picking per il prelievo dei materiali della linea LT-LMT. Nell'AS-IS, c'è un unico operatore addetto al prelievo dei codici dei materiali sfusi stoccati a magazzino e dei codici dei premontaggi e, per recuperare tutti i codici necessari al montaggio meccanico di "Push", "Step-in" e "Step-out", impiega i seguenti tempi:

PICKING AS-IS	h
PUSH	3,28
STEP-IN	4,65
STEP-OUT	4,65

TOT

12,58

Tabella 9 Tempi di picking AS-IS dei materiali per il montaggio meccanico della Linea LT-LMT

I tempi sopra riportati sono i tempi misurati durante lo svolgimento di tutte le operazioni da parte dell'operatore di picking, le quali comprendono il prelievo dei materiali da magazzino, la movimentazione dei codici e la percorrenza delle distanze tra l'ubicazione dei materiali stoccati. Anche l'attività di approvvigionamento e trasporto dei materiali deve rispettare il Takt Time per avere un flusso continuo, in quanto, i materiali richiesti da ogni fase devono essere disponibili ogni volta in cui il ciclo produttivo ricomincia. Con un Takt Time uguale a 10 ore/macchina e un ciclo di picking, per approvvigionare il materiale al montaggio di una macchina, uguale a 12,58 ore/macchina si deduce che risulta necessario, nella situazione attuale, il lavoro di un altro operatore:

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{picking \text{ Linea LT-LMT}} = \frac{12,58 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 1,258 \text{ operatori}$$

Sono stati progettati perciò alcuni cambiamenti con l'obiettivo di ottimizzare i percorsi compiuti dagli operatori e di ridurre i tempi dell'attività di picking. Le modifiche apportate nella logistica interna riguardante i materiali della linea studiata non sono oggetto di questa tesi ma vengono accennate in quanto risultano importanti per la progettazione della produzione a flusso e in modo particolare per il bilanciamento delle attività. A seguito di alcuni cambiamenti che riguarderanno lo spostamento di svariati codici in ubicazioni più vicine alla zona dedicata alle fasi di montaggio meccanico, è stato possibile calcolare i nuovi tempi di picking che l'operatore impiegherà percorrendo le distanze ottimizzate. È stata riposta particolare attenzione alla gestione delle lamiere di copertura che, come spiegato durante la trattazione delle problematiche che afferiscono l'approvvigionamento e il trasporto dei materiali nella situazione AS-IS, rappresentano i codici più critici a causa del loro volume e del loro peso. Si è perciò cercato di cambiare l'ubicazione delle lamiere utilizzate nel montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out" in modo da posizionarle in scaffalature vicine alla zona dove

avverrà il montaggio meccanico. Questa attività comporterà un vantaggio per gli operatori di picking rendendo meno complicato il prelievo di questi materiali e contribuirà a ridurre il tempo da loro impiegato per l'approvvigionamento di tutti i materiali necessari al montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out", che si ipotizza sarà pari a:

PICKING TO-BE	h
PUSH	4,33
STEP-IN	2,70
STEP-OUT	2,70
TOT	9,73

Tabella 10 Tempi di picking TO-BE dei materiali per il montaggio meccanico della Linea LT-LMT

Come si può notare, i tempi di picking dei materiali per "Step-in" e "Step-out" si riducono in modo significativo, da 4,65 ore a 2,70 ore, grazie ai cambiamenti nell'ubicazione dei materiali, mentre, il tempo di picking dei materiali del "Push" aumenta passando da 3,28 ore a 4,33 ore. Questo accade perché, come spiegato precedentemente, per saturare l'operatore di montaggio del "Push", gli è stata affidata anche l'attività di premontaggio generando conseguenze per il picking. Il tempo delle operazioni di picking, nello scenario TO-BE, è riferito al prelievo di codici diversi rispetto allo scenario precedente in quanto si tiene conto del tempo misurato per prelevare i materiali necessari al premontaggio e non più al montaggio meccanico del "Push". Questo tempo comprende perciò il prelievo dei materiali sfusi necessari alla fase di montaggio meccanico e necessari al premontaggio dei componenti che saranno montati nella fase successiva. Il vantaggio rilevato riguarda il fatto che, il prelievo per il "Push" compiuto dall'operatore di picking si limita a questa lista di codici, in quanto non sarà più necessario trasportare i premontaggi che verranno movimentati direttamente dall'operatore di montaggio. Nonostante questo, il tempo totale derivante dal nuovo rilievo delle operazioni di picking per il montaggio della Linea LT-LMT è minore rispetto al Takt Time e permette quindi di mantenere un solo operatore per eseguire queste specifiche operazioni:

$$N^{\circ} \text{ operatori}_{picking \text{ Linea } LT-LMT} = \frac{9,73 \left[\frac{h}{macch} \right]}{10 \left[\frac{h}{macch} \right]} = 0,973 \text{ operatori}$$

I tempi di picking riportati sono funzionali alla composizione della Balance Chart che sarà costruita sia per la situazione AS-IS, sia per la situazione TO-BE nella quale, si assumerà un cambiamento importante proprio per il picking. Le due Balance Chart servono a valutare il confronto tra le due situazioni per considerare i potenziali vantaggi. Per riassumere e rendere più evidente il confronto, sono stati raggruppati tutti i dati dei tempi d'interesse per il bilanciamento:

TEMPI PUSH	AS-IS [h]	TO-BE [h]
PICKING	3,28	4,33
MONTAGGIO	7,51	6,1
PREMONTAGGIO		3,38
TEMPI STEP-IN	AS-IS [h]	TO-BE [h]
PICKING	4,65	2,70
MONTAGGIO	10,37	10
TEMPI STEP-OUT	AS-IS [h]	TO-BE [h]
PICKING	4,65	2,70
MONTAGGIO	10,75	10

Tabella 11 Confronto tempi di picking e montaggio AS-IS e TO-BE

Nello specifico, per il montaggio di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, si riportano i tempi relativi all’AS-IS e al TO-BE della suddivisione delle fasi per ogni elemento della linea LT-LMT.

<u>AS-IS</u>		<u>TO-BE</u>	
FASI PUSH:	h	FASI PUSH:	h
GUIDA E CREMAGLIERA	2,75	GUIDA E CREMAGLIERA	2,61
CARRO-CATENA	1,95	CARRO-CATENA	1,88
RULLI	1,51	RULLI	0,77
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	1,21	CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	0,76
PINZA	0,09	PINZA	0,08
TOT	7,51	TOT	6,10
FASI STEP-IN:	h	FASI STEP-IN:	h
FASE 1	1,62	FASE 1	≈5
FASE 2	1,73	FASE 2	
FASE 3	1,61	FASE 3	
FASE 4	1,80	FASE 4	≈5
FASE 5	1,76	FASE 5	
FASE 6	1,85	FASE 6	
TOT	10,37	TOT	10,00
FASI STEP-OUT:	h	FASI STEP-OUT:	h
FASE 1	2,97	FASE 1	≈5
FASE 2	1,82	FASE 2	
FASE 3	2,26	FASE 3	≈5
FASE 4	1,91	FASE 4	
FASE 5	1,79	FASE 5	
TOT	10,75	TOT	10,00

Tabella 12 Tempi AS-IS e TO-BE delle fasi di montaggio meccanico confrontati

Per l'AS-IS, i tempi qui mostrati sono quelli misurati durante il rilievo dei tempi di montaggio mentre per il TO-BE valgono le considerazioni precedentemente fatte. Per il "Push" i tempi sono stati stimati considerando, in alcune fasi, i tempi minori misurati mentre in altre, i tempi migliorati grazie all'implementazione di alcune modifiche tecniche e di ciclo. Per "Step-in" e "Step-out" è stata invece ipotizzata una riduzione dei tempi nella misura tale da raggiungere le 10 ore/macchina di Takt Time. Le fasi appartenenti al ciclo produttivo di questi due elementi sono state raggruppate in due gruppi da circa 5 ore ciascuno. Per le prime tre fasi dello "Step-in" e le prime due dello "Step-out" è stata effettuata un'approssimazione per eccesso mentre per le ultime tre di entrambi si è considerata una riduzione dei tempi dovuta alle modifiche progettate.

La suddivisione in due parti del montaggio di "Step-in" e "Step-out" è fondamentale in quanto uno dei cambiamenti più rilevanti apportati per generare un flusso continuo è la suddivisione delle fasi di picking. Una delle problematiche affrontate riguarda proprio il numero elevato di codici da prelevare per le fasi di montaggio meccanico e

per questo si è pensato di spacchettare le fasi di picking in modo da rendere meno pesante il lavoro per gli operatori, che avranno ordini più brevi, e soprattutto per ridurre lo spazio occupato dai materiali all'interno della nuova zona dedicata al montaggio. Essendo la zona di montaggio meccanico poco spaziosa, suddividere le fasi di picking portando solo i materiali che serviranno nel momento in cui le specifiche fasi in cui saranno montati stanno per cominciare, consente di avere meno materiale in attesa nei carrelli e quindi più spazio libero per il movimento degli operatori. Dopo aver spiegato le decisioni intraprese per lo scenario TO-BE, è possibile valutarle attraverso il confronto delle due Balance Chart:

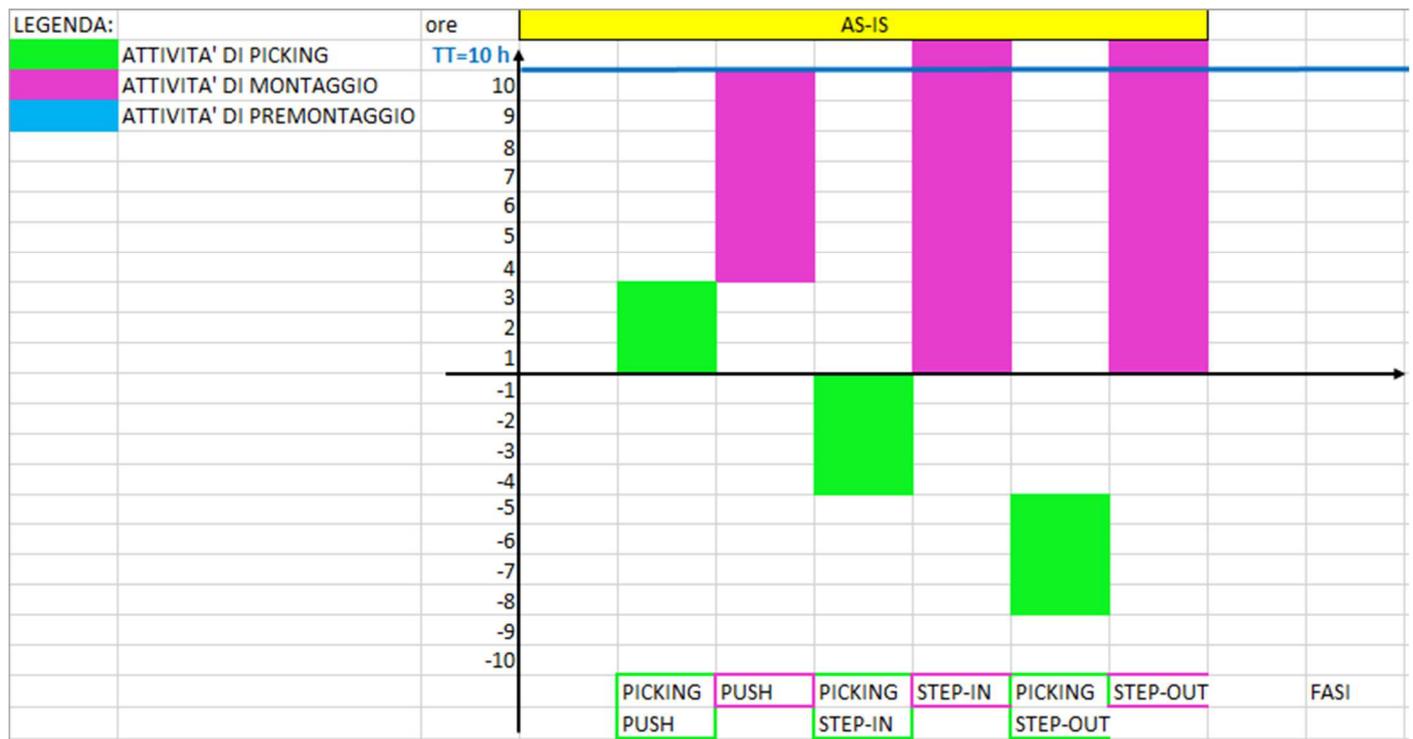


Figura 16 Balance Chart AS-IS, diagramma preso dal file Excel del bilanciamento

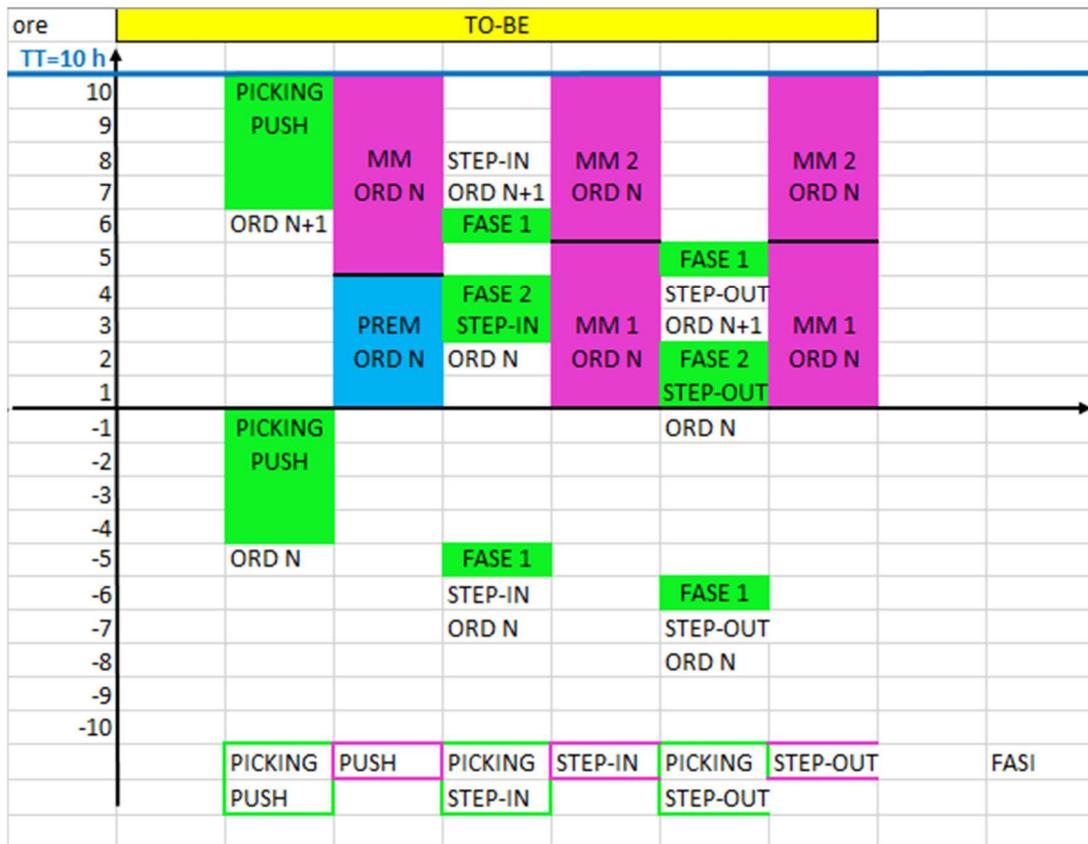


Figura 17 Balance Chart TO-BE, diagramma preso dal file Excel del bilanciamento

Considerando la situazione AS-IS, viene illustrato come il tempo ciclo delle attività di montaggio di “Step-in” e “Step-out” siano leggermente superiori al Takt Time. Il tempo ciclo del “Push” è invece inferiore alla cadenza e il suo ciclo può quindi cominciare in un secondo momento. Nello scenario attuale il picking avviene in sequenza, essendo effettuato da un solo operatore, per riuscire a consegnare il materiale in tempo per l’inizio del montaggio. Per far sì che il montaggio meccanico di “Step-in” e “Step-out” eseguito da un operatore ciascuno cominci all’ora “zero” e il montaggio del “Push” eseguito anch’esso da un operatore cominci alla terza ora circa, il picking deve cominciare circa 9 ore prima.

Per lo scenario futuro si è progettato un altro metodo di gestione dei materiali e delle fasi di montaggio. Come detto, il ciclo del “Push” comprenderà, oltre all’attività di montaggio, anche l’attività di premontaggio, raggiungendo un tempo ciclo circa pari al Takt Time. L’attività di montaggio di “Step-in” e “Step-out” subirà una riduzione dei tempi facendo rispettare il ritmo dato dal mercato e le fasi di picking di questi due elementi verranno spaccettate. L’attività di premontaggio è stata inclusa solamente

per il “Push” in modo da saturare il tempo occupato dall’operatore di montaggio, invece i premontaggi di “Step-in” e “Step-out” rimarranno di competenza dell’operatore del reparto premontaggi in quanto l’attività di montaggio impegna già tutto il tempo del ciclo. La scelta di suddividere le fasi di picking di “Step-in” e “Step-out” è motivata dal numero di codici dei materiali necessari. Il picking del materiale richiesto dal montaggio del “Push” comprende circa 40 codici mentre la distinta base di “Step-in” e “Step-out” racchiude fino a 100 codici, tutti da prelevare. L’attività di picking per il “Push” è composta quindi da un’unica fase ed è progettata per essere completata nel momento in cui comincia la fase di premontaggio, seguita dal montaggio. Per creare un flusso continuo, l’operatore comincia con la prima fase di picking per lo “Step-out” per poi continuare con la prima fase di picking per lo “Step-in”, effettuando i prelievi che devono approvvigionare le prime 5 ore circa di montaggio meccanico e i quali si è stimato durare entrambi circa un’ora. Il suo lavoro prosegue poi con l’unica fase di picking per il “Push” per ritornare successivamente allo “Step-out” con la seconda fase dello stesso ordine, seguita dal picking per la seconda fase dello “Step-in”. Le ultime due fasi durano circa un’ora e tre quarti ciascuna e devono consegnare i materiali che devono essere montati nelle ultime 5 ore di montaggio.

Una volta completato il giro di prelievo dei materiali per lo stesso ordine (ORD N) con tutte le fasi previste, comincia il prelievo per l’ordine successivo (ORD N+1) con la stessa sequenza, in modo da rendere disponibili i materiali necessari al ciclo successivo che comincia una volta raggiunte le 10 ore di Takt Time. In questo modo, anche l’attività di picking è stata messa a flusso, consegnando il materiale nel rispetto della cadenza data dal mercato. La suddivisione delle fasi risolve inoltre il problema dovuto allo spazio limitato della nuova zona dedicata alle linee e quello riguardante l’eccessiva quantità di materiale presente nei carrelli.

La Balance Chart è essenziale per la distribuzione del lavoro all’interno della linea di montaggio e per minimizzare il numero di operatori necessari per l’ammontare di lavoro richiesto. In questo caso, oltre al lavoro interno alla linea di montaggio si è

considerato anche l'attività di supporto alla linea per l'approvvigionamento dei materiali arrivando a concludere che, per il montaggio meccanico, gli operatori necessari sono 3, uno per montaggio e premontaggio del "Push", uno per il montaggio dello "Step-in" e uno per il montaggio dello "Step-out". Per l'attività di picking è invece sufficiente un solo operatore. Gli operatori che lavorano in queste fasi dovranno essere completamente dedicati alla linea a flusso e di conseguenza non potranno più occuparsi delle fasi successive di assemblaggio e chiusura in isola della Linea LT-LMT, che dovranno essere affidate ad altre persone.

5.2.Suddivisione delle fasi di picking

5.2.1. Progettazione della suddivisione dei materiali

La scelta di suddividere le fasi di picking per "Step-in" e "Step-out" provoca diverse opportunità di cambiamento che vanno gestite al meglio per usufruire dei potenziali vantaggi. Come accennato precedentemente, dividere in due fasi l'attività di picking, permette di avere meno spazio occupato dai materiali in attesa di essere montati. La grande quantità di materiali richiesti dalla fase di montaggio meccanico di "Step-in" e "Step-out" ha infatti bisogno di diversi carrelli per essere trasportata e posizionata nella zona dove questi saranno utilizzati e genera pertanto confusione nell'area di montaggio. Inoltre, il numero elevato di codici e la mancanza di standardizzazione della loro disposizione nei carrelli, produce del tempo sprecato per trovare il codice cercato. È fondamentale perciò, avendo l'occasione di avere fasi che prevedono il prelievo di un numero più contenuto di codici, riprogettare la loro disposizione all'interno del carrello e successivamente, definire una posizione standardizzata dei carrelli strettamente necessari all'interno del layout della zona di montaggio.

Il primo passo è stata proprio la progettazione della suddivisione dei materiali in base alla sequenza di montaggio dei componenti. Il montaggio meccanico di "Step-in" e "Step-out" è stato diviso in due macro gruppi che comprendono alcune fasi in base alla loro durata rilevata durante il prelievo dei tempi.

AS-IS			TO-BE	
FASI STEP-IN:	h		FASI STEP-IN:	h
FASE 1		1,62	FASE 1	≈5
FASE 2		1,73	FASE 2	
FASE 3		1,61	FASE 3	
FASE 4		1,80	FASE 4	≈5
FASE 5		1,76	FASE 5	
FASE 6		1,85	FASE 6	
TOT		10,37	TOT	10,00
FASI STEP-OUT:	h		FASI STEP-OUT:	h
FASE 1		2,97	FASE 1	≈5
FASE 2		1,82	FASE 2	
FASE 3		2,26	FASE 3	≈5
FASE 4		1,91	FASE 4	
FASE 5		1,79	FASE 5	
TOT		10,75	TOT	10,00

Tabella 13 Suddivisione fasi per picking

Per lo “Step-in” sono state raggruppate le prime tre fasi la cui somma dei tempi risulta pari a 4,96 ore, arrotondato a 5 ore e le ultime tre fasi con un tempo totale di 5,41 ore per le quali è stata ipotizzata una riduzione dovuta alle modifiche descritte precedentemente. Gli stessi ragionamenti sono stati fatti per lo “Step-out” suddividendo il montaggio in due considerando, in un primo gruppo, le prime due fasi con una durata di 4,79 ore e nel secondo gruppo, le ultime tre fasi con una durata di 5,96 ore.

Dalla distinta base, in cui sono contenuti i materiali per realizzare “Push”, “Step-in” e “Step-out”, sono state estratte le liste dei codici dei materiali richiesti per il montaggio della linea, codici che comprendono tutte le possibili configurazioni che può assumere la Linea LT-LMT. Successivamente, si è cercato di spaccettare le fasi di picking dividendo in due i materiali che dovranno essere portati nella zona di montaggio. I codici sono stati divisi in base alla sequenza di montaggio, assegnando ad ogni fase di picking i materiali che dovranno essere consegnati per le fasi di montaggio in cui dovranno essere utilizzati. Perciò, per entrambi gli elementi della linea, la prima fase di picking che prevede la consegna dei materiali prima che inizino le prime 5 ore di montaggio, conterrà il prelievo dei codici appartenenti a queste fasi di montaggio meccanico, mentre, la seconda fase di picking conterrà il resto dei codici. Il prelievo

dei materiali per la seconda fase è previsto, come studiato nel bilanciamento, prima che si arrivi alle ultime 5 ore di montaggio meccanico.

Le fasi sono state quindi divise in base al fabbisogno di materiale necessario per le fasi di montaggio, divise circa a metà sul totale delle ore di montaggio completo della macchina. Avendo la lista dei materiali per ogni fase di picking, si è potuto progettare il numero di carrelli necessario a contenere i codici in base alla valutazione del loro volume e peso. Si hanno a disposizione carrelli di dimensione 1.36x0.8 metri con 3 piani e rastrelliere (4x1 m, 5 piani) per contenere componenti lunghi come per esempio le lamiere, entrambi mostrati in figura, oltre ai pallet di dimensione 1.2x0.8 metri utili per movimentare e contenere i componenti più pesanti che vengono prelevati direttamente dall'operatore con il muletto e posizionati nella zona di montaggio.



Figura 18 Rastrelliera (4x1 m, 5 piani) per movimentare e posizionare componenti lunghi e carrello 1.36x0.8 m, fotografie scattate in stabilimento

Per il “Push”, essendo relativamente pochi i codici necessari al montaggio, si è deciso di lasciare un'unica fase, in quanto, tutto il materiale può essere contenuto in un carrello e i pezzi lunghi saranno disposti in una parte della rastrelliera. Per quanto riguarda

“Step-in” e “Step-out”, dividendo in due le fasi di picking, è stata fatta una stima dello spazio necessario per contenere i materiali in termini di carrelli e pallet arrivando alla soluzione descritta nella tabella sottostante che riassume i mezzi utilizzati:

	PUSH
FASE UNICA	1 CARRELLO (1.36x0.8 m, 3 piani) 1 PALLET (1.2x0.8 m)
	STEP IN
FASE 1	1 CARRELLO (1.36x0.8 m, 3 piani) 4 PALLET (1.2x0.8 m)
FASE 2	1 CARRELLO (1.36x0.8 m, 3 piani) 4 PALLET (1.2x0.8 m) 1 CASSA PER “STEP” (2.2x0.75 m)
	STEP OUT
FASE 1	1 CARRELLO (1.36x0.8 m, 3 piani) 3 PALLET (1.2x0.8 m)
FASE 2	1 CARRELLO (1.36x0.8 m, 3 piani) 3 PALLET (1.2x0.8 m) 1 CASSA PER “STEP” (2.2x0.75 m)

Tabella 14 Mezzi di contenimento e movimentazione materiali Linea LT-LMT

Oltre ai pallet, ai carrelli e alle casse per contenere gli “step”, si è previsto l’utilizzo di un’unica rastrelliera di dimensioni 4x1 metri con 5 piani per i componenti lunghi necessari al montaggio di tutti e tre gli elementi della linea LT-LMT.

È bene rimarcare il fatto che, il prelievo dei materiali indicato agli operatori di picking consiste nei codici dell’ordine di produzione e perciò non comprende tutti i codici presenti nella distinta base ma solo quelli necessari per il montaggio della configurazione scelta dal cliente che ha generato l’ordine.

Dalla stima e progettazione del numero di carrelli, pallet e altri mezzi per la movimentazione dei materiali necessari alle fasi di montaggio della Linea LT-LMT si può constatare che la suddivisione delle fasi genera un vantaggio per quanto riguarda l’occupazione dello spazio. Il miglioramento è evidente se si considera che nella situazione attuale, vengono utilizzati carrelli grandi di dimensioni 2.15x0.8 metri con 4 piani, non dedicati, quindi contenenti i materiali mescolati per il montaggio di tutte le fasi, più un numero non definito di pallet e rastrelliere sparsi nell’isola di montaggio. La suddivisione dei materiali e il minor spazio occupato dai mezzi in cui sono posizionati, comporta una facilitazione per gli operatori di montaggio poiché, avendo

una minor quantità di materiale, riescono a trovare il codice giusto con maggior facilità. D'altra parte, potrebbe comportare un surplus di lavoro per gli operatori di picking, i quali devono compiere un maggior numero di giri per trasportare il materiale richiesto dall'ubicazione a magazzino alla zona di montaggio.

Durante la riprogettazione di layout, saranno spiegate le posizioni assegnate ai carrelli, alla rastrelliera e ai pallet previsti, che contribuiranno a rendere più veloce e agevole il lavoro degli operatori di montaggio poiché ci sarà una postazione standardizzata dove trovare il materiale che devono utilizzare. Per le logiche di picking si è invece pensato a due alternative:

- Pieno per vuoto: l'operatore di picking porta il carrello della prima fase, una volta passate le ore di montaggio della prima fase, egli (che ha già fatto il picking della seconda fase su un altro carrello) prende il carrello che è stato svuotato dall'operatore di montaggio che ha utilizzato i codici e mette quello pieno dei componenti della fase successiva.
- Mantenere un carrello fisso nella stessa posizione: il carrello rimane fisso sempre nella stessa posizione e l'operatore di picking porta i materiali delle varie fasi appoggiandoli direttamente nel carrello.

Le due opzioni accennate dovranno essere testate facendo fare alcuni giri di prova agli operatori per valutare la logica più vantaggiosa.

5.2.2. Disposizione dei materiali all'interno del carrello

Dalla distinta base dei codici necessari al montaggio meccanico della linea LT-LMT sono stati quindi classificati i codici in base alla fase in cui saranno montati, considerandone una sola per il "Push" e la suddivisione in due progettata per "Step-in" e "Step-out". Andando ad estrarre dai disegni le dimensioni e i pesi dei codici, si è potuta studiare una possibile disposizione all'interno del carrello, sopra ai pallet o nei mezzi necessari con lo scopo di rendere comodo e non troppo faticoso il prelievo dei materiali per i montatori. Sono stati utilizzati i seguenti criteri: i materiali con una lunghezza maggiore a 150 cm sono stati stoccati nella rastrelliera (mezzo per contenere

i pezzi lunghi), i materiali più pesanti di 11-12 kg sono stati stoccati sopra i pallet e per quanto riguarda i carrelli, si è cercato di individuare i codici con il peso più elevato mettendoli in una posizione ergonomicamente favorevole per l'operatore. Il primo piano del carrello si è infatti dedicato ai materiali più pesanti e voluminosi in modo da facilitarne la movimentazione, si è poi cercato di suddividere nel modo più equo gli altri componenti considerando i volumi e la sequenza di montaggio. I dati corrispondenti ai volumi dei componenti sono stati ordinati in ordine decrescente cercando di inserirli all'interno del carrello dal piano più alto, per i più ingombranti, a quello più basso in base allo spazio disponibile. È stata inoltre confrontata la sequenza di montaggio per riuscire a mettere vicini i codici utilizzati nelle stesse operazioni. Anche in questo caso, non è possibile entrare troppo nello specifico dei materiali e delle loro caratteristiche che sono state utilizzate per disporli in modo da facilitare l'operatore ma è possibile fare un esempio. Per i "rulli" del "Push", trattandosi di codici montati in numero elevato, si è deciso di posizionarli nel ripiano più alto del carrello. Questo è dovuto al fatto che l'operatore deve movimentarli uno per volta a causa del loro peso e, avendo a disposizione un carrello con un'altezza che arriva circa alla spalla di una persona di media statura, si è valutato il terzo piano come la posizione più comoda da cui effettuare prelievi ripetitivi. All'interno di ogni carrello, per "Push", "Step-in" e "Step-out" è inoltre presente una cassetta per contenere i codici con le dimensioni più piccole, in modo da non rischiare di perderli tra gli altri materiali più voluminosi e per dare un'ulteriore indicazione all'operatore per sapere dove cercarli.

Si è quindi data una disposizione standardizzata a tutti i materiali richiesti dalle fasi di montaggio meccanico. Sono stati minimizzati i mezzi utilizzati dall'operatore di picking per trasportarli e lasciarli in attesa nella zona di montaggio, considerando la suddivisione delle fasi per "Step-in" e "Step-out". Per il "Push" è stato inoltre considerato il picking dei materiali sfusi richiesti dall'attività di montaggio e dall'attività di premontaggio, essendo quest'ultima inserita nel ciclo della linea a flusso. Il carrello del "Push" contiene perciò i componenti prelevati durante il picking dei materiali per il premontaggio e dei materiali sfusi del montaggio meccanico,

ignorando i premontaggi che saranno trasportati direttamente dall'operatore di montaggio. Si è infatti stimato che lo stesso carrello riuscirà a contenere anche i premontaggi, una volta preparati dall'operatore. Egli avrà il compito di prelevare i materiali, completare il premontaggio a banco e riposizionarli nelle posizioni indicate in modo da poterli trasportare nel breve tragitto dal banco di premontaggio alla zona dove avverrà il montaggio effettivo del "Push".

Nella progettazione della disposizione dei materiali, ci si è focalizzati sulla risoluzione del problema individuato durante la fase di osservazione e di prelievo dei tempi in cui si erano rilevati tempi di attesa e di trasporto, quindi tempi dovuti a operazioni non a valore aggiunto, dovuti alla ricerca dei componenti necessari al montaggio. L'obiettivo è perciò il raggiungimento di uno standard in modo da far concentrare l'operatore di montaggio sulle operazioni a valore aggiunto permettendogli di trovare i codici ricercati sempre nella stessa posizione. Sono state seguite le logiche del metodo "5S" proposte dalla Lean Manufacturing per la selezione dei codici strettamente necessari al montaggio attraverso il restringimento delle attività da servire con la suddivisione delle fasi, per la pulizia e ordine con la disposizione dei materiali seguendo la sequenza di montaggio e criteri per agevolare la movimentazione. La formalizzazione della gestione dei materiali deve condurre infine al mantenimento dello standard progettato in modo da apportare l'effettivo vantaggio per gli operatori.

6. Capitolo 6: Situazione TO-BE

In questo capitolo si è arrivati alla descrizione della situazione TO-BE. La situazione TO-BE consiste nello scenario futuro e quindi nell'implementazione della produzione a flusso per il montaggio meccanico di "Push", "Step-in" e "Step-out". Inizialmente viene ribadita l'importanza della standardizzazione della sequenza di montaggio. Si mostrano nuovamente i risultati ottenuti grazie alle modifiche implementate che hanno generato una riduzione dei tempi ciclo con l'obiettivo di rispettare il Takt Time e rendere il processo efficiente. La nuova sequenza di montaggio, con le modifiche apportate, deve essere standardizzata per riuscire a mantenere i tempi raggiunti e uno

strumento molto efficace sono le SOP – Standard Operating Procedures. Si prosegue infatti con la descrizione della formulazione di una SOP per la fase di “Cablaggio e Ingrassaggio” del montaggio meccanico del “Push”, utile per la formazione degli operatori. Successivamente viene trattata la progettazione dei carrelli per la bulloneria e le attrezzature necessari per il montaggio meccanico che verrà realizzato in una zona dedicata. L’ultima parte del capitolo riguarda proprio la standardizzazione della postazione di lavoro tramite la riorganizzazione della zona di montaggio dove saranno montati “Push”, “Step-in” e “Step-out” a flusso rispettando la cadenza data dal mercato e infine la gestione delle isole di lavoro dove si continuerà con le fasi successive di lavorazione della Linea LT-LMT. Per la zona di montaggio è stato costruito un layout considerando le dimensioni delle aree di lavoro, il numero dei mezzi per trasportare e contenere i materiali e dei carrelli per la bulloneria e le attrezzature. Per le isole di lavoro invece è stato ipotizzato un layout di cui viene riportata una parte per spiegare i criteri utilizzati, con lo scopo di dimostrare la rilevanza della gestione delle fasi successive a quella studiata in questo elaborato, per riuscire a implementare la produzione a flusso.

6.1. Standardizzazione della sequenza di montaggio

6.1.1. Ottimizzazione del ciclo produttivo e rispetto del Takt Time

Nella situazione TO-BE, dovranno essere apportate tutte le modifiche progettate per avere il montaggio meccanico della Linea LT-LMT a flusso continuo. Con l’osservazione e il rilievo dei tempi è stato possibile individuare i miglioramenti da apportare per ottimizzare il ciclo produttivo del montaggio meccanico di “Push”, “Step-in” e “Step-out”. I miglioramenti sono stati descritti tramite le modifiche tecniche e le modifiche di ciclo proposte, alcune delle quali sono state realizzate e valutate come vantaggiose. Il risultato prodotto è dunque una nuova sequenza di montaggio che tuttavia è provvisoria. Lo studio del nuovo ciclo produttivo è stato condotto solamente per il “Push” per il quale, è stato possibile misurare i tempi ridotti causati dalle modifiche che sono state implementate. Non è stato possibile verificare il beneficio tangibile per tutte le modifiche progettate per il montaggio del “Push” e

soprattutto per quello di “Step-in” e “Step-out” per cui è stata solamente stimata una probabile riduzione dei tempi. Per questo motivo, le nuove sequenze di montaggio sono provvisorie in quanto si attende il completamento del lavoro una volta che si avranno tutte le informazioni e i dati necessari. Grazie ad approssimazioni e stime è stato comunque possibile costruire il bilanciamento della linea, passo fondamentale per la progettazione della produzione a flusso. La riduzione e l’eliminazione di alcune delle operazioni non a valore aggiunto, raggiunta grazie alle modifiche sul ciclo produttivo e alle nuove attrezzature che si sono potute testare sul “Push”, ha generato un tempo ciclo minore rispetto a quello inizialmente rilevato. La nuova sequenza produttiva è dunque il prodotto delle modifiche analizzate e considerate convenienti, per cui risulta necessaria una standardizzazione. Poiché la priorità consiste nel rispetto dei tempi dati dal mercato, inizialmente è possibile accontentarsi dei miglioramenti raggiunti per riuscire ad implementare la linea a flusso continuo nel breve termine. Avere a disposizione ancora molte opportunità di miglioramento è inoltre un fatto molto positivo perché conferisce la consapevolezza di poter affrontare ulteriori variazioni della domanda di mercato. La domanda di mercato, non essendo controllabile, potrebbe aumentare ancora di più e di conseguenza, il Takt Time si ridurrebbe provocando la necessità di avere un ritmo produttivo più sostenuto. Con il Takt Time attuale, dato dalla domanda di 176 macchine/anno, si è riusciti ad avere le condizioni tali da rispettarlo. Con le modifiche che si sono potute implementare nel breve tempo di permanenza in azienda, è stato possibile infatti ridurre il tempo ciclo del montaggio meccanico degli elementi studiati per rispettare il ritmo dettato dal mercato. Potersi permettere di ridurre il tempo ciclo ulteriormente grazie alle modifiche che si implementeranno, permette quindi di poter sfruttare una crescita ancora più ingente. Nel caso in cui non si verifichi un aumento delle richieste provenienti dal mercato, si saranno comunque progettati dei miglioramenti per aumentare l’efficienza delle attività portando vantaggi in diversi comparti dell’azienda.

Per riassumere, si può considerare il risultato raggiunto come sufficiente e per implementare la produzione a flusso per le fasi di montaggio meccanico della Linea

LT-LMT, è necessario standardizzare il nuovo ciclo produttivo. Si riporta nuovamente la tabella contenente le fasi e i nuovi tempi raggiunti:

FASI PUSH:	h
GUIDA E CREMAGLIERA	2,61
CARRO-CATENA	1,88
RULLI	0,77
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	0,76
PINZA	0,08
TOT	6,10

Tabella 15 Fasi Push a seguito delle modifiche

La sequenza di montaggio da standardizzare per il “Push”, dovrà tenere conto del nuovo metodo di montaggio di “Guida e Cremagliera” per il quale dovranno essere scritte delle istruzioni precise per formalizzarlo e farlo seguire dagli operatori. Dovrà essere standardizzato l’utilizzo differente del trapano, del comparatore e l’utilizzo dei pesi per l’allineamento in modo da mantenere i tempi riportati per questa fase. Dovrà essere ufficializzato inoltre, il cambiamento che riguarda la fase “Rulli” la quale non dovrà più comprendere l’attività di regolazione che verrà effettuata in una fase successiva al montaggio. Fornendo le istruzioni per eseguire le operazioni con il metodo corretto ci si aspetta che gli operatori ben addestrati, impieghino il tempo minore riportato nella tabella per “Carro-Catena”, “Pinza” e soprattutto per “Cablaggio e ingrassaggio”, per cui la redazione delle istruzioni operative risulta fondamentale in quanto ancora molti operatori non sono formati per questa fase. Si confida perciò di arrivare, attraverso la standardizzazione del ciclo produttivo, ad avere un tempo ciclo totale per il “Push” pari a 6,10 ore.

Per raggiungere questo risultato nella situazione TO-BE, giocheranno un ruolo fondamentale le istruzioni operative. Le istruzioni permettono di avere un ciclo standardizzato e permettono di agevolare la formazione degli operatori che saranno maggiormente motivati a rispettare il tempo previsto dal ciclo produttivo. Le operazioni standardizzate consentono di definire il metodo più conveniente per eseguire il montaggio, comprese le attività più critiche come l’allineamento. Avere metodi definiti ed efficienti semplifica il lavoro degli operatori facendoli concentrare

sulle operazioni a valore aggiunto e conferendo perciò una qualità maggiore al tempo da loro impiegato.

6.1.2. SOP, Standard Operating Procedures

Le Standard Operating Procedures (SOP) sono istruzioni che descrivono l'esecuzione di un processo Step-by-Step per l'applicazione corretta delle operazioni per cui deve essere creata una routine. Le SOP sono particolarmente utili per la standardizzazione del ciclo produttivo in quanto consistono in una chiara e dettagliata spiegazione del metodo che gli operatori dovrebbero seguire, esattamente come viene riportato, per garantire il corretto svolgimento e quindi l'ottenimento del risultato richiesto. Esse racchiudono i processi e gli standard richiesti dall'organizzazione per avere successo e inoltre consentono di ridurre gli errori, incrementare l'efficienza e creare un ambiente di lavoro sicuro. Le linee guida fornite con precisione dalle SOP per alcune attività, rientrano nella mappatura dei processi ovvero nella descrizione delle operazioni, della loro sequenza e della modalità di realizzazione. È uno strumento molto efficiente anche per la formazione degli operatori in quanto, vengono racchiuse in un documento tutte le informazioni necessarie, spiegate in modo chiaro e comprensibile, per portare a compimento un'attività con il metodo previsto. Una SOP scritta correttamente, deve contenere la spiegazione chiara di ogni passo da seguire per completare un'operazione e deve informare gli operatori dei rischi connessi, degli accorgimenti da avere e dei dispositivi di sicurezza da indossare.

Si tratta essenzialmente di un manuale di istruzioni che deve essere conciso e facile da comprendere focalizzandosi sulle operazioni da eseguire e il metodo da rispettare. Solitamente, la redazione delle SOP viene effettuata per alcune attività critiche che possono essere attività eseguite da diversi operatori che utilizzano metodi diversi, attività complesse o attività per cui gli operatori non sono formati. Lo scopo è dare uno standard ai metodi studiati per rendere il processo efficiente. In questo progetto, si è deciso di utilizzare questo strumento per standardizzare la fase di "Cablaggio e Ingrassaggio" compresa nel montaggio meccanico del "Push". Attraverso la formalizzazione delle operazioni che gli operatori devono svolgere in questa fase, è

possibile condurre l'addestramento in modo semplice e veloce. La fase di "Cablaggio e Ingrassaggio" veniva infatti eseguita dagli operatori del reparto elettrico e, per i motivi precedentemente spiegati, si è deciso di includerla nel ciclo di montaggio da mettere a flusso, il che comporta l'addestramento degli operatori di montaggio. Come è stato possibile notare dalla Skill Matrix, soltanto due operatori sanno attualmente compiere queste operazioni e l'impiego di una SOP, aiuterebbe a diffondere la conoscenza del metodo senza bisogno di affiancamento. Ogni operatore sarebbe quindi in grado di eseguire le operazioni descritte, confrontandosi solamente con le istruzioni che gli verranno messe a disposizione. Trattandosi di informazioni sensibili, non è possibile mostrare l'intera SOP progettata ma si mostra l'impostazione:



Figura 19 SOP - Cablaggio e Ingrassaggio del Push, immagine catturata dal file Word di redazione della SOP

Viene indicato inizialmente l'obiettivo della SOP e una descrizione generale dell'attività per cui sono state scritte le istruzioni per poi cominciare con gli step delle operazioni da eseguire.

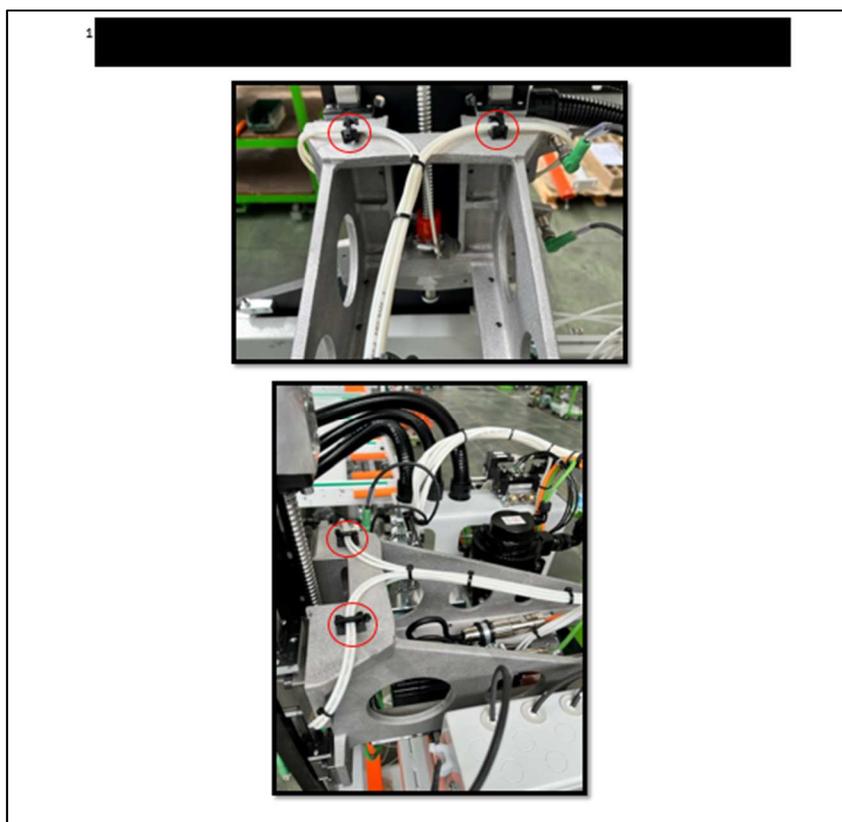


Figura 20 SOP - Cablaggio e Ingrassaggio del Push, immagine catturata dal file Word di redazione della SOP

Ogni step viene spiegato tramite le istruzioni scritte in maniera semplice e dettagliata, le quali devono essere accompagnate da immagini esplicative. Come si vede in figura, sono state scattate delle fotografie che devono aiutare a comprendere le operazioni descritte a parole negli step, che in questo caso sono state oscurate.

Ci sono tre tipi di istruzioni: le istruzioni operative, quelle per il controllo della qualità e quelle per la sicurezza. Le prime sono quelle più importanti, scritte in nero, che devono essere presenti in ogni step. Le istruzioni da seguire per effettuare i controlli per la qualità sono segnalate con il colore blu mentre le istruzioni per la sicurezza sono scritte in rosso. Negli step possono essere indicati quindi gli standard di qualità che si vogliono mantenere e inoltre è fondamentale riportare nella SOP tutti gli accorgimenti per avere un elevato livello di sicurezza durante la lavorazione.

Per assicurare un'elevata qualità, durante la descrizione degli step sono stati indicati alcuni controlli da effettuare per evitare danneggiamenti e garantire una buona funzionalità.

Durante l'esecuzione della fase di cablaggio e ingrassaggio del Push è richiesto l'uso dei seguenti DPI:



Figura 21 SOP - Cablaggio e Ingrassaggio del Push, immagine catturata dal file Word di redazione della SOP

In fondo, nell'ultima pagina, vengono indicati i DPI – Dispositivi di Protezione Individuale che devono essere indossati da ogni persona che esegue le operazioni descritte all'interno della SOP. In questo caso è obbligatorio l'utilizzo delle scarpe antinfortunistiche.

Per la standardizzazione delle operazioni, le Standard Operating Procedures, rappresentano uno strumento molto efficace. Consentono di comprendere i processi e identificare i possibili miglioramenti e, oltre ad assistere gli operatori nell'addestramento, assicurano che vengano rispettate le disposizioni di sicurezza e di qualità del prodotto lavorato.

6.2. Standardizzazione della bulloneria e delle attrezzature di montaggio

Un aspetto importante per minimizzare le operazioni non a valore aggiunto che producono tempi di attesa e trasporto di materiali e attrezzature, è la definizione di uno standard per la gestione della minuteria e delle attrezzature di montaggio. Una delle problematiche segnalate precedentemente riguarda la perdita di tempo causata dalla ricerca delle viti necessarie al montaggio, che spesso non sono rese disponibili nella zona in cui devono essere utilizzate. Nella situazione attuale, all'interno delle isole di lavoro ci sono i carrelli per contenere le viti e alcune attrezzature, ma non sono curati. Intanto, poiché nelle isole vengono effettuate anche le fasi successive al montaggio meccanico, i carrelli della minuteria includono tutte le viti necessarie per il montaggio meccanico, per l'assemblaggio e per la chiusura della Linea LT-LMT. Questo provoca confusione, essendoci un numero elevato di cassette che contengono le diverse viti,

aumentando il tempo impiegato dall'operatore per la ricerca di ciò che gli occorre. Non viene inoltre mantenuto l'ordine per la disposizione delle cassette delle viti nei carrelli, le quali spesso vengono tolte per comodità di alcune operazioni e non vengono riposizionate nello stesso posto. Infine non esiste una logica di segnalazione di riempimento delle cassette quando certe viti si esauriscono, comportando tempo sprecato per l'operatore di montaggio che deve andare a cercare le viti altrove o aspettare che il magazziniere rifornisca il carrello con le viti mancanti. Queste considerazioni sono servite per capire la necessità di sistemare e riorganizzare la bulloneria per il montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out".

È stata perciò raccolta una lista delle viti, grani, dadi e rondelle da utilizzare nel montaggio meccanico della linea LT-LMT. Non essendoci istruzioni operative con la segnalazione dei materiali, attrezzature e bulloneria necessari, questa attività ha permesso di raccogliere dati anche per il ciclo produttivo. Per ogni elemento della bulloneria si è segnato il suo utilizzo, ovvero le operazioni comprese nelle fasi di montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out" in cui ogni specifico elemento viene adoperato. La stessa attività è stata condotta per le attrezzature utilizzate dagli operatori di montaggio come per esempio la livella per eseguire l'allineamento, i vari spessori utilizzati per le regolazioni o il trapano. Per ognuno di questi sono state descritte le operazioni in cui vengono impiegati. L'obiettivo della raccolta di queste informazioni è la creazione di carrelli dedicati alle viti e alle attrezzature seguendo i principi delle "5S": trovare nel carrello solo ciò che serve, mantenerlo pulito e ordinato con una posizione standard per ogni cassetta che contiene la bulloneria.

Dopo aver valutato la quantità e il tipo di minuteria e attrezzatura per il montaggio meccanico si è deciso di dedicare i seguenti carrelli per il montaggio meccanico della Linea LT-LMT:

	PUSH	STEP-IN/STEP-OUT
Dimensioni carrelli	CARRELLO VITI (0.82x0.66 m) CARRELLO ATTREZZATURE (1x0.5m)	CARRELLO VITI(1.25x0.6 m)

Tabella 16 Carrelli bulloneria e attrezzature per Push, Step-in e Step-out

Per il “Push” si è considerato sufficiente un carrello di piccole dimensioni completamente dedicato mentre per “Step-in” e “Step-out” è stato impiegato un unico carrello più grande in quanto la bulloneria utilizzata è circa la stessa e nella nuova zona di montaggio, le aree di lavoro saranno adiacenti. Per le attrezzature, per il momento, è stato previsto solo un carrello per il “Push” essendo l’elemento per cui si ha un numero maggiore di strumenti mentre per “Step-in” e “Step-out” l’obiettivo è quello di riuscire a inserirle nello stesso carrello della bulloneria. Alcune attrezzature vengono inoltre tenute dagli operatori i quali detengono un carrello personale.

Successivamente, è stata implementata la nuova sistemazione e riorganizzazione progettata per avere un’idea dello spazio occupato. Come si vede nelle figure, il carrello dedicato al “Push” e quello unico per “Step-in” e “Step-out” sono stati ordinati e organizzati mantenendo solo la bulloneria necessaria alle fasi di montaggio meccanico.



Figura 22 Carrelli viti per Step-in e Step out e per Push, fotografie scattate in stabilimento

I carrelli riorganizzati con lo stretto necessario risultano molto più ordinati e rimane molto spazio libero che, con l’utilizzo di carrelli diversi aventi ripiani adeguati, potrà

essere occupato dalle attrezzature occorrenti. Le cassette contenenti la bulloneria, classificate con una targhetta che le dispone in base alla tipologia (TE-testa esagonale, TCEI-testa cilindrica con esagono incassato, dadi, rondelle ecc.) e in base alle dimensioni (diametro per lunghezza) seguono un ordine crescente da sinistra verso destra e rendono così più facile la ricerca da parte dell'operatore. Tuttavia, è fondamentale che lo standard trovato venga mantenuto dagli operatori in modo da avere dei vantaggi tangibili nel ciclo produttivo. Una gestione più standardizzata dell'utilizzo della bulloneria ha infatti conseguenze nel tempo ciclo, andando a minimizzare il tempo di prelievo di questi elementi, operazione non a valore aggiunto ma necessaria. È inoltre importante che i carrelli abbiano una posizione dedicata e comoda nell'area di lavoro per ridurre gli spostamenti dalla postazione di montaggio.

Nel TO-BE si avranno quindi dei carrelli con caratteristiche tali da poter contenere sia la bulloneria sia le attrezzature e l'azienda sta avviando inoltre, il sistema "Kanban" per il ripristino delle cassette. I carrelli che si ha avuto la possibilità di creare finora sono provvisori e sono stati utili a comprendere lo spazio occupato dalla bulloneria seguendo i principi lean per l'organizzazione e disposizione dei materiali. Le attrezzature dovranno comprendere, oltre a quelle già utilizzate dagli operatori, anche quelle che sono state progettate per il nuovo ciclo produttivo. Alcune di queste avranno dimensioni troppo elevate per essere contenute nel carrello e sarà necessario trovare un'altra postazione, in quanto tutti gli spazi dovranno essere definiti e progettati per evitare spostamenti che producono tempo sprecato.

6.3. Standardizzazione della postazione di lavoro

6.3.1. Riorganizzazione della zona di montaggio, visual management dell'area

Nel TO-BE, le fasi di montaggio meccanico della Linea LT-LMT saranno svolte in una zona dedicata solamente a queste attività, fuori dalle isole di lavoro. Come spiegato precedentemente, questa nuova zona di montaggio si trova nell'area dello stabilimento dove si trovano i banchi di premontaggio dei componenti.

La progettazione del layout di questa zona è fondamentale per implementare la produzione a flusso ed è per questo che, a seguito dello studio dello spazio occupato da tutto il materiale necessario al montaggio meccanico di “Push”, “Step-in” e “Step-out”, si è cercato di trovare la disposizione più vantaggiosa possibile. Per raggiungere un processo produttivo efficiente, tutto lo spazio a disposizione deve essere organizzato in modo da minimizzare i tempi di trasporto e di movimentazione dei materiali e gli spostamenti dell’operatore dalla postazione di lavoro. Una volta delineate le tre aree di montaggio in cui dovranno essere montati “Push”, “Step-in” e “Step-out”, è utile definire attorno a queste, le postazioni dove dovranno essere posizionati i carrelli e gli altri mezzi portati dall’operatore di picking e i carrelli che contengono la bulloneria e l’attrezzatura. L’operatore di montaggio dovrà perciò sempre trovarsi all’interno dell’area in cui sta lavorando, facendo minimi spostamenti al di fuori di essa. Ciò è possibile se viene fornito e messo a disposizione tutto quello che serve alle fasi di montaggio meccanico e se le postazioni vengono standardizzate in modo che l’operatore sappia già dove trovare quello che sta cercando. L’obiettivo da perseguire durante l’elaborazione del layout consiste nel ridurre ed eliminare le operazioni non a valore aggiunto creando un’area ben organizzata con postazioni precise per ogni elemento che deve essere contenuto.

Il layout ideato per la zona di montaggio è stato pensato per facilitare l’operatore di montaggio nel prelievo del materiale mentre sta eseguendo le operazioni a valore aggiunto. Il dimensionamento degli spazi delineati per ogni elemento e la loro disposizione sono stati progettati considerando i limiti dell’area destinata al montaggio e i movimenti degli operatori attorno alla macchina. Dopo aver constatato la quantità di materiale necessaria per le fasi di montaggio meccanico con il relativo ingombro, è stato determinato il numero dei mezzi dove collocare i componenti e si è potuto perciò determinare lo spazio che i carrelli, la rastrelliera, le casse per gli “step” e i pallet andranno ad occupare. Si hanno a disposizione le misure dello spazio occupato da tutti i mezzi per il trasporto e posizionamento dei materiali, compresi i carrelli per la bulloneria e le attrezzature, e si è dedicata un’area pari a 12x1 metri per “Push”, a 8x2,5

metri per “Step-in” e una più ridotta pari a 4x2,5 metri per “Step-out”. Nel TO-BE si terranno in considerazione tutte le modifiche proposte che si possono implementare nel breve periodo, perciò, lo spazio da dedicare ai carrelli prevede già la modifica dovuta alla suddivisione delle fasi di picking per “Step-in” e “Step-out” progettato con il bilanciamento. Lo studio del layout ha inoltre compreso la scelta di uno dei due banchi di premontaggio, data la strategicità della vicinanza, per aver affidato allo stesso operatore sia l’attività di premontaggio sia l’attività di montaggio del “Push”. L’ipotesi di layout viene mostrata in figura:

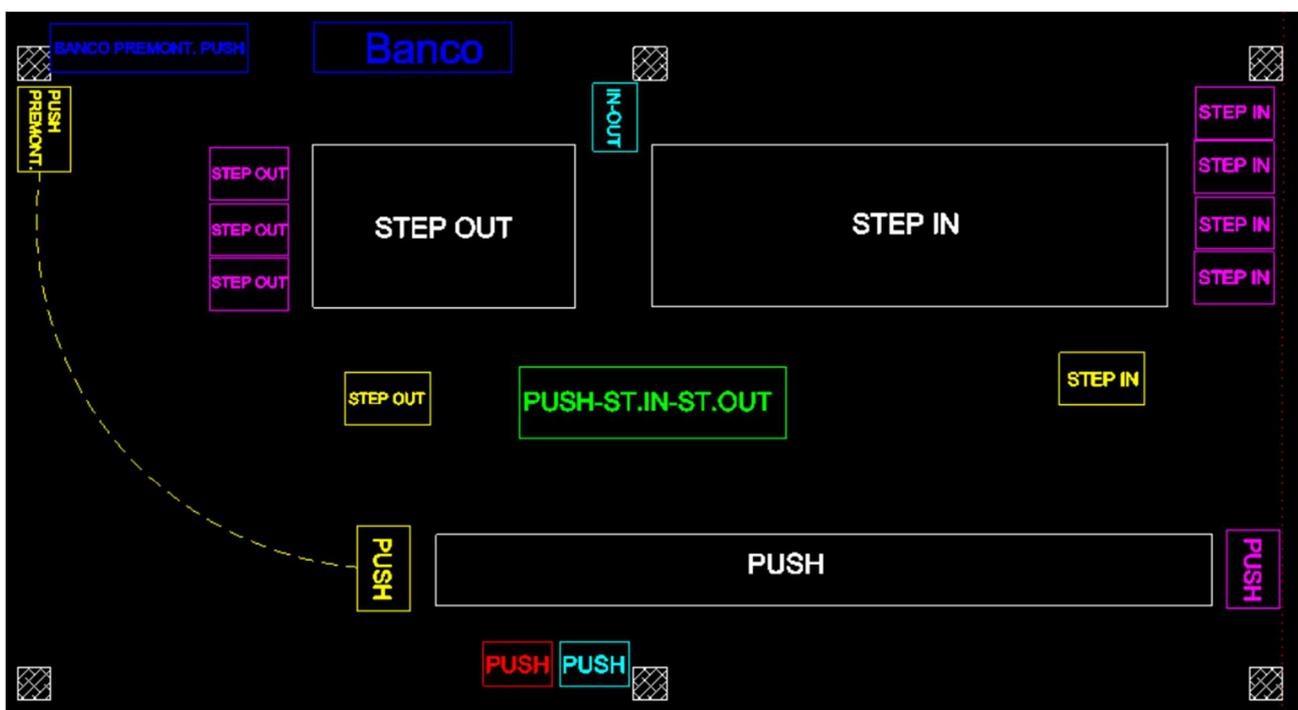


Figura 23 Layout zona di montaggio di Push, Step-in e Step-out, immagine catturata dal Layout elaborato con AutoCAD

Le aree delineate in bianco rappresentano la zona dove avverrà l’effettivo montaggio e, per sfruttare alcune caratteristiche, sono disposte in modo tale da avere le aree di “Step-in” e “Step-out” adiacenti mentre il “Push” è posizionato oltre il corridoio. Il corridoio da cui i tre elementi della Linea LT-LMT saranno prelevati ogni 10 ore (Takt Time) per essere portati nelle isole di lavoro dove seguiranno le fasi successive al montaggio, si trova oltre le ultime colonne sulla destra. Le aree di lavoro sono, per questo motivo, posizionate in modo da rendere comodo il prelievo delle tre parti. La vicinanza di “Step-in” e “Step-out” è necessaria per il fatto che gli operatori

utilizzeranno lo stesso carrello per la bulloneria. I rettangoli azzurri rappresentano infatti i carrelli precedentemente progettati per contenere la bulloneria richiesta dal montaggio meccanico. Essendocene uno comune per “Step-in” e “Step-out”, è stato posizionato nel mezzo per renderlo fruibile ad entrambi gli operatori senza che camminino per lunghe distanze ogni volta che necessitano di una vite. Il carrello per la bulloneria del “Push” è invece posizionato dietro all’area di lavoro, vicino alla colonna, per lasciare libero il corridoio. Accanto ad esso si trova il carrello delle attrezzature che conterrà quelle progettate per facilitare il lavoro dell’operatore addetto al montaggio di questo elemento.

La parte più complessa della progettazione del layout è stata trovare la giusta posizione, comoda sia per gli operatori di montaggio sia per l’operatore di picking, dove collocare il materiale prelevato e in attesa di essere montato. In primo luogo, sono stati selezionati i banchi di premontaggio dove svolgere l’attività per il “Push” e per “Step-in” e “Step-out”. Il premontaggio dei componenti per il “Push” viene realizzato dall’operatore di montaggio nel banco a sinistra, mentre la preparazione dei componenti per “Step-in” e “Step-out” viene effettuata dall’operatore di premontaggio addetto alle linee, nel banco di destra. La scelta di cambiare i banchi di premontaggio su cui vengono preparati i componenti per il montaggio meccanico della Linea LT-LMT, è motivata dalla volontà di sfruttare la posizione all’interno del reparto di premontaggio. Si è già discusso del cambiamento apportato all’approvvigionamento del materiale per il “Push”, che prevede il trasporto del carrello con il materiale premontato direttamente dall’operatore di montaggio, il quale, una volta completate le operazioni a banco si sposta nell’area di montaggio portando con sé i materiali premontati. Avendo spostato il banco in cui vengono montati anche i componenti di “Step-in” e “Step-out”, può essere fatto lo stesso ragionamento. I rettangoli gialli indicano gli spazi dedicati al posizionamento dei carrelli che contengono i codici da montare. Per il “Push”, il carrello inizialmente si trova davanti al banco di premontaggio e, come mostrato dalla linea tratteggiata, quando l’operatore comincerà l’attività di montaggio, lo sposterà vicino all’area di lavoro. I carrelli per il materiale

del montaggio di “Step-in” e “Step-out” si trovano invece nel corridoio insieme alla rastrelliera (colore verde), rispettando la larghezza che occorre per il passaggio nel corridoio e lasciando abbastanza spazio per il movimento dell’operatore attorno alla macchina. Questa posizione è conveniente sia per gli operatori di montaggio che si ritrovano i componenti vicini alla macchina, sia per l’operatore di picking che può appoggiare il carrello con il materiale prelevato direttamente nel corridoio. La rastrelliera, contenendo i componenti lunghi di tutti e tre gli elementi della Linea LT-LMT, si trova nella posizione più favorevole possibile e quindi più comoda all’accesso di tutti e tre gli operatori, dato lo spazio a disposizione. Infine, i rettangoli viola rappresentano lo spazio dove verranno posizionate le casse per gli “step” e i pallet che contengono i componenti di elevato volume e peso. Dalla progettazione del fabbisogno di mezzi per contenere i materiali, ne risultano necessari 1 per il “Push”, 4 per lo “Step-in” e 3 per lo “Step-out”, posizionati tutti il più vicino possibile all’elemento in cui devono essere montati, in modo che l’operatore non faccia troppa strada sollevando materiali pesanti. Sono inoltre in una posizione comoda per l’operatore di picking, essendo vicino al corridoio e avendo abbastanza spazio per essere appoggiati con il trans pallet. Il pallet del “Push” contiene un componente che deve essere movimentato con il carroponte e la sua posizione così progettata consente anche un vantaggio per questa operazione, contribuendo a far risparmiare tempo di trasporto.

Una volta definite tutte le aree con l’obiettivo di dedicare uno spazio per ogni elemento che si deve trovare in quella zona, è utile segnalarle per creare uno standard. Ogni spazio è stato segnato con righe per terra e indicazioni rivolte agli operatori che devono impegnarsi a mantenere quelle posizioni in modo da usufruire dei vantaggi studiati.

6.3.2. Gestione delle isole di lavoro

Avendo implementato la linea a flusso continuo nella nuova zona dedicata solo alle fasi di montaggio meccanico, le altre fasi di lavorazione della Linea LT-LMT rimangono effettuate nelle isole di lavoro. Quando il ciclo produttivo della linea progettata viene completato, ogni 10 ore, “Push, “Step-in” e “Step-out” vengono trasportati fuori dalla zona di montaggio fino alla parte dello stabilimento dove si

trovano le isole dedicate alla Linea LT-LMT. All'interno delle isole verrà eseguita la fase di assemblaggio delle parti insieme alla troncatrice e al multimandrino, se previsto dal modello ordinato, e successivamente la fase di collaudo elettrico, collaudo meccanico e chiusura della macchina. Seguendo questa sequenza, la Linea LT-LMT ordinata dal cliente, risulta pronta per essere trasportata nello stabilimento di destinazione dove gli operatori provvederanno a montarla ed eseguire di nuovo il collaudo dal cliente stesso. Ogni Linea LT-LMT può avere diverse configurazioni: ci può essere lo "Step-in doppio, lo "Step-out doppio" o può esserci o non esserci il multimandrino a seconda che si tratti di una Linea LT che esegue solo il taglio, o LMT che esegue lavorazione e taglio dei profili. In base alla configurazione scelta dal cliente, la macchina ha dimensioni diverse e di conseguenza occupa spazi di grandezze differenti. Si è cercato di assegnare una standardizzazione allo spazio occupato da ogni macchina tenendo in considerazione le diverse lunghezze che ogni Linea LT o LMT può assumere.

Dopo aver ricavato le dimensioni di ogni configurazione dei modelli LT 65, LMT 65, LMX 650, esse sono state schedate in un file Excel in cui le misure sono state arrotondate per poterle raggruppare e disegnare in scala sul Layout delle zone dedicate alle isole di lavoro:

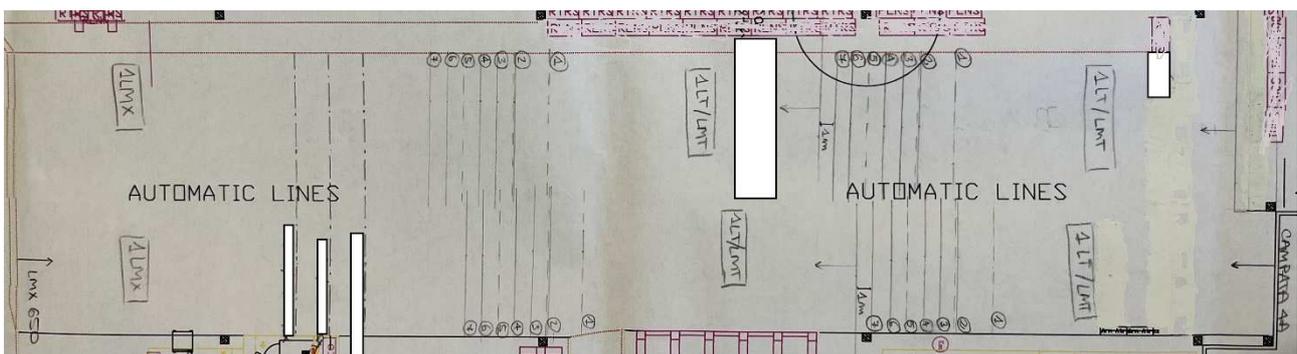


Figura 24 frammento di layout delle isole di lavoro delle Linee LT-LMT, fotografia scattata al Layout cartaceo utilizzato

Dal frammento di layout dello stabilimento che è stato possibile riportare in questo elaborato, si può vedere una delle zone dedicate alle isole delle Linee LT-LMT. La figura è riportata a titolo di esempio per spiegare la progettazione delle isole. Le linee continue rappresentano le diverse lunghezze assunte dalle Linee LMT mentre quelle

tratteggiate indicano le lunghezze delle Linee LT. Tra un'isola e l'altra si è progettato uno spazio di 1 metro e lo spazio disponibile per il posizionamento degli impianti comincia dal lato che rimane fisso (segnalato dalla freccia) e può arrivare fino a dove si trovano le linee in base alla lunghezza del modello che deve essere assemblato. Tra gli impianti automatizzati è compresa anche la Linea LMX, la quale ha delle isole dedicate mostrate nella figura sulla sinistra. Per la Linea LT e LMT, le isole sono le stesse, ovvero hanno a disposizione gli stessi spazi dove possono essere eseguite le fasi. Queste possono avere configurazioni e di conseguenza dimensioni diverse e perciò si è cercato di gestire le isole in modo da capire se gli spazi sono sufficienti a contenere un impianto in ogni isola. Si è constatato che lo spazio disponibile non è abbastanza ampio per contenere un impianto in ogni isola e perciò si sono considerate le dimensioni delle Linee senza la recinzione di sicurezza ipotizzando di posizionarla attorno a tutto il perimetro della zona. Non essendoci lo spazio di distanza di 1 metro lasciato per le recinzioni, si è costruito nuovamente il Layout tenendo conto delle varie configurazioni della linea con le varie lunghezze.

La gestione delle isole dovrà anch'essa seguire il tempo di Takt Time di 10 ore/macchina in quanto, è il ritmo dettato dal mercato che deve ricevere il prodotto finito e quindi la macchina completa. La progettazione della messa a flusso delle fasi successive al montaggio meccanico non è oggetto di questa tesi però si è voluta dare un'idea della complessità della gestione delle isole nelle quali dovranno essere trasportati "Push", "Step-in" e "Step-out". Nel TO-BE perciò, ogni 10 ore, una Linea LT-LMT dovrà essere pronta e un'isola dovrà liberarsi per poter accogliere il ciclo successivo della fase di montaggio meccanico completata che uscirà dalla zona di montaggio.

7. Capitolo 7: Valutazione tecnico-economica

In questo capitolo si vuole provare ad eseguire una valutazione economica della progettazione della produzione a flusso per le fasi di montaggio meccanico della Linea LT-LMT. L'elaborazione e l'implementazione di un progetto richiede investimenti,

ovvero, impieghi di denaro nel presente con l'obiettivo di generare risultati positivi in un orizzonte temporale definito. La valutazione dell'investimento può essere svolta attraverso l'analisi dei costi e dei ricavi differenziali. Per la Linea LT-LMT, si è studiata la situazione AS-IS per arrivare ad un cambiamento del sistema produttivo che verrà implementato nella situazione TO-BE e per il quale sono state proposte varie modifiche. Per alcune di queste modifiche, durante l'esperienza in azienda, non si sono potuti registrare i risultati ottenuti mentre per altre, soprattutto per il montaggio meccanico del "Push", è stato possibile valutarne l'effetto. Per valutare l'investimento effettuato per il progetto condotto per la Linea LT-LMT, si considerano le differenze descritte tra la situazione AS-IS e TO-BE, frutto del lavoro svolto durante la permanenza in azienda.

Il principale effetto delle modifiche apportate si ha sul tempo ciclo delle fasi di montaggio meccanico. Per rendere più evidente il confronto, si riporta nuovamente la tabella utilizzata durante il bilanciamento della linea.

AS-IS			TO-BE	
FASI PUSH:	h		FASI PUSH:	h
GUIDA E CREMAGLIERA	2,75		GUIDA E CREMAGLIERA	2,61
CARRO-CATENA	1,95		CARRO-CATENA	1,88
RULLI	1,51		RULLI	0,77
CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	1,21		CABLAGGIO E INGRASSAGGIO	0,76
PINZA	0,09		PINZA	0,08
TOT	7,51		TOT	6,10
FASI STEP-IN:	h		FASI STEP-IN:	h
FASE 1	1,62		FASE 1	≈5
FASE 2	1,73		FASE 2	
FASE 3	1,61		FASE 3	
FASE 4	1,80		FASE 4	≈5
FASE 5	1,76		FASE 5	
FASE 6	1,85		FASE 6	
TOT	10,37		TOT	10,00
FASI STEP-OUT:	h		FASI STEP-OUT:	h
FASE 1	2,97		FASE 1	≈5
FASE 2	1,82		FASE 2	
FASE 3	2,26		FASE 3	
FASE 4	1,91		FASE 4	≈5
FASE 5	1,79		FASE 5	
TOT	10,75		TOT	10,00

Tabella 17 Tempi ciclo Push, Step-in, Step-out nella situazione AS-IS e TO-BE

Da questa tabella è possibile vedere i risultati raggiunti in termini di risparmio di tempo. Le modifiche di ciclo e le modifiche tecniche sono state apportate per far rispettare il tempo di Takt Time ma anche per rendere il processo produttivo più efficiente. Il risultato che ne consegue è una riduzione dei tempi, consistente per il montaggio del “Push” e più ridotta per il montaggio di “Step-in” e “Step-out”. Trattandosi principalmente di modifiche di ciclo, si è pensato di valutare l’impatto economico come la differenza tra i tempi misurati nell’AS-IS e quelli raggiunti nel TO-BE, considerando il costo orario degli operatori. Il tempo richiesto dal montaggio meccanico della Linea LT-LMT può essere tradotto in ore di lavoro da parte degli operatori di montaggio e perciò si valuterà il risparmio economico conseguente al minor tempo richiesto da “Push”, “Step-in” e “Step-out” prodotti a flusso continuo. Considerando la retribuzione annua lorda (RAL) media pari a € 25.000 si può risalire al costo orario:

$$\text{costo orario di un operatore} = \frac{25.000 \frac{\text{€}}{\text{anno}}}{220 \frac{\text{gg}}{\text{anno}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{gg}}} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Questo significa che un operatore costa all'azienda un ammontare pari a 14,20 € all'ora. Avendo questo dato si può calcolare il costo della manodopera generato dal ciclo produttivo di "Push", "Step-in" e "Step-out" nella situazione AS-IS:

$$\text{costo Push}_{AS-IS} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 7,51 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 106,64 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\text{costo Step - in}_{AS-IS} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10,37 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 147,25 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\text{costo Step - out}_{AS-IS} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10,75 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 152,65 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

Nella situazione attuale c'è un operatore che esegue il montaggio per ogni elemento della Linea LT-LMT, fasi che richiedono i tempi misurati durante i rilievi e che producono i costi sopra calcolati. I costi trovati si possono confrontare con quelli prodotti dai miglioramenti ottenuti nella situazione TO-BE nella quale si è progettato, tramite il calcolo del numero degli operatori con il Takt Time, un operatore addetto al montaggio del "Push", uno al montaggio di "Step-in" e uno a quello di "Step-out"

$$\text{costo Push}_{TO-BE} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 6,10 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 86,62 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\text{costo Step - in}_{TO-BE} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 142 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\text{costo Step - out}_{TO-BE} = 14,20 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{macch}} = 142 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

La differenza tra la situazione TO-BE e AS-IS rappresenta il risparmio di tempo, tradotto in costo, dovuto alle modifiche apportate al ciclo produttivo della Linea LT-LMT, ovvero:

$$\Delta_{Push} = 106,64 - 86,62 = 20,02 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\Delta_{Step-in} = 147,25 - 142 = 5,25 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

$$\Delta_{Step-out} = 152,65 - 142 = 10,65 \frac{\text{€}}{\text{macch}}$$

Questi differenziali rappresentano un risparmio di costi quindi possono essere considerati un flusso di cassa positivo. Nell'orizzonte temporale di un anno, con una domanda di 176 Linee LT-LMT all'anno si ricava:

$$\text{risparmio}_{Push} = 20,02 \frac{\text{€}}{\text{macch}} * 176 \frac{\text{macch}}{\text{anno}} = 3.523,52 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\text{risparmio}_{Step-in} = 5,25 \frac{\text{€}}{\text{macch}} * 176 \frac{\text{macch}}{\text{anno}} = 924 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\text{risparmio}_{Step-out} = 10,65 \frac{\text{€}}{\text{macch}} * 176 \frac{\text{macch}}{\text{anno}} = 1.874,4 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Per l'intera Linea LT-LMT il risparmio totale, dovuto alla riduzione del tempo ciclo di montaggio meccanico, è pari a €6.321,92 in un anno.

L'investimento effettuato dall'azienda per le modifiche progettate in questo lavoro di tesi è dovuto all'acquisto dei pesi per l'allineamento del "Push". Le altre attrezzature progettate hanno anch'esse un costo ma si è deciso di non considerarlo in quanto non si sono potuti valutare gli effetti sul tempo ciclo, non essendo state ancora ordinate e testate. Il costo di ogni peso utilizzato per facilitare l'attività di allineamento è pari a €276,5 ognuno e ne sono stati acquistati 12, numero che corrisponde al numero di "piedi" del basamento del "Push". Il costo totale dell'investimento è perciò pari a:

$$\text{costo pesi}_{Push} = 276,5 \frac{\text{€}}{\text{pz}} * 12 \text{ pz} = 3.318 \text{ €}$$

Questo costo rappresenta i flussi di cassa in uscita all'anno "zero" dell'investimento, mentre, il risparmio prima ottenuto come differenza dei costi dovuti alla diminuzione

del tempo ciclo rappresenta un flusso di cassa in entrata dopo il primo anno di implementazione del progetto. Considerando che il risparmio dei tempi e dei costi sia mantenuto anche negli anni successivi e ipotizzando la domanda di mercato costante, si è deciso di definire la durata dell'investimento pari a 4 anni. I flussi di cassa generati da un progetto devono essere attualizzati per tenere in considerazione il valore temporale del denaro. Il tasso di attualizzazione può essere interpretabile come un costo opportunità ovvero, il tasso di rendimento di un investimento alternativo. In questo caso si ipotizza un costo opportunità del capitale pari al 4%.

Data l'esigua quantità di modifiche apportate in confronto a quelle progettate, la valutazione economica che si può effettuare è incompleta. Si può considerare l'effetto dell'investimento calcolando il Valore Attuale Netto, VAN per i flussi di cassa e si può trovare il periodo di recupero (Payback Period). Il VAN consiste nella differenza tra il valore attuale dei flussi di cassa futuri generati dall'investimento e i flussi di cassa in uscita dell'investimento iniziale. Il VAN è un indicatore utile a valutare la fattibilità dell'investimento e in genere, se si ottiene un risultato positivo, l'investimento è profittevole. La formula del VAN è la seguente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

I_0 rappresenta l'investimento iniziale che in questo caso corrisponde al costo totale dei pesi acquistati per l'allineamento della struttura del "Push". C_i è il flusso di cassa all'anno i mentre r rappresenta il tasso di rendimento, considerato in questo caso pari al 4%. Per la produzione a flusso della Linea LT-LMT progettata fino al punto qui descritto, i flussi di cassa in entrata sono dovuti al risparmio di tempo ottenuto, moltiplicato per il costo orario degli operatori. Si considera un periodo di riferimento di 4 anni comprendendo solo i flussi di cassa prodotti dalle modifiche implementate e descritte per il progetto condotto ai fini della redazione di questo elaborato. Procedendo con i miglioramenti proposti, il calcolo del Valore Attuale Netto subirà delle variazioni a causa della variabilità della domanda e per le ulteriori modifiche che verranno

applicate nel breve periodo. Avendo perciò tutti i dati a disposizione si può calcolare il Valore Attuale Netto:

	ANNO 0	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4
Investimento iniziale	- 3.318,00 €				
Flussi di cassa		6.321,92 €	6.321,92 €	6.321,92 €	6.321,92 €
Flussi di cassa attualizzati	- 3.318,00 €	6.078,77 €	5.844,97 €	5.620,16 €	5.404,00 €
Cumulata	- 3.318,00 €	2.760,77 €	8.605,74 €	14.225,90 €	19.629,91 €

Tabella 18 Valori dei flussi di cassa attualizzati per il calcolo del VAN

Il VAN risulta positivo dimostrando la validità dell'investimento già dal primo anno. Come si osserva dalla tabella, il VAN dopo 5 anni risulta pari a €19.629,91 e analizzando i flussi di cassa attualizzati si nota che il periodo di recupero dell'investimento iniziale è inferiore a un anno. Il tempo di recupero o Payback Period è il periodo di tempo che occorre per riottenere il capitale investito e mentre all'Anno 0 si ha la cumulata negativa dovuta all'uscita di cassa iniziale, già all'Anno 1 diventa positiva a indicare il recupero immediato dell'investimento.

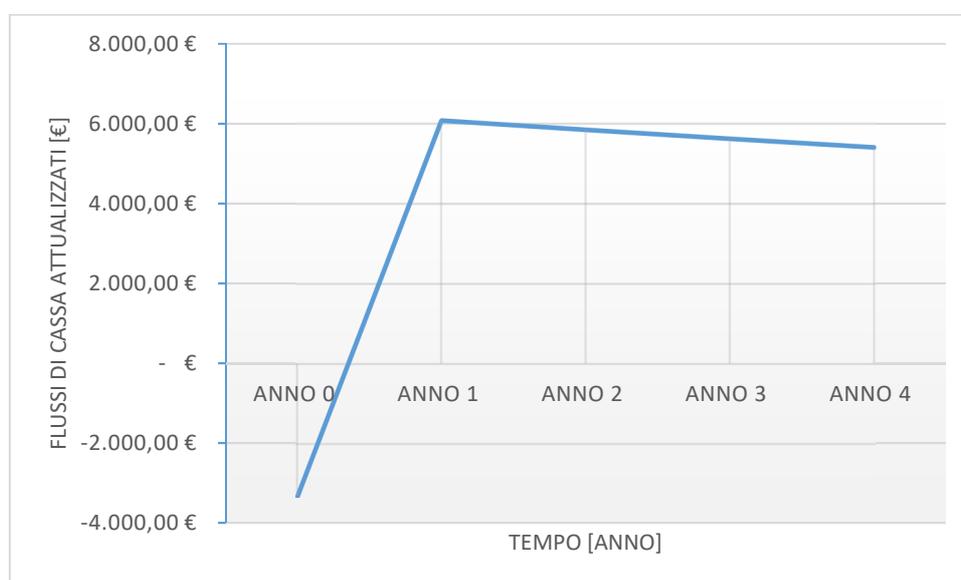


Figura 25 Grafico flussi di cassa attualizzati, grafico preso dal file Excel dei flussi di cassa

Dal grafico risulta evidente il recupero tra l'Anno 0 e l'Anno 1 e interpolando i valori si ottiene un tempo di rientro dell'investimento pari a 0,5 anni che significa che in 6 mesi, il flusso di cassa in uscita all'Anno 0 viene completamente recuperato dai flussi di cassa in entrata attualizzati.

Si ricorda però che è una valutazione limitata dal fatto che non si sono considerati tutti i costi che l'azienda sosterrà per l'acquisto delle attrezzature progettate. Per la maggior parte delle attrezzature studiate non si sono potute analizzare le conseguenze sul ciclo produttivo e quindi i vantaggi derivanti dalla probabile riduzione dei tempi e aumento di efficienza e questo non permette una realistica valutazione dell'impatto economico.

In questo elaborato si sono discusse varie proposte di modifiche, ne sono state progettate diverse e di grande rilevanza come il layout della nuova zona di montaggio e la suddivisione delle fasi di picking con conseguente riorganizzazione del fabbisogno di materiali. Questi cambiamenti sono stati solamente progettati e non si è potuto esaminare il risultato e perciò non sono compresi nella valutazione. Il VAN che si è calcolato si può tuttavia considerare come un risultato positivo in quanto, con le poche modifiche che si sono potute valutare, l'effetto ottenuto indica un buon investimento. L'obiettivo del lavoro svolto all'interno di Fom Industrie consiste nella progettazione di una linea a flusso continuo per le fasi di montaggio meccanico della Linea LT-LMT in modo da affrontare l'aumento della domanda di mercato avvenuto. Una valutazione economica positiva conferma il fatto che oltre ad essere un cambiamento necessario per riuscire a sfruttare la crescita di mercato, è un cambiamento che produce risultati vantaggiosi in termini economici grazie all'aumento di efficienza del sistema produttivo.

8. Capitolo 8: Conclusioni

L'obiettivo dello studio era analizzare la situazione attuale della Linea LT-LMT e individuare i possibili miglioramenti da implementare nello scenario futuro per ottenere la produzione a flusso.

Tramite l'osservazione e rilevazione delle criticità del ciclo di montaggio, del layout e della gestione dei materiali è stato possibile considerare le azioni da intraprendere per rendere il ciclo produttivo più efficiente. I rilievi cronometrici hanno permesso di quantificare in termini di tempo l'attività di montaggio meccanico della Linea LT-LMT per assicurarsi la compatibilità con il ritmo dato dal mercato, il Takt Time. Dai tempi

misurati e dall'analisi del ciclo di montaggio sono emerse varie occasioni di miglioramento per la riduzione dei tempi ciclo, evidenziate tramite la proposta di modifiche tecniche e modifiche di ciclo. Per "Step-in" e "Step-out" si è stimato un effetto positivo sul tempo rendendolo uguale al Takt Time e per il "Push", si sono potuti esaminare i risultati prodotti dalle modifiche in modo più accurato. Per l'attività di montaggio meccanico del "Push" è stato realizzato nuovamente un rilievo del tempo ciclo per valutare l'impatto delle modifiche apportate. Si è misurato un tempo inferiore grazie ai pesi utilizzati per l'allineamento e al nuovo metodo per il montaggio di "Guida e Cremagliera", allo spostamento delle operazioni di regolazione nella fase "Rulli" e al tempo impiegato dall'operatore addestrato per la fase "Cablaggio e Ingrassaggio". Costruendo il bilanciamento per l'operatore di montaggio del "Push", dato il tempo impiegato per il montaggio molto inferiore al Takt Time, si è valutata fattibile l'ipotesi di far eseguire allo stesso operatore l'attività di premontaggio in modo da saturare il tempo del ciclo della linea a flusso continuo. Questo cambiamento è risultato vantaggioso anche a seguito della formulazione del bilanciamento della linea per la situazione TO-BE. Il confronto del bilanciamento della linea tra la gestione attuale del montaggio e la gestione futura ha evidenziato i vantaggi ottenibili dall'implementazione della produzione a flusso. Il bilanciamento è stato costruito in modo tale da avere, per "Step-in" e "Step-out", l'attività di montaggio della durata pari al Takt Time e per il "Push" la copertura del tempo di Takt Time grazie all'inclusione dell'attività di premontaggio. A supporto alle attività di montaggio e premontaggio, si è deciso di bilanciare anche le fasi di picking di cui si è valutato il tempo di prelievo prima e dopo alcune modifiche apportate nella logistica interna. Dopo aver constatato, per il TO-BE, un tempo di realizzazione dell'approvvigionamento del materiale per tutti e tre gli elementi della Linea LT-LMT, che consente di impiegare un solo operatore rispettando il ritmo produttivo, sono state bilanciate le fasi applicando una suddivisione per "Step-in" e "Step-out". Per risolvere le problematiche riguardanti l'occupazione dello spazio dovuto all'elevato numero di codici previsti dal montaggio meccanico e il tempo sprecato a causa di attese e operazioni di trasporto dei materiali,

è stata progettata la suddivisione delle fasi di picking. Lo scenario TO-BE racchiude tutte queste considerazioni per la sequenza di montaggio e la nuova gestione dei materiali rendendo necessaria la standardizzazione. Si definiscono perciò i benefici derivanti dalla standardizzazione della sequenza di montaggio, della bulloneria, delle attrezzature e della postazione di lavoro. La nuova sequenza di montaggio è stata sperimentata attuando alcune modifiche che hanno reso il ciclo produttivo più efficiente, evidenziando l'importanza di avere operazioni standardizzate. Per la produzione a flusso il metodo deve essere definito e le operazioni devono essere standardizzate, in questo caso, la standardizzazione si è messa in atto tramite la redazione di una SOP, con lo scopo di addestrare gli operatori per la specifica fase di "Cablaggio e Ingrassaggio". Grazie alla progettazione della suddivisione dei materiali prelevati e alla standardizzazione della bulloneria e attrezzature di montaggio è possibile elaborare un layout per la nuova zona di montaggio con l'obiettivo di ridurre le operazioni non a valore aggiunto. La riorganizzazione della zona prevede la disposizione delle piazzole per il montaggio di "Push", "Step-in" e "Step-out" e delle postazioni per i mezzi per il trasporto e posizionamento dei componenti che sono in attesa di essere montati e per i carrelli delle viti e delle attrezzature. La disposizione è stata progettata in modo da facilitare le attività degli operatori di picking e degli operatori di montaggio, per i quali è fondamentale minimizzare gli spostamenti dall'area di lavoro. Dalla situazione attuale del layout delle Linee LT-LMT emerge la necessità di una migliore gestione delle isole di lavoro nelle quali avverranno, nella situazione TO-BE, le fasi successive di assemblaggio, collaudo e chiusura.

Quest'ultima considerazione offre uno spunto per l'evoluzione di questo progetto. Sono state riportate alcune stime che sono state effettuate per lo studio del layout delle isole di lavoro avendo la necessità di una standardizzazione per ottenere la produzione a flusso della Linea LT-LMT. Per le fasi di montaggio meccanico l'obiettivo è stato raggiunto e, grazie alla progettazione e alla valutazione condotta, è possibile l'implementazione della linea a flusso continuo nella zona dedicata al montaggio. La cadenza è rispettata per l'attività di montaggio e per l'attività di picking che inoltre,

grazie alla suddivisione studiata, ha permesso di ottenere ulteriori vantaggi in termini di tempo e spazio. Il layout della nuova zona dedicata alle Linee LT-LMT è stato progettato nel dettaglio e la standardizzazione di tutti i risultati raggiunti è stata prevista. A causa della limitata durata di permanenza in Fom Industrie, non è stato possibile registrare tutti i benefici dell'implementazione della produzione a flusso. Le modifiche che non si sono potute mettere in pratica, sono state proposte, ordinate e permetteranno ulteriori riduzioni di tempo ciclo e un lavoro più fluido per gli operatori. L'obiettivo che prevedeva il rispetto del Takt Time è stato quindi raggiunto ma ci sono ancora molte opportunità di miglioramento da cogliere una volta che verranno implementati tutti i cambiamenti progettati.

È stato molto interessante poter studiare un ciclo di montaggio e avere la soddisfazione di avere valutato un effettivo miglioramento. Lo studio del layout e l'elaborazione di una disposizione tale da permettere di vedere effetti concreti sulle operazioni di montaggio e di picking è stato molto stimolante e ha reso evidente l'importanza della progettazione di tutto quello che è correlato alla produzione per avere vantaggi sulle operazioni a valore aggiunto.

Questo progetto mi ha permesso di approfondire alcune tematiche studiate durante il percorso universitario e mi ha dato l'opportunità di progettare e vivere un cambiamento essenziale all'interno di un'azienda. Sono molto grata per avere avuto l'occasione di collaborare con persone molto preparate e di aver contribuito a raggiungere gli obiettivi prefissati.

Bibliografia e Sitografia

Pareschi A., Persona A., Ferrari E., Regattieri A., *Logistica integrata e flessibile per sistemi produttivi dell'industria e del terziario*, 2011

Rother M., Harris R., *Creating Continuous Flow*, 2001

Minati M., *Tempi e Metodi*, 2012

Registro imprese – Archivio ufficiale della Camera di Commercio della Romagna-Forlì-Cesena e Rimini

Sito ufficiale di Fom Industrie, <https://www.fomindustrie.com/>,
<https://www.fomindustrie.com/azienda/#>

Siti ufficiali aziende appartenenti a Fom Group:

- Comall, <http://www.comall.it/it>, <http://www.fomsoftware.com/it>;
- ProfteQ, <http://www.profteq.it/en>;
- Tex, <https://www.texautomation.it/>;
- Graf Synergy, <https://www.grafsynergy.com/>;
- Cima Tech, <http://www.cimatech.it/it>.

Codice Etico di Fom Industrie, <https://www.fomindustrie.com/wp-content/uploads/2021/05/Codice-Etico-Rev-01.pdf>

Sito UCIMU – Sistemi per produrre, <https://www.ucimu.it/settore/>

Ringraziamenti

Giunta alla fine di questo percorso, vorrei dedicare questa tesi a me e al raggiungimento di questo traguardo. Ci tengo a ringraziare alcune persone che mi hanno permesso di arrivare a questo punto della mia carriera accademica.

Parto dal ringraziare la mia famiglia. Ringrazio mia nonna Anna per avermi sempre incoraggiata e avermi sempre ricordato che, credendo nelle mie capacità, sarei riuscita a superare qualsiasi ostacolo, grazie per essermi sempre vicina. Ringrazio mio fratello per avermi aiutato in tante occasioni e darmi sempre conforto. Un grazie speciale ai miei genitori che hanno un unico punto in comune: l'amore verso di me. Grazie Papà per il supporto che mi hai sempre dato e per aver reso il mio carattere ostinato e ambizioso come il tuo. Grazie Mamma per credere costantemente in me, per trasmettermi sicurezza e per mostrarti sempre fiera. Se sono arrivata fino a qui è solo grazie a voi, spero di avervi resi orgogliosi.

Grazie alle mie amiche Matilda e Caterina per farmi sempre sentire compresa, per esserci l'una per l'altra in ogni occasione trasmettendoci forza a vicenda. Ringrazio le mie amiche di sempre Federica, Eleonora, Sara, Lavinia e Chiara per regalarmi momenti di spensieratezza e aver condiviso tante esperienze insieme. Ringrazio il mio amico Lorenzo per farmi ridere come nessun altro e ringrazio i miei compagni di corso Leonardo e Alessandro per aver condiviso con me questi anni di università.

Sono grata a Fom Industrie, specialmente al mio tutor l'Ing. Lorenzo Ceccaroli per avermi seguita con attenzione e avermi permesso di completare questo progetto, dando inizio alla mia formazione professionale. Ringrazio anche l'Ing. Eleonora Galli, il caporeparto Davide e Piergiorgio e i loro ragazzi per l'aiuto e la fiducia che mi hanno dato durante il periodo di permanenza in azienda e ringrazio l'Operation Manager Alessandro Pagnini e il Supply Chain Manager Federico Tamburini per avermi dato l'opportunità di svolgere il tirocinio all'interno di Fom Industrie.

Infine vorrei ringraziare il Professor Alberto Regattieri per avermi dato l'occasione di vivere un'esperienza in azienda e per avermi permesso di svolgere questo progetto di tesi in un ambito che mi è sempre interessato fin dai primi anni di studi.