



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Gestionale

**La gestione in ottica Lean di un'azienda manifatturiera con linee di
assemblaggio multiprodotto: il caso Ariston Group**

**The Lean management of a manufacturing company with multi-product
assembly lines: the Ariston Group case**

Relatore: Chiar.mo
Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:
Giuseppe Mancini

A.A. 2022 / 2023

ABSTRACT

In questo lavoro di tesi verranno analizzati alcuni degli aspetti fondamentali della Lean Production andando a spiegare come l'attenzione verso i bisogni del cliente abbia preso un ruolo fondamentale, capace di condizionare gran parte degli aspetti operativi all'interno delle aziende. In questo documento verrà preso come caso di studio l'azienda Ariston Group, analizzando le problematiche di gestione dell'organizzazione delle postazioni di lavoro, secondo le direttive del World Class Manufacturing, che ha avuto uno sviluppo successivo alla Lean Production e ne ha preso le caratteristiche fondamentali in modo da definire i suoi pilastri tecnici e manageriali sui quali si basa una realtà industriale moderna. Il caso preso in esame presenterà delle problematiche riguardanti la necessità di far fronte alla voce del cliente, quindi di gestire la produzione molti prodotti con quantità variabili in base alla domanda mensile, oltre alla sfida di ottenere un elevato livello di efficienza da parte delle linee di produzione. Altri aspetti di fondamentale importanza che dovranno essere gestiti riguardano la qualità dei prodotti finiti, la sicurezza e l'ergonomia per gli operatori, in modo che ciascuna di queste voci operi verso lo stesso obiettivo. L'analisi effettuata sulle linee descriverà l'importanza della logistica e dell'asservimento dei materiali in linee di assemblaggio multi prodotto, con pianificazioni di brevi periodi, dimostrando la necessità di una comunicazione efficace tra le varie funzioni operative in uno stabilimento manifatturiero. Il risultato ottenuto garantirà un miglioramento delle condizioni di lavoro agli operatori logistici e di linea, con degli assetti produttivi variabili, in base alle necessità dettate dalla domanda del mercato, che porteranno dei livelli di efficienza maggiori rispetto alla condizione iniziale.

INDICE

Capitolo 1	3
Introduzione	3
Storia dell' Ariston e descrizione prodotti.....	5
WCM.....	8
Lean Production	10
Capitolo 2	12
Workplace Organization	12
5s	24
Bilanciamento Linea	27
Value stream Mapping	29
Kanban.....	31
Pull production	34
Kitting	35
Linee di Assemblaggio Lean	39
Capitolo 3	47
Introduzione	47
Picker	48
Linea GHP	50
Soluzioni adottate	59
Linea XL	78
Risultati e conclusioni.....	88
Bibliografia	93

Capitolo 1

Introduzione

Questo documento è stato prodotto dopo aver svolto un'attività di tirocinio presso lo stabilimento di Albacina dell'Ariston Group in cui ho avuto la possibilità di lavorare in una realtà industriale affermata in tutto il mondo. Il lavoro svolto è stato nel reparto di industrializzazione, in particolare nell'analisi dei tempi e metodi, ruolo che ha offerto la possibilità di adottare delle soluzioni con un diretto riscontro sulla linea di assemblaggio. In questo documento verranno presentate delle problematiche, il superamento delle quali è stato l'obiettivo del tirocinio svolto. Per ottenere tali risultati è stato necessario lo studio approfondito di diverse tecniche, le quali verranno approfondite in questo lavoro, che hanno iniziato ad essere utilizzate da un determinato periodo storico, con l'introduzione della Lean production. In questo testo avverrà una discussione di come l'attenzione verso il cliente abbia dato la possibilità al consumatore finale stesso di modificare la sua richiesta di prodotti finiti, richiedendo una personalizzazione dei beni sempre più dettagliata, con una difficoltà maggiore dal punto di vista produttivo. Per far fronte a tale richiesta è stato indispensabile, per le aziende moderne, adottare le tecniche introdotte per la prima volta dalla Toyota in quella che è poi stata formalizzato come Lean Production, che poi sarà essenziale per la costituzione della metodologia del WCM.

Il caso in esame in particolare verterà su due linee di assemblaggio multiprodotto dello stabilimento Ariston di Albacina sulle quali ho avuto l'opportunità di lavorare. È importante descrivere inizialmente la tipologia di sistema di produzione per comprendere quali problematiche sono state riscontrate e quali soluzioni sono fornite dalle metodologie Lean e WCM.

In particolare è stato presa in esame la problematica di mettere il cliente al centro dell'organizzazione della produzione, poiché sebbene questa strategia sia indiscutibilmente vantaggiosa, è comprovato come ci sia un grande aumento delle difficoltà che vengono affrontate quotidianamente per riuscire ad ottimizzare il processo

produttivo. La produzione snella, dopo aver causato l'incremento di tali difficoltà, fornisce anche le tecniche e le modalità per risolvere e assicurarsi che l'obiettivo iniziale sia rispettato. Nel caso preso in esame delle linee di assemblaggio multiprodotto, la voce del cliente si traduce nel dover garantire una gamma di prodotti elevata, con diversi modelli di differenti caratteristiche. Tali differenze, dal punto di vista progettuale si tradurranno in componenti diversi, ma anche cicli di lavorazione e fornitori diversi, complicando esponenzialmente la difficoltà per la gestione ottimale della linea di produzione. Inoltre è necessario capire quando il cliente vorrà i differenti modelli a disposizione, con le quantità precise nel medio e breve termine, in modo tale da rispettare la sua domanda, evitando sprechi e tempi di attesa. Questo bisogno si traduce nella sfida di avere una linea sia efficiente, ma anche flessibile nella produzione, sapendo lavorare su più assetti in base alla domanda del periodo corrente.

È facilmente comprensibile come l'esigenza di rispondere alla volontà del mercato possa complicare l'organizzazione produttiva. In questo documento verranno discusse tutte le tecniche a disposizione affinché questo risultato sia raggiunto. Gli argomenti descriveranno come migliorare le postazioni di lavoro, l'importanza di definire ciò che possa creare valore, escludendo quindi le operazioni non necessarie a questo fine, come far comunicare le varie funzioni dello stabilimento e l'importanza di coordinamento tra la produzione e la logistica. In particolare verranno presentati due problemi diversi nelle due linee analizzate. I due argomenti principali riguarderanno il Workplace Organization e l'asservimento dei materiali nelle linee di assemblaggio multiprodotto. Queste tematiche descrivono infatti le migliori tecniche a disposizione per fronteggiare i due problemi presentati precedentemente, che derivano entrambi dall'esigenza di mettere il cliente al centro dell'organizzazione aziendale. Sebbene la vastità di prodotti differenti sia una complicazione nelle azioni che riguardano il Workplace Organization, la sfida principale per questo aspetto organizzativo riguarda la flessibilità di produzione causata dalla poca capacità predittiva della domanda. Garantire al cliente le quantità necessarie, con le tipologie di prodotto richieste, con poco preavviso, complica la pianificazione della

produzione. Verranno quindi descritte le tecniche necessarie per garantire a una linea di gestire quantità e tipologie variabili di prodotto.

Dal punto di vista della logistica interna, verrà descritta la sfida dell'asservimento dei materiali alla linea, in condizioni di mix produttivi variabili. Anche in questo caso le difficoltà verranno rappresentate dalla mancanza di costanza di mix produttivi, dovuta all'importante necessità di flessibilità della linea. Le tecniche utilizzate garantiranno un asservimento delle materie prime alla linea senza che questa attività ostacoli la produzione.

[Storia dell' Ariston e descrizione prodotti](#)

La storia dell'Ariston inizia nel 1930 quando Aristide Merloni avvia a Fabriano la produzione di bilance. Negli anni '60 avviene una conversione alla produzione di caldaie e prodotti per il comfort termico e il nuovo marchio Ariston, nato in questi anni, cresce a livello nazionale grazie anche allo sviluppo economico italiano di questo periodo. Tra gli anni '80 e '90 il gruppo consolida il suo ruolo di leader nel mercato del comfort termico, espandendosi a livello europeo e internazionale grazie alla presenza di sedi produttive in diversi paesi nel mondo tra i quali India e Cina. Dagli anni 2000 l'Ariston intraprende una crescita che dipende anche dall'acquisizione di alcuni brand internazionali specializzati nel settore del comfort termico come Elco, Chaffoteaux, Atag e Ecoflam. Nel 2016 riceve la prima medaglia di bronzo del World Class Manufacturing per un proprio stabilimento, quello di Osimo. Nel 2018 Il Gruppo Ariston rileva dalla Whirpool lo stabilimento di Albacina di Fabriano e lo impiega alla produzione di pompe di calore, pannelli solari e caldaie industriali ad alta potenza.

Ariston Group è tra i leader mondiali nel comfort termico sostenibile. Attualmente è presente in 43 paesi con uffici di rappresentanza e sedi produttive nei cinque continenti. L'azienda ha 28 stabilimenti produttivi e 30 centri di ricerca e sviluppo e un fatturato annuale di 3,1 miliardi di euro, con più di 10000 dipendenti.

Nello stabilimento di Albacina di Fabriano sono presenti diversi reparti produttivi, tra i quali è stato introdotto da due anni il reparto destinato all'assemblaggio di caldaie industriali ad alta potenza. I prodotti sono divisi in tre linee di assemblaggio multiprodotto. Le caldaie a gas prodotte da queste tre linee vengono divise in base alle dimensioni e alla potenza, costituendo tre famiglie di prodotto: GHP, XL, XXL. I prodotti di ogni linea si dividono ulteriormente in modelli differenti, che dipendono dalla potenza, da alcune componenti specifiche e dal marchio. In queste linee vengono quindi assemblate caldaie differenti dei marchi Ariston, Chaffoteaux e Elco, accomunate dalle caratteristiche che ne permettono l'assemblaggio con lo stesso sistema produttivo.

In particolare le caldaie GHP sono le più piccole del reparto e hanno una potenza massima di 150 kW (Figura 1). Hanno la particolarità di essere le uniche progettate per essere appese a muro, date le dimensioni ancora contenute. Non sono caldaie pensate per abitazioni domestiche, considerando la potenza erogata, ma possono essere utilizzate per condomini o grandi strutture.



Figura 1: Modello Ariston GHP 150 kW

La linea XL e la linea XXL al contrario assemblano caldaie che saranno installate a pavimento. I prodotti della linea XL hanno una potenza massima di 570 kW (Figura 2), mentre le caldaie della linea XXL arrivano a una potenza fino a 2000 kW (Figura 3). Questi macchinari sono pensati per il comfort termico di grandi edifici, come ospedali o industrie.



Figura 4: Modelli Elco XL 570 kW e 150 kW



Figura 3: Modello Elco Trigon XXL 2000 kW

Le linee presentate hanno una forte componente di lavoro manuale, con una sola postazione per linea che dipende da macchinari, ovvero la postazione di collaudo, presente in ogni linea.

Queste linee permettono di assemblare materie prime, asservite in linea da un operatore logistico che compone i kit dei materiali necessari in ogni postazione in base al modello richiesto.

Il prodotto finito che esce dalla linea di produzione come output, per tutte e tre le linee, sarà quindi il macchinario imballato pronto per la vendita, che verrà portato nel magazzino prodotti finiti. I materiali in input saranno semilavorati e componenti che vengono gestiti portandoli in una determinata area del reparto produttivo, l'area picking, direttamente dal magazzino materie prime. In quest'area è presente un'unità di movimentazione, spesso un pallet, di ogni singolo codice che può servire all'assemblaggio

di uno dei modelli delle tre linee. Per ogni linea è designato un operatore logistico che, in base alla richiesta della produzione, comporrà i kit necessari all'assemblaggio del prodotto finito.

WCM

Il World Class Manufacturing è una metodologia nata nella seconda metà degli anni '80 negli Stati Uniti e si è subito proposta come una possibile evoluzione del Toyota Production System che nel secolo scorso ha cambiato profondamente il modo di produrre a livello industriale coniando il termine di Lean Production. Il WCM ha molti aspetti in comune con questa metodologia e ne riprende gli aspetti fondamentali per offrire delle competenze alle aziende moderne, strutturandole in dieci pilastri tecnici, ma focalizzando l'attenzione anche sulle problematiche amministrative e gestionali dell'attività industriale, definendo anche dieci pilastri amministrativi. Il termine World Class Manufacturing coniato da Schonberger è stato proposto per l'idea di favorire questa metodologia tra aziende non solo americane, ma anche europee, soprattutto tedesche e a partire dagli anni 2000 è stato più facile trovare la diffusione di questa tecnica anche in Italia, grazie alla FIAT che ha adottato la metodologia WCM per i propri stabilimenti.

World Class Manufacturing (WCM) è un approccio alla gestione della produzione che mira a raggiungere i massimi standard di eccellenza nelle operazioni manifatturiere. L'obiettivo è creare un ambiente di produzione altamente efficiente, flessibile e orientato alla qualità. WCM si basa su un insieme di principi e pratiche che coinvolgono tutti gli aspetti dell'organizzazione, dalla produzione alla manutenzione, dalla gestione delle risorse umane alla gestione della qualità. I pilastri tecnici del WCM sono le fondamenta su cui si basa questo approccio.

Il termine "World Class Manufacturing" è stato utilizzato per la prima volta da Hayes e Wheelwright (1) nel 1985 per descrivere organizzazioni che hanno ottenuto un vantaggio competitivo globale attraverso l'uso delle proprie capacità manifatturiere come arma strategica. Essi indicano una serie di pratiche, tra cui lo sviluppo della forza lavoro, la

formazione di un gruppo di gestione tecnicamente competente, la competizione attraverso la qualità, la stimolazione della partecipazione dei lavoratori e gli investimenti in attrezzature e strutture all'avanguardia. Schonberger (2), nel 1986, ha sviluppato questi concetti e ha fornito diversi esempi di produttori di classe mondiale situati negli Stati Uniti. Si è concentrato sul miglioramento continuo, aggiungendo lo sviluppo delle relazioni con i fornitori, la progettazione del prodotto e il JIT alle pratiche citate da Hayes e Wheelwright.

Per questo motivo sono stati definiti dei pilastri del sistema WCM che si dividono in pilastri manageriali e pilastri tecnici. In questo documento verranno analizzati alcuni dei pilastri tecnici, in particolare il Workplace Organization, i quali sono stati definiti partendo dalle già note tecniche della Lean Production e del Total Quality Management.

I pilastri tecnici del WCM sono:

- SA: Safety – Sicurezza del posto di lavoro
- CD: Cost Deployment – Analisi dei costi
- FI: Focus Improvement – Miglioramento focalizzato su uno specifico problema
- AM+WO: Autonomus Maintenance and Workplace Organization – Manutenzione autonoma, Organizzazione della postazione di lavoro
- PM: Professional Maintenance – Manutenzione professionale
- QC: Quality Control – Controllo Qualità
- LO: Logistics and Customer Services – Logistica e soddisfazione del Cliente
- EEM: Early Equipment Management – Costruzione di efficienze da progettazione
- EN: Environment – Ambiente e sfruttamento dei mezzi energetici
- PD: People Development – Sviluppo delle competenze del personale

I pilastri del WCM devono cooperare per lo stesso obiettivo rappresentato dal world class zero: ovvero l'obiettivo di lasciare a zero voci come la burocrazia, gli sprechi di materiale e tempo, le informazioni perse, l'insoddisfazione del cliente, i disallineamenti, le opportunità perse, l'insoddisfazione del cliente e i lavori ad assenza di valore aggiunto.

Lean Production

La Lean Production nasce nel secondo dopoguerra in Giappone proponendo una nuova idea di organizzazione della produzione manifatturiera, ma si impone velocemente come una tecnica rivoluzionaria che cambierà per sempre il modo di pensare l'industria e di conseguenza il mercato globale e la nostra vita quotidiana. Fino alla prima guerra mondiale, l'economia che faceva da padrona era quella statunitense, la quale poteva vantare un forte sviluppo economico e tecnologico che le favorisse la leadership mondiale. Questa industria era basata esclusivamente sulla produzione di massa, con una forte connotazione consumista basata su un marketing che proponeva al cliente nuovi prodotti da acquistare per favorire uno stile di vita con condizioni sempre migliori. Inizialmente è facile considerare come questo modello di business non abbia incontrato ostacoli, dato che il processo di sviluppo tecnologico non era ancora saturo e tutte le attività industriali di indotto, di ogni settore, erano in rapido sviluppo e in continuo avanzamento tecnologico. Le principali aziende statunitensi erano tecnologicamente più avanzate di quelle del resto del mondo, i beni prodotti non potevano in nessun modo soffrire la concorrenza straniera e, con lo sviluppo degli altri paesi mondiali nel secondo dopoguerra, si aprivano altri mercati per rendere maggiore la crescita economica americana. Questo durò fino a quando tale benessere percepito a livello globale e la crescita di sempre più industrie, che proponevano prodotti alternativi in competizione tra di loro, non hanno portato la clientela dell'epoca a percepire altri aspetti di un prodotto finito come caratteristiche principali da ricercare in fase di acquisto. Negli anni '30 la produzione di massa per eccellenza era considerata quella automobilistica negli USA. In quel periodo la differenziazione e la personalizzazione del prodotto era non solo una cosa non importante per il cliente finale, ma anche una possibile minaccia al metodo produttivo della linea di assemblaggio, con gli stessi componenti che venivano montati dagli operatori, formati una sola volta per quel compito, per assemblare un prodotto finito che non si dovesse discostare dagli altri prodotti dalla linea. Questa tipologia di produzione di massa permetteva di massimizzare l'efficienza produttiva senza grandi sforzi, poiché gli studi per dei nuovi modelli erano banali e poco dispendiosi. I fornitori

erano fedeli poiché produrre gli stessi modelli per anni favoriva la logistica a monte della produzione dal punto di vista contrattuale. I magazzini stessi potevano essere gestiti facilmente con una sola tipologia di prodotto finito e le materie prime potevano essere utilizzate per un solo prodotto e nella stessa linea produttiva, evitando una difficoltosa gestione di componenti speciali per prodotti a bassa richiesta. Dal punto di vista della qualità l'unico aspetto considerato era quello riguardante la tenuta nel tempo del prodotto finito e che riuscisse ad adempiere ai compiti per il quale era stato progettato senza che si rompesse.

La competizione creatasi negli anni '60 e '70 tra le varie aziende che erano entrate nei mercati grazie al benessere collettivo non avevano i metodi per imporsi sui vari competitor, che erano sempre più crescenti in numero. Tanta abbondanza di prodotti nello stesso mercato ha tuttavia creato un diverso modo di pensare da parte del cliente finale, il quale ha iniziato ad interrogarsi su quale fosse il migliore, quali fossero i parametri valutativi per individuare quello più consono alle sue esigenze e quale fosse la definizione di qualità che il cliente percepiva. Tutto questo è stato inizialmente ignorato dalle aziende mondiali, le quali cercavano ancora un marketing di tipo "push", provando a farsi largo tra i vari canali di vendita, imponendo alla clientela i loro prodotti, instaurando un desiderio senza percepire effettivamente le richieste del cliente.

A partire dagli anni '70, la Toyota è stata la prima azienda a comprendere come il metodo industriale adottato fino a quel momento non fosse più in grado di competere con un mercato globale, sempre più connesso e con una logistica più efficiente che proponesse ai clienti prodotti alternativi. In questo contesto nasce la necessità di proporre una nuova produzione snella, che andasse a focalizzarsi sulle reali necessità del cliente, su ciò che creasse veramente valore dall'inizio alla fine del processo produttivo. In quest'ottica nasce l'idea di analizzare il processo come flusso di eventi e la domanda sull'effettivo valore aggiunto è stata posta a riguardo di ogni singolo attore che partecipasse al processo produttivo.

Capitolo 2

Workplace Organization

La Workplace Organization fa parte del pilastro dell'Autonomous Maintenance del WCM e riguarda le tecniche derivanti dalla Lean Production per un'accurata gestione delle postazioni di lavoro affinché venga garantita qualità dei prodotti finiti, sicurezza sul posto di lavoro, eliminazione di operazioni a non valore aggiunto e flessibilità di lavorazione. L'orizzonte temporale in cui opera nella produzione è a partire dallo studio della postazione con delle operazioni preliminari e durante l'attività lavorativa con azioni reattive, proattive e preventive.

Lo studio dell'organizzazione della postazione di lavoro viene eseguito a causa del facile e continuo deteriorarsi del posto di lavoro e delle attrezzature che vengono utilizzate continuamente. Questo comporta una possibile mancanza di standard produttivi, talora fossero non conformi gli utensili utilizzati, e una perdita qualitativa, alla quale consegue una mancata vendita o una rilavorazione. Prevenire questi rischi è possibile solo con l'organizzazione del posto di lavoro e con il coinvolgimento del personale di linea designato per quelle postazioni. Questa attenzione garantisce l'assenza di problematiche maggiori a valle della produzione, con delle conseguenze che in ogni caso si presenteranno come costo per l'azienda. Lo scopo del pilastro della WO è quello di restaurare e mantenere le condizioni iniziali ottime, eliminare le attività a non valore aggiunto, sviluppare una cultura di coinvolgimento per il personale e migliorare la conoscenza dei prodotti dello stabilimento. Le attività da svolgere per la corretta organizzazione delle postazioni iniziano con un accurato addestramento del personale riguardo alle operazioni da svolgere per effettuare il lavoro. In questo contesto è necessario lo sviluppo del team building tra tutte le forze lavoro messe in campo. L'attività principale riguarda quella dell'individuazione e della rimozione delle attività a non valore aggiunto, non necessarie, che limitano le risorse e rendono più difficili quelle da eseguire per aumentare il valore aggiunto del prodotto finito. In questo modo, oltre alla pulizia e al restauro delle condizioni ottimali, dopo aver rimosso le fasi non necessarie, è essenziale

stabilire le attività in maniera chiara per poter standardizzare il lavoro, renderlo comprensibile e anche stabilire i metodi e le attività di manutenzione per prevenire possibili inefficienze della linea. I risultati attesi dalle attività eseguite saranno l'eliminazione della perdita di materiali e lavoro a causa di rilavorazioni, una qualità maggiore ottenuta grazie a procedure chiare a prova di errore, un incremento della produttività, la diminuzione del costo della produzione e il miglioramento delle condizioni di lavoro per gli operatori, dal punto di vista della sicurezza e dell'ergonomia. Tutti questi risultati garantiranno anche una migliore qualità del lavoro degli operatori che lavorando in un ambiente sano e stimolante potranno essere proattivi per il miglioramento continuo delle postazioni.

La fase preliminare, o step zero del Workplace Organization, ha l'obiettivo di valutare il necessario per l'implementazione delle azioni da compiere per le postazioni. Le attività comprese in questa fase comprendono la definizione dell'area di intervento, la definizione dei Key Performance Indicators e procurare la tabella delle attività e la lista dei materiali necessari.

L'area di intervento viene individuata tramite lo studio del Cost Deployment Losses Pareto Analysis, analizzando tra le varie voci del diagramma quella più numerosa tra gli sbilanciamenti, i difetti causati da operatori o metodi di lavorazione (Man + Method) e le operazioni a non valore aggiunto.

I principali KPI adottati per valutare l'efficienza delle soluzioni intraprese sono la riduzione di %NVAA (percentuale di operazioni a non valore aggiunto), la produttività misurata in numero di unità prodotte su numero di operatori per turno, il tempo di pulizia come ore settimanali e il tempo di rilavorazione, espresso come ore di rilavorazione su unità prodotte.

Le fasi che seguono lo step zero sono sette: Initial cleaning, Tidying up process, Tentative Standard, Product characteristics education, JIT part supply, Standardization, Standard work sequence.

Lo step di initial cleaning ha l'obiettivo di eliminare tutti i materiali non necessari per l'esecuzione del ciclo di lavoro e anche di rimuovere lo sporco creatosi nell'area di lavoro, soprattutto su macchinari e utensili, che possa creare complicazioni alle fasi di lavorazione. Al termine di questa azione, ogni utensile e materiale necessario per la stazione di lavoro ha una posizione definita e chiara nel proprio scaffale. Il risultato dello step 1 è una linea di produzione pulita e ordinata, nella quale l'operatore può muoversi liberamente e in sicurezza. La tecnica della Lean Production utilizzata in questo step è quella delle 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Questa tecnica di provenienza giapponese, offre cinque discipline da seguire in ordine, per poter ottenere una postazione pulita e ordinata come risultato.

Seiri: Sort, Separare – Tutti gli utensili e i materiali non necessari devono essere rimossi dall'area di lavoro e posizionati in un'apposita zona per il loro futuro ripristino e corretto utilizzo.

2. Seiton: Set in Order, Sistemare – Dare una posizione certa e codificata a ogni materiale e utensile necessario nella postazione.

3. Seiso: Clean, Sgrassare – Assicurarsi che la postazione e il materiale assegnato sia pulito e privo di malfunzionamenti dovuti allo sporco

4. Seiketsu: Standardize, Standardizzare – Applicare continuamente gli stessi metodi in modo da rendere chiara e facilmente applicabile la metodologia per ogni postazione.

5. Shitsuke: Sustain, Sostenere – Ripetere nel tempo la metodologia delle 5S in modo da evitare che ritorni il disordine nelle postazioni e per realizzare un miglioramento continuo.

Altre azioni che vengono eseguite in questo step sono la redazione della map of contamination, in cui vengono descritte le fonti di problemi nelle aree interessate, con la descrizione del problema e il tempo di pulizia per risolverlo, e lo step certification, in cui si descrive l'operato per lo step 1 e si analizzano i risultati ottenuti prima di procedere all'azione successiva.

Lo step 2 del Workplace Organization è il “Tidying up process”, in cui si prendono inizialmente delle soluzioni contro le fonti di contaminazione e di smarrimento delle componenti più piccole. Gli obiettivi di questa fase sono il miglioramento delle condizioni di lavoro, soprattutto dal punto di vista ergonomico, il miglioramento della produttività eliminando operazioni irregolari e tramite la riduzione delle azioni a non valore aggiunto. Oltre a prendere delle contromisure contro lo smarrimento e la caduta di componenti di minuteria, lo scopo di questa fase è l’eliminazione delle operazioni innaturali e difficili(MURI), delle operazioni irregolari(MURA) e delle operazioni a non valore aggiunto(MUDA).

MURI, MURA e MUDA sono tre termini giapponesi che indicano il sovraccarico, l’irregolarità e lo spreco. Sono gravi problemi da debellare nella Workplace Organization poiché oltre a minare la sicurezza all’interno del sito produttivo, generano inefficienza per la produzione.

MURI è il problema più difficile da valutare e da risolvere. È causato dalla mancanza di valutazioni ergonomiche e possono causare dei problemi all’operatore. Situazioni anti ergonomiche causano rallentamenti ed inefficienza poiché le operazioni che possono essere eseguite in maniera corretta dal punto di vista ergonomico avranno dei tempi minori, al contrario, oltre ad essere più faticose per l’operatore causeranno un dilatarsi del tempo della postazione con presenza di MURI, rallentando la linea produttiva. Questo problema può essere individuato e risolto soltanto con delle apposite valutazioni ergonomiche, perché più complesso da individuare e valutare. L’ergonomia all’interno della valutazione dell’efficienza produttiva è rilevante, poiché può influire sulla resa dell’operatore durante l’arco della giornata. Ci sono molti fattori che vengono presi in considerazione per la valutazione dell’efficienza di un operatore, come la temperatura esterna, la stagione, il numero di ore consecutive in un turno, la ripetizione di operazioni faticose in un giorno e altre voci che possano influenzare la resa di un operatore. La situazione di ergonomia ottimale, al contrario, può garantire la condizione di efficienza massima per tutta la durata del turno per l’operatore, in quanto la stanchezza lavorando nelle migliori condizioni possibili sarà minore a fine giornata. Queste condizioni

prevedono: la rotazione e flessione della schiena inferiore ai 15°, il piegamento del ginocchio di massimo 30°, la rotazione massima del polso di 90°, l'altezza del braccio che non superi le spalle, un angolo di lavorazione rispetto alla visuale dell'operatore che sia inferiore ai 45°, massimo 4 passi di distanza per ogni operazione e un peso massimo di 3 kg da sollevare. Ogni aspetto che supererà i limiti di ottimalità comporterà dei peggioramenti di efficienza per l'operatore e quindi un possibile impatto negativo per la produzione. Per quanto riguarda i pesi da trasportare e da sollevare ci sono dei limiti imposti dalla legge di massimo 25 kg per il sollevamento da parte di un uomo e 15 kg per le donne.

Il termine MURA invece descrive la mancanza di ripetibilità delle operazioni a causa di uno standard lavorativo non raggiungibile per dei problemi riguardo alla postazione di natura progettuale. In questo caso sarà necessario trovare degli accorgimenti per fare in modo che l'operatore possa facilmente eseguire le lavorazioni programmate senza perdere tempo. Se al contrario la postazione rimanesse male organizzata, l'operatore potrebbe impiegare un intervallo temporale significativo a fare in modo che la lavorazione difficoltosa avvenga come progettato. Questo può avvenire per colpa di utensili non adeguati o per altezze di lavoro dei tavoli errate e distanze eccessive tra la componente che deve essere lavorata o assemblata e l'operatore. Molti di questi problemi riguardano il design del prodotto che deve essere lavorato, che presenta spesso forme che impone più movimenti da parte dell'operatore per raggiungere le superfici desiderate. Le possibili soluzioni sono date da investimenti su utensili e tecnologie per supportare il lavoro degli operatori, come ad esempio pistoni di rotazione automatici e dispenser di componenti di minuteria.

MUDA è il termine che identifica lo spreco e si verifica ogni volta che l'operatore esegue un'operazione a non valore aggiunto.

Le operazioni a valore aggiunto sono quelle che cambiano la natura del prodotto o la lavorazione, tramite l'assemblaggio di altre componenti o con delle lavorazioni che ne alterino lo stato fisico, come verniciature o saldature. Le operazioni a semi valore aggiunto sono quelle che non modificano lo stato del prodotto finito ma sono indispensabili per le

lavorazioni, come ad esempio le operazioni di pick and place. Le operazioni a non valore aggiunto sono quelle che non portano nessun beneficio al ciclo di lavoro e devono essere eliminate. Tra queste operazioni ci sono movimenti eccessivi, attese, distanze da percorrere per prendere materiale o utensili, tempi di ricerca dei materiali.

Per effettuare delle modifiche alle postazioni di lavoro che possano migliorare i MURI, MURA, MUDA viene preso il criterio della Golden Zone. Questo criterio stabilisce delle misure entro le quali l'operatore può lavorare in condizione ottimale. La Golden Zone divide l'area di lavoro in più fasce: AA, A, B, C, D. La prima è quella ottimale e allontanandosi dai parametri di ottimalità si entra nelle fasce successive. Il risultato degli accorgimenti adottati per portare gli operatori a lavorare in fascia AA della golden zone garantirà una riduzione delle operazioni a non valore aggiunto, delle attività faticose e non naturali o ripetibili, con un conseguente aumento dell'ergonomia.

Lavorando in fascia AA l'operatore ha tutti gli utensili, materiali e parte che deve essere lavorata avanti alla sua visuale, con i punti di prelievo alla stessa altezza. L'ampiezza dell'area è di 60° dalla visuale dell'operatore.

Nella fascia A l'operatore può prendere qualsiasi utensile o materiale raggiungendolo con il braccio, quindi la massima distanza sarà di 400 mm e l'area sarà di 180° di ampiezza, con i materiali anche ai lati ma senza far girare l'operatore.

Nella fascia B gli oggetti sono posizionati più lontani, a una distanza fino a 700 mm e per raggiungerli l'operatore deve allungare il corpo. L'altezza di prelievo di materiali e utensili può superare anche quella delle spalle dell'operatore.

La posizione C è quella in cui l'operatore deve girarsi per poter prelevare i materiali, mentre nella D la distanza è superiore ai 700 mm e richiede che l'operatore cammini per prelevarli.

Lo step 3 del Workplace Organization è il "Tentative Standard" in cui si impostano i tentativi di standardizzazione delle attività per raggiungere l'ottimo ideale. Il vero risultato sarà una via di mezzo tra la condizione di partenza e quella ottimale che si proverà a raggiungere.

Gli standard vengono definiti per provare a tenere il processo nelle condizioni di obiettivo che massimizzeranno l'efficienza. Ogni volta che questi standard non verranno rispettati ci sarà un calo dell'efficienza. Oltre a standardizzare le operazioni di processo, verranno dettate delle direttive univoche per le attività di pulizia e gestione dell'ordine della linea per evitare che si creino nuovamente situazioni che possano causare perdite di tempo a causa del disordine, accumulo di sporcizia e che possano inficiare sulle lavorazioni. In questo step è fondamentale anche introdurre dei concetti di visual management per favorire la corretta comunicazione visiva sugli standard di gestione delle operazioni, utensili e materiali.

Le attività necessarie per attuare lo step 3 sono il bilanciamento della linea in modo da ridurre i Muri, Mura e Muda; la creazione delle Standard Operation Procedure, dei documenti per la comunicazione e descrizione delle operazioni standard da effettuare in ogni postazione della linea che descrivono le sequenze di lavorazione, le componenti e gli utensili da utilizzare; la proposta di uno standard di pulizia della linea; il miglioramento del controllo e dell'efficienza tramite segnaletica di visual management, che propone delle posizioni fisse per utensili, materiali, macchinari e prodotti in lavorazione; individuare lo standard di quantità per ogni materiale da asservire in linea per ogni postazione.

Lo scopo delle SOP (Standard Operation Procedure) è quello di descrivere la sequenza standard di lavorazione per ogni postazione. Le SOP possono essere lette in maniera visiva poiché sono dei documenti che contengono immagini e fotografie che descrivono come deve avvenire la lavorazione sui vari componenti della macchina che deve essere assemblata. Ogni componente viene descritta con nome e codice, in modo da non essere ambigua e per ogni utensile che deve essere utilizzato è presente in maniera uguale una descrizione per assicurarsi che l'operatore utilizzi il corretto utensile. Le varie fasi sono in ordine cronologico, poiché viene proposto l'ordine che minimizzi il tempo ciclo della postazione, dato che un ordine diverso, apparentemente funzionante, potrebbe comportare un aumento del tempo a causa di difficoltà emerse dalle operazioni eseguite in maniera non ottimale.

Il Visual Management viene utilizzato per gestire in maniera più chiara la comunicazione con gli operatori e per questo motivo deve essere facilmente comprensibile in breve tempo e fruibile da qualsiasi posizione. Le informazioni che vengono fornite sono sullo stato della produzione come tempo ciclo, numero di pezzi prodotti nel turno. Altre tipologie di informazioni sono riguardo il corretto posizionamento dei materiali e possono essere gestiti con i codici, descrizioni e anche bar code per un'ottimale utilizzo della chiamata di materiale dal magazzino. Altre informazioni possono essere sulla gestione dei rifiuti per un corretto smaltimento degli scarti di produzione e soprattutto informazioni sulla sicurezza come la comunicazione dei DPI necessari per una determinata postazione.

I primi tre step del Workplace Organization sono considerati reattivi, poiché richiedono interventi a situazioni già presenti che comportano inefficienza. Gli step 4 e 5 sono invece considerati step preventivi, poiché le azioni intraprese hanno lo scopo di impedire che si verifichino situazioni di inefficienza.

Lo step 4 è quello del "Product Characteristics Education", in cui si effettua il training dell'operatore sulle funzioni di utilizzo e sulla struttura del prodotto finito che dovrà essere assemblato in modo tale da rispettare la Quality Assurance. In particolare viene spiegato l'impatto della qualità dei singoli componenti da assemblare sulla resa della qualità del prodotto finito e vengono insegnati i metodi per risolvere i problemi legati alla qualità (Quality Problem Solving).

Le lezioni per gli operatori possono essere teoriche o su delle aree di training apposite, come in linea. Il meccanismo di apprendimento è dato dal Manufacturing Training System, che propone l'addestramento degli operatori tramite l'analisi della massimizzazione di efficienza lavorativa e della qualità e conformità del prodotto realizzato.

Gli strumenti utilizzati per l'addestramento focalizzato a massimizzare la qualità sono la QA Matrix e le 4M. L'operatore viene addestrato a capire quali possono essere le quattro fonti di alterazione della qualità, ovvero i Metodi, gli operatori stessi (Man), i Macchinari e i Materiali. Questo addestramento prende in considerazione solo le due voci che riguardano gli operatori, ovvero Man e Methods.

Gli errori che inficiano sulla qualità da parte degli operatori sono analizzati tramite il diagramma causa effetto, andando ad analizzare l'evento per capire le cause, ponendo le cinque domande per la comprensione della causa: Who, When, What, Where e How (4W and H Questions). Il metodo per arrivare agli zero errori, oltre agli insegnamenti, è il Five Questions for Zero Defects. In questo modo l'intento è di diminuire a zero gli errori derivanti dagli operatori. L'azione correttiva per insegnare agli operatori il metodo standard che raggiunga questo risultato, dopo aver capito come agire è tramite il The Way To Teach People, ovvero un modulo contenente le domande fondamentali per capire se l'errore è stato causato da una mancanza di conoscenza. In questo caso la soluzione sarà la conoscenza su dove agire per evitare che si riverifichi l'errore precedente. Agendo in questo modo si arriverà agli zero errori nel processo preso in considerazione.

Per agire sugli errori derivanti dai metodi è necessario lo studio del diagramma causa effetto, poiché alcune situazioni di mancanza di qualità possono essere generati da progettazioni sbagliate del metodo di lavoro nella linea. Il diagramma causa effetto analizzerà i modi in cui è possibile che si sia generato l'effetto, andando a ricercare la causa e comprendendone le azioni correttive possibili. Il risultato dell'analisi sarà la modifica, sostituzione o eliminazione dell'attività causante della perdita di qualità.

Il Quality Assurance Network è una pratica che si assicura che i difetti e i problemi di qualità, che hanno origine dal processo, vengano evidenziati e risolti. Gli eventi presi in considerazione sono quelli facilmente evidenziabili dal processo di lavorazione. Non verranno risolti problemi qualitativi come ad esempio la durabilità del prodotto finito, poiché dipende strettamente da errori riscontrabili immediatamente nel processo produttivo. Le problematiche risolte dal QA Network sono le non conformità e le lavorazioni errate. Anche in questo caso l'analisi si concentra sull'identificazione della causa che ha comportato il difetto. In questo caso vengono esaminati le posizioni del prodotto finito dove viene riscontrato un problema, le zone della linea dove viene eseguita la lavorazione sulla componente difettosa e la tipologia di difetto. Viene anche considerato se effettivamente è possibile risalire alla posizione precisa o se ci sono delle

zone grige non valutabili, o se la componente difettosa è interessata da più lavorazioni su postazioni diverse della linea.

Il quinto step del Workplace Organization è definito dal Just In Time Part Supply, ovvero l'asservimento del materiale necessario puntuale e solo quando richiesto.

Lo scopo di questo step è quello di impedire possibili perdite di efficienza dovute all'asservimento della linea e dal movimento degli operatori per prelevare i materiali necessari. L'obiettivo è quello di garantire un punto di prelievo per gli operatori che segua i concetti di golden zone e strike zone, con una zona di almeno il grado B, dato che il grado AA è quella ottimale ma non è sempre raggiungibile. Per quanto riguarda l'efficienza dell'asservimento è necessario anche portare in area picking, dunque in produzione, esclusivamente il materiale necessario, considerando la quantità di modelli prodotta dalla linea. In caso di troppi set up, la linea potrebbe subire un calo di flessibilità, quindi di efficienza. È quindi necessario adottare soluzioni JIT e impedire anche l'accumulo eccessivo di Work In Process per non occupare spazio utilizzabile in altro modo. Lo scopo di questa attività è quello di applicare il Minimal Material Handling, in modo da ridurre le movimentazioni di materiale sia da parte dell'operatore di linea che dall'operatore logistico. In ottica di minimizzazione degli sprechi è necessario movimentare solo ciò che verrà utilizzato e gran parte delle inefficienze, considerando la vastità di prodotti lavorati nella linea, viene generata dalle movimentazioni di materiali non necessari. I principi di Goldez Zone e Strike Zone vengono utilizzati dopo aver individuato i materiali più problematici. Questi ultimi saranno i materiali con maggiore frequenza di movimentazione, oltre ai materiali con un elevato peso. I materiali devono ritrovarsi tutti in zona AA, senza far perdere troppo tempo all'operatore, per evitare stanchezza, mancato rispetto delle normative di sicurezza e perdite di tempo in generale. Se non è possibile posizionare tutti i materiali in zona AA, considerando la mole di materiali da portare in linea e lo spazio a disposizione, la priorità va data ai materiali utilizzati in maniera più frequente, ovvero con ripetizione nella stessa macchina o comuni in più modelli, e va data anche ai materiali particolarmente pesanti che oltre ad essere sollevati non possono essere trasportati dall'operatore.

Gli step della Workplace Organization in cui si richiede proattività di intervento, in modo tale da intercettare problematiche che sono solite verificarsi, sono la standardizzazione e la proposta di una sequenza di lavoro standard.

La Standardization è lo step in cui si prova a minimizzare le operazioni a non valore aggiunto rimaste analizzando i movimenti degli operatori e cercando di imporre uno standard da seguire privo di operazioni che non siano necessarie. La regola di movimentazione di due componenti prevede, se possibile, di movimentarle sempre utilizzando le due mani contemporaneamente, tenendo una componente per mano. Questo ottimizza le fasi di movimentazione, ma non è sempre possibile. Questo perché il prelievo di due componenti contemporaneamente prevede un layout di disposizione del materiale da asservire in linea particolarmente efficiente e i vincoli dettati dalla linea non sempre lo permettono. Se i componenti sono troppo lontani, a causa di elevati numeri di codici, o se sono pesanti, questa situazione non è possibile. Nel momento in cui si studia l'asservimento della linea, per standardizzare e descrivere all'operatore come eseguire le operazioni di prelievo materiale, è necessario stabilire la disposizione ottimale dei componenti da utilizzare in ogni fase in modo tale che l'operatore venga messo in condizione di eseguire compiti non ambigui, ripetibili e che non siano gravosi.

Per facilitare le lavorazioni degli operatori le componenti devono essere reperibili sempre nella stessa posizione, di fronte all'operatore, seguendo i parametri della Golden Zone, inoltre gli utensili da prelevare per le lavorazioni devono essere di fronte all'operatore, raggiungibili con una mano e riposizionabili nell'apposita postazione indicata con segnaletica facile da leggere.

Le operazioni che possono avere una riduzione delle attività a non valore aggiunto principali devono essere quelle della postazione più vicina al takt time di linea. Queste operazioni hanno lo scopo di abbassare il takt time, in modo da garantire una diminuzione del tempo ciclo del prodotto sulla linea, permettendo un numero maggiore di pezzi prodotti a parità di forza lavoro impiegata, quindi anche di efficienza. Una volta eliminate le operazioni a non valore aggiunto è possibile migliorare l'efficienza di linea andando ad eseguire un lavoro di bilanciamento. La divisione di operazioni tra le varie postazioni,

dunque anche tra gli operatori, permette di evitare che ci siano situazioni di insaturazione, in cui alcuni operatori sono costretti ad aspettare la fine della lavorazione della postazione precedente, e che ci sia inefficienza generale nella linea. La linea avrà un takt time che dipenderà dal tempo della postazione collo di bottiglia, ovvero quella con il tempo più alto. La linea garantirà la produzione di un prodotto finito con un ritmo pari al takt time. Quindi bilanciare in maniera ottimale, provando ad arrivare al caso ipotetico dello stesso tempo ciclo di postazione per tutti gli operatori, garantirà una saturazione del 100% e una gestione ottimale della linea senza sbilanciamenti. Partendo quindi dalle postazioni con il tempo ciclo maggiore, si adotterà una diminuzione delle operazioni a non valore aggiunto per poi bilanciare in maniera quanto più ottimale la linea. Ci possono essere però dei vincoli che non consentano il bilanciamento perfetto, poiché alcune operazioni possono essere indivisibili o ci possono essere delle lavorazioni eseguite dai macchinari con un tempo predefinito e non divisibile tra più operatori. Alcune soluzioni per dividere il tempo di lavoro dei macchinari, anche se costose, sono l'acquisto e l'utilizzo in parallelo di più macchinari. Questa pratica dipende però dalla possibilità o meno di diminuire il takt time, considerando che andrebbe a migliorare solo una postazione, quella del bottleneck tecnico da impianto. Un altro aspetto da considerare per i bilanciamenti è l'esperienza e il rendimento degli operatori, considerando che non tutti sono in grado di lavorare allo stesso modo e che i tempi di lavorazione possono essere variabili.

Il bilanciamento viene quindi eseguito quando è possibile ridistribuire le operazioni agli operatori dopo aver quantificato ed eliminato le operazioni a non valore aggiunto. Queste divisioni devono tuttavia tenere in considerazione la possibilità di aggiungere o togliere operatori alla linea, eseguendo quindi un nuovo bilanciamento, poiché l'assetto della linea è subordinato dal numero di prodotti finiti che il mercato richiede. Quando si definisce un assetto è quindi importante dividere le operazioni nelle varie postazioni, garantendo a ogni operatore l'asservimento del materiale ottimizzato e la corretta disposizione degli utensili necessari per compiere le lavorazioni, considerando la possibilità di modificare tipologia di lavorazione in caso di cambio assetto. In questo caso le direttive fornite agli

operatori devono essere chiare e in base all'assetto le operazioni devono rimanere standard, per evitare nuove fonti di operazioni a non valore aggiunto.

5s

Le 5S sono un approccio di gestione della qualità e dell'organizzazione del luogo di lavoro che ha radici nella cultura giapponese (3). Questo approccio è finalizzato a migliorare l'efficienza e la sicurezza sul luogo di lavoro, nonché a ridurre il disordine e gli sprechi. Le 5S sono descritte come segue:

1. **Seiri (ordinare, organizzazione del luogo di lavoro, eliminazione di materiali non necessari):** Questa fase riguarda la pratica di esaminare tutti gli strumenti e i materiali nell'area di lavoro e conservare solo gli elementi essenziali. Tutto il resto viene conservato o eliminato. Ciò porta a un minor numero di rischi e a un minor disordine che potrebbe ostacolare il lavoro produttivo.
2. **Seiton (disporre in ordine, posto per ogni cosa):** Questa fase si concentra sulla necessità di mantenere il luogo di lavoro in ordine. Gli strumenti, l'attrezzatura e i materiali devono essere sistemati in modo sistematico per consentire l'accesso più semplice ed efficiente possibile. Deve esserci un posto per ogni cosa, e ogni cosa deve essere al suo posto.
3. **Seiso (lucidare, pulizia, rimozione di rifiuti, polvere, ecc.):** Indica la necessità di mantenere il luogo di lavoro pulito e ordinato. Nelle aziende giapponesi, la pulizia è un'attività quotidiana. Alla fine di ogni turno, l'area di lavoro viene pulita e tutto viene ripristinato al suo posto.
4. **Seiketsu (standardizzare, posto costante per le cose, regole costanti di organizzazione, stoccaggio e pulizia):** Permette il controllo e la coerenza. Standard di pulizia di base si applicano ovunque nell'installazione. Ogni persona sa esattamente quali sono le sue responsabilità. Le mansioni di pulizia fanno parte delle normali routine di lavoro.

5. **Shitsuke (mantenere, realizzazione automatica delle regole sopra menzionate):** Si riferisce al mantenimento degli standard e all'ordinata e sicura gestione delle strutture giorno dopo giorno, anno dopo anno.

L'implementazione delle regole delle 5S dovrebbe iniziare con la formazione dei lavoratori produttivi riguardo agli elementi delle 5S e ai vantaggi del loro utilizzo. È importante che tutti i partecipanti alla formazione comprendano la necessità di utilizzare le regole delle 5S nel proprio ambiente di lavoro e siano d'accordo sui cambiamenti. Durante la formazione è essenziale addestrare all'uso di tutte le regole tramite esempi chiari, in modo che ogni partecipante possa comprendere la metodologia di attuazione degli elementi delle 5S. È importante notare che queste regole non si applicano solo alle posizioni di produzione, ma riguardano anche il magazzino, le posizioni negli uffici e altri ambienti.

Seiri (Ordinare): Attraverso una corretta selezione, è possibile identificare i materiali, gli strumenti, l'attrezzatura e le informazioni necessarie per svolgere i compiti. Ordinare elimina materiali di scarto, prodotti non conformi, e strumenti danneggiati. Questo aiuta a mantenere un luogo di lavoro pulito e migliora l'efficienza nella ricerca e nel reperimento delle cose, riducendo il tempo necessario per svolgere le operazioni.

Seiton (Disporre in ordine): È particolarmente importante la visualizzazione del luogo di lavoro (ad esempio, la marcatura del pavimento per identificare i luoghi di stoccaggio di ciascun materiale o percorsi di trasporto, l'indicazione delle forme degli strumenti per consentirne il rapido posizionamento nei luoghi stabiliti, etichette colorate per identificare materiali, pezzi di ricambio o documenti).

Seiso (Lucidare): La pulizia regolare permette di identificare e eliminare le fonti di disordine e di mantenere un ambiente di lavoro pulito. Durante la pulizia, si controlla la pulizia delle macchine, del luogo di lavoro e del pavimento, l'integrità dell'attrezzatura, la pulizia delle linee, dei tubi, delle fonti di luce, dei dati correnti, la leggibilità e la comprensibilità delle informazioni fornite.

L'attuazione della regola delle 3S :

Il primo passo per attuare la regola delle 3S è la ristrutturazione del luogo di lavoro. Si suppone che la prima pulizia costringa a un controllo accurato dell'applicazione di due delle regole precedenti. L'uso della regola delle 3S si basa sulla pulizia quotidiana impeccabile del luogo di lavoro ed è eseguito dall'operatore del luogo di lavoro in questione. Per valutare il luogo di lavoro in termini della regola delle 3S, ovvero la pulizia del luogo di lavoro, si utilizzano le seguenti Domande di Controllo:

- Sono presenti macchie di olio, polvere o residui di metallo intorno alla postazione, alla macchina o sul pavimento?
- La macchina è pulita?
- Le linee sono pulite, richiedono riparazioni?
- Le uscite dei tubi dell'olio non sono intasate da sporcizia?
- Le fonti di luce sono pulite?

4 S - Standardizzare: Le norme elaborate e implementate sotto forma di procedure e istruzioni permettono di mantenere l'ordine nei luoghi di lavoro. Le norme dovrebbero essere molto comunicative, chiare e facili da capire. A tal fine, durante la preparazione e il miglioramento, dovrebbero essere coinvolti tutti i partecipanti al processo nel luogo di lavoro in questione, ovvero i lavoratori diretti. Il gruppo conosce meglio le specificità delle proprie attività e il processo di elaborazione e successiva applicazione delle norme consente loro di comprendere l'essenza e ogni aspetto dell'operazione. Al fine di garantire un facile accesso, le norme obbligatorie dovrebbero trovarsi in luoghi costanti e visibili. Si presume che le norme non debbano essere implementate solo nei processi operativi tipici, ad esempio produzione, movimentazione, manutenzione, stoccaggio, ma anche nei processi amministrativi, ad esempio: contabilità, servizio clienti, gestione delle risorse umane o servizio di segreteria.

5 S - Sostenere: L'attuazione dell'idea delle 5S richiede dai lavoratori una compatta disciplina personale legata all'applicazione e al rispetto delle regole di pulizia e ordinamento regolari. Ciò porta all'aumento della consapevolezza del personale e alla

riduzione del numero di prodotti e processi non conformi, miglioramenti nella comunicazione interna e, attraverso ciò, al miglioramento delle relazioni umane. È anche importante capire la necessità di eseguire ispezioni di routine per verificare l'applicazione delle regole delle 5S. Questa ispezione viene eseguita mediante l'uso di una cosiddetta Lista di Controllo e, basandosi su di essa, viene creato un grafico radar delle 5S, che serve per valutare il luogo di lavoro. L'ispezione dell'attuazione della regola delle 5S viene eseguita una volta al mese da un team selezionato che implementa la regola delle 5S, il team di controllo.

Bilanciamento Linea

Le prestazioni di un sistema di produzione, come il flusso di produzione, il tempo di ciclo e il ritardo medio sono influenzate dalle capacità delle macchine e delle risorse disponibili nel sistema. Alcune di esse possono influenzare le prestazioni del sistema più di altre. Di solito, la limitazione di un sistema può essere ricondotta alla limitazione di una o due macchine o una o due tipologie di risorse, comunemente chiamate "Bottleneck" o colli di bottiglia (4). Dal punto di vista del sistema, i colli di bottiglia rappresentano i punti di congestione del sistema, che rallentano il flusso complessivo.

In generale, i colli di bottiglia sono riconosciuti come risorse o utilità che limitano pesantemente le prestazioni di un sistema di produzione. Per diverse esigenze di applicazione e diversi modi di operare, si possono trovare numerose definizioni di ciò che contribuisce a un collo di bottiglia nella letteratura. Tuttavia, non esiste ancora una definizione concorde di colli di bottiglia. Alcune definizioni di base sono: punti di congestione si verificano nel flusso dei prodotti; la risorsa la cui capacità è inferiore alle richieste poste su di essa; un processo che limita la capacità produttiva; ostacoli temporanei all'aumento della produzione; una struttura, un operatore, che ostacola la produzione; qualsiasi operazione che limita l'output. Da queste definizioni, possiamo notare la diversità dei colli di bottiglia. Essi non sono causati solo da vincoli fisici, come risorse, processi, strutture, ma sono influenzati anche da funzioni, operatori. Alcuni colli di

bottiglia possono apparire temporaneamente, mentre altri possono rimanere statici. Un concetto comune di collo di bottiglia è "qualcosa" che limita il tasso di produzione del sistema (5).

Misurazione del Tempo Medio d'Attesa

Nella misurazione del tempo medio d'attesa, la macchina con il tempo medio d'attesa più lungo è considerata il collo di bottiglia (6).

$$B = \{i \mid W_i = \max(W_1, W_2, \dots, W_n)\} \quad (1)$$

Nell'Equazione (1), W_i è il tempo medio d'attesa dei prodotti nella i -esima macchina. Questo metodo è adatto per analizzare reti con buffer intermedi illimitati. Tuttavia, per sistemi contenenti solo buffer limitati o sistemi senza buffer, non è una scelta adatta. Se diverse macchine hanno lo stesso tempo di attesa più lungo, questo metodo non può determinare il collo di bottiglia univoco.

Misurazione dell'Utilizzo Medio

La macchina con il rapporto occupato/inattivo più grande è considerata come il collo di bottiglia, utilizzando il metodo di misurazione dell'utilizzo medio (7).

$$B = \{i \mid \rho_i = \max(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)\} \quad (2)$$

Nell'Equazione (2), ρ_i è l'utilizzo della i -esima macchina. $\rho_i = \lambda_i / \mu_i$, in cui λ_i e μ_i rappresentano rispettivamente il tasso di arrivo del prodotto e il tasso di servizio della i -esima macchina. Poiché è possibile che si siano più macchine ad avere un carico di lavoro simile, la differenza tra gli utilizzi delle macchine può essere molto piccola.

Definizioni Basate sulla Sensibilità

Un altro modo per definire il collo di bottiglia è individuare la macchina il cui output influisce principalmente sulla produzione complessiva del sistema. La sensibilità delle prestazioni del sistema alle perturbazioni dei parametri della macchina viene utilizzata come misura. Se il tempo ciclo di lavorazione della i -esima macchina è pari al takt time

della linea, il takt time sarà il tempo di attesa tra due prodotti finiti nella linea e la macchina con tale tempo ciclo sarà il collo di bottiglia.

Value stream Mapping

Per rimanere competitiva nel mercato globale, un'azienda deve essere in grado di fornire il miglior prodotto possibile ai propri clienti. Uno dei modi migliori per vincere la competizione nel mercato globale è creare un sistema di lavoro efficace ed efficiente (8). Se l'azienda non può permetterselo, sarà molto difficile competere con i concorrenti. Ogni prodotto può avere un processo che non è ottimale. Pertanto, è necessario apportare miglioramenti. I miglioramenti vengono identificati in ogni fase. I miglioramenti possono riguardare sprechi di tempo, risorse, metodi, materiali, informazioni e altri aspetti. L'obiettivo di un'azienda è la soddisfazione del cliente con un prodotto di qualità e a un prezzo corretto. Ciò può essere ottenuto se l'azienda è in grado di creare ed implementare processi efficaci ed efficienti in ciascuna delle sue linee. In base a questi obiettivi, viene utilizzato il metodo lean perché si concentra sul miglioramento continuo dell'azienda. In questo modo sarà possibile raggiungere un sistema futuro dell'azienda efficace ed efficiente. Il Value Stream Map (VSM) è uno degli strumenti lean più potenti per identificare gli sprechi nei processi aziendali. Il VSM descrive il processo di ristrutturazione mappato in uno stato futuro con le fasi del processo e i flussi di informazioni che vengono ridisegnati, semplificati e resi più concisi. Il VSM è utile per eliminare e identificare o semplificare le fasi che aggiungono valore e eliminare quelle che non aggiungono valore. Ci sono molti vantaggi per l'azienda nell'implementare il VSM, in particolare il miglioramento del flusso di informazioni non fattibile, il miglioramento dei tempi di attesa e dell'efficienza dell'intero processo aziendale. Negli ultimi anni, le applicazioni del VSM si sono rapidamente estese a molti settori industriali. Ciò è dovuto alla facilità di adattamento e flessibilità del VSM in diversi settori. Attualmente e in futuro, è possibile applicare il VSM per risolvere vari tipi di problemi, in particolare quelli legati alla riduzione degli sprechi.

Taiichi Ohno è uno sviluppatore dei concetti lean, ha sviluppato i principi della produzione lean e ha scoperto che, oltre a minimizzare gli sprechi, è necessario aumentare il flusso dei prodotti e la loro qualità. Pertanto, la produzione lean enfatizza che un processo produttivo è un flusso di materie prime o materiali che va dall'attività iniziale all'attività finale fino a quando il materiale cambia forma (9). La Lean Production è una strategia che viene attuata in modo continuo per eliminare gli sprechi di attività all'interno dell'azienda e aumentare il valore aggiunto dei prodotti o servizi al fine di fornire soddisfazione ai clienti. Il Value Stream Map (VSM) è uno degli strumenti lean più potenti per identificare gli sprechi nei processi aziendali. Il VSM è un metodo per mappare il flusso del processo produttivo o del servizio e il flusso generale delle informazioni per produrre un tipo di prodotto. Non solo in ciascuna area di lavoro, ma a livello generale di produzione, identificando le attività a valore aggiunto e non a valore aggiunto. Il Value Stream Map, in sostanza, descrive o mappa il flusso di materiale e informazioni nell'insieme. L'uso del mappaggio del flusso di valore può identificare e descrivere la presenza di sprechi in un flusso nel suo complesso, in modo che utilizzando questo strumento le aziende possano prendere decisioni per ridurre gli sprechi. L'uso del Value Stream Map è necessario in modo che i miglioramenti apportati possano essere concentrati maggiormente sugli sprechi complessivi nel sistema.

Il Value Stream Map (VSM) è uno strumento di visualizzazione orientato alla versione Toyota della Lean Production (Sistema di Produzione Toyota). Esso aiuta le persone a comprendere e razionalizzare i processi di lavoro e quindi applicare alcune specifiche tecniche e strumenti del Sistema di Produzione Toyota (10). Il processo del Value Stream Map probabilmente rivelerà che una significativa quantità di attività non a valore aggiunto è presente nei processi attuali. Queste attività consumano risorse finanziarie e umane e prolungano i tempi di ciclo senza aggiungere valore. Tuttavia, alcune di queste attività sono effettivamente necessarie nel processo, pertanto l'idea è quella di minimizzarne l'impatto. Il Value Stream Map può essere uno strumento di comunicazione, uno strumento di pianificazione aziendale e uno strumento per gestire il processo di cambiamento aziendale. La creazione di una mappa del flusso di valore consentirà

all'azienda di documentare il tempo di produzione attuale, i livelli di inventario e i tempi di ciclo al fine di determinare il rapporto tra valore aggiunto e tempo di ciclo totale della famiglia di prodotti in analisi, creando una visione di un flusso di valore ideale. La creazione di un VSM è divisa in cinque fasi di base: 1- Identificare il prodotto. 2- Creare un VSM attuale. 3- Valutare la mappa attuale, identificare le aree problematiche. 4- Creare un VSM per lo stato futuro. 5- Attuare il piano finale (11).

Kanban

Il sistema di produzione Just-In-Time (JIT) è stato sviluppato da Taiichi Ohno ed è chiamato "sistema di produzione Toyota" in Giappone (12). Il sistema di produzione JIT ha l'obiettivo primario di ridurre continuamente ed eliminare alla fine tutte le forme di sprechi. In base a questo principio, le aziende giapponesi operano con un livello molto basso di inventario e realizzano un livello eccezionalmente elevato di qualità e produttività. Il JIT enfatizza il "concetto zero", che significa raggiungere gli obiettivi di zero difetti, zero code, zero inventari, zero guasti e così via. Garantisce l'approvvigionamento delle parti giuste in giusta quantità, nel posto giusto e al momento giusto. Pertanto, il vecchio sistema di acquisizione dei materiali e le relazioni tra acquirente e venditore sono cambiati con nuovi concetti rivoluzionari. Allo stesso modo, il JIT diventa un sistema inevitabile a livello di impianto, che integra la produzione cellulare, la produzione flessibile, la produzione integrata del computer e la robotica.

A causa dell'avanzamento tecnologico, il metodo convenzionale del sistema di produzione push collegato al Material Requirement Planning (MRP) è stato cambiato in un sistema di produzione JIT di tipo pull per far fronte alla competizione globale, dove il Work in Process (WIP) può essere gestito e controllato più accuratamente rispetto al sistema di produzione push.

Il sistema KANBAN è una nuova filosofia che gioca un ruolo significativo nel sistema di produzione JIT. Kanban è essenzialmente una scheda di plastica contenente tutte le informazioni necessarie per la produzione/montaggio di un prodotto in ogni fase e i

dettagli del suo percorso di completamento. Il sistema kanban è un sistema di pianificazione della produzione e controllo dell'inventario a più stadi. Queste schede sono utilizzate per controllare il flusso di produzione e l'inventario. Questo sistema facilita un alto volume di produzione e un'elevata utilizzazione della capacità con un ridotto tempo di produzione e di WIP.

La formula utilizzata dalla Toyota Motor Company per determinare il numero di kanban è chiamata formula Toyota (13). La formula kanban è presentata di seguito:

$$K \geq \frac{DL(1 + \alpha)}{C}$$

- K è il numero di kanban.
- D è la domanda per unità di tempo.
- L è il tempo di consegna.
- α è il fattore di sicurezza.
- C è la capacità del contenitore.

Il tempo di consegna include il tempo di attesa, il tempo di elaborazione, il tempo di trasporto e il tempo di raccolta dei kanban. La scorta di sicurezza funge da tampone contro le variazioni sia nell'offerta che nella domanda. Il valore di C è limitato a un massimo del 10% della domanda e α è una variabile con dei valori standard, decisa dalla direzione fino al 10% della domanda. La variabile K è il numero di kanban, che è correlato alla scorta. Se il valore di K aumenta, anche la scorta delle parti aumenta. Di conseguenza, si verifica uno stoccaggio inutilizzato. Allo stesso modo, se il valore di K diminuisce, anche la scorta di parti diminuisce e si verifica una carenza. Pertanto, il sistema di produzione JIT applica un compromesso tra i suddetti parametri per trovare il numero ottimale di kanban. Numerose ricerche sono state effettuate per trovare il numero ottimale di kanban utilizzando diverse metodologie e strumenti come la simulazione, i modelli di code, i modelli matematici, l'approccio all'intelligenza artificiale e così via. Dalla formula empirica

della Toyota, è possibile determinare il numero di kanban necessario per un sistema di produzione.

Nelle linee di assemblaggio le lavorazioni delle parti vengono effettuate in una sequenza lineare. In una linea di assemblaggio multiprodotto, il sequenziamento dei lavori è un compito impegnativo. Un problema di sequenziamento di linee di assemblaggio miste si tratta di un problema combinatorio.

In una linea di assemblaggio multiprodotto a più stadi in un ambiente just-in-time (JIT) ci sono m tipi di prodotti che vengono assemblati contemporaneamente in una linea mista. In base ai corrispondenti Kanban, la stazione finale della linea di assemblaggio e la linea di sottocomponenti vengono rifornite con determinate parti che sono prodotte dalla linea di produzione o assemblate dalla linea di sottocomponenti (14). Esiste una concezione comune che prodotti diversi richiedano spesso tipi diversi di parti e anche che il numero di una certa parte necessaria per prodotti diversi possa variare. Il flusso di Kanban tra le unità di produzione, la linea di sottocomponenti e la linea di assemblaggio finale, quindi, svolge un ruolo determinante nel coordinare tutte le unità in questo ambiente complesso.

Il flusso di Kanban forma una linea di assemblaggio invisibile, le due forze trainanti principali delle quali sono la linea di assemblaggio finale e la sequenza di produzione. Il flusso di materiali è attivato dalla linea di assemblaggio finale, che è il terminale del sistema di produzione. Con l'uso del flusso di Kanban, la linea di assemblaggio finale genera sincronicamente informazioni di controllo per richiamare le linee a monte, come la linea di sottocomponenti. Anche la linea di sottocomponenti dovrebbe essere rifornita delle parti necessarie dalle linee a monte dopo che sono state consegnate alla linea di assemblaggio finale. Questo processo è promosso per strati. Così, la produzione sincronizzata è ottenuta collegando tutti gli strati insieme. La performance operativa di una linea di assemblaggio multiprodotto a più stadi dipende da vari parametri decisionali. Pertanto, sia l'applicazione ragionevole che la configurazione dei parametri di un sistema Kanban hanno un impatto significativo sull'intero sistema.

Pull production

Sistema Push e Pull sono due tipi di sistemi di produzione, che operano in senso opposto e hanno i propri vantaggi e svantaggi (15).

Sistema Push: È un sistema convenzionale di produzione. Quando un lavoro completa il suo processo in una postazione di lavoro, viene spinto verso la successiva postazione di lavoro dove è necessario ulteriore processo o stoccaggio. In questo sistema, il lavoro ha una scheda di lavoro e la scheda di lavoro viene trasferita di fase in fase secondo la sua sequenza. In questo metodo, a causa di cambiamenti imprevedibili nella domanda o di ostacoli alla produzione, il lavoro tende a deviare dal suo programma e ciò provoca l'accumulo di inventario di lavoro in corso. Pertanto, i pianificatori dell'inventario fissano pessimisticamente il livello di inventario di sicurezza sul lato più alto.

Sistema Pull: Un sistema di produzione di tipo pull consiste in una sequenza di postazioni di lavoro che coinvolgono l'aggiunta di valore in ciascuna postazione di lavoro. Nel sistema pull, dalla postazione di lavoro corrente, ogni lavoro viene prelevato dalla postazione di lavoro successiva. In altre parole, il lavoro viene tirato dalla postazione di lavoro successiva invece di essere spinto dalla postazione di lavoro precedente. Il flusso di parti lungo la linea di prodotti è controllato dai Cartellini Kanban. Ogni postazione di lavoro ha un punto di stoccaggio in ingresso e un punto di stoccaggio in uscita. Il principale vantaggio del sistema pull è la riduzione dell'inventario e quindi del costo associato alla riduzione dell'inventario.

Kitting

Attraverso la Lean Production, il concetto di un corretto flusso di alimentazione di materiali determinerà la capacità dell'organizzazione di soddisfare la domanda del cliente. Nelle linee di assemblaggio, le parti devono essere ripristinate senza interruzioni, e le parti devono essere rifornite lungo la linea di assemblaggio in base al piano di produzione.

Il kitting è un processo di alimentazione di materiali alla stazione di assemblaggio. Le parti vengono ordinate e trasferite alla stazione di assemblaggio in kit preordinati in cui ogni kit contiene le parti di un prodotto di assemblaggio. Le ragioni iniziali dell'implementazione del kitting in una linea di assemblaggio di produzione di solito coinvolgono la parallelizzazione

Il sistema di assemblaggio, il prodotto con vari numeri di parti, la qualità dell'assemblaggio e i prodotti ad alto volume. Con il kitting, le parti possono essere confezionate in anticipo (temporaneamente immagazzinate in magazzino) prima di poter essere consegnate alla linea di assemblaggio di produzione. Pertanto, con il kitting, non vengono mantenuti inventari sul pavimento di produzione (16).

Con l'aumentare della domanda da parte dei clienti, la gestione delle scorte sulla linea è considerata inadatta per l'alimentazione di materiali nell'assemblaggio di produzione. Ci sono fattori che l'organizzazione deve considerare, come lo spazio a terra, il lavoro in corso (WIP) e la sicurezza dei materiali, prima di implementare il processo di kitting. Molte aziende non sono sicure su quando dovrebbe essere implementato un sistema di kitting e quale metodo si adatta meglio al loro ambiente. Molti studi hanno sviluppato metodi di kitting, ma ancora oggi queste teorie sono difficili da applicare nell'assemblaggio di produzione. Oltre a ciò, vi sono anche alcune problematiche evidenziate sulla confusione nell'implementazione dell'assemblaggio mediante kitting a causa della mancanza di comprensione dei principi del kitting su quando e dove dovrebbe essere utilizzato ciascun tipo di sistema di alimentazione dei materiali, come lo stoccaggio in linea o il kitting. I vantaggi consistono nell'azienda che otterrà benefici nella gestione delle parti e nella

flessibilità della produzione, inclusa la qualità del controllo. Di conseguenza, la produzione può procedere in modo regolare e con successo verso gli obiettivi di produzione.

Il kitting può essere implementato con successo se le aziende hanno preso in considerazione i seguenti fattori (17):

1. Qualità dei prodotti e supporto all'assemblaggio in linea. Il kitting può migliorare la qualità del prodotto poiché l'operatore sulla linea di assemblaggio non deve preoccuparsi di quali parti devono essere assemblate e di quale materiale utilizzare. Fornisce anche un supporto didattico quando il materiale del kit è disposto in modo che rifletta l'operazione di assemblaggio.
2. Consumo di manodopera. Il kitting può ridurre il consumo di manodopera poiché l'operatore non deve spendere tempo alla ricerca delle parti. Inoltre, senza il kitting, la produzione con alta varietà e alto volume di prodotti richiede più spazio per conservare le parti nella linea di produzione. Inoltre, con un numero crescente di codici di parti, la distanza e il tempo di percorrenza per l'operatore di assemblaggio aumentano. Quindi, attraverso il kitting, il materiale del kit è facilmente accessibile dall'operatore di assemblaggio.
3. Flessibilità nel cambio di prodotto. Attraverso il kitting, si crea maggiore flessibilità nel passare da un prodotto all'altro o a prodotti di diverse tonalità di colore, poiché le parti non sono stazionate nell'area di assemblaggio. Inoltre, i supporti presso la stazione di assemblaggio ostacolano la quantità di parti che possono essere presentate sulla postazione di lavoro. Quindi, il kitting è più flessibile in questo settore poiché può gestire un alto volume di prodotti, varietà e può essere effettuato il kit anche con una domanda incerta.
4. Volumi di inventario e requisiti di spazio. Anche se il kitting può risparmiare spazio presso la stazione di assemblaggio, il kitting ha bisogno di più spazio per la preparazione del kit prima di essere trasferito alla stazione di assemblaggio. I prodotti con variazioni elevate possono richiedere posizioni di stoccaggio multiple nello stoccaggio in linea. Pertanto, il kitting potrebbe essere vantaggioso poiché richiede solo uno spazio per il kitting.

Prima del processo di kitting, le componenti erano posizionate su scaffali presso la stazione di assemblaggio. Le parti venivano fornite direttamente da un'offerta continua dal magazzino alla linea di assemblaggio, occupando quindi molto spazio produttivo. Per quanto riguarda il kitting, i kit vengono preparati in un'area di preparazione dei kit e trasferiti alla linea di assemblaggio, riducendo così l'occupazione di materiale nella linea di assemblaggio.

Il kitting richiede che i componenti siano preparati e raccolti prima di poter essere inviati alla linea di assemblaggio. I componenti vengono prelevati dalla loro posizione di stoccaggio attraverso operazioni di picking e poi vengono posizionati in contenitori, vassoi o carrelli per contenere tutte le parti del kit. Una volta completata l'operazione, il kit viene quindi trasferito alla linea di assemblaggio a seconda della sequenza di produzione. Il kitting può essere effettuato nel magazzino di prelievo centrale o in un'area decentralizzata vicino alle postazioni di assemblaggio. Il kitting può essere eseguito sia dagli operatori di assemblaggio che dagli operatori specializzati solo nel kitting. I materiali da posizionare nel kit possono essere spostati verso gli operatori (part-to-picker) o gli operatori devono spostarsi verso la posizione di prelievo dei materiali (picker-to-part). Lo stile del supermercato è un esempio di scenario picker-to-part.

Il kitting è considerato uno spreco poiché richiede scaffali per componenti, segnali Kanban e operatori per prelevare materiali dal magazzino. Tuttavia, l'eliminazione di queste attività potrebbe influire su ulteriori sprechi nell'organizzazione, come la scarsa flessibilità e la confusione dei pezzi, causando interruzioni nel processo produttivo e riducendo l'efficienza della linea. Nel 1997, Toyota ha implementato un processo di kitting chiamato Set Part Supply (SPS) nella loro produzione di assemblaggio (18).

L'implementazione del SPS contribuisce alla riduzione degli sprechi noti come Muda (spreco), Muri (sovraccarico) e Mura (disparità).

Ci sono alcuni fattori da considerare nell'implementazione di un montaggio kitting snello, come:

- Eliminare gli sprechi legati all'arresto della macchina che causa un kitting non valido.
- Il montaggio kitting deve essere eseguito correttamente fin dalla prima volta.
- Eventuali sprechi trovati nel montaggio kitting devono essere eliminati.

L'equipaggio di kitting riceverà un elenco dei materiali da kit dal dipartimento di magazzino e quindi le parti verranno consegnate utilizzando i pallet nell'area di produzione. Pertanto, gli operatori di produzione non devono camminare per raccogliere i materiali necessari in un'area prestabilita. Di conseguenza, questo metodo potrebbe fornire vantaggi come:

- Eliminazione di attività non a valore aggiunto, come la distanza di percorrenza dalla stazione di assemblaggio ai flow rack per raccogliere i materiali. Ciò potrebbe aumentare la concentrazione dell'operatore nell'installare parti, aumentando così il tempo a valore aggiunto per l'operatore di assemblaggio.
- Riduzione dell'occupazione dello spazio nell'area di produzione e creazione di aree di lavoro pulite con un migliore controllo.
- Fornisce una formazione più snella ed efficiente per l'operatore di assemblaggio, in quanto il campo di lavoro per gli operatori è limitato.

Tuttavia per raggiungere un sistema di produzione snello, è necessario implementare un flusso continuo di materiale. Implementando il sistema di kitting come fornitura continua, l'area di produzione sarà in grado di ridurre l'uso dei contenitori e fornire più spazio sul pavimento. Il livello di comprensione e l'implementazione corretta del kitting sono fattori cruciali per contribuire a una produzione più snella in assemblaggi con elevate variazioni.

Linee di Assemblaggio Lean

La situazione attuale delle operazioni di assemblaggio è caratterizzata da una domanda sempre più variegata (personalizzazione di massa), mentre la produzione si confronta con un compromesso tra la produttività superiore dei sistemi di assemblaggio automatizzati e la flessibilità assoluta e l'adattabilità dell'assemblaggio manuale. Pertanto, la produzione ad alto volume di beni discreti ha ricevuto ingenti investimenti per l'automazione, mentre i prodotti a basso volume, su ordinazione o su progetto, venivano di solito assemblati manualmente. In questo contesto, la produzione snella (una generalizzazione del Sistema di Produzione Toyota) si è estesa dalla sua origine, l'industria automobilistica, a molti altri settori ed è stata adattata, come necessario, alle particolarità di ciascuna industria o azienda. La produzione snella si concentra tipicamente sul valore percepito dal punto di vista del cliente. Pertanto, ritiene che la flessibilità nell'adattarsi rapidamente alla domanda di mercato sia cruciale. Per la produzione snella, l'automazione rigida può essere vista come un ostacolo piuttosto che un vantaggio e cerca di incorporare il fattore umano nell'automazione: jidoka, o "automazione con un tocco umano" (19).

Il termine Industry 4.0, inizialmente adottato da un programma strategico tedesco, viene utilizzato oggi per esprimere la relazione tra diversi elementi del settore manifatturiero attuale e le nuove tecnologie digitali. Queste Tecnologie Abilitanti Chiave sono: Big data e analisi dati, Robot autonomi, Simulazione, Integrazione di sistemi orizzontali e verticali, l'Internet delle Cose a livello industriale (IoT), Sicurezza informatica, Il cloud, Manifattura additiva e Realtà aumentata. Le ricerche recenti sull'Industry 4.0 tendono a concentrarsi sulle possibilità offerte da determinate nuove tecnologie digitali o sviluppano un quadro per comprendere quale sarebbe l'effetto dell'incorporazione di tali nuove tecnologie.

Poco esplorato è lo sviluppo di metodologie di implementazione che collegano i quadri concettuali dell'Industry 4.0 con lo stato attuale degli ambienti industriali e il processo per implementare con successo nuove tecnologie digitali che portino i rendimenti attesi dagli investimenti. Inoltre, se l'approccio della produzione snella e le sue tecniche sono anche legati a questa implementazione, il concetto di Lean 4.0 potrebbe essere utilizzato. Poiché

la produzione snella e l'Industry 4.0 hanno certamente alcune similitudini, il Lean potrebbe rivelarsi utile nel fornire un punto di partenza per l'implementazione delle tecnologie dell'Industry 4.0 che migliorano le operazioni di assemblaggio in un contesto di domanda di personalizzazione di massa.

Per valutare l'impatto di qualsiasi cambiamento, sono necessari sistemi di valutazione accurati per garantire che gli investimenti in tecnologia vengano implementati per risolvere i problemi e perseguire gli obiettivi aziendali e non solo perché sono disponibili o per effettuare un miglioramento di facciata e solo di natura estetica.

La domanda di personalizzazione di massa è caratterizzata da una combinazione di grande varietà, cicli di vita dei prodotti più brevi e volumi di produzione variabili (medi o elevati per i prodotti di piattaforma, molto bassi per i prodotti personalizzati); rispetto al mercato stabile dell'Industria 2.0 e al mercato volatile dell'Industria 3.0 - in termini di volume del prodotto, varietà del prodotto e tempo di consegna. In questo nuovo contesto, il Toyota Production System (TPS) potrebbe rivelarsi limitato. L'uso delle nuove tecnologie digitali chiave porterà avanti la Quarta Rivoluzione Industriale (Industry 4.0), affrontando molte delle sfide dei sistemi di produzione per la personalizzazione di massa (20). L'assemblaggio è il processo finale per creare un prodotto, in cui i sottoinsiemi dei componenti si uniscono per formare il prodotto finale. L'aumento della varietà dei prodotti guidata dalla domanda aggiunge complessità, costi di produzione e tempi di consegna alle operazioni di assemblaggio, andando contro i suoi obiettivi. Nel panorama della personalizzazione di massa, è necessario rivedere, valutare e adattare temi chiave dell'assemblaggio: rappresentazione e sequenziamento dell'assemblaggio, in particolare assemblaggio non sequenziale; progettazione del sistema di assemblaggio, considerando il bilanciamento della linea, la differenziazione ritardata del prodotto e la valutazione delle prestazioni; operazioni del sistema di assemblaggio, con un focus sull'esplorazione della pianificazione dell'assemblaggio riconfigurabile, la pianificazione dell'assemblaggio di modelli misti e la gestione della complessità derivante da diverse fonti; e il cambiamento del ruolo degli operatori umani.

Al fine di assemblare in modo flessibile numerose varianti di prodotto utilizzando le stesse risorse (come persone, attrezzature, sistemi di gestione) per mantenere bassi i costi di produzione e l'alta produttività, è di fondamentale importanza raggruppare efficientemente i prodotti in cluster o famiglie. Le variabili selezionate per il raggruppamento dipenderanno dagli obiettivi delle operazioni di assemblaggio, ad esempio: qualità e costo per determinare la progettazione della famiglia di prodotti; varietà di prodotti per determinare il layout del sistema di assemblaggio; assemblaggio e smontaggio per la configurazione delle varianti di prodotto; procedura, attrezzature e parti; o coinvolgendo la prospettiva del lavoratore per la facilità effettiva dell'assemblaggio (21). I sistemi di produzione modulari trarrebbero vantaggio anche dalla pianificazione automatizzata basata sui file CAD dei singoli prodotti.

Un'altra area che influisce notevolmente sull'efficienza delle linee di assemblaggio è il sequenziamento e il bilanciamento. Similmente al raggruppamento e alla modularizzazione, vengono utilizzati diversi approcci a seconda degli obiettivi di ottimizzazione focalizzati: sequenziamento o analisi delle postazioni di lavoro per l'andamento del consumo di materiali, i tempi di allestimento e i tempi di consegna; monitoraggio della complessità della produzione per il bilanciamento del carico di lavoro.

La personalizzazione di massa avviene quando i prodotti individuali realizzati su misura per le preferenze di ciascun cliente vengono assemblati in grandi quantità. L'integrazione del cliente nella fase di progettazione potrebbe essere fatta utilizzando piattaforme web, mentre la progettazione delle linee di assemblaggio su misura consentirebbe una personalizzazione di massa efficiente. Una strategia alternativa è rappresentata dalla possibilità di posticipare la produzione delle componenti diverse riconfigurando la linea, che potrebbe aiutare a gestire l'alta complessità dell'assemblaggio. Tuttavia, richiede di progettare il layout della linea di assemblaggio per la differenziazione ritardata del prodotto e trarrebbe vantaggio da stazioni di assemblaggio riconfigurabili.

La personalizzazione di massa porta notevole complessità alle operazioni di assemblaggio, che influisce su elementi chiave del sistema e su altre aree circostanti, come la qualità, la catena di approvvigionamento o la manutenzione. La complessità dell'assemblaggio può

essere valutata da diverse prospettive: il numero di varianti di prodotto, le differenze indotte nelle attività o la configurazione del prodotto. Il crescente numero di caratteristiche dei prodotti da controllare richiede nuovi sistemi avanzati di gestione della qualità. Le implicazioni della catena di approvvigionamento per l'assemblaggio nella personalizzazione di massa vanno dai problemi di alimentazione della linea di assemblaggio alla configurazione della catena di approvvigionamento dell'assemblaggio e alle reti di produzione complete. Gli Automated Guided Vehicles (AGV) possono essere utilizzati in modo efficiente per alimentare le linee di assemblaggio di modelli misti. Anche l'allocazione delle risorse per la manutenzione deve essere prioritaria al fine di minimizzare gli effetti negativi dell'aumento della complessità.

I sistemi di assemblaggio completamente automatizzati portano a un aumento della produttività per la produzione ad alto volume ma mancano della flessibilità e dell'adattabilità degli operatori umani. Le persone sono meglio attrezzate per compiti di assemblaggio con piccole e frequenti variazioni, ma il loro potenziale per una produttività più elevata è limitato. In un contesto di domanda di mercato caratterizzato dalla personalizzazione di massa, che si dirige verso la produzione personalizzata di massa, i sistemi di assemblaggio riconfigurabili che incorporano sia macchine che persone possono portare a sistemi economicamente convenienti e flessibili. L'automazione deve considerare sia le capacità fisiche che cognitive degli operatori umani a cui offre supporto. Al fine di migliorare il rendimento delle operazioni di assemblaggio, è necessario fornire supporto agli operatori umani. L'automazione deve garantire la sicurezza umana, il che ha portato a ricerche sulla riconoscibilità del piano di collaborazione tra umani e robot e sulla previsione della traiettoria, e al concetto di "zona di sicurezza". Quando si impiegano nuove tecnologie digitali per migliorare le prestazioni dei sistemi di assemblaggio, non si può sottovalutare l'importanza strategica dei sistemi IT. In un contesto di domanda di mercato caratterizzato dalla personalizzazione di massa, che si dirige verso la produzione personalizzata di massa, i sistemi di assemblaggio riconfigurabili che incorporano sia macchine che persone possono portare a sistemi economicamente convenienti e flessibili. Le tecnologie digitali dell'Industry 4.0 hanno un ruolo critico nel rendere possibili sistemi

di assemblaggio per la personalizzazione di massa che non compromettono qualità e costo e che non ottengono un aumento delle prestazioni danneggiando negativamente gli operatori umani.

In un contesto di domanda di mercato caratterizzato dalla personalizzazione di massa che si sta dirigendo verso la produzione su misura di massa, l'aumento della complessità raggiunge i confini delle operazioni di assemblaggio e deve essere considerato congiuntamente ad altre aree (ad esempio, catena di approvvigionamento, qualità, manutenzione. Per mantenere la competitività delle operazioni di assemblaggio nonostante l'aumento della complessità, il raggruppamento dei prodotti, la modularizzazione, la differenziazione ritardata dei prodotti, l'assemblaggio di modelli misti e i sistemi di assemblaggio riconfigurabili sono strumenti preziosi. I sistemi di assemblaggio riconfigurabili, in cui gli operatori umani lavorano in modo efficace insieme a macchine o robot possono portare a sistemi economicamente convenienti e flessibili. Sembra evidente che le tecnologie digitali dell'Industry 4.0 abbiano un ruolo critico nel rendere possibili sistemi di assemblaggio per la personalizzazione di massa.

La flessibilità della produzione è un orientamento strategico e le tecnologie dell'Industria 4.0 portano notevoli benefici alla gestione delle operazioni, in particolare in termini di gestione della tecnologia e produzione Just-In-Time (JIT) (22). Rispetto al mercato volatile dell'Industria 3.0, caratterizzato dalla varietà di prodotti, il mercato intelligente dell'industria 4.0 coinvolge la partecipazione del cliente nella personalizzazione individuale dei prodotti. Le tecnologie dell'Industria 4.0 consentono la personalizzazione di massa attraverso cicli brevi di sviluppo del prodotto e l'input dei singoli clienti. Vengono quindi richieste capacità di pianificazione delle tolleranze e capacità di nuovi sequenziamenti per consentire modifiche al prodotto anche dopo l'avvio della produzione, oltre ad avere un design dinamico della catena di approvvigionamento per fabbriche connesse attraverso sistemi informativi basati su cloud come un modo per ottenere la personalizzazione di massa.

Una delle principali caratteristiche del mercato dell'Industria 3.0 - la varietà di prodotti - è destinata a cambiare nell'era dell'Industria 4.0 verso la personalizzazione di massa (con il

coinvolgimento del cliente nella personalizzazione individuale). Tuttavia, i sistemi di produzione esistenti non subiranno un grande cambiamento, poiché le linee di flusso, la produzione Lean, le celle, rimarranno aggiornate quando si affronta la personalizzazione di massa. D'altra parte, nonostante la produzione Lean possa essere facilmente applicata a situazioni di produzione con bassi livelli di personalizzazione, un aumento dei livelli di personalizzazione rende difficile applicare direttamente i principi Lean di stabilire il flusso e mantenere bassi i livelli di inventario. Per affrontare la personalizzazione di massa con gli obiettivi Lean di flusso continuo misto vengono impiegati i cartellini Kanban che collegano moduli di produzione nella progettazione del sistema.

La Lean Production offre una serie di strumenti e tecniche per affrontare la crescente complessità e variabilità della domanda, che potrebbero beneficiare delle operazioni di assemblaggio nel contesto della personalizzazione di massa. Anche se la Lean, una generalizzazione del Toyota Production System (TPS), è nata nell'industria automobilistica, si è espansa in molti altri settori manifatturieri. Un classico strumento Lean è il "single minute exchange of die" (SMED), che è ancora un argomento attuale. L'equilibrio delle linee di assemblaggio manuale con un alto numero di varianti di prodotto (assemblaggio di modelli misti) ha dimostrato di essere utile poiché riempie il divario tra i modelli di bilanciamento matematico e le tecniche effettive utilizzate nell'industria. Il tasso di produzione delle linee di assemblaggio di modelli misti può essere aumentato utilizzando la Lean in combinazione con la simulazione. Per aumentare la produttività e ridurre lo spazio necessario in uno stabilimento, il flusso continuo può essere ottenuto mediante l'uso dello "Standardized Work" (SW), linee di assemblaggio a forma di U e sistemi di movimentazione dei materiali (23). Gli strumenti di miglioramento continuo possono essere applicati per aumentare la capacità di produzione e ridurre la capacità del buffer.

Un'area chiave adiacente alle operazioni di assemblaggio Lean è la logistica, che mette a disposizione i componenti o i materiali necessari per l'assemblaggio al momento giusto con il minimo spreco. La catena di approvvigionamento Lean utilizza sei indicatori chiave di prestazione classici: tempo di consegna, costi, livello di inventario, livello di servizio di consegna e qualità. Per ridurre al minimo il Work-In-Progress (WIP) e il numero necessario

di operatori di assemblaggio, la pre-kitting offre vantaggi e sfide (24). È necessario, in base al caso del sistema produttivo preso in esame, valutare la migliore progettazione di un sistema di alimentazione di parti per l'assemblaggio Lean, considerando che i problemi del puro kit potrebbero essere contrastati da sistemi ibridi (umano e macchina). La logistica interna per l'assemblaggio Lean richiede di valutare e selezionare tra diverse alternative di trasporto al fine di alimentare i supermercati dei componenti.

L'impatto della Lean Production sull'ergonomia e sui rischi psicosociali è stato oggetto di studio per decenni, e il focus degli studi è variato nel tempo, con l'attuale considerazione che lo stile di gestione può rendere gli effetti della Lean Production sia negativi che positivi. L'impatto delle linee di assemblaggio e delle celle di assemblaggio sugli intervalli e sulla salute dei lavoratori è stato valutato, trovando che le celle di assemblaggio tendono ad avere tempi ciclici più lunghi, il che aumenta la fisicità del lavoro, mentre le linee di assemblaggio non presentano rischi. Analizzando l'effetto del sovraccarico fisico sulle prestazioni della linea di assemblaggio, si è scoperto che i tempi ciclo troppo vicini al Takt (cioè con basso tempo di recupero) portano al sovraccarico dell'operatore, il che significa assenteismo e bassa produttività a lungo termine.

Un aspetto chiave delle operazioni di assemblaggio Lean è il layout di produzione. L'assemblaggio Lean classico è effettuato in linee di assemblaggio o celle di assemblaggio. Le celle di assemblaggio offrono vari vantaggi rispetto alle linee di assemblaggio. L'efficienza dei sistemi di produzione Lean può essere meglio analizzata considerando l'assemblaggio come un macro-processo anziché una serie di stazioni, e l'identificazione degli sprechi è tarata sulle operazioni di assemblaggio. Le linee di assemblaggio Lean utilizzano tipicamente il Kanban per generare il flusso di produzione e di materiali.

Esistono molte somiglianze e anche differenze tra l'assemblaggio Lean (linee e celle) con i sistemi proposti successivamente, come il sistema produttivo Seru (19). Un sistema di produzione che si concentra principalmente sulla risposta rapida ai cambiamenti nella domanda e nel prodotto invece di privilegiare la riduzione degli sprechi (cioè la produzione Lean) può essere molto competitivo in ambienti ad alto costo. Di conseguenza, il Seru si concentra sulla "riconfigurabilità, completezza delle risorse

all'interno delle celle, responsabilità del lavoratore e buffering come necessario per ospitare dimensioni di variabilità della domanda". Tuttavia, la possibilità di utilizzare sistemi di assemblaggio Seru al di fuori di contesti ad alto costo, ad alta variabilità, ad alta innovazione e a cicli brevi di sviluppo del prodotto rimane difficile.

In conclusione, i sistemi di produzione Lean di solito impiegano layout di linee di assemblaggio o celle per stabilire un sistema di tipo "pull" e creare un flusso di materiali. Per determinati contesti che comportano costi elevati, elevata variabilità e cicli di sviluppo del prodotto brevi, i sistemi di assemblaggio Seru sono particolarmente competitivi perché sono orientati all'adattabilità.

Capitolo 3

Introduzione

In questo capitolo verrà presentato il problema preso in esame e verranno descritte le principali soluzioni Lean adottate in modo da ottimizzare il processo produttivo. Verranno descritti i prodotti e le linee di produzione esaminate. Lo scopo di questa parte è descrivere come le tecniche precedentemente esposte vengano attuate e come i vari argomenti trattati si interfaccino tra di loro. Questo avviene poiché le varie funzioni organizzative hanno molti elementi di contatto e nella maggior parte dei casi una decisione di competenza di una determinata sfera organizzativa tende ad influenzarne anche un'altra.

Come descritto nel capitolo riguardo alla presentazione dei prodotti del reparto preso in esame, la problematica presentata riguarda due linee di assemblaggio multiprodotto, la GHP e la linea XL.

Queste linee presentano delle differenze tra di loro, sia per volumi produttivi che per caratteristiche dei prodotti finali.

La linea GHP, avendo delle macchine prodotte di dimensioni contenute, ha presentato un livello iniziale di ergonomia accettabile. La domanda giornaliera di prodotti finiti iniziale era di 18 pezzi per ogni turno, con un impiego di 4 operatori di linea, più un operatore logistico. Questa linea presentava delle criticità riguardo al calcolo dell'efficienza, dovuta principalmente alla mancanza di un bilanciamento preciso e al continuo ripetersi di azioni a non valore aggiunto che limitavano le potenzialità produttive della linea. Queste azioni erano dovute al disordine e alla poca chiarezza sulle divisioni dei compiti, che si rispecchiava anche nella gestione delle postazioni e al modo in cui queste venivano tenute, con molti utensili mancanti che spesso venivano utilizzati in modo improprio nelle altre postazioni dagli operatori. Questa situazione di sbilanciamento della linea veniva ancora più ampliata nel momento in cui la linea necessitava delle variazioni di volumi di produzione, poiché cambiando assetto veniva ampliata lo sbilanciamento e molto spesso

il calcolo dell'efficienza registrava dei valori insoddisfacenti. Questa situazione era simile per quanto riguardava l'asservimento dei materiali da parte del picker, operatore logistico, che eseguiva un grande numero di azioni a non valore aggiunto e nonostante questo risultava meno impegnato degli operatori di linea. Queste inefficienze erano dovute da un layout progettato in maniera non esatta e per via di un sistema di movimentazione dei materiali non adatto, che obbligava l'operatore a più movimentazioni dei materiali causando inefficienza.

La linea XL si presentava con delle problematiche di bilanciamento e inefficienze di linea simili, nonostante fossero minori e meno impattanti sulle performance della linea. La problematica maggiore riguardava il modo in cui il picker alimentava le prime postazioni della linea, poiché questo sistema generava inefficienza e richiedeva una mole di lavoro eccessiva da parte di un solo operatore logistico. La problematica principale, considerando il prodotto, era la movimentazione di materiali con volumi e pesi elevati, che causavano molto spesso problemi di tipo ergonomico al picker, il quale non poteva sostenere carichi eccessivi e prolungati per troppo tempo e questo causava un tempo di composizione dei kit per una singola macchina superiore a quello delle lavorazioni della linea. Il lavoro effettuato su questa linea è stato prevalentemente quello di ottimizzare il modo in cui i materiali venivano asserviti in linea, diminuendo il tempo ciclo da parte dell'operatore logistico ed evitando che la linea si fermasse a causa della mancanza di materiale.

Picker

Il picker è un operatore logistico che ha il compito di alimentare sia la linea che l'area picking, ovvero l'area della zona di produzione adibita alla gestione dei materiali provenienti dal magazzino materie prime. Negli stabilimenti Ariston la figura di Picker 1 è divisa da quella di Picker 2, ma può capitare che in alcune linee, come la GHP e la linea XL, questi due ruoli siano identificabili con la stessa persona. Il primo è colui che alimenta la linea componendo i kit, mentre il secondo è colui che porta il materiale necessario dal magazzino all'area picking, gestisce i rifiuti degli imballi e controlla il livello di giacenza dei

materiali in area picking, oltre a portare direttamente in linea eventuali componenti che vengono assemblati in linea ma non sono gestiti in kit, bensì a set up. In caso di livello basso dei materiali in area picking, effettuerà la chiamata al magazzino chiedendo e andando a prendere il materiale che deve essere portato in linea.

La chiamata a magazzino viene gestita considerando una regola interna all'azienda gestita a Kanban, la regola delle due ore, sempre nella logica del Just In Time. La quantità di riordino viene calcolata considerando il numero di pezzi impiegati nella produzione in due ore di tempo. Questo calcolo ovviamente dipende dal Takt time, il quale è variabile in base all'assetto e alla domanda del mercato. Questa quantità quindi sarà variabile in base al Takt della linea. La logica di questa tecnica sarà quella di permettere alla linea di lavorare nelle due ore in cui il materiale verrà portato dal magazzino nella nuova unità di movimentazione. Ogni volta che la quantità dei materiali in area picking scende sotto il livello di chiamata, sarà compito del picker effettuare la chiamata in magazzino. Ogni quantità di riordino è dipendente dalla quantità delle componenti utilizzate in ogni modello della macchina prodotta in linea. Le due ore sono la stima del tempo massimo in cui i magazzinieri saranno in grado di consegnare al Picker 2 i materiali richiesti.

Il picker per la chiamata del materiale utilizza i cartellini Kanban, i quali sono stati introdotti nella Lean Production e prevedono la possibilità di chiamare il materiale e danno informazioni sui reorder point, sulla quantità richiesta e sull'utilizzo del materiale. Altre informazioni fondamentali per l'asservimento dei materiali tramite cartellini kanban sono la tipologia di unità di movimentazione, la quantità presente nell'unità di movimentazione e la quantità richiesta. La logica e l'importanza di queste informazioni sta nel fatto che la quantità di materiale presente nelle singole unità di movimentazione potrebbe non essere sufficiente per fronteggiare la domanda di materiale nella produzione. Se la quantità di materiale presente in un UDM, che può essere un pallet, una cassa o un qualsiasi contenitore adibito alla movimentazione di materiale, non fosse sufficiente a far fronte alle due ore di produzione, sarebbe necessario chiamare una seconda unità di movimentazione, poiché la quantità presente in area picking sarebbe comunque sotto la soglia stabilita dalla regola delle due ore, con il rischio di causare un

blocco della linea in caso di richiesta continua di quei materiali in linea. In questo caso verranno specificate le quantità di unità di movimentazione minime da asservire in area picking.

Il cartellino, una volta compilato con informazioni di codice, descrizione e quantità, viene consegnato in un'apposita area ai magazzinieri, i quali avranno a disposizione due ore di tempo per poter prendere il materiale nell'ubicazione indicata e consegnare in area scambio il materiale al picker, il quale lo andrà a ritirare e lo posizionerà in area picking. Il picker scrive anche l'ubicazione in magazzino, poiché riesce a vedere dove è situato il materiale con il codice richiesto nel momento in cui scannerizza il bar-code della materia prima. Questo avvantaggia la comunicazione con il magazzino, che sa subito dove andare a prelevare il materiale. In futuro l'idea è quella di superare la compilazione del cartellino, con la chiamata immediata da parte dell'operatore logistico al magazzino, quando viene scannerizzato il codice a barre del materiale necessario, in modo da far arrivare la quantità minima calcolata per l'area picking, direttamente gestita dal magazzino.

Il lavoro del picker 1 consiste invece nel prendere le liste picking, stampate dall'operatore team leader, il capo reparto, che non appena riceve informazioni dalla pianificazione stampa i fogli contenenti le quantità e le descrizioni dei materiali necessari per la composizione dei kit.

I kit servono per alimentare la linea con componenti variabili in base al modello prodotto. Il picker non appena riceve le liste picking compone il kit con i materiali richiesti da quel particolare modello e colloca il kit nella postazione di appartenenza.

Linea GHP

La linea GHP presentava un assetto iniziale con quattro operatori, più un logistico, con uno sbilanciamento soprattutto nelle prime due postazioni. Con questo assetto erano richiesti dal mercato 18 prodotti finiti giornalieri e la linea lavorava su turno unico di 8 ore.

La linea multiprodotto lavorava producendo in maniera alternata modelli differenti che potevano variare per marchio, mercato di riferimento, potenza. In particolare la linea produceva modelli di sei potenze diverse e questa caratteristica era considerata la più importante nell'organizzazione della produzione, poiché più alta era la potenza della macchina assemblata, più alto era il tempo ciclo. Le taglie delle macchine della linea GHP sono: 45 kW, 65 kW, 85 kW, 100 kW, 115 kW, 150 kW. Questi modelli venivano prodotti sia con il marchio Ariston, che con il Marchio Chaffoteaux, con poche differenze costruttive tra di loro, e la linea inoltre produceva anche due modelli Ariston da 45 kW e 65 kW per il mercato non UE e tre modelli, da 45, 65 e 85 kW, per il mercato cinese.

Il numero dei modelli, che potevano variare ogni giorno per taglia, mercato di riferimento e marca, era tale da complicare molto l'organizzazione della linea, poiché i cambi di produzione erano frequenti e l'orizzonte decisionale della pianificazione era molto breve. Le difficoltà maggiori erano date dal fatto che tutti questi modelli differenti avevano un tempo ciclo diverso, comportando l'esigenza di organizzare la linea in base a dei bilanciamenti ottimali e che fossero applicabili in ogni caso con flessibilità per evitare inefficienze dovute a casi particolari. A complicare la situazione era anche il fatto di avere cicli di lavorazione e tipologie di materiali utilizzati diversi tra di loro. Partendo da una 45 kW, c'era molta differenza con una 150 kW, a partire dalle componenti idrauliche. Solo poche componenti fondamentali erano in comune, sia come tipologia che come fornitore, implicando una stessa lavorazione indipendentemente dalla dimensione della macchina assemblata. Componenti differenti comportavano una differenza di ciclo delle lavorazioni e, oltre ad avere dei tempi ciclo differenti, potevano rappresentare un problema per l'addestramento degli operatori, con delle operazioni differenti da eseguire in base alla taglia del macchinario prodotto. Questa caratteristica comportava una grande mole di informazioni da dare al singolo operatore e implicava la modifica frequente della tipologia di lavorazioni da compiere, con difficoltà a ripetere operazioni, dunque a specializzarsi e a standardizzare il lavoro da eseguire, con una più alta possibilità di commettere errori. Oltre a questa problematica, avere cicli molto diversi tra di loro comportava la possibilità di non riuscire a dividere le operazioni in maniera uguale, poiché avendo un ordine

differente era presente il rischio che la stessa operazione, su due macchine diverse, venisse affidata a due operatori diversi a causa di un ciclo di lavorazione differente, perdendo la possibilità di attrezzare una sola postazione e insegnare quel determinato ciclo a un solo operatore. Un altro dettaglio importante per la divisione delle lavorazioni e per il bilanciamento era la presenza di modelli con sequenze e componenti diverse in base al mercato di riferimento. Ad esempio i modelli destinati al mercato cinese avevano delle componenti aggiuntive e il ciclo di lavorazione risultava più lungo.

La situazione di partenza di questa linea non era ottimale, considerando tutte le difficoltà, anticipate, e spesso gli operatori eseguivano le lavorazioni alternandosi nelle varie postazioni, per evitare di accumulare ritardi causati da divisioni dei compiti non chiari e bilanciamenti imprecisi. Questa situazione comportava la presenza di molte azioni svolte dagli operatori senza un valore aggiunto, in quanto le postazioni, senza un chiaro bilanciamento, non erano studiate per delle operazioni precise e quindi erano organizzate con utensili vari, a volte anche non necessari, per garantire il procedere delle lavorazioni.

Dal punto di vista della logistica, il picker alimentava la linea portando 6 kit, detti carrelli, in 6 diversi punti della linea, con dentro il necessario affinché l'operatore potesse eseguire le lavorazioni richieste per quella determinata postazione. Il picker aveva un metodo di lavoro ben organizzato e l'asservimento della linea risultava corretto, puntuale e senza mai inficiare sull'operatività della linea. Il problema principale del picker è che molte delle operazioni, su un ciclo di lavoro molto ridotto rispetto alla linea, consistevano in operazioni a non valore aggiunto. Una parte principale dell'intervento eseguito è stato quello di coinvolgere il picker in pre-assemblaggi, dopo aver ridotto le fasi di doppia movimentazione, riducendo il tempo di lavorazione. In questo modo poteva essere adottato un bilanciamento più equo con un livello di insaturazione esiguo, permettendo alla linea di lavorare con alti livelli di efficienza in qualsiasi assetto. Il lavoro del picker è stato qualitativamente migliorato e la parte di lavorazione di pre-assemblaggi, non andava ad interferire né sulle lavorazioni di asservimento, né del resto degli operatori di linea, poiché è stata implementata all'inizio linea, con un batch di preassemblati non legati dal tempo ciclo e dal Takt time di linea.

La linea inizialmente lavorava con una richiesta di 18 pezzi prodotti mediamente per ogni turno di lavoro. Questo valore era estremamente variabile, poiché dipendeva dal mix di produzione giornaliero. Ogni modello necessita di un ciclo di lavoro differente, quindi il takt time sarà variabile per ogni modello prodotto e la produzione di ogni giorno sarà differente. Per questo lavoro sono state ignorate le differenze di marchio, poiché i modelli della stessa potenza di due brand differenti hanno molte componenti in comune, oltre a uno stesso tempo ciclo, e di mercato. I prodotti destinati a mercati differenti dall'Unione Europea erano molto basso-rotanti e nonostante le differenze con i modelli UE, risultavano simili come tempi ciclo. Inoltre questi modelli erano prodotti solo per le taglie più piccole, con tempi ciclo molto bassi. La differenza principale tra una macchina e l'altra sarà quindi dettata dalla taglia della caldaia prodotta. Possiamo quindi prendere in considerazione una sola famiglia di prodotti in tutte le sue sei versioni di potenza, prendendo come riferimento la Genus HP EVO dalle taglie 45 kW, 65 kW, 85 kW, 100 kW, 115 kW e 150 kW.

Per comprendere la situazione iniziale sono stati fatti dei rilevamenti delle postazioni andando a filmare un intero ciclo di lavoro per ogni postazione, in modo tale da ottenere informazioni fondamentali sia per quanto riguarda il tempo necessario al completamento di ogni lavorazione per tutte le postazioni, per avere un dato corretto sul tempo effettivo di ogni lavorazione elementare indivisibile, che per analizzare il ciclo e rilevare eventuali irregolarità migliorabili con degli interventi sulle postazioni di lavoro.

Lo scopo di questo lavoro è fare efficienza. La condizione iniziale era nota per avere un basso livello di efficienza, che tramite le rilevazioni deve essere calcolata per poter comprendere le modalità di intervento. La sfida di questo lavoro è trovare il miglior assetto per ogni evenienza. Un mercato mutevole comporta dei volumi di produzione variabili in base alla domanda del mercato. Produrre più del necessario comporta dei costi di gestione del magazzino prodotti finiti, mentre una produzione inferiore alla richiesta effettiva può significare una mancata vendita. Nella programmazione della produzione è fondamentale dare delle priorità alla voce del cliente e alla domanda effettiva, in modo tale da produrre solo il necessario vendibile per diminuire il più possibile gli sprechi. Nel

momento di dover organizzare la linea di produzione è fondamentale avere in mente le possibilità di variare i volumi produttivi e di conseguenza gli assetti della linea.

Per raggiungere questo risultato è necessario individuare dei modelli capostipite dei vari prodotti lavorati nella linea di assemblaggio. Analizzando le componenti dei vari prodotti finiti e i tempi ciclo di lavorazione è stata stimata la possibilità di dividere le sei macchine in tre gruppi: le 45 e le 65 kW nelle macchine piccole, le 85 e le 100 kW in macchine medie e le 115 kW e le 150 kW in macchine grandi. Sono state prese in considerazione le 45 kW, le 85 kW e le 150 kW come modello esempio per eseguire i bilanciamenti della linea in base al modello lavorato. I tempi ciclo di questi tre modelli sono molto diversi cambiando gruppo. Di conseguenza anche il Takt time della linea sarà diverso e le criticità di bilanciamento avranno delle caratteristiche differenti. Il numero di prodotti finiti uscenti dalla linea dipenderà dai modelli prodotti ogni giorno.

L'obiettivo target della linea viene rispettato con un mix di produzione con una maggioranza di modelli di piccole dimensioni presenti. Questo mix produttivo tuttavia non è detto che rispecchi quello reale imposto dalle esigenze del mercato. La difficoltà di questa situazione è saper rispettare le richieste del mercato andando a considerare soprattutto i casi più sfavorevoli, con un mix produttivo giornaliero orientato verso un cospicuo numero di modelli di medie e grandi dimensioni.

È possibile stimare un mix di produzione di medio lungo periodo per identificare nei prossimi mesi quale sarà l'effettiva domanda dei vari modelli, considerando che in base al mix produttivo, il numero di modelli prodotti ogni giorno deve essere sempre costante e che l'obiettivo principale è quello di farlo con il livello di efficienza maggiore possibile. Il numero di modelli per tipologia di grandezza, con un orizzonte previsionale di pochi mesi è descritto in figura. Questo calcolo terrà conto del Takt e della durata del turno (8 ore, 480 minuti). Moltiplicando per ogni modello la quantità stimata prodotta per ogni turno alla percentuale del mix produttivo, si ottengono le 18 macchine al giorno, media produttiva richiesta (Tabella 1).

TAGLIA PRODOTTI GHP	45 kW - 65 kW	85 kW - 100 kW	115 kW - 150 kW
DOMANDA MENSILE IN PERCENTUALE	50%	30%	20%
TAKT ACTUAL(MINUTI)	24,5	27	29,5
PEZZI/TURNO	19,59	17,78	16,27

Tabella 1: Mix produttivo e Takt Time linea GHP

Una volta stabilite le quantità di macchine stimate mediamente per ogni giorno per ogni modello è necessario tuttavia analizzare gli assetti in base ai possibili mix produttivi giornalieri. Nonostante la maggior parte dei modelli prodotti sia di macchine piccole, è comunque possibile avere dei giorni con una produzione di sole macchine grandi. Avere lo stesso numero di macchine prodotte ogni giorno non è quindi fondamentale, bensì è importante garantire il numero esatto di prodotti finiti richiesti dal mercato per ogni giorno. Per entrare nel dettaglio della linea, è possibile produrre anche 19 macchine di piccole dimensioni in un solo giorno, mentre è stimato come 16 macchine al giorno prodotte sia il limite per la taglia delle macchine grandi. Questi numeri tuttavia soddisfano la domanda del mercato, in particolare rispettano anche le esigenze del mix produttivo, poiché è necessario individuare l'esatta tipologia di prodotto che verrà richiesto dal cliente finale, nell'ampio ventaglio di modelli proposti. L'impossibilità di produrre ogni giorno con un mix che rispecchi quello di lungo periodo è dettato dalla logistica, in particolare dalla pianificazione. Esistono delle esigenze a monte e a valle della produzione che impongono l'adozione di mix produttivi variabili ogni giorno. In ottica Just in Time è importante avere a disposizione il materiale solo quando necessario e spesso le componenti arrivavano dal fornitore solo quando era necessario iniziare la produzione di quel macchinario. Altre volte era possibile che una commessa avesse particolare priorità su altre, imponendo che venisse spedita il prima possibile e che quindi venisse pianificata con poco anticipo. La media di tutte le macchine prodotte, rispettando questo mix produttivo, sarà quindi di 18 prodotti finiti al giorno, nonostante la variabilità del mix produttivo giornaliero. Questa condizione comportava l'esigenza di impostare la linea in modo da rispettare le quantità richieste dal mercato.

L'assetto iniziale della linea era quindi composta con 4 operatori, i quali erano divisi in 4 postazioni di lavoro che si occupavano rispettivamente dell'assemblaggio delle componenti idrauliche e del telaio, delle componenti elettroniche, ovvero il cablaggio, del collaudo e della pannellatura insieme all'imballaggio finale. Questa divisione è risultata subito inefficiente, poiché queste divisioni non garantivano una distribuzione omogenea dei pacchetti di lavoro, andando a causare insaturazione di alcuni operatori, con una postazione collo di bottiglia con un Takt time estremamente elevato. Di seguito è possibile analizzare il bilanciamento dei tre modelli presi in esame (Figure 5, 6, 7).

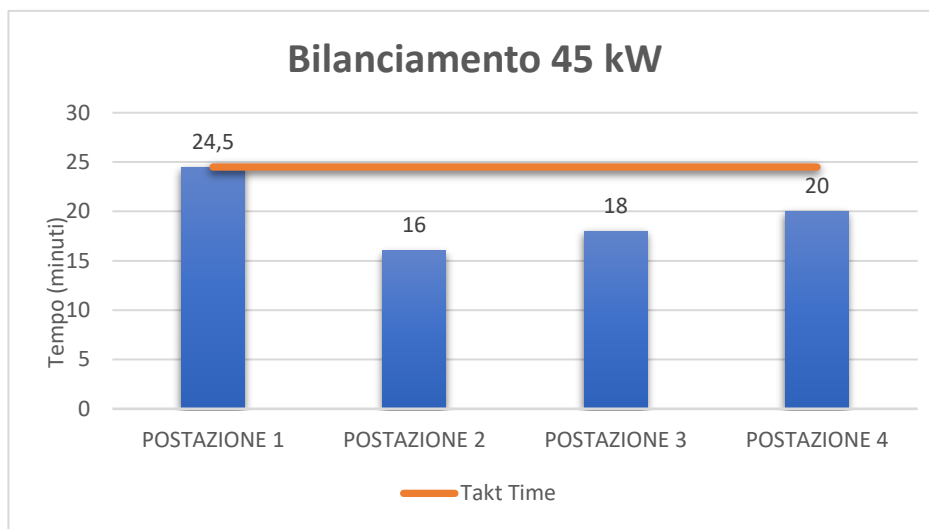


Figura 6: Bilanciamento attuale GHP 45 kW

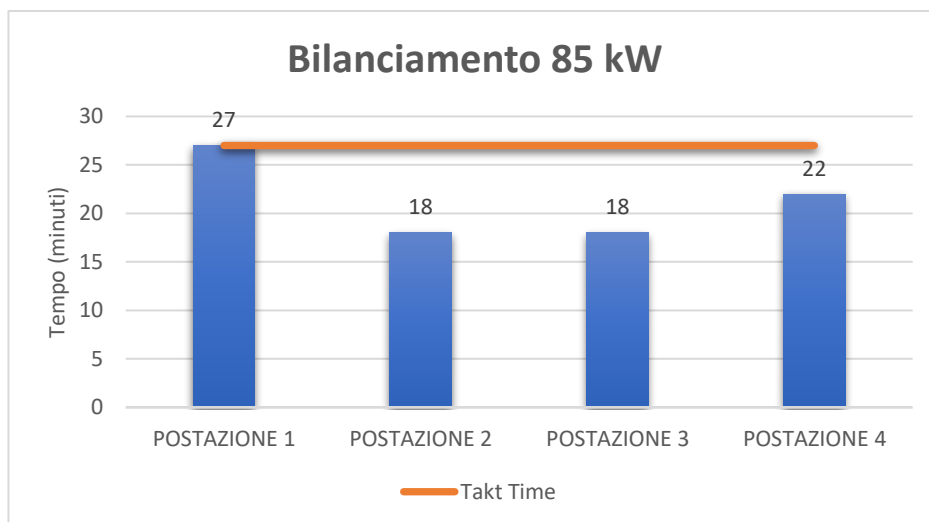


Figura 5: Bilanciamento attuale GHP 85 kW

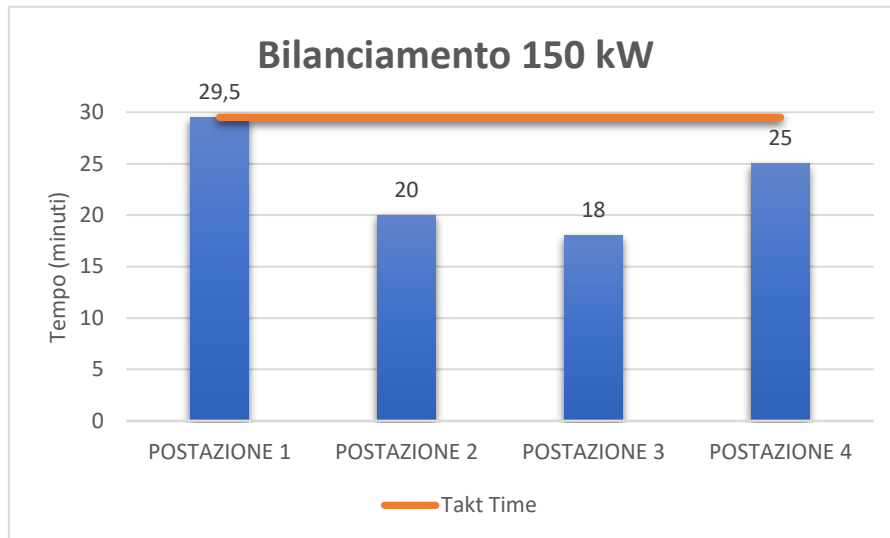


Figura 7: Bilanciamento attuale GHP 150 kW

La difficoltà di questo lavoro di bilanciamento è effettuare delle divisioni che possano essere coerenti con il ciclo di lavoro di tutte e tre le grandezze, poiché andare a dividere i compiti creando dei bilanciamenti ad hoc per ogni taglia comporterebbe confusione e difficoltà a standardizzare il lavoro per gli operatori. Inoltre la difficoltà maggiore è data dalla presenza di elementi non divisibili all'interno del ciclo di lavoro, come delle lavorazioni lunghe che devono essere eseguite in modo continuo sulla stessa componente, o elementi di utilizzo di macchinari, come ad esempio la postazione del collaudo.

Efficienza

Il KPI principale della gestione della linea è sicuramente il calcolo dell'efficienza. Considerando il fatto che la domanda del mercato deve essere sempre rispettata, e questo è un vincolo non trascurabile, da qui si parte per impostare al meglio l'organizzazione del sistema produttivo, tenendo a mente che l'obiettivo da seguire è produrre quanto richiesto con la massima efficienza possibile.

Se il mercato non fosse importante da seguire, sarebbe facile trovare l'assetto migliore che permetta il raggiungimento del 100% di efficienza. Tuttavia l'attenzione alle quantità e ai modelli corretti da produrre nei tempi stabiliti è una regola che non può essere messa in discussione e a farne le spese è l'efficienza produttiva.

Tramite il software gestionale utilizzato dall'Ariston è possibile avere delle informazioni riguardanti i prodotti finiti che vengono realizzati nello stabilimento. All'interno delle varie informazioni di ogni prodotto, è presente un tempo stimato del ciclo di lavoro di ogni prodotto, che nel momento in cui viene introdotto ha questa stima iniziale basata sui valori delle operazioni comuni delle operazioni simili di altri prodotti già esistenti. Nonostante un nuovo prodotto sia differente dai precedenti, la maggior parte delle azioni necessarie per l'assemblaggio del nuovo prodotto finito è simile ad altre già esistenti dei vecchi prodotti, anche perché i prodotti, per facilità di comprensione degli operatori e di accordi con i fornitori, vengono progettati con molte similitudini con i prodotti passati. Una volta stimato esattamente il tempo ciclo necessario per assemblare un prodotto finito, viene registrato sul software gestionale il tempo di riferimento. Questo tempo servirà come riferimento per il calcolo dell'efficienza, mentre a fine anno verrà riaggiornato con i tempi registrati durante l'anno. In questo modo, con tempi obiettivo poco sfidanti, non è impossibile riscontrare efficienze che superano il 100%. Ogni anno verranno riaggiornati i tempi del gestionale e le efficienze dell'anno successivo varieranno, con dei target sempre più sfidanti.

L'efficienza calcolata in Ariston seguiva la formula:

$$EFFICIENZA = \frac{TEMPO STIMATO - TEMPO PAGATO}{TEMPO STIMATO} + 1$$

Con il tempo pagato pari al Takt time moltiplicato per il numero degli operatori e il tempo stimato pari al tempo stimato presente sul gestionale Sap. L'efficienza della linea, nei tre modelli presi in esame per le taglie piccole, medie e grandi non offre una buona situazione di partenza. La spiegazione è che l'efficienza considera il numero di operatori che lavorano nella linea, come se lavorassero attivamente in tutto il turno, quindi con il numero di operatori moltiplicati per il Takt time, tempo della postazione collo di bottiglia. In realtà

solo un operatore durante la produzione di una macchina, lavora per tutta la durata del takt time ed è proprio l'operatore della postazione Bottleneck. In questo caso è come se si impiegassero gli operatori per lavorare per un determinato periodo, mettendoli in condizione di lavorare solo per il tempo effettivo del ciclo di lavoro del prodotto finito. Nel caso ipotetico della saturazione degli operatori al 100%, con un Takt time pari al tempo ciclo di ogni postazione, l'efficienza sarebbe al 100%, se il tempo stimato nel gestionale Sap fosse realistico e calcolato correttamente. Lo scopo di questo lavoro è aumentare i livelli di efficienza provando ad arrivare al 100%, considerando diverse configurazioni in base ai volumi produttivi richiesti dal mercato.

Soluzioni adottate

Per ottenere un bilanciamento ottimale è necessario prima stabilire quale sono le operazioni che devono essere eseguite nella fase di assemblaggio. Per questo motivo è necessario analizzare le operazioni di montaggio in tutte le postazioni, analizzando un modello per gruppo. Prendendo dei video dell'intera fase della lavorazione sarà possibile analizzare più volte le operazioni nel loro ordine e i movimenti eseguiti dall'operatore. In questo modo, oltre ad analizzare i tempi necessari per le fasi di assemblaggio, sarà possibile visionare eventuali criticità riguardanti le postazioni, gli utensili, l'ergonomia di lavorazione, la qualità e il metodo in cui vengono asserviti i componenti.

Una volta presi i video dei modelli di esempio sarà possibile stilare una tempificata delle fasi di lavoro. La tempificata è uno strumento necessario per bilanciare e analizzare le singole operazioni elementari. In questo documento vengono riportate informazioni come la descrizione dell'operazione eseguita, il gruppo di lavoro, la posizione nella linea, l'operatore assegnato, la frequenza con cui viene eseguita, il tempo rilevato e la descrizione del valore aggiunto da parte dell'operazione stessa. Ogni operazione elementare viene infatti inizialmente messa nella tempificata, descrivendo anche se l'operazione è a valore aggiunto, di semi valore aggiunto o di non valore aggiunto. Dopo le modifiche successive al layout della linea, all'asservimento, alle postazioni e con altri

macchinari di supporto per il lavoro, sarà possibile ridurre il più possibile le operazioni a non valore aggiunto.

Dare tutte le altre informazioni nella tempificata oltre al tempo può fornire spunti importanti per l'analisi della linea, come ad esempio il gruppo a cui appartengono le operazioni con più tempo o di non valore aggiunto. Questo può fornire degli spunti importanti sui possibili interventi sulla linea.

Una volta ottenuto il documento della tempificata è possibile andare a dividere le operazioni tra i vari operatori, rispettando le operazioni dello stesso gruppo e non divisibili tra due operatori. Considerando la necessità di rispondere alle quantità decise dal mercato e i tempi ciclo rilevati per i tre modelli, è stato stimato come con 4 operatori nella linea fosse impossibile avere un'alta efficienza con una media di 18 prodotti finiti realizzati per ogni turno dalla linea. Per avere un'efficienza maggiore sarebbe stato necessario realizzare una quantità superiore di macchine, le quali non sarebbero state congrue con le richieste del mercato.

In questo modo sono stati individuati degli assetti con 3 operatori, i quali garantiscono un livello di efficienza maggiore, con dei livelli di produzione pari alla richiesta del mercato. Essendo l'efficienza subordinata dal numero di operatori impiegati nella linea, avere un operatore in meno, producendo lo stesso quantitativo di prodotti finiti per turno, consente di incrementare di molto l'efficienza calcolata.

Per arrivare a proporre l'assetto con 3 operatori nella linea GHP è stato effettuato uno studio sul livello di saturazione del picker.

La proposta che è stata avanzata in modo tale da diminuire il più possibile il numero di operazioni necessarie da affidare alla linea comprendeva l'integrazione del picker, il quale oltre ad avere un ruolo logistico per l'asservimento dei materiali, veniva integrato all'inizio della linea per avere così una saturazione più vicina a quella della linea. Considerando l'importanza del ruolo del picker e dell'asservimento dei materiali, oltre al perenne rischio di imprevisti di stampo logistico, è stato deciso di non superare la quota dell'85% della saturazione del picker.

Questa soluzione può essere adottata anche in altre configurazioni della linea. Lo scopo di questo lavoro è favorire dei bilanciamenti con alto livello di flessibilità in modo da garantire assetti validi per ogni tipologia di richiesta dei volumi, che abbiano un alto tasso di efficienza. Considerando la necessità di diminuire eventualmente la produzione in un eventuale futuro, deve essere studiata la capacità della linea di lavorare in 2 operatori, più l'integrazione del picker.

Questa sfida è complicata per diversi motivi. Innanzitutto il picker avrà un ruolo sempre più importante all'interno della linea, con molte più lavorazioni da effettuare all'interno del ciclo di lavoro. In secondo luogo, una divisione dei ruoli tra i due operatori e il picker deve coincidere con le possibilità di divisione dei compiti dei bilanciamenti con altri assetti, in modo tale che non ci siano lavorazioni divisa a metà tra due operatori, o che le lavorazioni che deve compiere un operatore siano tutte vicine e non lo obblighi a spostamenti inutili all'interno della linea. Un altro aspetto da considerare è l'organizzazione delle postazioni di lavoro, con gli utensili e i macchinari adeguati per ogni configurazione e ogni lavorazione prevista per quelle postazioni. Questo è considerabile come problema minore poiché gli utensili possono essere raddoppiati e possono essere lasciati nella linea anche utensili non utilizzati con tale configurazione, ma che potrebbero essere necessari se si cambiasse volume produttivo. Questa scelta può essere valida nei limiti dello spazio predisposto per gli utensili, in modo tale che non siano eccessivi quelli inutilizzati e che non rendano difficoltosa la ricerca degli utensili adeguati evitando quindi operazioni a non valore aggiunto.

Questo lavoro di bilanciamento ha avuto quindi l'esigenza di garantire un certo grado di flessibilità, in modo tale che la fase di riorganizzazione delle postazioni potesse consentire di sfruttare le varie configurazioni, in base alla richiesta del mercato, senza causare condizioni di mancanza di ergonomia o divisioni inefficienti delle operazioni del ciclo di lavoro.

Per effettuare questa parte del lavoro sono stati analizzati i vari processi, considerando come le lavorazioni di assemblaggio delle macchine sulla linea erano divisi prevalentemente in sei gruppi: Telaio, Idraulica, Cablaggio, Collaudo, Pannellatura e

Imballo. La postazione di Collaudo risulta essere indivisibile, poiché è prevalentemente composta da lavorazioni dei macchinari, i quali hanno un determinato tempo di esecuzione e non possono essere divisi. Il collaudo, come obiettivo massimo, deve essere sempre portato ad essere il collo di bottiglia, divenendo quindi un bottleneck tecnico, considerando che il tempo di tale lavorazione non possa mai essere abbassato spostando operazioni di lavorazioni, poiché la lavorazione di un impianto risulta sempre indivisibile. L'unico modo per diminuire i tempi dei bottleneck tecnici è acquistando un altro macchinario, da far lavorare in parallelo all'altro o altri. In questo modo se si passasse da uno a due impianti sarebbe possibile arrivare fino a dimezzare il Takt time di una linea con bottleneck tecnici. Tuttavia ci sono delle limitazioni, come la presenza necessaria o meno di operatori. La lavorazione in parallelo può essere sfruttata non solo da due o più macchinari, bensì anche dall'operatore incaricato dell'utilizzo della macchina se questa prevede lunghi tempi di lavorazione in autonomia. L'operatore incaricato del collaudo, in questo modo, potrebbe svolgere altre lavorazioni in parallelo. In questo caso sfortunatamente l'operatore è necessario per coordinare le impostazioni e regolare i parametri di collaudo, senza poter abbandonare la postazione durante il lungo processo di collaudo. Nel caso preso in esame la postazione di collaudo non è il bottleneck, quindi le operazioni di bilanciamento avranno dei risultati tangibili.

Per effettuare un bilanciamento che risulti flessibile in ogni configurazione prevista, è necessario studiare in maniera ottimale ogni fase del processo produttivo. Avere delle lavorazioni che non possano essere divise in una determinata maniera e che debbano quindi andare insieme, causerà la presenza di maggiori vincoli nel momento di effettuare i bilanciamenti. Il risultato deve essere soddisfacente per ogni configurazione prevista, in modo tale da poter cambiare le quantità da produrre, e di conseguenza il numero di operatori sulla linea, ogni volta che risulta necessario, senza dover praticare delle modifiche al layout della linea, la disposizione dei materiali o le tipologie di utensili previsti.

Dopo aver analizzato in maniera approfondita la linea e come venivano assemblati i prodotti finiti di ogni grandezza presa come riferimento, è stato possibile accertare come

le operazioni non necessarie, che causavano un rallentamento della linea e non garantivano un valore aggiunto, fossero una percentuale considerevole che poteva essere diminuita. In particolare la percentuale è dell'11% come descritto nell'immagine seguente (Figura 8).

Queste operazioni venivano causate prevalentemente nelle fasi di assemblaggio del telaio, componenti idrauliche e del cablaggio, fasi che sono divise tra due operatori e che molto spesso si alternavano nelle lavorazioni senza giovare alla produttività, scambiandosi utensili e non utilizzando quelli necessari. Al contrario gli operatori di Collaudo, pannellatura e imballo erano ben addestrati ed esperti per le lavorazioni che dovevano eseguire e gli interventi di rimozione delle azioni a non valore aggiunti risultavano minimi.

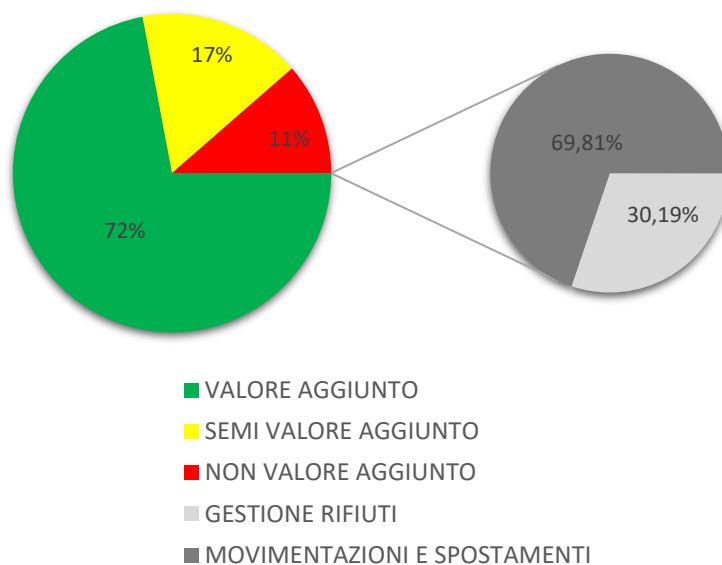


Figura 8: Analisi operazioni a valore aggiunto

L'immagine precedente (Figura 8) dimostra la percentuale di valore aggiunto, semi valore aggiunto e valore aggiunto delle operazioni della linea, specificando le cause delle operazioni che non generano valore aggiunto, ovvero la gestione dei rifiuti e i movimenti e spostamenti, e in quale entità.

Un altro aspetto da tenere in considerazione quando si effettuano bilanciamenti è l'asservimento. Considerando che la produzione dipende dal mercato, ogni singola richiesta del mercato ha la precedenza. Di conseguenza la Workplace Organization deve garantire che queste richieste debbano essere rispettate. Dopo aver riorganizzato le postazioni di lavoro, tutte le altre sfere decisionali all'interno dell'attività produttiva che sono a supporto, devono adeguarsi ai cambiamenti eseguiti dal Workplace Organization. In questo caso la logistica di asservimento di materiali avrà il compito di asservire il materiale necessario nelle postazioni adeguate e in base al cambiamento degli assetti potranno cambiare i kit in quantità e tipologia di prodotti per kit, i quali potrebbero alimentare posizioni diverse nella linea.

I lavori di bilanciamento effettuati, considerando delle proposte per 2 e 3 operatori hanno riconsiderato le divisioni da effettuare tra gli operatori delle postazioni 1 e 2, integrando in maniera più intensa l'operatore logistico nelle lavorazioni di pre-assemblaggio.

Una considerazione necessaria per quanto riguarda l'utilizzo del picker, è che producendo meno macchinari, in caso di bassa richiesta del mercato e con assetti a 2 operatori, il Takt time sarà molto maggiore e il tempo di inattività sarà maggiore. Questa inattività sarà causata anche dal fatto che una minore produzione richiederà un minore impiego di materie prime e anche il numero di operazioni richieste dal picker diminuirà. Nell'assetto proposto per 2 operatori, il picker esegue una grande quantità di operazioni, riducendo molto le attività svolte come operatore logistico.

Dal punto di vista dell'ottimizzazione delle lavorazioni dell'operatore logistico, è stato effettuato un lavoro di rilevazione dei tempi di lavoro. Lo scopo di questa fase di studio è stata quella di stabilire quanto l'operatore logistico fosse insaturo, in modo tale da poterlo sfruttare all'interno delle attività produttive della linea.

Per fare questo lo studio si è concentrato in due parti, la rilevazione dei tempi ciclo, e lo studio delle distinte di base dei prodotti finiti, con i materiali che dovevano essere asserviti in linea. Questa fase è stata fondamentale per capire in maniera precisa quanto lavoro richiedesse la composizione dei kit necessari per assemblare una macchina. Dietro

al lavoro di composizione dei carrelli ci sono anche le attività che vengono svolte dal picker 2, le quali a loro volta sono direttamente dipendenti dalla quantità di macchine prodotte giornalmente.

Le lavorazioni di composizione dei carrelli è un lavoro con dei tempi facilmente rilevabili. In questo modo è facile stabilire quali sono i tempi di lavorazione per macchina da parte del picker 1. È più difficile stabilire quanto tempo di lavoro è investito dall'operatore logistico con i compiti del picker 2, quali la gestione dei rifiuti derivanti dall'imballo, la chiamata a magazzino dei codici esauriti in area picking e l'asservimento dell'area picking con le materie prime presenti in magazzino. Questa stima è stata effettuata considerando dei tempi standard rilevati dall'operatore logistico nelle azioni di rimozione dei rifiuti, con delle tipologie standard quali i pallet o le casse con collari di legno. Altre operazioni standard rilevate sono state le chiamate a magazzino e il tempo necessario per andare a prendere in magazzino le materie prime. Per ogni attività è stato rilevato un tempo ed è stato considerato come tempo standard per ogni unità di movimentazione. Le unità di movimentazione contengono quantità variabili di materie prime per ogni codice. Per questo motivo è stato necessario andare a studiare le distinte di base di ogni prodotto finito, prendendo per ogni componente di tutti i modelli prodotti delle informazioni come la quantità utilizzata per macchinario, la quantità presente in unità di movimentazione e la tipologia di unità di movimentazione. In questo caso è stato possibile stabilire per ogni prodotto finito realizzato, quanta percentuale di una singola unità di movimentazione fosse assorbita e considerando che ogni UDM ha un suo tempo di chiamata e di prelievo, è stato possibile stabilire il tempo effettivo di lavorazione da parte del picker 2, nel momento in cui venivano composti i vari kit per l'assemblaggio di un modello di prodotto finito. Anche le informazioni sulla tipologia di UDM erano importanti per quanto riguarda il lavoro di smaltimento rifiuti. È stato possibile quindi calcolare il tempo di smaltimento rifiuti per ciascuna tipologia di UDM. Ogni codice aveva quindi un tempo totale di lavorazione, il quale andava diviso per la quantità di materiale presente nell'UDM e moltiplicato per la quantità necessaria per assemblare la macchina, secondo la distinta di base. Questo lavoro ha permesso di stimare con grande precisione il tempo ciclo di

lavorazione del picker (Figura 9) e di conseguenza la sua saturazione rispetto al Takt della linea (Tabella 2).

MACCHINE	PICCOLE	MEDIE	GRANDI
TEMPO P1	5,5	6,5	8
TEMPO P2	6,5	7,5	9
TOT. PICKER	12	14	17
TAKT TIME LINEA RILEVATO	24,5	27	29,5
SATURAZIONE	48,98%	51,85%	57,62%

Tabella 2: Saturazione picker rispetto al Takt Time della linea

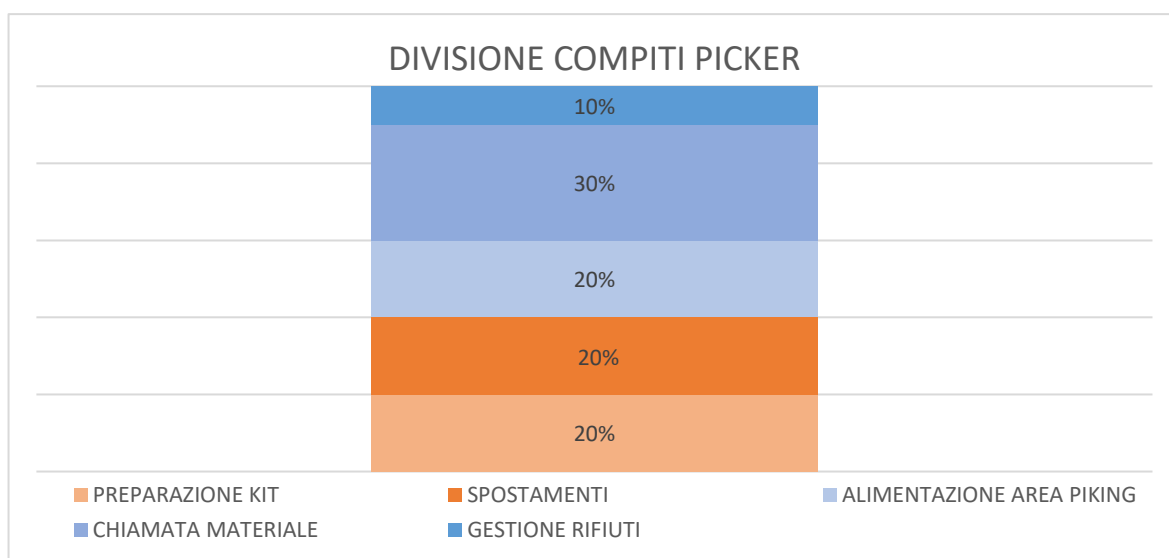


Figura 9: Divisione in percentuale media dei compiti del picker nel suo ciclo di lavoro

Oltre alle rilevazioni del picker è stato possibile analizzare tutte le operazioni di non valore aggiunto che venivano eseguite. In particolare venivano eseguiti molti spostamenti di materiali che non erano necessari. Queste doppie movimentazioni portavano il materiale dal magazzino all'area picking all'interno della loro unità di movimentazione e

successivamente venivano travasati all'interno di contenitori che venivano riposti su degli scaffali. Questa fase comportava la necessità da parte dell'operatore logistico di sollevare delle cassette contenenti molti materiali come tubi idraulici o valvole, i quali comportavano un grave dispendio di forze, ai limiti degli standard di sicurezza riguardo i pesi massimi da poter sollevare in un luogo di lavoro. La doppia movimentazione veniva eseguita su tutti i codici, poiché era previsto che venissero utilizzate delle scaffalature non adatte a certi materiali pesanti. Il lavoro eseguito ha comportato il re-layout dell'area destinata ai componenti movimentati su scatola e che di conseguenza potevano essere riposti su scaffali.

Considerando che quest'area aveva molto spazio a disposizione e che non veniva sfruttato, è stato deciso di affrontare una modifica che andasse a prediligere la diminuzione del tempo di lavorazione dell'operatore logistico, a scapito dello spazio occupato in area picking. Questo lavoro è stato eseguito ponendo tutti i codici su delle pedane di prelievo, dove potessero essere messe le scatole delle materie prime, formando dei corridoi di passaggio. non tutte le scaffalature sono state rimosse, poiché molti codici, con scatole più piccole e con dei materiali meno pesanti, erano adatti all'ubicazione su scaffale. Il concetto è stato quello di evitare i travasi, garantendo che i codici destinati agli scaffali fossero quelli con packaging delle dimensioni delle mensole degli scaffali. Le altre tipologie di materie prime, o quelle troppo pesanti per il sollevamento su scaffale, venivano adagiati con il transpallet elettrico sulle pedane, poste a 130 cm di altezza, formate da pallet impilati uno sopra l'altro. Questa nuova disposizione è stata pensata in modo da formare dei corridoi per agevolare il passaggio dell'operatore dall'area picking verso la linea. Le componenti sono state divise per taglia, in modo tale da permettere all'operatore il passaggio attraverso un unico corridoio per modello trovando tutti i codici necessari, senza dover andare in altri corridoi lontani per la composizione dei carrelli.

Il layout precedente al contrario era basato sulle scaffalature posizionate a ferro di cavallo, con l'operatore che era costretto ad entrare e a uscire per ogni codice necessario per il kit. La nuova sistemazione lineare al contrario permette il passaggio diretto, senza dover tornare indietro e interrompere lo spostamento dall'area picking alla linea.

Una volta accertato come il picker fosse insaturo rispetto al Takt della linea, la proposta portata avanti è stata quella di affidare una lavorazione della prima postazione, che consisteva nell'assemblaggio della base del telaio, a lui. In questo modo, non essendo vincolato ai ritmi della produzione della linea, sarebbe stato possibile eseguire dei pre-assemblaggi, preparare dei carrelli di buffer tra la sua postazione e quella del primo operatore e continuare con il lavoro dell'operatore logistico. Questa scelta è stata presa in modo da levare delle lavorazioni alla linea e permettere un bilanciamento più comodo. Inoltre la prima operazione prevedeva il pre-assemblaggio della base del telaio, una lavorazione molto semplice che non richiedeva molto tempo, ma sufficiente da creare beneficio alla linea nel momento in cui non veniva più assegnata a un operatore. La problematica rilevata inizialmente riguardava la possibilità o meno di integrare due compiti diversi, come quello di operatore logistico e quello di operatore di linea, considerando i tempi da dover rispettare per ognuno dei due ruoli. È fondamentale infatti che l'operatore logistico non intralci mai la linea di produzione e che non ci siano mai pause causate da assenza del materiale.

Lavorando nella postazione a inizio linea, l'operatore può assemblare le basi del telaio nei momenti in cui non deve asservire la linea, e posizionarli sui carrelli di lavoro utilizzati dagli operatori per movimentare le macchine, in modo tale da creare un buffer a inizio linea, con un numero sufficiente di carrelli per evitare che dalla seconda posizione in poi ci sia il fenomeno dello starving.

Dopo aver effettuato le rilevazioni delle lavorazioni è stato stimato come una parte delle operazioni a non valore aggiunto fosse eliminabile tramite il nuovo bilanciamento e con la riorganizzazione del posto di lavoro. Le operazioni a non valore aggiunto erano dell'11% nel totale del tempo di lavoro. La stima del miglioramento iniziale riducendo le operazioni a non valore aggiunto prevede di guadagnare circa il 5%, riducendo le operazioni errate della metà. Non è sempre possibile ridurre a zero le operazioni a non valore aggiunto, poiché alcune volte queste dipendono dal layout della linea o da altre caratteristiche del sistema produttivo decise in fase di studio preliminare e quindi difficili da modificare.

La divisione del ciclo di lavoro nelle quattro postazioni attuali può essere descritto nella seguente figura (Figura 10), dimostrando come gli interventi previsti possano ridurre operazioni a non valore aggiunto e diminuire il tempo ciclo da dividere tra gli operatori.

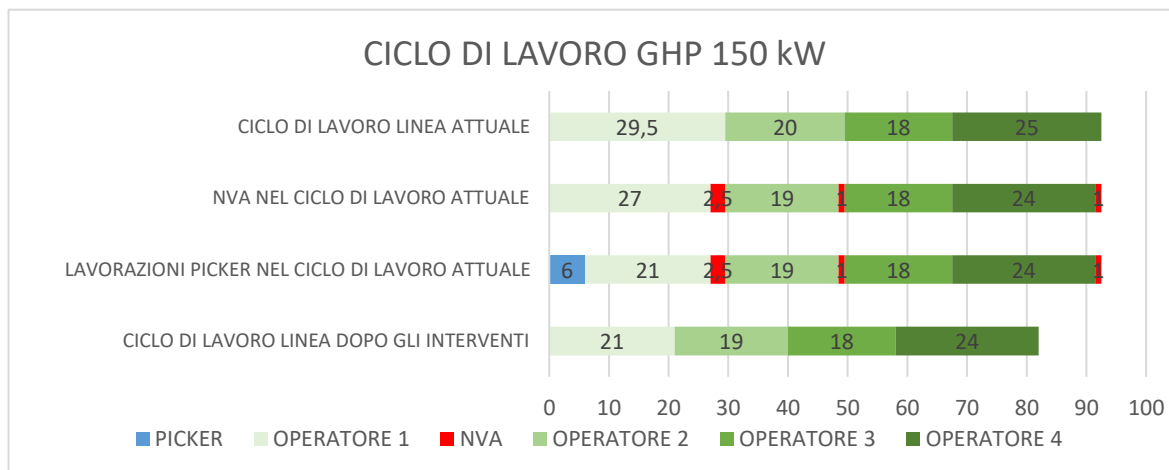


Figura 10: Ciclo di lavoro diviso con divisione attuale, prima e dopo gli interventi

Il grafico seguente presenta il ciclo di lavoro totale della macchina GHP 150 kW, presa come esempio. Inizialmente viene presentata la divisione delle postazioni attuale. A seguire è possibile vedere la quantità di operazioni a non valore aggiunto immediatamente rimovibili all'interno delle postazioni, la parte di lavoro affidata all'operatore logistico all'interno del ciclo di lavoro e per ultimo è presente il ciclo di lavoro nella sua durata totale dopo gli interventi effettuati, con la divisione delle postazioni attuali senza aver attuato un nuovo bilanciamento.

Per effettuare il bilanciamento con tre o due operatori è necessario individuare quali postazioni dovranno essere divise tra più operatori, considerando come la postazione della base del telaio, di soli 6 minuti di durata, verrà affidata al picker. Le postazioni rimanenti saranno quella di idraulica e telaio, il cablaggio, il collaudo e la pannellatura e imballo, che attualmente corrispondono alle postazioni occupate dai primi quattro operatori. La divisione delle operazioni prenderà in considerazione quindi la possibilità o meno di dividere le varie lavorazioni. Ad esempio il collaudo risulta indivisibile poiché effettuato con un macchinario. Tra le lavorazioni più facili da dividere tra due operatori

c'è la fase di cablaggio. È stato quindi possibile proporre dei bilanciamenti attuabili, per ogni modello, considerando l'assetto con due o tre operatori. Per l'assetto a due operatori il primo operatore lavorerà nelle postazioni di idraulica, telaio e cablaggio, mentre il secondo operatore avrà le postazioni di collaudo, pannellatura e imballo. Per il bilanciamento a tre operatori è stato deciso di affidare una parte del cablaggio all'operatore incaricato dell'operazione di assemblaggio della parte idraulica e del telaio, mentre la parte conclusiva del cablaggio è stata affidata all'operatore del collaudo. Il terzo operatore, come avviene per il bilanciamento attuale, effettuerà le operazioni di pannellatura e imballo. Di seguito è presente un'immagine (Figura 11), esempio di come verranno divise le lavorazioni per il modello da 150 kW per i due bilanciamenti con 3 e con 2 operatori.

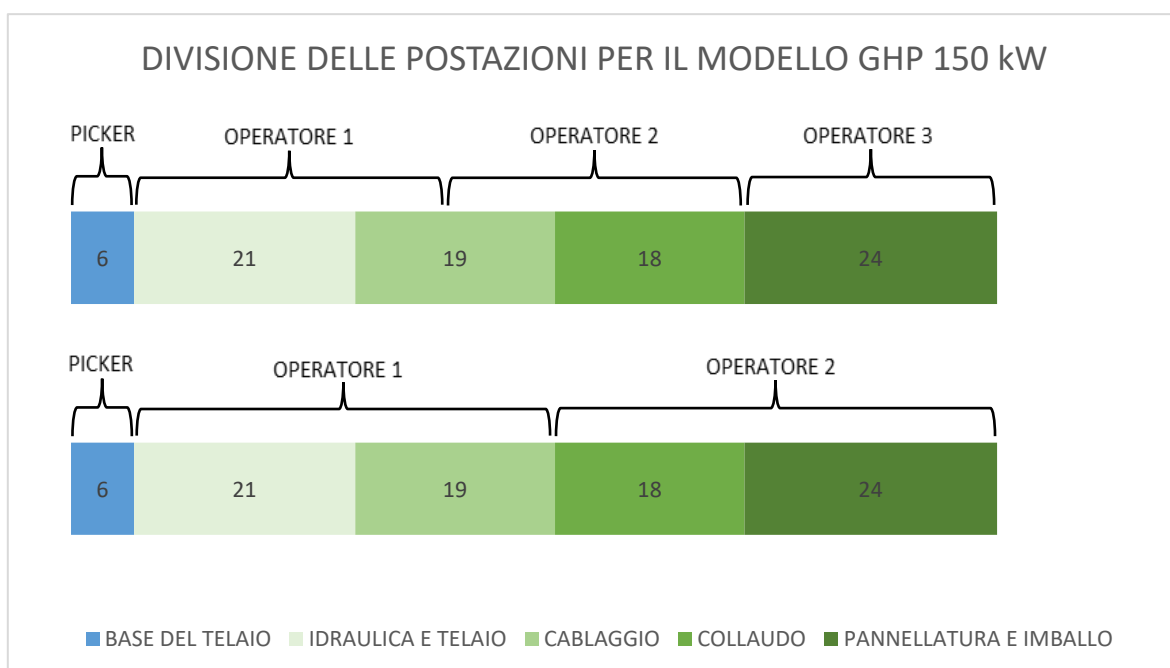


Figura 11: Divisione delle postazioni per il modello GHP 150 kW per l'assetto a 3 e a 2 operatori

La parte di lavoro affidata al picker sarà di 6 minuti. Questa durata permette di effettuare dei bilanciamenti molto vantaggiosi, tuttavia non inficerà sul compito logistico del picker, poiché aumenterà la sua saturazione senza causare un eccessivo carico di lavoro. La durata del lavoro sarà di pari lunghezza per ogni modello, poiché le basi del telaio sono di

sue sole tipologie, con durate simili, una per le piccole e una per le medie e grandi (Tabella 3).

TAGLIA	PICCOLE	MEDIE	GRANDI
COMPITI PICKER	12	14	17
OPERAZIONI LINEA	6	6	6
TOTALE	18	20	23
TAKT TIME 3 OP	24	26,5	29
SATURAZIONE 3 OP	75,00%	75,47%	79,31%
TAKT TIME 2 OP	37	39	42
SATURAZIONE 2 OP	48,65%	51,28%	54,76%

Tabella 3: Saturazione picker e Takt time linea negli assetti a 2 e 3 operatori

Con questo compito affidato all'operatore logistico è stato possibile redigere un bilanciamento con 3 operatori. Di seguito il grafico del bilanciamento per i tre modelli da 45, 85 e 150 kW (Figure 12,13 e 14).

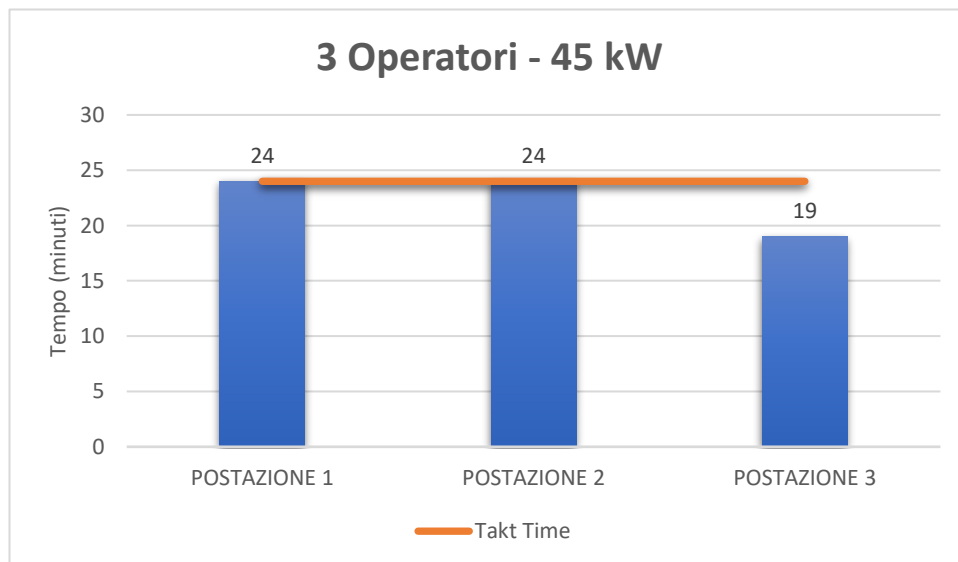


Figura 12: Bilanciamento linea per il modello GHP 45 kW con 3 operatori

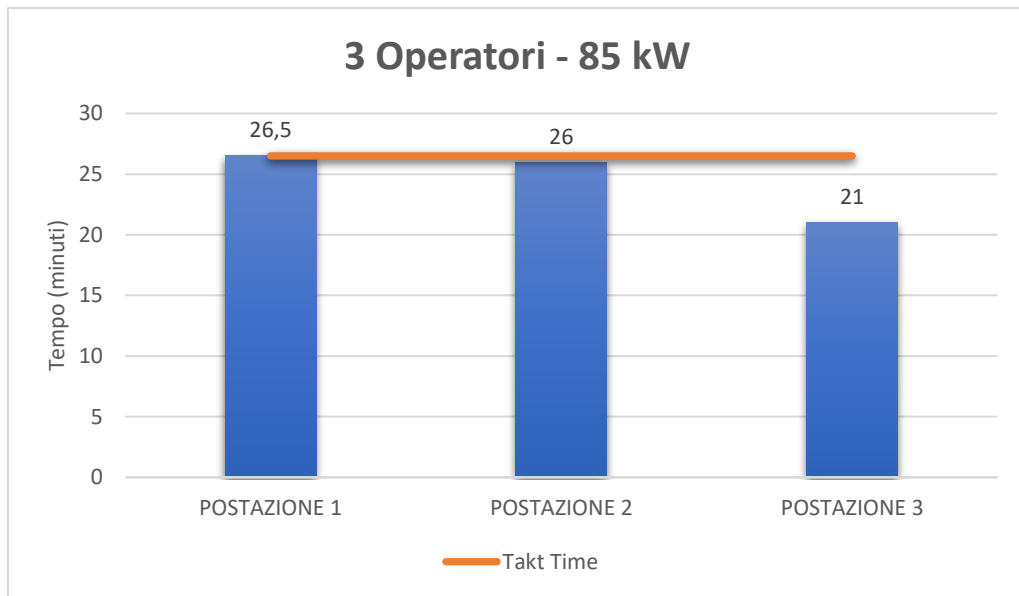


Figura 13: Bilanciamento linea per il modello GHP 85 kW con 3 operatori

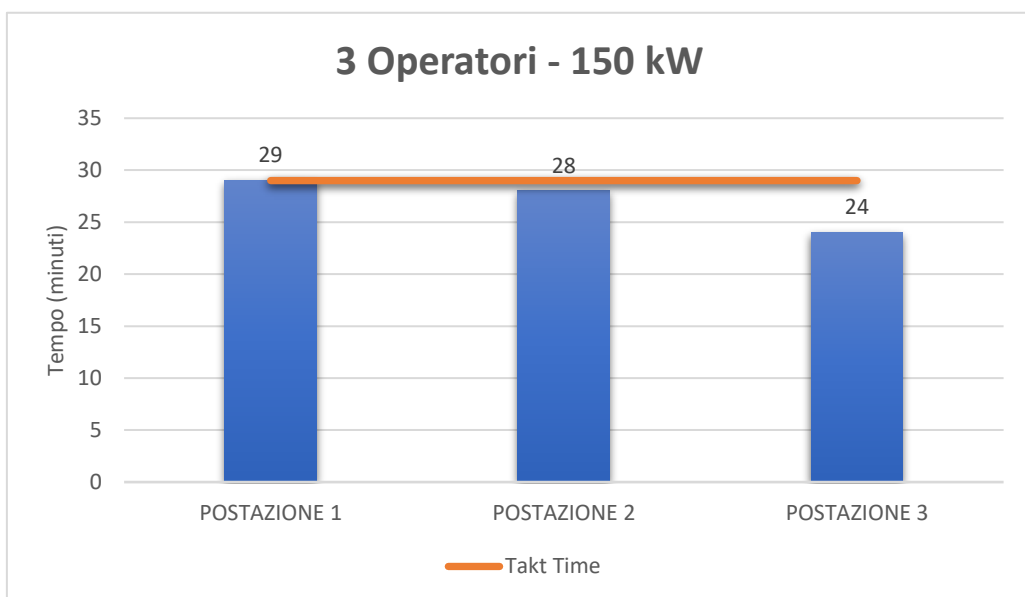


Figura 14: Bilanciamento linea per il modello GHP 150 kW con 3 operatori

È possibile notare come la saturazione complessiva sia aumentata, poiché il bilanciamento è più accurato e non ci sono eccessivi tempi di mancato impiego da parte degli operatori non della postazione collo di bottiglia.

Lo scenario produttivo con due operatori può garantire invece una produzione di 12 prodotti finiti per turno. Questo scenario, secondo le previsioni future, può verificarsi, considerando come la produzione delle attuali 18 macchine al giorno sia di alta richiesta. È quindi necessario avere delle opzioni per degli assetti di periodi a minore richiesta, poiché in caso di cambio di quantità richieste la linea potrebbe non risultare efficiente.

Considerando l'utilizzo del picker nel pre-assemblaggio della base del telaio, il tempo ciclo rimanente potrebbe essere facilmente diviso nelle due postazioni di Idraulica, Telaio e Cablaggio e Collaudo, Pannellatura e Imballo, garantendo un assetto produttivo con un Takt Time di linea sufficientemente basso per garantire la produzione media di 12 macchine al giorno.

Di seguito i bilanciamenti a due operatori (Figure 15, 16 e 17).

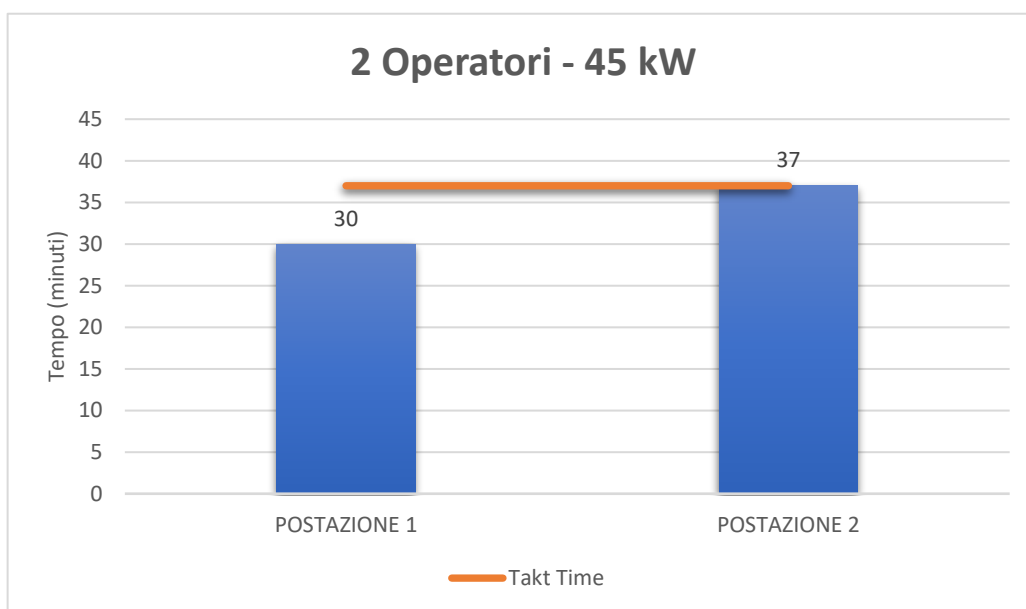


Figura 15: Bilanciamento linea per il modello GHP 45 kW con 2 operatori

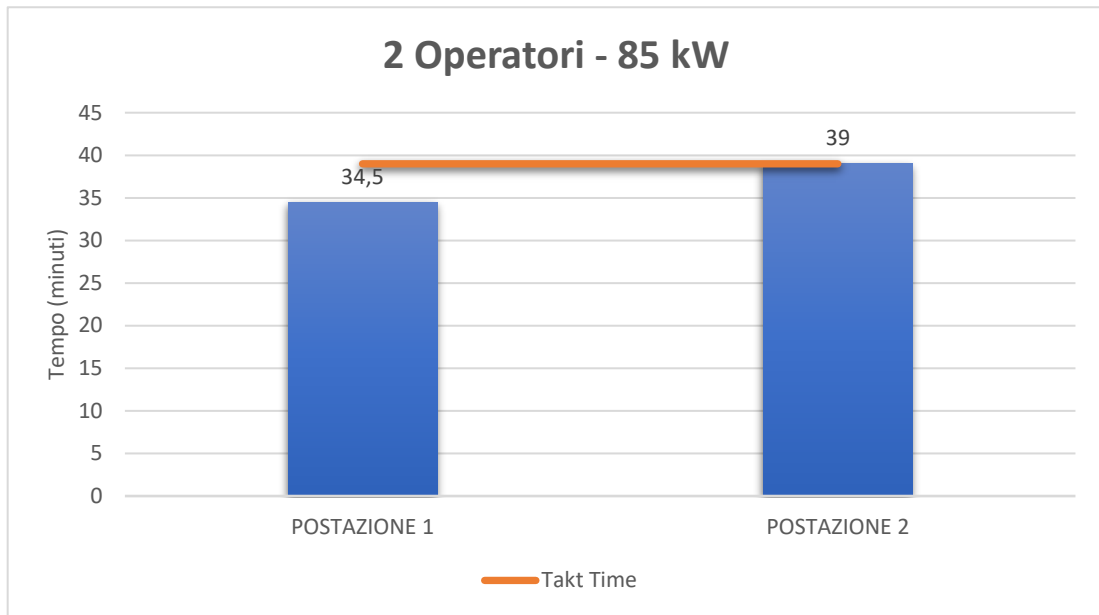


Figura 16: Bilanciamento linea per il modello GHP 85 kW con 2 operatori

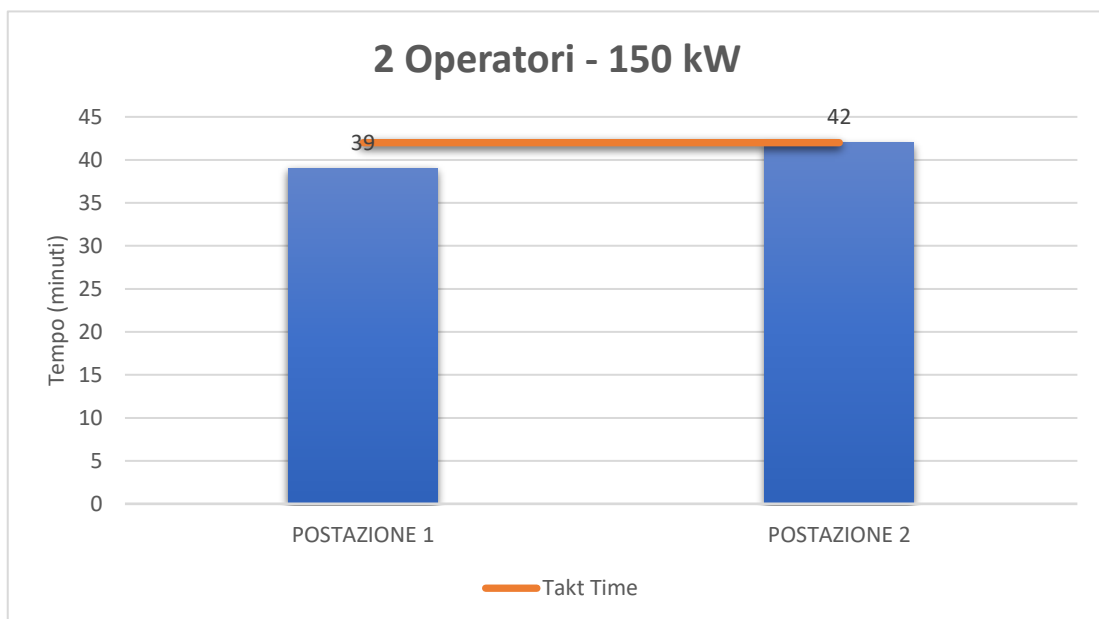


Figura 17: Bilanciamento linea per il modello GHP 150 kW con 2 operatori

La fase di lavoro che è stata adottata per quanto riguarda la riorganizzazione delle postazioni di lavoro è stata decisamente subordinata dalle decisioni intraprese sulla fase di bilanciamento. Una volta decise le divisioni delle operazioni del ciclo di lavoro, è stato necessario, per ogni assetto, garantire nelle postazioni interessate gli utensili necessari. Un altro aspetto preso in considerazione era l'ergonomia delle lavorazioni e la possibilità di modificare il layout della linea per migliorare le operazioni di asservimento dei materiali, tramite i flow rack della minuteria o tramite i kit posizionati dall'operatore logistico.

La prima fase è stata quella di documentarsi sulle corrette lavorazioni da eseguire per ogni fase su ogni macchinario. In questo modo è possibile stabilire una lista degli utensili e i codici di minuteria adeguati, designati per quelle lavorazioni. Una volta decretata la lista dei materiali e degli utensili, è possibile rimuovere tutto ciò che non corrisponde alla lista, iniziando così l'attività di 5S prevista per il miglioramento della linea. Una volta rimosso tutto, necessario e non necessario, è possibile pulire a fondo le varie componenti della linea, come tavoli, macchinari, utensili, flow rack e tutto ciò che possa provocare ostacoli alla produzione se non ben tenuto. In secondo luogo è stato necessario ristabilire un ordine per gli utensili da riposizionare negli appositi spazi, in modo tale da consentire all'operatore di eseguire il lavoro in maniera standard e senza perdite di tempo per cercare gli utensili, causando la creazione di operazioni a non valore aggiunto. Il metodo per identificare i corretti utensili e anche la minuteria idonea è tramite l'utilizzo di sagome o etichette con delle descrizioni. I suggerimenti visivi, nonché la trasmissione di informazioni nella postazione, sono necessarie affinché venga diminuita la possibilità di errore.

Una volta risistemate le postazioni, con tutte le componenti ripristinate è stato importante determinare il modo in cui avrebbero dovuto disporsi. La logica della disposizione ottimale garantisce ottimi livelli di ergonomia, evita possibili intralci ai movimenti e permette all'operatore di lavorare compiendo azioni sempre in golden zone. La postazione maggiormente modificata è stata quella della base telaio, la quale è stata designata all'operatore logistico per i pre-assemblaggi. Questo è stato effettuato poiché era

necessario trovare spazio per i carrelli contenenti le basi telaio assemblate dall'operatore logistico, creando così un batch prima della prima vera e propria postazione dell'operatore di linea numero 1.

La postazione è stata modificata anche perché presentava delle criticità riguardo all'asservimento dei materiali e alle modalità di lavoro. In particolare il è stato riscontrato, tramite l'analisi delle distinte di base, come il kit che il picker componeva in prima postazione, aveva la stessa tipologia di componenti per le macchine dalle taglie piccole e una sola altra tipologia di materie prime per le macchine medie e grandi. Il lavoro che è stato eseguito è stato quello di eliminare la lavorazione di composizione del kit in quella postazione, portare le unità di movimentazione a ridosso della linea come posizione fissa e permettere all'operatore che esegue le operazioni in tale linea di prelevare il materiale necessario direttamente dalle unità di movimentazione.

In particolare questa soluzione ha permesso di togliere ulteriore lavoro al picker senza gravare su nessun altro attore in gioco.

Il lavoro su questa postazione si è ultimato ripristinando i flow rack e aggiungendo un tavolino di supporto per la gestione di codici movimentati su scatola, sempre fissi per la prima postazione. Il risultato è riscontrabile nelle foto successive in cui si mettono a confronto il prima (Figura 18) e dopo (Figura 19).



Figura 19: Postazione della base del telaio prima dell'intervento



Figura 18: Postazione della base del telaio dopo l'intervento

Linea XL

Per quanto riguarda il lavoro svolto nella linea XL, considerando la produzione di soli 10 macchinari al giorno, dati dal lungo tempo ciclo di lavorazione e dalla domanda minore in confronto ai prodotti della linea GHP, è stato necessario effettuare uno studio più approfondito sulle metodologie di asservimento del materiale nella linea. Effettuare dei bilanciamenti che possano avere un impatto importante su Takt time brevi può permettere alla linea di aumentare di molto la produzione con lo stesso numero di risorse impiegate nella linea. Al contrario, di fronte a Takt time di lunga durata, ogni modifica che porta a dei miglioramenti ha un impatto di minore efficacia sulla produzione. Essendo l'efficienza di partenza della linea XL di livello superiore a quella di GHP si è deciso di effettuare delle modifiche sulle modalità di asservimento dei materiali, andando quindi a modificare il metodo di lavoro dell'operatore logistico. Questo è stato fatto poiché delle precedenti rilevazioni avevano evidenziato come l'operatore avesse difficoltà a rispettare il suo ciclo di lavoro, con i tempi di composizione dei kit per una macchina molto spesso superiori al takt time della linea, implicando quindi il bloccaggio della linea per mancanza di materiale. Questa conseguenza è estremamente negativa e il lavoro svolto ha avuto come obiettivo di diminuire il tempo di lavorazione da parte del picker, in quanto le attività logistiche non dovrebbero mai ostacolare le attività di produzione. La linea già presentava dei bilanciamenti adeguati con degli assetti necessari a soddisfare le quantità variabili nel tempo richieste dal mercato. Questa domanda oscilla tra i 10 e i 7 prodotti finiti al turno, in base al periodo di produzione, e la quantità prodotta va a modificare di conseguenza il Takt time della linea, con un aumento degli operatori necessari. Questa diminuzione del Takt time, per l'operatore logistico, si traduce in una diminuzione del tempo necessario per completare la composizione dei kit da asservire alla linea. La linea XL è divisa in 5 postazioni: Scambiatore, Bruciatore, Cablaggio, Collaudo e Pannellatura e imballo. Queste postazioni possono essere divise da 5 o 4 operatori a seconda dell'assetto produttivo utilizzato. In totale il picker sarà incaricato di rifornire la linea con 8 kit, posizionati su dei carrelli, contenenti i materiali necessari da assemblare per completare una macchina. Questi 8 carrelli devono essere asserviti nelle postazioni designate. In

particolare i primi quattro carrelli sono necessari per le prime due postazioni, due per la postazione scambiatore, due per la postazione bruciatore. In ogni assetto le due postazioni sono occupate da un operatore ciascuna.

Il lavoro che è stato eseguito consiste nello studiare le attività eseguite dal picker della linea XL, in modo tale da quantificare il lavoro svolto allo stesso modo di quanto eseguito per il picker della linea GHP, andando a comprendere quanta percentuale di lavoro fosse modificabile e migliorabile, togliendo le operazioni non a valore aggiunto.

Dall'analisi dei tempi rilevati e dallo studio delle distinte di base dei vari prodotti, è emerso come l'operatore logistico impieghi per circa il 66% del proprio tempo con attività necessarie alla composizione dei kit per l'asservimento della linea (Tabella 4). In particolare circa la metà di questo tempo è necessario per la composizione dei kit che alimentano solo le prime due postazioni. Tutto questo tempo è sproporzionato, considerando quanto tempo del ciclo di lavorazione occupano le prime due postazioni. Questa caratteristica è dovuta al fatto che i primi quattro carrelli comprendono elementi ripetuti, con molti pezzi dello stesso codice per carrello, impiegando molto del tempo del picker nella composizione dei kit. Inoltre questi codici sono estremamente pesanti e richiedono tempo ed energie all'operatore logistico, portandolo ai limiti delle normative di sicurezza, causando un calo di operatività a fine giornata a causa delle mancanze di soluzioni ergonomiche adeguate.

OPERAZIONI PICKER RISPETTO ALLA LINEA	
TAKT TIME	48
TOTALE PICKER 2	15
TOTALE PICKER 1	30
TOTALE PICKER	45
SATURAZIONE PICKER	93,75%

Tabella 4: Compiti del picker e saturazione rispetto al Takt Time della linea

L'idea per migliorare la situazione presentata, è stata quella di provare a fare un passo indietro rispetto alle soluzioni Lean adottate per l'asservimento della linea.

La gestione dell'alimentazione dei materiali in linea tramite i kit sono una soluzione nata per permettere a una linea multiprodotto di lavorare ininterrottamente, anche con un mix produttivo molto vario e con un orizzonte decisionale minimo. Questo accade perché le postazioni della linea sono attrezzate e gli operatori istruiti per saper assemblare ogni tipologia di prodotto. La differenza tra le varie tipologie di prodotto finito, oltre alle sequenze di lavorazione che comunque possono essere effettuate tutte senza problemi sulla linea, sono principalmente le componenti. In fase di progettazione del prodotto finito si cerca di accomunare i materiali necessari per la composizione di macchine diverse. Questo avviene anche per altri prodotti di altri reparti, per motivi di logistica di approvvigionamento, rapporti con i fornitori e anche di gestione dei magazzini materie prime. Non è sempre possibile utilizzare le stesse componenti, per motivi progettuali. Ad esempio le macchine della linea differiscono per potenza, quindi le componenti utilizzate saranno di taglie diverse a seconda della potenza necessaria. Tutte le altre componenti correlate per l'assemblaggio degli assiemi scambiatore e bruciatore avranno quindi grandezze diverse a seconda di come sono state progettate. Tutte le macchine, dove possibile hanno le stesse componenti, ma essendo molti i codici prodotti finiti lavorati nella linea, è normale che ci sia una grande quantità di materiali che andranno ad alimentare la linea. Questi materiali non possono essere tenuti vicino alla linea poiché occuperebbero troppo spazio. Inoltre la priorità per una linea di assemblaggio è quella di favorire la produzione e le operazioni a valore aggiunto, quindi le operazioni studiate per gli operatori devono essere ottimizzate, in modo da garantirgli il minor sforzo possibile in fase di prelievo dei materiali per le lavorazioni. Posizionare molti codici lungo la linea come posizione fissa sarebbe negativo dal punto di vista ergonomico, poiché non esisterebbe un solo punto di prelievo standard in cui l'operatore può prendere il materiale per lavorare, ma ci sarebbero più punti, da variare a seconda del modello prodotto. In una linea con molti modelli differenti da produrre e diverse componenti per ogni postazione sarebbe impossibile. In questo caso sono stati proposti i kit, composti dal picker a seconda

del modello prodotto con le specifiche componenti richieste, asserviti in luoghi standard della linea dove l'operatore può sempre prelevare il materiale. Questo metodo permette di lavorare con un metodo orientato alla produzione, ottimizzato e senza pause in caso di cambio modello dovuti ad eventuali set up delle materie prime.

In questo lavoro lo studio delle distinte di base è stato necessario per individuare eventuali somiglianze tra i vari modelli per quanto riguarda le componenti asservite tramite kit nelle postazioni di bruciatore e scambiatore. Per fare questo sono stati presi in considerazione i primi quattro kit degli 8 composti dal picker, poiché erano quelli più problematici.

Da questa analisi è risultato come la maggior parte delle macchine avessero componenti in comune. In particolare le stesse componenti venivano utilizzate sia per le macchine piccole che per le macchine grandi. La linea XL produce macchinari di grandi dimensioni e i modelli prodotti si possono dividere in 7 taglie, in base alla potenza erogata dalla caldaia: 150 kW, 200 kW, 250 kW, 300 kW, 400 kW, 500 kW, 570 kW. Escludendo le macchine da 570 kW, nettamente più potenti e con delle componenti assestanti, le componenti utilizzate per i vari modelli sono molto spesso comuni, considerando che per alcuni assiemi, si utilizzano il doppio delle componenti delle macchine piccole, per assemblare le macchine più grandi. In questa parte dell'assemblaggio vengono composti gli assiemi gas dei bruciatori e scambiatori, oltre all'assemblaggio delle testate di ogni assieme, le quali sono diverse tra macchine piccole e macchine grandi. Tuttavia sono utilizzate le stesse testate per tutti i codici delle macchine piccole e un solo altro codice è presente per l'assemblaggio delle testate per tutte le macchine dai 300 ai 570 kW.

Approfondendo questo studio è stato possibile stabilire quanti cambi vengono attuati per la produzione di un modello o di un altro, oltre a stabilire quali fossero i codici che venivano utilizzati per l'assemblaggio senza bisogno di cambiare codice. Questo lavoro è stato fatto dividendo da una parte le macchine di piccole dimensioni, fino ai 250 kW, e dall'altro le grandi. Questo è stato fatto poiché era più facile trovare macchinari con componenti comuni tra le macchine delle stesse taglie, oltre al fatto che la linea, già nella situazione di partenza, prevedeva delle postazioni di lavoro differenti a seconda della

taglia della macchina da assemblare, raddoppiando tutte le postazioni, dime, tavoli e utensili di lavoro. Lo spazio previsto per queste due postazioni prevedeva quindi la possibilità di affiancare dei codici fissi alle postazioni di lavoro, che potessero essere di due grandezze diverse a seconda dei macchinari lavorati.

L'idea proposta è stata quindi quella di pensare un re-layout della linea, andando a modificare il metodo di asservimento dei materiali senza andare ad inficiare la linea di produzione. Il nuovo layout avrebbe quindi favorito il posizionamento fisso di codici di materie prime, oltre ai codici da cambiare con un set up in base al modello prodotto. Questo avverrebbe con una postazione dedicata alle macchine piccole e una postazione dedicata alle macchine grandi, sia per i bruciatori che per gli scambiatori, come avviene già adesso. Questa caratteristica della linea garantirebbe di non fermare mai la linea durante i set up dei materiali da lavorare, i quali sarebbero il nuovo compito del picker, poiché i set up potrebbero avvenire nelle postazioni non in funzione. Questa soluzione funzionerebbe anche con l'ausilio della pianificazione della produzione, schedulando macchine dello stesso modello, diminuendo il numero dei set up, e in caso di cambio modello alternando macchine di piccola taglia a macchine grandi, in modo da avere il set up in parallelo alla linea produttiva. Dopo aver avuto garanzie da parte della pianificazione della possibilità di schedulare le macchine da produrre rispettando questi vincoli, è stato condotto lo studio definitivo sulle quantità di codici fissi e da cambiare con set up, per verificare la stima del tempo di lavoro da parte del picker nei casi di maggiore alternanza della produzione. Considerando il breve orizzonte temporale per la pianificazione, che segue la domanda da parte dei clienti per le tipologie di macchinari da produrre, è impensabile imporre dei vincoli come un massimo di set up applicabili alla linea. Questa soluzione infatti è pensata per sostituire i carrelli funzionando anche nei casi di maggiore variabilità del mix produttivo, cambiando anche più modelli nei 10 previsti giornalmente.

Dopo aver analizzato le distinte di base di tutti i prodotti finiti, andando a prendere in considerazione solo i codici che vengono asserviti tramite kit nelle prime due postazioni, è emerso come, con una doppia postazione fissa dei codici, sia per le macchine grandi che piccole, ogni macchina avesse bisogno di soli sette componenti variabili. Questi sette

materiali sarebbero stati divisi tra le due postazioni. La postazione scambiatore ne avrebbe richiesti tre, mentre la postazione bruciatore quattro. Lo spazio necessario per posizionare 7 unità di movimentazione, che in questo caso sono tutti pallet, era sufficiente, considerando il re-layout della linea, in più sarebbero stati posizionati anche gli altri codici fissi per tutti modelli, ovvero 8 altri codici. Questo numero di pallet andrebbe quindi moltiplicato per due, considerando come la linea avrebbe avuto delle postazioni doppie, dividendo la produzione in base alle grandezze delle macchine assemblate.

Le postazioni bruciatore e scambiatore sono composte da due carrelli ciascuno. Questi carrelli sono molto simili tra di loro. Il primo carrello, sia per la postazione scambiatore che per quella del bruciatore, è composto da due pannelli laterali, due pannelli frontali e un elevato numero di tubi, variabile tra i 15 e i 36, in base alle dimensioni della macchina assemblata.

Il secondo carrello di entrambe le postazioni è al contrario composto da quattro differenti codici di testate. Considerando il peso di questi codici, dato dalle dimensioni del prodotto finito, una dose di inefficienza era dovuta alle condizioni di lavoro del picker, il quale doveva comporre questi kit, con la problematica di far movimentare una seconda volta all'operatore i pesanti materiali nel momento della lavorazione. Lo scopo di questo lavoro è evitare che ci sia questa pesante e poco ergonomica doppia movimentazione sostituendo il punto in cui venivano prelevati i materiali dal kit, con i materiali prelevati direttamente dalla loro unità di movimentazione.

Considerando il numero esiguo di codici, ripetuti molte volte, è facile determinare numericamente come la soluzione dei kit non sia ottimale. Per comporre dei kit con molti pezzi dello stesso codice, come avviene per i tubi della postazione dello scambiatore, è necessario molto tempo. Gli stessi tubi verranno movimentati nuovamente dall'operatore per assemblare la macchina. È quindi lecito pensare che per quel materiale la gestione tramite il kit richieda un lasso di tempo molto alto.

Dopo aver effettuato delle rilevazioni è stato riscontrato come il tempo medio necessario alla composizione dei quattro kit delle postazioni scambiatore e bruciatore sia in media di 14 minuti totali.

Al contrario è stato stimato il tempo di set up di un singolo pallet effettuando delle rilevazioni in fase di prova con il picker. Questo tempo, per una sola unità di movimentazione, è mediamente di 2,5 minuti. Essendo fino a 7 i pallet che potrebbero necessitare di set up, è quindi chiaro come in caso di continui cambiamenti dei modelli da produrre sarebbe necessario impiegare 17,5 minuti per ogni set up. Considerando una produzione di 10 macchine a turno, la mole di lavoro per l'asservimento dei materiali dei primi quattro carrelli da parte del picker sarebbe quindi fissa a 140 minuti. Considerando invece come i set up siano necessari non per ogni macchina, bensì per ogni modello differente nella produzione giornaliera, è necessario moltiplicare i 17,5 minuti rilevati, per il numero di modelli differenti prodotti. Avendo un ipotetico numero di 10 set up al giorno, il tempo impiegato per questa soluzione alternativa da parte del picker ammonterebbe a 175 minuti.

Considerando invece un'ipotesi di 8 soli set up, quindi con almeno due modelli che si ripetano ad altri già presenti nella produzione giornaliera, il tempo di set up per queste postazioni sarebbe di 140 minuti al giorno.

Questa soluzione riuscirebbe a garantire una diminuzione del tempo di lavoro del picker che sarebbe essenziale in modo tale da impedire che la linea rimanga senza materiale. Questo è realizzabile solo con un'aggregazione della produzione, diminuendo il numero di set up giornalieri, che dovrebbero quindi essere uguali o inferiori a 8. Tale risultato è possibile, considerando come ci siano solo 7 famiglie di prodotti, raggruppabili in base alla taglia. Nonostante ci siano molti modelli sul mercato, assemblati in questa linea, i materiali utilizzati per queste prime due postazioni sono gli stessi per ogni prodotto finito della stessa taglia. Questa caratteristica garantisce la possibilità di effettuare massimo 7 set up al giorno sulla linea.

Un'altra considerazione essenziale da fare è quella di ridurre di molto il carico di lavoro del picker dal punto di vista ergonomico. Terminare la pratica della doppia movimentazione di materiali pesanti garantisce un affaticamento minore da parte dell'operatore logistico, che in caso di difficoltà riscontrate a fine giornata, potrebbe essere stanco e non in grado di risolverle, rischiando di causare mancanza di materiale per la linea.

Lay out

Per permettere la realizzazione di questa modifica all'asservimento della linea è stato necessario modificare il modo in cui venivano disposte le postazioni di lavoro e i materiali per le lavorazioni. In particolare è necessario che in questa fase vengano definiti gli spazi necessari al passaggio dei materiali e quello necessario all'operatore per compiere in totale sicurezza le sue attività, senza compiere azioni che causassero non valore aggiunto.

In particolare è stato necessario modificare il modo in cui erano sistemate le quattro dime di lavoro, quella dello scambiatore piccolo, dello scambiatore grande, del bruciatore piccolo e la dima del bruciatore grande. Il criterio per il nuovo posizionamento delle dime è stato scelto in modo da posizionare i codici necessari in prossimità delle aree di lavoro. È sorto subito chiaro il problema di non garantire la golden zone di lavoro per gli operatori incaricati in quelle postazioni, perché la quantità di codici da tenere fissi implica il bisogno di compiere più strada per l'operatore per prelevare il materiale. Considerando la minima quantità di macchine prodotte giornalmente, era comunque una quantità di spostamenti superflui non impattante sulla produzione, avendo un Takt time molto elevato. I codici vicino le dime sono stati posizionati secondo determinati criteri come la necessità di cambiare o meno il pallet tramite set up e il peso e le quantità dei componenti da assemblare.

Tra le dime sono stati posizionati esclusivamente i materiali che avrebbero subito il cambio in caso di set up, poiché era più facile eseguire questo cambio passando da dietro la linea di produzione, senza entrare mai in linea con il transpallet elettrico nel rispetto

delle normative di sicurezza. Questi codici, una volta cambiati sarebbero stati riportati in area picking, nelle loro posizioni designate.

I codici fissi, da cambiare solo in caso di esaurimento, avrebbero avuto le postazioni dietro al corridoio di passaggio degli operatori. In questo modo l'operatore logistico, per sostituire un pallet esaurito con uno nuovo, avrebbe potuto eseguire il cambio passando nell'apposito corridoio dietro la linea XL, evitando anche in questo caso di entrare nella zona di lavorazione con il transpallet elettrico.

I codici fissi sono stati posizionati dalla parte opposta le dime anche perché, oltre alla lavorazione sulle dime, la parte delle testate viene assemblata sulla macchina su un carrello dove il semilavorato viene adagiato dopo aver effettuato l'assemblaggio dei pannelli e dei tubi. Questo carrello viene portato avanti dall'operatore e la zona di lavoro corrisponde proprio alla zona avanti ai pallet contenenti le testate, che possono essere prelevate dall'operatore senza effettuare troppa strada trasportando un elevato peso. Questa disposizione dei materiali lungo la linea rispetta i vincoli di ergonomia e permette agli operatori di lavorare senza perdite di tempo causate da spostamenti eccessivi o difficoltosi. L'ultimo accorgimento preso in considerazione per favorire questa soluzione è la disposizione dei materiali più pesanti e utilizzati più vicino alla dima, tra i codici che vengono sostituiti tramite set up.

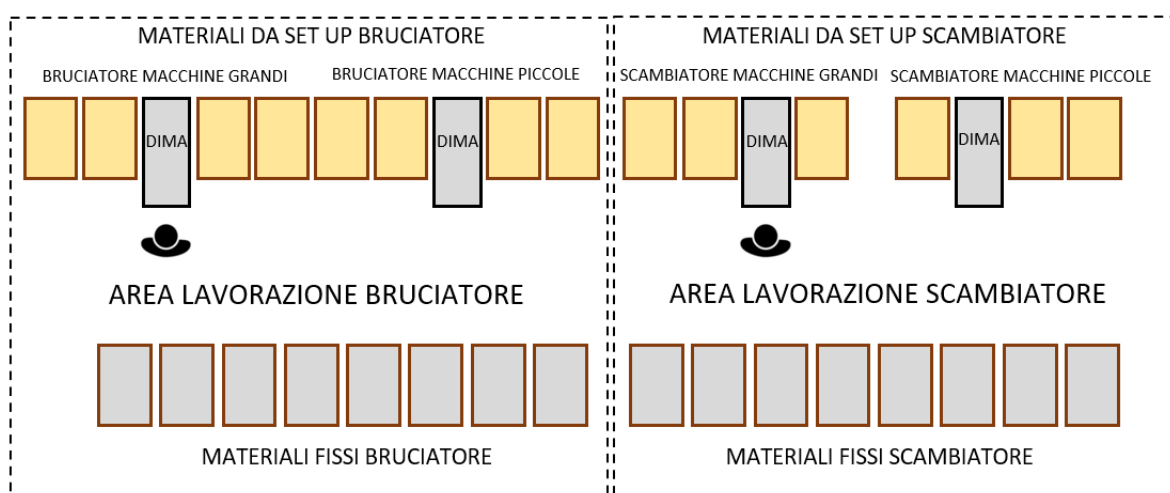


Figura 20: Nuovo Layout proposto per le postazioni dello scambiatore e del bruciatore

Nella precedente immagine è possibile vedere il layout come descritto precedentemente. All'interno del corridoio delimitato dai pallet vengono eseguite le lavorazioni. I pallet dei materiali che eseguono il set up possono essere sostituiti dall'operatore logistico passando dal corridoio dietro la linea, senza mai intralciare le lavorazioni. Nell'immagine sono evidenziati con il colore giallo e sono 14, sette per le macchine grandi e sette per le macchine piccole, divise tra i tre necessari nella postazione scambiatore e i quattro per la postazione bruciatore. I pallet sono posizionati in linea con la dima per rendere il materiale facilmente reperibile per le lavorazioni. Dietro all'operatore sono presenti i codici fissi, che vengono cambiati dall'operatore logistico solo quando scendono sotto il livello minimo. Vengono anch'essi sostituiti passando dal corridoio dietro la linea, in comune con la linea GHP per gli spostamenti in area picking. Sono di colore grigio, dello stesso colore delle dime, per evidenziare come siano fissi e non subiscano un set up.

Risultati e conclusioni

Il lavoro eseguito su entrambe le linee ha dato la possibilità di modificare il metodo di lavoro da parte degli operatori di linea, per quanto riguarda la linea GHP, e del picker su XL. Questo comporterà dei risultati differenti, che andranno misurati in maniera diversa per stabilire l'efficacia delle soluzioni adottate.

Per quanto riguarda la linea GHP lo scopo principale di questo lavoro è stato riuscire a garantire un'organizzazione delle postazioni di lavoro flessibile, che permettesse di lavorare con assetti variabili a tre o due operatori senza modifiche o set up delle attrezzature necessarie lungo la linea. Questo è stato possibile, poiché le dimensioni contenute della linea hanno garantito uno scenario in cui l'operatore eseguisse compiti differenti, senza spostarsi in maniera eccessiva, causando aumenti di operazioni a non valore aggiunto. Escludendo il tavolo di lavorazione della base del telaio, il quale è stato affidato al picker, per aumentare la sua saturazione di lavoro e diminuire il ciclo della linea, le altre operazioni hanno garantito una divisione dei compiti che oltre ad essere equa, garantiva un senso logico senza divisioni forzate. L'operatore che nello scenario iniziale aveva il compito di assemblare le componenti idrauliche e del telaio, avrebbe compiuto le stesse operazioni, tranne la base iniziale, affidata al picker, con l'aggiunta di una parte del cablaggio. Aggiungere questa parte del cablaggio era possibile considerando gli utensili predisposti nella sua postazione e la vicinanza del kit con i componenti del cablaggio portati dal picker. L'operatore due, avrebbe ultimato il cablaggio nella postazione collaudo, prima di eseguire i test necessari al macchinario. Le lavorazioni del cablaggio sono le più semplici da dividere tra più operatori poiché non necessitano di molti materiali ma sono una serie di operazioni di lunga durata, quindi una volta stabilito come effettuare la divisione è possibile affidare delle operazioni di cablaggio a due operatori differenti. L'ultima postazione sarebbe rimasta invariata, con le operazioni di pannellatura e imballo.

La divisione a due operatori al contrario vede le operazioni di collaudo affidate allo stesso operatore che esegue l'assemblaggio delle componenti idrauliche e del telaio, con

l'operatore del collaudo che avrebbe eseguito anche le operazioni di pannellatura e imballo. Dal punto di vista degli spostamenti, queste operazioni vengono eseguite in postazioni vicine, garantendo la quantità minore possibile di operazioni a non valore aggiunto.

In ogni caso, che ci sia un assetto a due o tre operatori, la modalità di asservimento dei materiali lungo la linea rimane invariata, poiché ciascun operatore riceve il materiale necessario in modo da poterlo prelevare facilmente nelle postazioni in cui lavora. Gli utensili necessari per le lavorazioni rimangono gli stessi per ogni assetto, impedendo che ci siano troppi utensili da utilizzare, causando difficoltà agli operatori, o dovendo effettuare dei set up in caso di modifiche all'assetto di produzione.

Dal punto di vista dell'efficienza, vero obiettivo di questo lavoro, è possibile effettuare un calcolo previsionale di entrambi gli assetti, in modo tale da prevedere il miglioramento rispetto allo scenario iniziale. Questo calcolo terrà conto del tempo pagato con il Takt time calcolato dai bilanciamenti eseguiti. Verranno presi in considerazione anche i calcoli di efficienza della situazione precedente, con il Takt time proveniente dalle rilevazioni effettuate. Considerando che il Takt time degli assetti a due e tre operatori è frutto di un calcolo e non di una rilevazione vera e propria, per calcolare l'efficienza in fase di simulazione sarà necessario introdurre il fattore di Overall Line Efficiency, che prenderà in considerazione la possibilità di perdita di efficienza da parte degli operatori per eventuali rilavorazioni, componenti difettose e possibili pause effettuate dagli operatori.

Di seguito (Tabella 5) è possibile visionare la tabella dell'efficienza di ciascuna grandezza per gli assetti attuali e futuri.

ASSETTO	ACTUAL			3 OPERATORI			2 OPERATORI		
	45 kW	85 kW	150 kW	45 kW	85 kW	150 kW	45 kW	85 kW	150 kW
TAKT TIME	24,5	27	29,5	24	26,5	29	37	39	42
TOTALE OPERATORI	5	5	5	4	4	4	3	3	3
TEMPO PAGATO	122,5	135	147,5	96	106	116	111	117	126
TEMPO STIMATO	100	110	120	100	110	120	100	110	120
EFFICIENZA	78%	77%	77%	104%	104%	103%	89%	94%	95%

Tabella 5: Analisi dell'efficienza della linea per i due assetti proposti

È possibile notare come l'efficienza sia anche superiore alle stime presenti nel software gestionale. Questo perché una parte del ciclo di lavoro è stato affidato all'operatore logistico, ma anche perché la stima presente potrebbe non essere abbastanza sfidante. In ogni caso è lecito pensare che l'OLE non riesca a raggiungere sempre il 100%, ma che ci siano dei casi in cui questo valore sia compreso tra il 90% e il 100%. È ad esempio sufficiente che all'operatore nella postazione collo di bottiglia cada una vite o che sia costretto a riassemblare un pezzo per avere un'OLE inferiore al 100%. Sia nel caso dell'assetto a tre operatori che a due il quantitativo di macchinari prodotti rispetta la domanda del mercato mantenendo un'OLE del 97%.

L'efficienza della proposta a due operatori è inferiore rispetto al bilanciamento a tre operatori, poiché aumentando il Takt time la saturazione del picker torna ad essere inferiore. Il ciclo di lavoro dell'operatore logistico infatti rimane lo stesso.

Come si può vedere l'efficienza di una linea tenderà sempre a salire e a essere aggiornata con obiettivi sempre più sfidanti. Con il tempo che passa le modalità produttive di un determinato bene tenderanno a migliorare, a causa dell'esperienza crescente degli operatori e anche per la maggiore esperienza degli addetti al miglioramento e alla manutenzione della linea, che conoscendo il sistema produttivo saranno in grado di individuare possibili criticità e effettuare azioni correttive. Ogni investimento effettuato su una linea, con il fine di migliorare il sistema produttivo, sarà valutato in termini di impatto

sulla produttività, ma anche sull'utilità effettiva di ottenere quel miglioramento. Ogni azione correttiva infatti deve tenere conto della domanda del bene prodotto. Una volta ottenuto un assetto efficiente, che garantisca anche l'output desiderato, si può lavorare per migliorare ancora di più l'efficienza, tenendo conto però che un eventuale aumento di prodotti realizzati potrebbe essere non richiesto e problematico. Gli obiettivi futuri di questa linea potrebbero essere di aggiungere maggiori elementi di automazione affinché la linea possa produrre le stesse unità di prodotti finiti richiesti con un livello di efficienza maggiore; oltre alla possibilità di rispondere in maniera flessibile a futuri cambi della domanda, che richiederanno assetti differenti della linea.

Per la linea XL l'obiettivo del lavoro eseguito non era dal punto di vista della diminuzione delle attività a non valore aggiunto o sull'aumento dell'efficienza. Il problema riscontrato era dato dal fatto che il ciclo di lavoro del picker avesse un tempo molto vicino al Takt della linea, con il rischio di causare il bloccaggio della linea per assenza di materiale da assemblare in caso di imprevisti.

La soluzione adottata ha quindi cercato di diminuire il carico di lavoro del picker senza inficiare sull'efficienza della linea. Come risultato, in base al numero dei set up giornalieri, è possibile valutare la saturazione media del picker rispetto alla linea. Questo valore è medio poiché i modelli più complessi hanno un Takt più lungo, ma anche un tempo di lavoro maggiore da parte dell'operatore logistico. È quindi possibile analizzare la saturazione media prendendo un unico modello di riferimento per la valutazione. In Tabella 6 è possibile notare come la saturazione sia molto inferiore, nei casi in cui l'aggregazione dei prodotti finiti riesca a garantire un basso numero di set up giornalieri. Questo risultato garantisce quindi una condizione di lavoro migliore per il picker, il quale non avrà mai il rischio di far fermare la linea a causa di assenza del materiale.

	ACTUAL	1 SET UP	2 SET UP	3 SET UP	4 SET UP	5 SET UP	6 SET UP	7 SET UP
TAKT TIME	48	48	48	48	48	48	48	48
TOTALE PICKER 2	15	15	15	15	15	15	15	15
TOTALE PICKER 1	30	17,75	19,5	21,25	23	24,75	26,5	28,25
TOTALE PICKER	45	32,75	34,5	36,25	38	39,75	41,5	43,25
SATURAZIONE PICKER	93,75%	68,23%	71,88%	75,52%	79,17%	82,81%	86,46%	90,10%

Tabella 6: Saturazione del picker rispetto al Takt time di linea in base al numero di set up giornalieri

L'abbandono del sistema di asservimento dei materiali basato sui kit in favore dei set up, solo nelle prime due postazioni, è una scelta che non segue la metodologi Lean e che si discosta anche dalle modalità di asservimento degli altri reparti dello stabilimento. Questa scelta è stata effettuata al seguito di un'importante ricerca delle informazioni necessarie, prese ad esempio dalle distinte di base o dalle pianificazioni dei periodi passati. In ambito produttivo ogni scelta deve essere supportata da dati oggettivi, in modo da poter prevedere dei risultati in fase di studio, per poter decidere sulle possibilità di adottare o meno determinate soluzioni. In questo caso, anche se veniva abbandonato un metodo ritenuto vantaggioso come il kitting, i dati in possesso dimostravano come la scelta di effettuare i set up del materiale fosse più vantaggiosa, portando a un risparmio di tempo e migliorando le condizioni di lavoro da parte del picker. Questo risultato è molto particolare, dovuto alla particolare tipologia di materiali utilizzati in queste due postazioni, ovvero materiali molto pesanti, utilizzati in grande numero e con alto tasso di intercambiabilità tra vari modelli. Questo risultato dimostra però l'importanza di valutare con strumenti che diano giudizi oggettivi e quantificabili ogni situazione. È inoltre importante capire bene quali siano le dinamiche di un processo che deve essere analizzato, in modo tale da reperire le informazioni e i dati corretti per poter effettuare una valutazione, garantendo la possibilità di scegliere tra le varie soluzioni quella in previsione più performante.

Bibliografia

1. **Hayes, R.H. e Wheelwright, S.C.** *Restoring our Competitive Edge: Competing through*. New York : John Wiley & Sons, 1985.
2. **Schonberger, R.J.** *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. New York : Free Press, 1986.
3. *The 5S methodology as a tool for improving the organization*. **J. Michalska, D. Szewieczek.** 2, s.l. : Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering , 2007, Vol. 24.
4. **Wang, Y., Zhao, Q. & Zheng, D.** Bottlenecks in production networks: An overview. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 14, 2005, 347–363.
5. **Lawrence S. R., A. H. Buss.** Economic analysis of production . *Mathematical Problems in Engineering*. 1995, Vol. 1, 4 pp 341-369.
6. **K, Pollett P.** Modelling congestion in closed queueing networks. *International Transactions in Operations Research*. 2000, Vol. 7, 319-330.
7. **Knessl C., C. Tier.** Asymptotic approximations and bottleneck analysis in product form queueing networks with large populations. *Performance Evaluation*. 1998, Vol. 33, 219-248.
8. **I. Setiawan, , O. S. Panaili Tumanggor, H. H. Purba.** Value Stream Mapping: Literature Review and Implications for Service Industry. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 2021, Vol. 23, 2 pp 155-166.
9. **J. K. Liker, D. Meier.** *The Toyota Way Fieldbook*. New York : McGraw-Hill Education, 2006.
10. **Shook, M. Rother and J.** *Learning to See, Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge : Lean Enterprise Institute, 2003.
11. **M. A. Samad, S. Alam, N. Tusnim.** Value Stream Mapping To Reduce Manufacturing Lead Time In a Semi-Automated Factory. *Asian Transactions on Engineering*. 2013, Vol. 2, 6.
12. *Literature review of JIT-KANBAN system*. **C. Sendil Kumar, R. Panneerselvam.** London : Springer-Verlag, 2006.
13. **Blair, Berkley J.** A review of the kanban production control research literature. *Prod Oper Manag.* 1992, Vol. 1, 393–411.
14. **L. Yang, X. Zhang, M. Jiang.** An Optimal Kanban System in a Multi-Stage, Mixed-Model Assembly Line. *J Syst Sci Syst Eng.* 2010, Vol. 19, 036-049.
15. *Toyota production system*. **Y, Monden.** Atlanta : Ind Eng Manage, 1983.
16. **Fansuri, A. F. H.** The challenges of lean manufacturing implementation in kitting assembly. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017, Vol. 257.
17. **Hanson R., Brolin A.** *International Journal of Production Research*. 2013, Vol. 51, 979-92.
18. *Lean Kitting: A Case Study*. **R, Vujosevic.** Austin : Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Texas, 2012.

19. **A. Miqueo, M. Torralba, J. A. Yagüe-Fabra.** Lean Manual Assembly 4.0: A Systematic Review. *Applied Sciences*. 2020, 10.
20. **Yin Y., Stecke K.E., Li D.** The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *Int. J. Prod. Res.* 2018, 56, 848–861.
21. **Gong X., Liu Y., Jiao R.J.** Variety-Driven Assembly System Layout Design by Design Structure Matrix Clustering Analysis. *Procedia CIRP*. 2017, 63, 295–300.
22. *The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industrie 4.0.* **Brettel M., Klein M., Friederichsen N.** 105–110, Ischia : 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2015, Vol. 41.
23. **Adnan A.N., Jaffar A., Yusoff N., Halim N.H.A.** Implementation of Continuous Flow System in Manufacturing Operation. *Appl. Mech. Mater.* 2013, 393, 9–14.
24. **Kilic H.S., Durmusoglu M.B.M.B.** Design of kitting system in lean-based assembly lines. *Assem. Autom.* 2012, 32, 226–234.