



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Gestionale

**VALUE STREAM MAP E BILANCIAMENTO DI UNA  
LINEA DI PRODUZIONE DI APPARECCHI VERTICALI  
REFRIGERANTI - ANALISI DEL FLUSSO DEL VALORE E  
IMPLEMENTAZIONE DELLE TECNICHE DI CONTINUOS  
IMPROVEMENT**

**VALUE STREAM MAP OF AN UPRIGHT CABINET  
PRODUCTION LINE – AND FLOWANALYSIS AND  
CONTINUOS IMPROVEMENT TOOLS  
IMPLEMENTATION**

Relatore: Chiar.mo

**Prof. Maurizio Bevilacqua**

Correlatore:

**Ing. Matteo Raponi**

Tesi di Laurea di:

**Marco Maurizio**

**A.A. 2023 / 2024**



## **SOMMARIO**

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>1. AZIENDA</b> .....	<b>7</b>
<b>2. LEAN PRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
2.1.1 CINQUE PRINCIPI DELLA LEAN PRODUCTION E IL CONCETTO DI “LEAN THINKING” .....	<b>9</b>
<b>3. FAMIGLIE DI PRODOTTI</b> .....	<b>12</b>
3.1 IL PROCESSO.....	<b>13</b>
3.1.1 COSTRUZIONE GUSCIO INTERNO.....	<b>13</b>
3.1.2 COSTRUZIONE GUSCIO ESTERNO .....	<b>14</b>
3.1.3 ASSEMBLAGGIO E INIEZIONE .....	<b>16</b>
3.1.4 ASSEMBLAGGIO DEI COMPONENTI.....	<b>17</b>
3.1.5 MONTAGGIO E COLLAUDO DELLA QUASI MACCHINA	<b>18</b>
3.1.6 PULITURA.....	<b>19</b>
<b>4. METODI E RILEVAZIONI DEI TEMPI</b> .....	<b>21</b>
4.1 MTM (METHODS TIME MEASUREMENT).....	<b>23</b>
<b>5. ANALISI DEI TEMPI</b> .....	<b>26</b>
5.1 CATEGORIZZAZIONI DEI TEMPI.....	<b>26</b>
<b>6. BILANCIAMENTO</b> .....	<b>38</b>
6.1 VANTAGGI BILANCIAMENTO LINEA .....	<b>39</b>
6.2 SFIDE E CONSIDERAZIONI .....	<b>40</b>
6.3 METODI PER IL BILANCIAMENTO .....	<b>42</b>
<b>7. BILANCIAMENTO DELLA LINEA</b> .....	<b>45</b>

7.1 TEST BILANCIAMENTO.....	48
<b>8. VALUE STREAM MAP .....</b>	<b>53</b>
<b>9. PROPOSTE MIGLIORATIVE.....</b>	<b>56</b>
9.1 HEIJUNKA.....	56
9.1.1 HEIJUNKA BOX.....	58
9.2 RIVETTATRICE.....	59
9.3 PANNELLO IN GOMMA MOUSSE.....	60
9.4 MUDA-DOWNTIME .....	61
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>65</b>
<b>SITOGRAFIA .....</b>	<b>67</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE.....</b>	<b>68</b>



## **INTRODUZIONE**

Questa tesi illustra il lavoro svolto durante i tre mesi di tirocinio nello stabilimento Sagi di Ascoli Piceno, un'azienda che si occupa della produzione di articoli per la refrigerazione professionale. Durante questo periodo si è voluta analizzare la linea dedicata alla produzione di armadi frigoriferi.

Le attività svolte inizialmente, a cui sarà dedicata la prima parte della tesi, sono state l'identificazione delle famiglie di prodotti, in cui suddividere l'intera gamma, e delle fasi necessarie alla loro realizzazione, incluse le operazioni contenute all'interno di ognuna. In questa prima parte, si è proceduto alla rilevazione dei tempi per ogni operazione.

Successivamente, ha avuto inizio una fase di analisi dei dati raccolti durante le rilevazioni dei tempi. Ciò è stato fatto per osservare la ciclicità della linea e la durata effettiva di produzione degli armadi frigoriferi.

Durante lo studio, sono state valutate le attività che portano valore aggiunto al prodotto e si è mappata la percentuale dei movimenti svolti dagli operatori e delle attività che non aggiungono valore.

In seguito, con l'elaborazione dei dati e delle attività, è stato possibile applicare un bilanciamento in una delle stazioni della linea, per riequilibrare il tempo delle postazioni.

Infine, verranno esposte delle possibili proposte per migliorare la linea sotto vari aspetti. Per far ciò, si è cercato di identificare le criticità emerse nel corso del tempo, anche grazie all'aiuto degli operatori, che vivono tali problematiche quotidianamente.

# 1. AZIENDA

*“Dal 1980 il marchio Sagi è riconosciuto, in Italia ed all'estero, come sinonimo di refrigerazione professionale affidabile, performante, dal design robusto e funzionale, attento alla massima qualità.”*

Le attrezzature Sagi sono progettate, sviluppate e prodotte per lavorare nelle cucine professionali di ristoranti, hotel, mense, pasticcerie, gelaterie, snack bar di tutto il mondo, garantendo soluzioni innovative capaci di combinare prestazioni con ridotti consumi energetici e massimo rispetto per l'ambiente. [1]

Le attrezzature Sagi comprendono armadi frigoriferi, basi refrigerate, abbattitori e surgelatori rapidi di temperatura, banchi pizza, vetrine refrigerate da esposizione. Sono progettati, sviluppati e prodotti per lavorare nelle cucine professionali di ristoranti, hotel, mense, pasticcerie, gelaterie, snack bar di tutto il mondo, garantendo soluzioni innovative capaci di combinare prestazioni con ridotti consumi energetici e massimo rispetto per l'ambiente. E tutti questi prodotti sono realizzati in Italia, nello stabilimento di Ascoli Piceno

Sagi S.p.A. è una società facente parte del gruppo Angelo Po Grandi Cucine S.p.A., quest'ultima è stata fondata nel 1922, anno in cui Angelo Po, considerato uno dei migliori fabbri di Carpi, apre la sua prima bottega artigiana.

Negli anni successivi vengono messe a punto una cucina smaltata, chiamata Carpigiana e poco dopo l'Americana di aspetto ricercato e ricca di innovazioni. Nel 1935 la fabbrica Angelo Po inizia la produzione del barilotto, una particolare stufa a segatura. Negli anni '50, per soddisfare le emergenti esigenze di modernità e progresso, Angelo Po si converte da azienda artigiana ad 'industria e, grazie all'introduzione del gas, passa dalle cucine economiche alle prime grandi cucine professionali per collettività organizzate, come scuole, caserme e ospedali. Viene avviata anche la produzione di caldaie e radiatori domestici.

Nei decenni successivi nascono le prime cucine professionali modulari.

Angelo Po Grandi Cucine, con oltre 90 anni di storia, oggi è leader di mercato nella progettazione e produzione di impianti completi per la ristorazione professionale in tutto il

mondo. Dalle linee di cottura orizzontali e verticali, ai sistemi per la conservazione degli alimenti.

Nel 2016 Angelo Po entra a far parte di Marmon Holding, società di Berkshire Hathaway Inc., aggiungendosi a oltre 100 aziende appartenenti a una grande varietà di settori, per un fatturato di circa 10 miliardi di dollari e più di 28.000 dipendenti totali. Nel 2019 nasce Marmon Foodservice Technologies, una rete internazionale di brand attivi nel settore della ristorazione e rinomati per la qualità, la sicurezza e l'innovazione delle loro proposte; Angelo Po e Sagi rappresentano le aziende di riferimento per i sistemi e i servizi dedicati alla ristorazione professionale e al catering. [2]



*Figura 1-Sagi Spa*

## 2. LEAN PRODUCTION

Lean production è una strategia che mira a ridurre al minimo gli sprechi nei sistemi di produzione, massimizzando tempo la produttività. L'obiettivo della lean manufacturing (come è anche chiamata la lean production) è la produzione snella che consiste nel ridurre i costi e nel rendere l'azienda più efficiente rispetto alle esigenze del mercato.

Questo modo di intendere la produzione viene comunemente associato al sistema produttivo dell'azienda Toyota – Toyota Production System (TPS) – che ha contrapposto il proprio modello a quello della produzione di massa.

### 2.1. I CINQUE PRINCIPI DELLA LEAN PRODUCTION E IL CONCETTO DI “LEAN THINKING”

I cinque principi della produzione snella, oggi identificati come i principi fondamentali sono:



*Figura 2-Cinque principi della lean production*

#### 1. Identificare il valore dal punto di vista del cliente.

Il valore determina il prezzo che un cliente è disposto a pagare per un bene; quindi, l'azienda deve analizzare e comprendere le esigenze e i desideri del cliente permettendo così di indirizzare le risorse giuste alla realizzazione di ciò che i consumatori desiderano, evitando gli sprechi di risorse.

## **2. Mappare il flusso del valore.**

Una volta compreso ciò che vuole il cliente, bisogna concentrarsi sul processo di produzione. Bisogna innanzitutto analizzare il flusso di materiali e informazioni in modo da determinare quali sono le attività che aggiungono valore e quali no. Questa mappatura deve riguardare l'intero ciclo di vita del prodotto. Ogni fase del ciclo va esaminata e tutto ciò che risulta superfluo va eliminato dal processo.

## **3. Creare un flusso continuo di produzione.**

Creare un flusso efficiente richiede che i prodotti passino dalla produzione alla spedizione in un processo fluido e privo di interruzioni. Ciò può essere ottenuto organizzando strategicamente l'area di lavoro, monitorando tutte le attività coinvolte nelle attività di produzione e logistica e ottimizzando il lead time. Il fine è sempre quello di ridurre al minimo gli sprechi di risorse e di tempo, ottimizzando le attività per garantire la fluidità dei processi.

## **4. Adottare una logica “pull “**

Un sistema di produzione snello deve quindi essere capace di seguire la variabilità del contesto economico. Utilizzare un sistema pull invece di un sistema push (tipico della produzione di massa) significa iniziare a produrre solo quando c'è richiesta; è questo il concetto di just in time. Quindi l'azienda deve produrre soltanto nelle quantità necessarie e nel momento giusto, evitando così le giacenze di magazzino e gli sprechi non necessari di risorse.

## **5. Perseguire la perfezione e ottimizzare continuamente i processi. (Kaizen)**

È possibile sintetizzare questo punto con il termine giapponese “kaizen”, ovvero “cambiare in meglio, miglioramento continuo”. Il kaizen rappresenta una pratica economica che si riferisce alla ricerca continua della maggiore efficienza dei fattori produttivi e al contenimento dei costi di produzione. Si tratta di un approccio che punta a rendere l'ambiente di lavoro più efficace ed efficiente creando un'atmosfera positiva, e coinvolgendo attivamente i dipendenti. Secondo questa idea, ogni persona apporta piccoli cambiamenti il cui effetto complessivo va a incidere positivamente sull'intera organizzazione.

Il concetto di lean thinking, ovvero “pensare in maniera snella”, racchiude perfettamente il principio di base della lean production, ossia snellire i processi e ridurre al minimo gli sprechi di risorse umane, materiali, economiche. In questo modo tutti gli sforzi aziendali vengono canalizzati verso la produzione di valore, con il fine di raggiungere maggiori risultati in termini di utili reali e soddisfazione del cliente. Adottando il lean thinking si può di sviluppare una mentalità e una cultura aziendale orientate al benessere e alla produttività del sistema. [3]

### 3. FAMIGLIE DI PRODOTTI

Nello studio condotto i mobili trattati dalla linea (215 A) sono stati suddivisi in 11 famiglie. La suddivisione è avvenuta tenendo conto del modello del frigo e della temperatura.

Ogni famiglia comprende sia modelli in acciaio sia modelli in similinox.

I modelli riguardano se il frigo sia mono porta, con il codice identificativo 700, oppure doppia porta, con il codice identificativo 1500. La temperatura viene indicata o con il codice TN, che corrisponde a una temperatura di 0°, o con il codice BT, che corrisponde a una temperatura di -20°. Inoltre, la temperatura TN comprende modelli di frigorifero che raggiungono una temperatura di -2° (LTE/L).

Codice Famiglia	Sottogruppo	temp	Codice Commerciale	Somma di Qtà tot 2023	Max di TC distinta base (min)	Rilevato.	Max di Delta
1	700			1836	99,9	108,18	19,18
2	700			1091	125	108,62	0,62
3	1500			779	152,5	136,83	-7,17
4	1500			284	165	135,53	-27,37
5	700			19	162		
6	700			26	127,2		
7	1500			7	195		
8	700			35	96	82,90	-8,90
9				17	108	82,90	-21,10
10	1500			7	148,5	125,29	-23,21
11	1500			7	155	128,80	-26,20
<b>Totale complessivo</b>				<b>4108</b>	<b>195</b>	<b>136,83</b>	<b>19,18</b>

Figura 3-Legenda delle famiglie di prodotto

Tutto ciò viene riassunto nella legenda qui riportata, dove si possono osservare le 11 famiglie di prodotto. Quelle in verde sono le famiglie rilevate, mentre quelle in viola sono le famiglie di prodotti che non sono state rilevate, dato che hanno bassi volumi di produzione.

Tale tabella pivot riporta:

- **Codice famiglia:** i modelli di frigorifero sono stati raggruppati in undici famiglie di prodotto
  - **Famiglia 1:** 700T(TN)
  - **Famiglia 2:** 700BT
  - **Famiglia 3:** 1500T(TN)
  - **Famiglia 4:** 1500BT
  - **Famiglia 5:** CP (Cella pesce)
  - **Famiglia 6:** 700TPV (Porta a vetro)

- **Famiglia 7:** 1500TPV (Porta a vetro)
  - **Famiglia 8:** 700(R) T (Remoto)
  - **Famiglia 9:** 1500(R) T(Remoto)
  - **Famiglia 10:** 700(R) BT (Remoto)
  - **Famiglia 11:** 1500(R) BT(Remoto)
- **Sottogruppo:** 700 e 1500
  - **Temperatura:** TN e BT
  - **Codice commerciale:** indica l'identificativo del frigorifero
  - **La somma di quantità tot. del 2023:** quantità prodotte nel 2023
  - **Il TC distinta base (dato storico):** rilevazione del tempo ciclo storica
  - **Il tempo rilevato oggetto di studio**
  - **Il delta massimo:** ovvero la differenza tra il dato storico e il nuovo tempo ciclo

### 3.1 IL PROCESSO

Lo studio preliminare dei tempi è stato quello di suddividere la linea in fasi e individuare per ognuna le operazioni elementari, cioè quelle attività svolte dall'operatore che non sono ulteriormente scomponibili.

Lo studio della linea ha inizio con la Stazione di Iniezione, che viene suddivisa in tre sottofasi:

- Costruzione guscio esterno
- Costruzione guscio interno
- Assemblaggio e iniezione, creazione della scocca

A questa segue la stazione di Assemblaggio, che comprende le seguenti sottofasi:

- Assemblaggio dei componenti
- Montaggio e collaudo della quasi macchina (gruppo refrigerante)
- Pulitura

#### 3.1.1 COSTRUZIONE GUSCIO INTERNO

Per la sottofase della costruzione del guscio interno l'operatore deve assemblare quello che è l'interno del frigorifero, questo avviene fissando quattro principali macro-componenti,

ovvero cielo, fondo, fianchi e retro, attraverso la rivettatura e l'applicazione della carta gommata dove si trovano le fessure, così da poter evitare la fuoriuscita del poliuretano durante la fase di iniezione della schiuma e conseguente polimerizzazione. Vengono inoltre fissate al cielo delle coperture in polistirolo.

Nei modelli 1500, invece, una volta assemblate le parti della struttura questa viene ribaltata dal tavolo e viene fissato un montante, e successivamente anche una fascia sopra al montante.



*Figura 4-Macchina di Iniezione (per i modelli 600 e 700)*



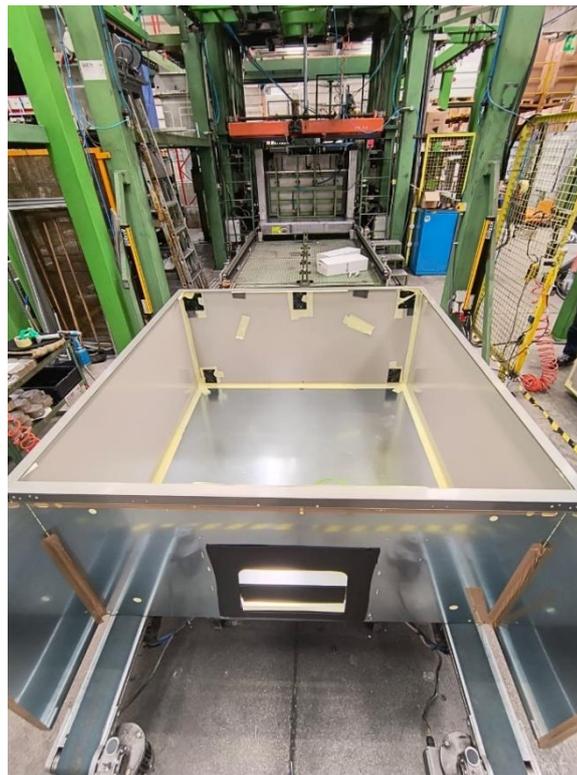
*Figura 5-Guscio Interno (700)*

### **3.1.2 COSTRUZIONE GUSCIO ESTERNO**

Con una metodologia analoga alla precedente fase, viene assemblato il guscio esterno del frigo. Nei 1500 avviene la nastratura interna del guscio esterno.



*Figura 6-Guscio Esterno (700)*



*Figura 7-Guscio Esterno (1500)*

### 3.1.3 ASSEMBLAGGIO E INIEZIONE

Dopo aver assemblato il guscio interno e quello esterno, questi vengono uniti e successivamente viene applicata tra essi una cornice, se il modello fa parte dei TN si utilizzerà una cornice senza resistenza invece se il modello risulta essere un BT verrà utilizzata una cornice con resistenza, ovvero per i modelli a bassa temperatura. La struttura successivamente viene portata all'interno della macchina di iniezione, e dopo aver inserito dei contrasti che non permettono la deformazione dell'insieme, è possibile procedere alla chiusura di tale macchina e viene inserita la pistola di iniezione, posizionata manualmente da un operatore, e viene iniettato il poliuretano. La struttura resta all'interno della macchina per un tempo utile alla polimerizzazione. Passato tale lasso di tempo (mediamente pari a 20 minuti per i 700 e 30 minuti per i 1500) la scocca può essere estratta e posizionata su una rulliera attraverso il carro ponte, dove avviene la finitura della scocca, ovvero l'eliminazione dello scotch posizionato esternamente e i residui di poliuretano.



*Figura 8-Assemblaggio gusci e fissaggio del montante (1500)*

### 3.1.4 ASSEMBLAGGIO DEI COMPONENTI

In questa prima fase della seconda stazione, chi vi opera si occupa dell'assemblaggio delle porte, dei piedi, del cruscotto, delle serigrafie, targhette elettriche e QR-code. Questa fase termina dotando il frigorifero di una base in legno utilizzato per il ribaltamento.



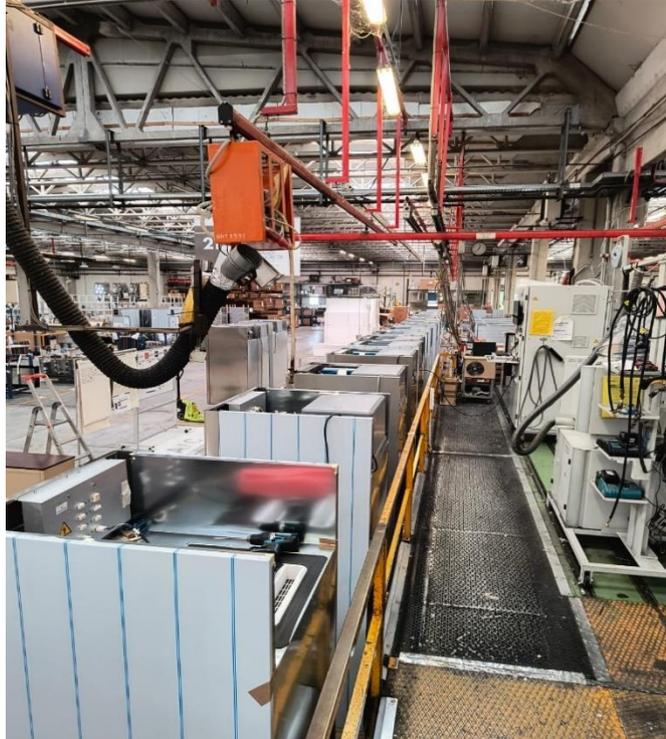
*Figura 9-Prodotti sulla linea assemblaggio componenti (B.1)*



*Figura 10-Basi imballo per la fase del sollevamento degli armadi frigoriferi*

### 3.1.5 MONTAGGIO E COLLAUDO DELLA QUASI MACCHINA

L'operatore in questa fase si occupa del montaggio della quasi macchina sul cielo del frigorifero ribaltato, ed effettua il collegamento elettrico tra la quasi macchina ed il cruscotto.



*Figura 11-Prodotti durante l'assemblaggio "Motore e Prove" (B.2)*

Successivamente il frigorifero viene sottoposto a delle prove:

- **Prova elettrica:** il frigorifero viene collegato alla Microline, una macchina progettata per certificare la sicurezza elettrica del prodotto, la quale permette il controllo del funzionamento del motore e dell'eventuale sbrinamento (per i frigoriferi BT e LT), questa ha una durata molto breve (circa 2minuti).



*Figura 12-Macchina per la prova elettrica "Microline"*

- **Prova funzionale:** il frigorifero viene collegato alla D.A.E la quale permette di osservare le prestazioni del frigorifero e le prestazioni termodinamiche in quanto al tempo e tenerlo in funzione per circa 8 ore, infine osservare dal grafico le prestazioni dell'apparecchio e il suo funzionamento. [4]



*Figura 13-Macchina per la prova funzionale "D.A.E."*

### **3.1.6 PULITURA**

L'ultima fase studiata è la pulitura, dove l'operatore è impegnato nell'eliminazione dei residui provenienti dalle fasi precedenti, nell'allestimento interno con le componenti presenti

in distinta e nell'imballaggio del frigorifero. Infine, il prodotto viene registrato a sistema sul software JDE, attraverso un computer presente sulla postazione.



*Figura 14-Prodotti durante la fase di pulitura (B.3)*



*Figura 15-Prodotti inscatolati (B.3)*

## 4. METODI E RILEVAZIONI DEI TEMPI

La determinazione del tempo necessario per la produzione di un bene risulta fondamentale per l'impresa. Tale previsione è possibile se si conoscono i tempi relativi a tutte le operazioni. È necessario, cioè, suddividere un “ciclo” di lavoro in “operazioni” e queste in “fasi” di lavoro.

Per determinare la durata di un'operazione occorre quindi conoscere le fasi di cui è composta. L'analisi di ciascuna fase consente di determinarne la durata dell'operazione. I metodi per fare ciò possono essere divisi come segue:

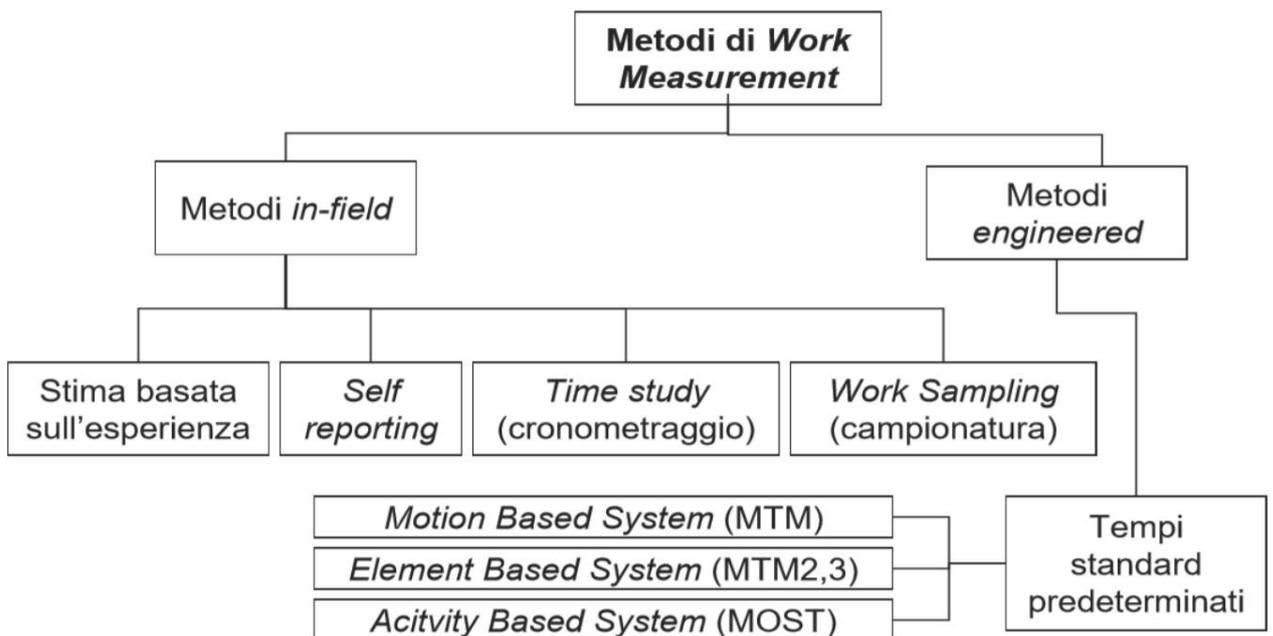


Figura 16-Metodi di Work Measurement

### Metodi in-field comprendono:

- **Stima basata sull'esperienza:** Tecnica approssimativa e soggettiva basata sulla conoscenza dei dati storici relativi a lavori analoghi e sull'esperienza dei valutatori. Tendenzialmente il valutatore tende a sovrastimare i tempi. È valida quando non è necessaria una grande precisione.

- **Self-Reporting:** La persona incaricata di compiere la valutazione è l'operatore stesso oggetto dell'indagine. Tendenzialmente l'individuo sovrastima i propri tempi in maniera superiore ad un valutatore esterno. È valida come prima forma di comprensione della dimensione tempo, considerando un grado di accuratezza basso
  
- **Cronotecnica:** Tecnica adoperata per determinare il più accuratamente possibile, mediante un numero limitato di osservazioni, il tempo necessario ad eseguire una certa attività secondo obiettivi di efficienza stabiliti. È classificato tra i metodi in-field in quanto richiede un'analista incaricato di rilevare i tempi nella realtà (es. a bordo linea).
  - L'analista rappresenta un costo
  - L'analizzato non è nella condizione standard, ma sotto stress
  
- **Work sampling:** prevede che l'analista osservi lo svolgersi di una operazione in momenti casuali, periodi rappresentativi e con modalità istantanea al fine di ricavare informazioni utili per l'analisi del lavoro. Sostanzialmente si tratta di organizzare una campagna di passaggi attraverso la zona di indagine, che può essere una singola postazione di lavoro, un reparto o un intero stabilimento, al fine di raccogliere informazioni di rilevante interesse per la misura del lavoro.
 

Il grande **vantaggio** della tecnica risiede nella possibilità di indagare, contemporaneamente, più ambienti e più risorse in un'unica operazione di rilievo.

Lo **svantaggio** si può sintetizzare nel fatto che la tecnica non ha carattere deterministico, come la misura cronotecnica e tabellare. Nella sua natura statistica è intrinseco un errore che rende il processo di misura virtualmente imperfetto e quindi utilizzabile preferibilmente quando non ci sono altre alternative.

La tecnica viene utilizzata a livello industriale, principalmente per i seguenti scopi:

  - l'individuazione e l'analisi dell'impiego di risorse in relazione alle attività di una postazione di lavoro;
  - la misurazione del livello di saturazione delle risorse impiegate in un processo di difficile misura o in assenza di ciclo produttivo;
  - la misurazione di un tempo normale - quindi assegnato e standard – del processo da utilizzare quando altre tecniche di rilievo si dimostrano inapplicabili. [5]

Questo metodo è costituito dai seguenti steps:

1. Definizione degli obiettivi
2. Analisi e suddivisione del lavoro
3. Preparazione del modulo di osservazione
4. Programmazione del numero, del percorso e dei passaggi
5. Esecuzione e stima dei valori dei parametri di riferimento
6. Calcolo della dimensione del campione
7. Esecuzione ed elaborazione dei dati

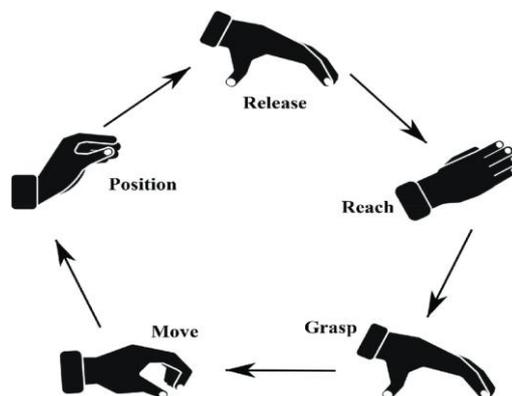
Nei Metodi Engineered osserviamo:

#### 4.1 MTM (METHODS TIME MEASUREMENT)

La tecnica si basa sull'analisi del metodo di lavoro scomposto in micromovimenti tabellati.

Le caratteristiche principali dell'MTM possono essere così sintetizzate:

- permette di creare o agire sul metodo indipendentemente dalla produzione in corso
- ha elevate caratteristiche di oggettività
- si basa sul metodo e non sul movimento, ovvero sull'operatore analizzato
- necessita di un certo impegno, grado di applicazione ed esperienza dell'analista



*Figura 17-Esempio di micromovimenti in MTM*

L'MTM risolve il problema della soggettività della valutazione dell'operatore;

il micromovimento presenta un tempo normale predefinito e indipendente da chi lo esercita. Questi valori sono universalmente accettati e l'analista non deve porsi il problema della loro attendibilità ma deve concentrarsi esclusivamente sulla correttezza della minuziosa descrizione del metodo di lavoro. [6]

Dopo aver suddiviso le stazioni A (INIEZIONE) e B (ASSEMBLAGGIO) in microfasi, le rilevazioni sono state condotte per questo studio con un cronometro, riportando l'istante d'inizio di ogni fase. Le rilevazioni sono state eseguite solo per due modelli per ognuna delle prime quattro famiglie, rispettivamente uno per l'acciaio e uno per il similinox. Per quanto riguarda le famiglie (700PV, 1500PV e CP), non sono state eseguite rilevazioni a causa della sporadica frequenza di produzione, mentre per le quattro famiglie dei remoti (R) è bastato replicare i tempi delle prime quattro a causa delle similitudini riscontrate tra i modelli.

Durante tale attività, le rilevazioni effettuate in operazioni in cui si verificavano difetti o cause sporadiche di inefficienza sono state escluse dall'analisi, sostituendole con ulteriori rilevazioni.

DESCRIZIONE	ISTANTE[sec]	ISTANTE[min]	2	3	DURATA[sec]	DURATA[min]
<b>FD7T ACCIAIO(700-TN)</b>						
<b>Profilo</b>						
presa sbarra	0,352	0,0352			0,648	0,01
presa rinforzi(4)	1	0,1			13	0,22
prendere 4 rivetti	14	0,14			4	0,07
prendere rivettatrice	18	0,18			5	0,08
inserire rivetti	23	0,23			15	0,25
poggiare rivettatrice	38	0,38			3	0,05
prendere c.gommata	41	0,41			1	0,02
inserire c. gommata	42	0,42			27	0,45
poggiare c. gommata	69	1,09	1	9	1	0,02

Figura 18-Esempio di fasi di produzione del profilo di un frigorifero 700TN

L'immagine sopra riportata illustra solo le fasi iniziali del processo di produzione di un frigorifero 700TN. Si possono osservare l'istante in secondi rilevato, il relativo istante in minuti calcolato e, successivamente, la durata in secondi (ovvero la durata effettiva dell'attività), ottenuta dalla differenza tra l'istante dell'attività successiva e quello precedente. Da questo procedimento, ripetuto ovviamente per tutte le fasi di tutti i prodotti soggetti alla rilevazione, si è potuto aggiornare i tempi ciclo della legenda dei prodotti.

Inoltre, ad alcuni modelli di frigorifero sono state sommate delle varianti di tempo necessarie rilevate in un secondo momento, come:

- **montaggio ruote** (per frigoriferi con codice K) = 4,13 minuti
- **sbrinamento** = 2 minuti
- **attrezzaggio da 600 a 700 e viceversa** = 23 minuti (singolo operatore)
- **attrezzaggio da 1300 a 1500 e viceversa** = 23 minuti (singolo operatore)
- **attrezzaggio da gelateria a 1500 e viceversa** = 8,836 min (singolo operatore, dato ottenuto dal rapporto dell'attrezzaggio 88,18 min per scocche prodotte in un turno di lavoro 10)

## 5. ANALISI DEI TEMPI

### 5.1 CATEGORIZZAZIONI DEI TEMPI

Raccolti i tempi e definiti i tempi ciclo per le diverse famiglie, la fase successiva dello studio è stata quella di assegnare ogni operazione, e il relativo tempo, a una categoria.

Le categorie specifiche sono:

- **Valore Aggiunto (VA):** attività che aggiungono al prodotto o servizio un valore riconosciuto dal cliente e per cui questo è disposto a pagare.
- **Movimenti uomo per componenti (MC):** movimenti dell'operatore per posizionare componenti come motore, porta, piedi, nastro imballo, carta gommata, rivetti ecc.
- **Non a valore aggiunto (NVA):** processi che potrebbero essere drasticamente migliorati o sostituiti con altri più efficienti.
- **Movimento uomo per attrezzatura (MA):** movimenti dell'operatore per prendere e riporre strumenti utili all'operazione da svolgere.
- **Pulizia (PUL):** attività per eliminare dal prodotto residui provenienti dalla stessa fase o da altre precedenti.
- **Controllo (CTR):** attività di verifica della qualità del prodotto. (esempi: prova elettrica, prova funzionale)

Per riconoscere gli sprechi lungo una linea produttiva è necessario individuare le singole operazioni e domandarsi:

**Il cliente è disposto a pagarla?**

Se NO:

**Contribuisce al processo?**

In questo modo individuiamo sia le ATTIVITA' A VALORE AGGIUNTO sia gli SPRECHI, riducibili o eliminabili. [7]

Ciò è stato fatto per comprendere quale parte del tempo speso dall'operatore aggiunga valore al prodotto, dato che nel tempo ciclo di un prodotto ci sono molti fattori che non contribuiscono al valore aggiunto. Una delle attività fondamentali per migliorare l'efficienza dell'azienda di produzione è essere in grado di correggere gli sprechi, eliminandoli totalmente o riducendoli.

Nelle pagine che seguono sono riportate le operazioni espone nel dettaglio: la divisione delle stazioni (INIEZIONE e ASSEMBLAGGIO), le operazioni (A.1, A.2, A.3, B.1, B.2, B.3), le macro-attività (A.1.1, A.1.2, ecc.), le sotto operazioni e la descrizione delle attività svolte, insieme alla relativa durata in minuti. Ogni attività è stata assegnata a una delle categorie sopra citate. Vengono riportate come esempio le sotto fasi delle stazioni per il prodotto FD7T (700 TN acciaio), ma ovviamente questo procedimento è stato applicato a ogni modello rilevato con le relative variazioni.

STAZIONE	OPERAZIONE	MACRO ATTIVITA'	SOTTOOPERAZIONI	DESCRIZIONE FD7T ACCIAIO(700-TN)	ISTANTE[sec]	ISTANTE(min)	2	3	DURATA[sec]	DURATA(min)	CATEGORIA
				<b>Profilo</b>							
A	A.1	A.1.1	1	presa sbarra	0,352	0,0352			0,648	0,01	mov comp
A	A.1	A.1.1	2	presa rinforzi(4)	1	0,1			13	0,22	mov comp
A	A.1	A.1.1	3	prendere 4 rivetti	14	0,14			4	0,07	mov comp
A	A.1	A.1.1	4	prendere rivettatrice	18	0,18			5	0,08	mov att
A	A.1	A.1.1	5	inserire rivetti	23	0,23			15	0,25	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.1	6	poggiare rivettatrice	38	0,38			3	0,05	Mov att
A	A.1	A.1.1	7	prendere c.gommata	41	0,41			1	0,02	mov comp
A	A.1	A.1.1	8	inserire c. gommata	42	0,42			27	0,45	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.1	9	poggiare c. gommata	69	1,09	1	9	1	0,02	mov comp
				<b>Cielo est.</b>							
A	A.1	A.1.2	10	presa cielo	70	1,1	1	10	10	0,17	mov comp
A	A.1	A.1.2	11	presa c.gomm.	80	1,2	1	20	1	0,02	mov comp
A	A.1	A.1.2	12	chiudere fori	81	1,21	1	21	13	0,22	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.2	13	poggiare c.gommata	94	1,34	1	34	1	0,02	mov comp
A	A.1	A.1.2	14	prendere rinforzi (2)	95	1,35	1	35	9	0,15	mov comp
A	A.1	A.1.2	15	prendere rivetti (8)	104	1,44	1	44	4	0,07	mov comp
A	A.1	A.1.2	16	prendere rivettatrice	108	1,48	1	48	2	0,03	mov att
A	A.1	A.1.2	17	rivettare i rinforzi	110	1,5	1	50	68	1,13	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.2	18	poggiare rivettatrice	178	2,58	2	58	2	0,03	Mov att
A	A.1	A.1.2	19	prendi profilo	180	3	3		1	0,02	Mov comp
A	A.1	A.1.2	20	prendi rivettatrice	181	3,01	3	1	2	0,03	mov att
A	A.1	A.1.2	21	prendere rivetti (3)	183	3,03	3	3	4	0,07	mov comp
A	A.1	A.1.2	22	rivettare profilo sul cielo	187	3,07	3	7	9	0,15	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.2	23	poggio rivettatrice	196	3,16	3	16	2	0,03	mov att
A	A.1	A.1.2	24	prendere cavo di massa	198	3,18	3	18	4	0,07	mov comp
A	A.1	A.1.2	25	aggiungere cavo di massa	202	3,22	3	22	4	0,07	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.2	26	mettere carta gommata	206	3,26	3	26	2	0,03	mov comp
A	A.1	A.1.2	27	mettere carta gommata	208	3,28	3	28	33	0,55	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.2	28	poggiare c. gomm.	241	4,01	4	1	6	0,10	mov comp
				<b>Fondo est.</b>							
A	A.1	A.1.3	29	presa fondo	247	4,07	4	7	15	0,25	mov comp
A	A.1	A.1.3	30	presa carta gommata	262	4,22	4	22	1	0,02	mov comp
A	A.1	A.1.3	31	applicazione carta gommata	263	4,23	4	23	27	0,45	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.3	32	lasciare cart. Gommata	290	4,5	4	50	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.3	33	prendere cutter	295	4,55	4	55	2	0,03	mov att
A	A.1	A.1.3	34	bucare zona coperta con c.gomm.	297	4,57	4	57	14	0,23	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.3	35	poggiare cutter	311	5,11	5	11	6	0,10	mov att
A	A.1	A.1.3	36	prendere spugnetta	317	5,17	5	17	4	0,07	Mov comp
A	A.1	A.1.3	37	inserire spugnetta	321	5,21	5	21	5	0,08	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.3	38	prendere piastre di supporto piede	326	5,26	5	26	8	0,13	mov comp
A	A.1	A.1.3	39	inserire piastre	334	5,34	5	34	9	0,15	Valore Aggiunto
				<b>Intero est.</b>							
A	A.1	A.1.4	40	presa retro	343	5,43	5	43	11	0,18	mov comp
A	A.1	A.1.4	41	prendo fondo	354	5,54	5	54	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.4	42	prendi 3 rivetti	359	5,59	5	59	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.4	43	prendere rivettatrice	364	6,04	6	4	2	0,03	Mov att
A	A.1	A.1.4	44	rivettare retro al fondo 3 riv.	366	6,06	6	6	10	0,17	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	45	poggiare rivettatrice	376	6,16	6	16	2	0,03	mov att
A	A.1	A.1.4	46	prendere fianchi	378	6,18	6	18	23	0,38	mov comp
A	A.1	A.1.4	47	prendere 10 rivetti	401	6,41	6	41	11	0,18	mov comp
A	A.1	A.1.4	48	prendere rivettatrice	412	6,52	6	52	5	0,08	mov att
A	A.1	A.1.4	49	rivettare fianchi esterni dx e sx con 10 riv.	417	6,57	6	57	48	0,80	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	50	poggiare rivettatrice	465	7,45	7	45	3	0,05	Mov att
A	A.1	A.1.4	51	prendere cielo	468	7,48	7	48	10	0,17	mov comp
A	A.1	A.1.4	52	prendere 11 rivetti	478	7,58	7	58	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.4	53	prendere rivettatrice	483	8,03	8	3	4	0,07	Mov att
A	A.1	A.1.4	54	firmare cielo al retro 11 riv.	487	8,07	8	7	46	0,77	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	55	poggiare rivettatrice	533	8,53	8	53	5	0,08	mov att
A	A.1	A.1.4	56	ribaltare guscio est.	538	8,58	8	58	17	0,28	mov comp
A	A.1	A.1.4	57	prendere c. gommata	555	9,15	9	15	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.4	58	mettere scotch sulle giunzioni	560	9,2	9	20	138	2,30	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	59	poggiare c.gommata	698	11,38	11	38	4	0,07	mov comp
A	A.1	A.1.4	60	mettere struttura sul sollevatore	702	11,42	11	42	10	0,17	mov comp
A	A.1	A.1.4	61	girare struttura	712	11,52	11	52	9	0,15	Non valore aggiunto
A	A.1	A.1.4	62	prendere 4 rivetti	721	12,01	12	1	5	0,08	mov comp
A	A.1	A.1.4	63	prendere rivettatrice	726	12,06	12,00	6	3	0,05	mov att
A	A.1	A.1.4	64	firmare profilo ai fianchi 4	729	12,09	12	9	40	0,67	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	65	poggiare rivettatrice	769	12,49	12	49	3	0,05	mov att
A	A.1	A.1.4	66	prendere scotch	772	12,52	12	52	3	0,05	mov comp
A	A.1	A.1.4	67	rinforzare profilo e fianchi	775	12,55	12	55	46	0,77	Valore Aggiunto
A	A.1	A.1.4	68	poggiare scotch	821	13,41	13	41	4	0,07	mov comp

Figura 19-Elenco delle fasi di produzione del "Guscio Esterno" di un 700TN

## GUSCIO INTERNO

INIZIATIONE														
					<b>Retro int.</b>									
A	A.2	A.2.1	69		presa retro	825	13,45	13	45	12		0,20		Mov comp
A	A.2	A.2.1	70		prendere pezzo di rame	837	13,57	13	57	3		0,05		mov att
A	A.2	A.2.1	71		incidere e togliere una parte di pellicola	840	14	14		21		0,35		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.1	72		poggiare pezzo di rame	861	14,21	14	21	10		0,17		mov att
A	A.2	A.2.1	73		buttare pellicola	871	14,31	14	31	2		0,03		pulizia
A	A.2	A.2.1	74		prendere c. gommata	873	14,33	14	33	3		0,05		mov comp
A	A.2	A.2.1	75		inserire c. gommata	876	14,36	14	36	23		0,38		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.1	76		poggiare c. gommata	899	14,59	14	59	1		0,02		mov comp
					<b>Fianco int.</b>									
A	A.2	A.2.2	77		prendere fianco sx	900	15	15		11		0,18		Mov comp
A	A.2	A.2.2	78		prendere cutter	911	15,11	15	11	10		0,17		mov att
A	A.2	A.2.2	79		spellicolare la riga dei fianchi	921	15,21	15	21	14		0,23		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	80		poggiare cutter	935	15,35	15	35	1		0,02		mov att
A	A.2	A.2.2	81		buttare pellicola	936	15,36	15	36	1		0,02		pulizia
A	A.2	A.2.2	82		prendere c. gommata	937	15,37	15	37	5		0,08		mov comp
A	A.2	A.2.2	83		mettere c. gommata sulle fessure	942	15,42	15	42	5		0,08		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	84		poggiare c. gommata	947	15,47	15	47	2		0,03		mov comp
A	A.2	A.2.2	85		agganciare Fianco sx al retro	949	15,49	15	49	6		0,10		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	86		presa fianco dx	955	15,55	15	55	6		0,10		mov comp
A	A.2	A.2.2	87		prendere cutter	961	16,01	16	1	2		0,03		mov att
A	A.2	A.2.2	88		spellicolare	963	16,03	16	3	17		0,28		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	89		poggiare cutter	980	16,2	16	20	2		0,03		mov att
A	A.2	A.2.2	90		buttare pellicola	982	16,22	16	22	3		0,05		pulizia
A	A.2	A.2.2	91		prendere c. gommata	985	16,25	16	25	2		0,03		mov comp
A	A.2	A.2.2	92		mettere c. gommata sulle fessure	987	16,27	16	27	6		0,10		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	93		poggiare c. gommata	993	16,33	16	33	3		0,05		mov comp
A	A.2	A.2.2	94		agganciare fianco dx al retro	996	16,36	16	36	7		0,12		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	95		prendere 16 rivetti	1003	16,43	16	43	14		0,23		mov comp
A	A.2	A.2.2	96		prendere rivettrice	1017	16,57	16	57	6		0,10		Mov att
A	A.2	A.2.2	97		rivettare fianchi interni	1023	17,03	17	3	98		1,63		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.2	98		poggiare rivettrice	1121	18,41	18	41	2		0,03		mov att
					<b>Cielo int.</b>									
A	A.2	A.2.3	99		prendere cielo	1123	18,43	18	43	10		0,17		mov comp
A	A.2	A.2.3	100		prendere spessori in polistirolo	1133	18,53	18	53	8		0,13		mov comp
A	A.2	A.2.3	101		inserire spessori alle fessure(a discrezione dell'operatore)	1141	19,01	19	1	6		0,10		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.3	102		prendere c. gommata	1147	19,07	19	7	4		0,07		mov comp
A	A.2	A.2.3	103		inserire c. gommata	1151	19,11	19	11	183		3,05		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.3	104		poggiare c. gommata	1334	22,14	22	14	4		0,07		mov comp
A	A.2	A.2.3	105		prendere 12 rivetti	1336	22,16	22	16	22		0,37		mov comp
A	A.2	A.2.3	106		prendere rivettrice	1360	22,4	22	40	4		0,07		mov att
A	A.2	A.2.3	107		Rivettare cielo sopra al fianco	1364	22,44	22	44	64		1,07		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.3	108		poggiare rivettrice	1428	23,48	23	48	8		0,13		mov att
					<b>Fondo int.</b>									
A	A.2	A.2.4	109		prendere fondo	1436	23,56	23	56	10		0,17		mov comp
A	A.2	A.2.4	110		prendere rame	1446	24,06	24	6	2		0,03		mov att
A	A.2	A.2.4	111		spellicolare	1448	24,08	24	8	39		0,65		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	112		poggiare rame	1487	24,47	24	47	4		0,07		mov att
A	A.2	A.2.4	113		buttare pellicola	1491	24,51	24	51	2		0,03		pulizia
A	A.2	A.2.4	114		prendere 12 rivetti	1493	24,53	24	53	10		0,17		mov comp
A	A.2	A.2.4	115		prendere rivettrice	1503	25,03	25	3	2		0,03		mov att
A	A.2	A.2.4	116		fissario al resto del pre-guscio 4 riv. Per lato	1505	25,05	25	5	6		0,10		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	117		rivettare	1511	25,11	25	11	56		0,93		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	118		poggiare rivettrice	1567	26,07	26	7	3		0,05		mov att
A	A.2	A.2.4	119		prendo scotch argentato	1570	26,1	26	10	6		0,10		mov comp
A	A.2	A.2.4	120		aggiungere scotch argentato agli angoli	1576	26,16	26	16	28		0,47		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	121		poggiare scotch argentato	1604	26,44	26	44	2		0,03		mov comp
A	A.2	A.2.4	122		prendere c. gommata	1606	26,46	26	46	2		0,03		mov comp
A	A.2	A.2.4	123		applicare c. gommata dove sono stati applicati i rivetti	1608	26,48	26	48	102		1,70		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	124		poggiare c. gommata	1710	28,3	28	30	2		0,03		mov comp
A	A.2	A.2.4	125		prendere piedini di plastica(4)	1712	28,32	28	32	2		0,03		Mov comp
A	A.2	A.2.4	126		applicare piedini ai 4 angoli	1714	28,34	28	34	6		0,10		mov comp
A	A.2	A.2.4	127		prendere c. gommata	1720	28,4	28	40	4		0,07		mov comp
A	A.2	A.2.4	128		fissare piedini	1724	28,44	28	44	54		0,90		Valore Aggiunto
A	A.2	A.2.4	129		poggiare c. gommata	1778	29,38	29	38	2		0,03		mov comp

Figura 20-Elenco delle fasi di produzione del "Guscio Interno" di un 700TN





## ASSEMBLAGGIO MOTORE E PROVE

ASSEMBLAGGIO	ALTA PRESSIONE (1000T)												
B	B.2	B.2.1	64	far avanzare frigo	403	6,43	6	43	10	0,17	mov att		
B	B.2	B.2.1	65	prendere avvitatore	413	6,53	6	53	10	0,17	mov att		
B	B.2	B.2.1	66	prendere fermacavo	423	7,03	7	3	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.1	67	Estrarre vite del fermacavo	425	7,05	7	5	3	0,05	mov att		
B	B.2	B.2.1	68	prendere tale vite	428	7,08	7	8	2	0,03	mov comp		
B	B.2	B.2.1	69	fissare cavo di massa	430	7,1	7	10	3	0,05	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	70	bucare supporto fermacavo	433	7,13	7	13	4	0,07	mov att		
B	B.2	B.2.1	71	prendere piastrina di trascinamento	437	7,17	7	17	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.1	72	prendere 2 viti	439	7,19	7	19	22	0,37	mov comp		
B	B.2	B.2.1	73	fissare con tali viti piastrina al fermacavo e al supporto fermacavo	461	7,41	7	41	3	0,05	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	74	poggiate avvitatore	464	7,44	7	44	3	0,05	mov att		
B	B.2	B.2.1	75	prendere 2 OTECO	467	7,47	7	47	3	0,05	mov comp		
B	B.2	B.2.1	76	prendere martello	470	7,5	7	50	6	0,10	mov att		
B	B.2	B.2.1	77	inserire 2 OTECO	476	7,56	7	56	3	0,05	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	78	poggiare martello	479	7,59	7	59	9	0,15	mov att		
B	B.2	B.2.1	79	prendere paranco	488	8,08	8	8	4	0,07	mov att		
B	B.2	B.2.1	80	agganciare Quasi Macchina	492	8,12	8	12	6	0,10	mov att		
B	B.2	B.2.1	81	posizionare Quasi Macchina sul cielo del frigo	498	8,18	8	18	9	0,15	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	82	riposizionare paranco	507	8,27	8	27	3	0,05	mov att		
B	B.2	B.2.1	83	prendere 6 viti	510	8,3	8	30	7	0,12	mov comp		
B	B.2	B.2.1	84	prendere 6 rondelle	517	8,37	8	37	6	0,10	mov comp		
B	B.2	B.2.1	85	prendere avvitatore	523	8,43	8	43	56	0,93	mov att		
B	B.2	B.2.1	86	avvitare e fissare Quasi Macchina	579	9,39	9	39	2	0,03	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	87	poggiate avvitatore	581	9,41	9	41	6	0,10	mov att		
B	B.2	B.2.1	88	prendere mate lock	587	9,47	9	47	12	0,20	mov att		
B	B.2	B.2.1	89	fissare mate lock al quadro elettrico del cruscotto	599	9,59	9	59	1	0,02	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	91	movimento verso B3					63	1,05	Non valore aggiunto		
B	B.2	B.2.1	91	inserire scatola					8,5	0,14	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.1	92	ritorno in postazione					63	1,05	Non valore aggiunto		
ASSEMBLAGGIO	PROVA DI FUNZIONAMENTO												
B	B.2	B.2.2	93	movimentazione del frigo con tappeto trascinato verso microline	600	9,6	9	60	17	0,28	mov att		
B	B.2	B.2.2	94	movimento op. verso microline	617	10,17	10	17	5	0,08	mov att		
B	B.2	B.2.2	95	prendere spina del frigo	622	10,22	10	22	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.2	96	inserire spina nella presa della Microline	624	10,24	10	24	1	0,02	mov att		
B	B.2	B.2.2	97	prendere targa sovra imballo	625	10,25	10	25	4	0,07	mov comp		
B	B.2	B.2.2	98	prendere scanner della Microline	629	10,29	10	29	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.2	99	scannerizzare modello del frigo	631	10,31	10	31	2	0,03	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.2	100	scannerizzare linea	633	10,33	10	33	3	0,05	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.2	101	scannerizzare matricola	636	10,36	10	36	3	0,05	Valore Aggiunto		
B	B.2	B.2.2	102	riporre targa nella busta	639	10,39	10	39	3	0,05	mov comp		
B	B.2	B.2.2	103	prendo puntale	642	10,42	10	42	6	0,10	mov att		
B	B.2	B.2.2	104	punzonatura del cielo x2 volte	648	10,48	10	48	9	0,15	controllo		
B	B.2	B.2.2	105	poggiate puntale	657	10,57	10	57	1	0,02	mov att		
B	B.2	B.2.2	106	Prova elettrica	658	10,58	10	58	182	3,03	controllo		
B	B.2	B.2.2	107	staccare spina	840	14	14	24	0,40	mov att			
B	B.2	B.2.2	108	movimento frigo in avanti su nastro	864	14,24	14	24	8	0,13	mov att		
ASSEMBLAGGIO	PROVA DI FUNZIONAMENTO												
B	B.2	B.2.3	109	movimento verso quadro con temp.	872	14,32	14	32	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.3	110	attaccare spina frigo nel quadro controllo temp.	874	14,34	14	34	9	0,15	mov att		
B	B.2	B.2.3	111	Prendere sonda	883	14,43	14	43	4	0,07	mov att		
B	B.2	B.2.3	112	movimento verso la parte frontale del frigo	887	14,47	14	47	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.3	113	fissare sonda nella parte interna al baricentro del frigo	889	14,49	14	49	9	0,15	mov att		
B	B.2	B.2.3	114	movimento verso quadro con temp.	898	14,58	14	58	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.3	115	prendere scanner dalla D.A.E.	900	15	15	58	8	0,13	mov att		
B	B.2	B.2.3	116	prendere codice operativo	908	15,08	15	8	2	0,03	mov comp		
B	B.2	B.2.3	117	scannerizzare codice operativo	910	15,1	15	10	1	0,02	mov att		
B	B.2	B.2.3	118	scannerizzare quadro cont.	911	15,11	15	11	1	0,02	mov att		
B	B.2	B.2.3	119	scannerizzare matricola prodotto	912	15,12	15	12	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.3	120	poggiate scanner	914	15,14	15	14	4	0,07	mov att		
B	B.2	B.2.3	121	Collaudo funzionale con la D.A.E.	918	15,18	15	18	7	0,12	controllo		
B	B.2	B.2.3	122	movimento verso parte frontale frigo	925	15,25	15	25	2	0,03	mov att		
B	B.2	B.2.3	123	sollecitare microporta	927	15,27	15	27	2	0,03	controllo		
B	B.2	B.2.3	124	chiudere porta e controllare guarnizioni	929	15,29	15	29	2	0,03	controllo		
B	B.2	B.2.3	125	tornare alla D.A.E.	931	15,31	15	31	4	0,07	mov att		
B	B.2	B.2.3	126	controllo del Grafico funzionale	935	15,35	15	35	26	0,43	controllo		
B	B.2	B.2.3	127	movimento verso la parte frontale del frigo	961	16,1	16	1	16	0,27	mov att		
B	B.2	B.2.3	128	staccare sonda	977	16,17	16	17	6	0,10	mov att		
B	B.2	B.2.3	129	staccare spina	983	16,23	16	23	7	0,12	mov att		
B	B.2	B.2.3	130	fine	990	16,3	16	30			mov att		

Figura 23-Elenco delle fasi di produzione del "Assemblaggio motore e prove" di un 700TN





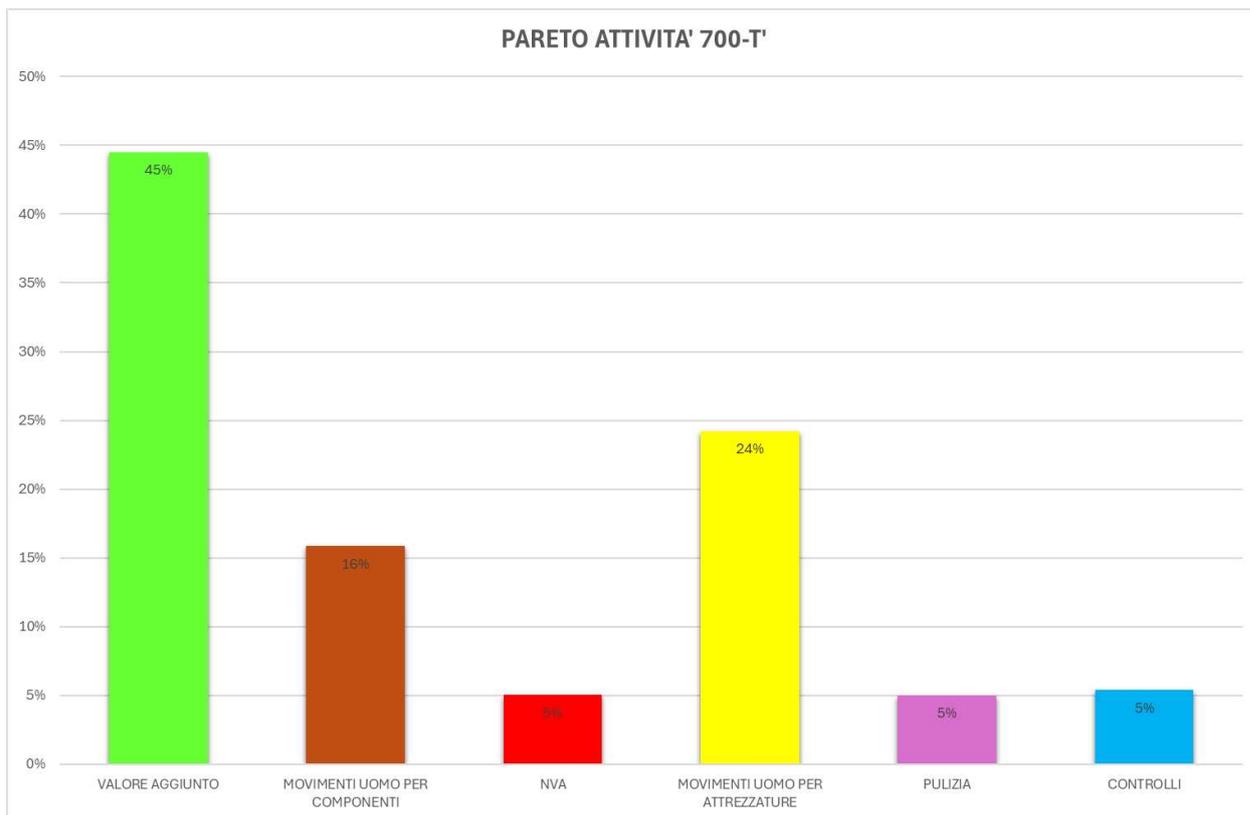


Figura 26-Grafico di Pareto 80/20

Per questo modello, possiamo osservare un 45% di tempo dedicato ad attività a valore aggiunto (VA) e solo un 5% di tempo dedicato ad attività non a valore aggiunto (NVA). Tuttavia, un 16% e un 24% del tempo sono ripartiti tra i movimenti dei componenti e delle attrezzature. Queste percentuali considerevoli evidenziano che la produzione degli armadi frigoriferi comporta numerosi movimenti da parte dell'operatore, che rientrano nella categoria delle attività non a valore aggiunto, ma sono necessari, poiché molti di questi movimenti contribuiscono a portare valore al prodotto. Per ogni modello è stato realizzato questo specifico grafico.

In aggiunta, sono state create delle tabelle pivot che riassumono la somma dei tempi per ogni operazione della stazione e il tempo ciclo totale rilevato per ciascun modello di frigorifero analizzato, inclusa la maggiorazione del 7%, e il relativo grafico pivot risultante.

STAZIONE	OPERAZIONE	MACRO ATTIVITA'	Somma di DURATA[min]	MAGGIORAZIONE
A				
	A1		13,7	14,7
	A2		15,9	17,0
	A3		13,9	14,9
<b>ATotale</b>			<b>43,6</b>	
B				
	B1		6,8	7,3
	B2		12,0	12,9
	B3		13,5	14,4
<b>BTotale</b>			<b>32,3</b>	
<b>Totale complessivo</b>			<b>75,9</b>	<b>81,1978</b>

Figura 27-Tabella Pivot del frigorifero 700TN

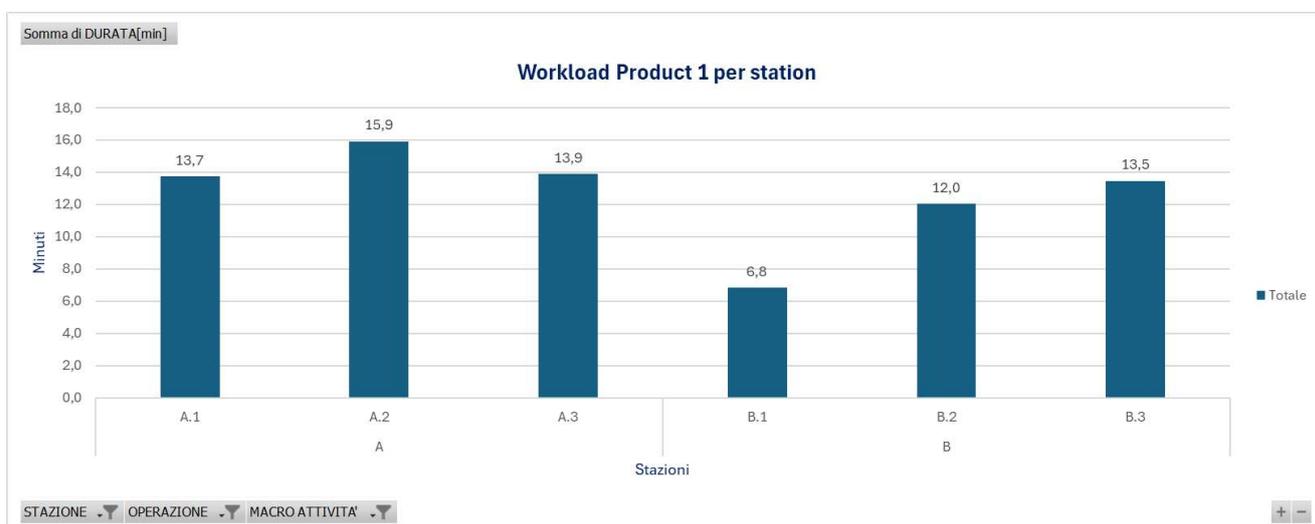


Figura 28-Grafico Pivot del frigorifero 700TN

Viene riportata ora la tabella Pivot generale di tutte le famiglie e dei tempi ciclo (maggiorati del 7%) e il rispettivo grafico pivot riepilogativo.

STAZIONE	OPERAZIONE	MACRO ATTIVITA'	PRODOTTO											Totale complessivo	
			PRODOTTO1	PRODOTTO1(2)	PRODOTTO2	PRODOTTO2(2)	PRODOTTO3	PRODOTTO3(2)	PRODOTTO4	PRODOTTO4(2)	PRODOTTO8(F)	PRODOTTO9(F)	PRODOTTO10(F)		PRODOTTO11(F)
A			46,61	47,72	49,46	48,47	66,39	66,43	79,84	65,07	49,46	49,46	79,84	79,84	728,6
B			34,89	36,27	36,46	36,19	41,23	34,33	44,78	41,13	33,69	33,69	37,23	41,09	451,0
<b>Totale complessivo</b>			<b>81,50</b>	<b>84,00</b>	<b>85,92</b>	<b>84,66</b>	<b>107,62</b>	<b>100,76</b>	<b>124,62</b>	<b>106,20</b>	<b>83,15</b>	<b>83,15</b>	<b>117,07</b>	<b>120,93</b>	<b>1179,6</b>

Figura 29-Tabella Pivot riassuntiva dei prodotti rilevati

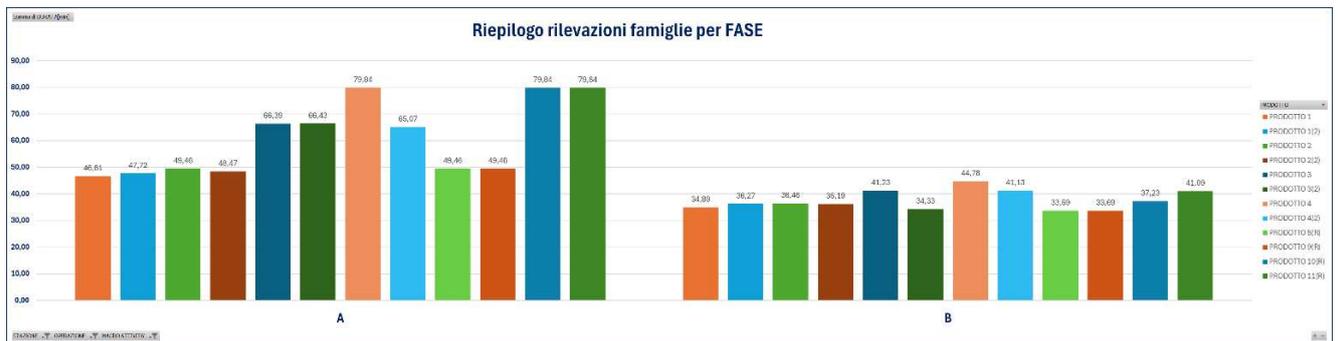


Figura 30-Grafico Pivot riassuntivo dei prodotti rilevati

In questo grafico possiamo osservare 12 prodotti dato che per le prime quattro famiglie sono state svolte delle rilevazioni aggiuntive per i corrispettivi modelli in similinox, che infatti sono denominate con il corrispettivo (2).

## 6. BILANCIAMENTO

Il bilanciamento della linea si riferisce al processo di distribuzione uniforme delle attività lavorative o dei carichi di lavoro lungo una catena di montaggio o di produzione per garantire che ciascuna postazione di lavoro funzioni in modo efficiente senza causare colli di bottiglia o ritardi. L'obiettivo principale del bilanciamento della linea è ridurre al minimo i tempi di inattività e mantenere un flusso di lavoro coerente da una stazione a quella successiva.

Principi di bilanciamento della linea

Il bilanciamento delle linee è guidato da diversi principi chiave:

### 1. Equilibrio della postazione di lavoro:

La distribuzione del lavoro dovrebbe essere tale che ciascuna postazione di lavoro richieda all'incirca la stessa quantità di tempo per completare i propri compiti. Questo equilibrio garantisce che nessuna postazione di lavoro diventi un collo di bottiglia, rallentando l'intero processo produttivo.

### 2. Tempo di ciclo:

Il tempo di ciclo si riferisce al tempo necessario per completare un prodotto o un'unità in ciascuna stazione di lavoro. Il bilanciamento della linea implica la regolazione dei tempi di ciclo nelle diverse postazioni di lavoro per raggiungere la velocità di produzione desiderata.

### 3. Compatibilità della stazione di lavoro

I compiti assegnati a ciascuna postazione di lavoro dovrebbero essere compatibili con le competenze e le capacità dei lavoratori ivi dislocati. Ciò garantisce che i lavoratori possano svolgere in modo efficiente i compiti assegnati.

### 4. Minimizzazione dei tempi di inattività

Il bilanciamento delle linee mira a ridurre al minimo i tempi di inattività nelle postazioni di lavoro. Il tempo di inattività si verifica quando una workstation termina le proprie attività prima degli altri, causando ritardi e inefficienze.

## **5. Miglioramento continuo**

Il bilanciamento delle linee non è un'attività una tantum; è un processo continuo che richiede un monitoraggio e un adeguamento continui per adattarsi alle mutevoli esigenze di produzione e al miglioramento dell'efficienza. [8]

## **6.1 VANTAGGI BILANCIAMENTO LINEA**

Un efficace bilanciamento della linea offre numerosi vantaggi alle organizzazioni:

### **1. Maggiore efficienza**

Linee di produzione bilanciate operano alla massima efficienza, con tempi di inattività minimi e un flusso di lavoro regolare. Ciò si traduce in una maggiore produttività e in tempi di consegna ridotti.

### **2. Riduzione dei costi**

Operazioni efficienti portano a costi di produzione inferiori. La riduzione dei tempi di inattività e il miglioramento della produttività contribuiscono al risparmio sui costi.

### **3. Qualità migliorata**

Le linee bilanciate riducono il rischio di sovraccaricare i lavoratori o le attrezzature, il che può portare a errori e difetti. Di conseguenza, la qualità del prodotto migliora.

### **4. Flessibilità migliorata**

Le linee bilanciate sono più adattabili ai cambiamenti nel volume di produzione o nel mix di prodotti. Possono adattarsi rapidamente ai cambiamenti della domanda senza interruzioni significative.

### **5. Morale dei dipendenti**

Linee equilibrate creano un carico di lavoro più prevedibile e gestibile per i dipendenti, portando a una maggiore soddisfazione e morale sul lavoro.

### **6. Maggiore produttività**

Il bilanciamento della linea può aumentare significativamente la produttività, consentendo alle organizzazioni di produrre più unità nello stesso lasso di tempo.

## **7. Ridurre lo spreco di attesa**

Lo spreco di attesa è uno degli 8 tipi di spreco della produzione Lean. Si riferisce a qualsiasi tempo inattivo che si verifica quando le operazioni non sono completamente sincronizzate

## **8. Ridurre gli sprechi d'inventario**

Lo spreco dovuto alle scorte è un altro tipo di spreco. Corrisponde ad un eccesso di materie prime, lavori in corso (prodotti non finiti) o prodotti finiti. Questo spreco indica l'allocazione inefficiente del capitale.

## **6.2 SFIDE E CONSIDERAZIONI**

Sebbene il bilanciamento della linea offra vantaggi significativi, le organizzazioni potrebbero incontrare sfide durante l'implementazione:

### **1. Processi complessi**

Nelle industrie con processi di produzione complessi e diversificati, raggiungere il bilanciamento della linea può essere difficile. Alcune attività potrebbero richiedere più tempo o risorse rispetto ad altre, complicando il processo di bilanciamento.

### **2. Cambiamenti nella domanda**

Le fluttuazioni nella domanda dei clienti possono interrompere le linee equilibrate. Le organizzazioni devono essere pronte a modificare la linea secondo necessità per accogliere i cambiamenti nel volume di produzione o nel mix di prodotti.

### **3. Competenze del lavoratore**

Il bilanciamento delle linee si basa sulle competenze e sulle capacità dei lavoratori. Se i lavoratori hanno livelli di competenza diversi, ciò può influire sulla capacità di distribuire uniformemente le attività.

### **4. Limitazioni dell'attrezzatura**

Anche la capacità e le capacità delle apparecchiature possono influire sul bilanciamento della linea. Le organizzazioni potrebbero dover investire in attrezzature o tecnologie aggiuntive per raggiungere l'equilibrio.

## **5. Manutenzione e tempi di inattività**

La manutenzione e i tempi di inattività imprevisti possono compromettere l'equilibrio di una linea di produzione. Le organizzazioni devono disporre di piani di emergenza per affrontare tempestivamente questi problemi.

Per andare ad ottenere il bilanciamento delle linee si può far affidamento a queste soluzioni:

### **1. Calcolare il Takt time**

Poiché l'obiettivo del bilanciamento della linea è quello di far corrispondere il tasso di produzione al tempo di prelievo, essere consapevoli del vostro tempo di prelievo è essenziale.

### **2. Eseguire studi sul tempo di produzione per ogni sotto processo**

L'obiettivo di questi studi è di stabilire il tempo necessario per completare ogni compito lungo una linea di produzione. In altre parole, si vuole scoprire quanto tempo gli impiegati e le macchine passano su ogni parte di un processo.

Questo è possibile farlo con un cronometro e un block-notes o in un'azienda più strutturata con una variegata gamma di strumenti digitali in ottica industria 4.0.

### **3. Identificare i colli di bottiglia e la capacità in eccesso**

Dalla fase precedente è possibile ricavare:

- quali parti del processo stanno impiegando più tempo del takt time. Il superamento del takt time significa consegne tardive, costi di spedizione elevati o clienti insoddisfatti.
- Quali parti stanno impiegando *meno* tempo del takt time. Anche questa non è una buona condizione in quanto c'è un eccesso di capacità in quei punti.

### **4. Riallocare le risorse**

Iniziare a considerare la precedenza dei compiti, che è la sequenza in cui i compiti devono essere eseguiti. [9]

## 6.3 METODI PER IL BILANCIAMENTO

Il bilanciamento della linea di assemblaggio (single assembly line balancing problem – SALBP). Questo consiste nell'assegnare a ciascuna delle varie stazioni un insieme di task in maniera tale che siano rispettati i vincoli espressi dal diagramma delle precedenze e che la somma dei tempi richiesti per portare a termine i diversi task (carico di lavoro della stazione) non superi il tempo ciclo definito. Il bilanciamento di una linea può avere come obiettivo quello di minimizzare il numero di stazioni noto il tempo ciclo, si parla in questo caso di SALBP-1. Questo viene applicato in fase di progettazione di una nuova linea di cui si conosce la domanda di mercato. Alternativamente il bilanciamento può avere come obiettivo quello di minimizzare il tempo ciclo della linea noto il numero di stazioni, si parla in questo caso di SALBP-2. Questo viene applicato ad esempio quando si vuole aumentare la produttività di una linea già esistente. I dati in input fondamentali quando si affronta il problema del bilanciamento di una linea di assemblaggio sono i seguenti:

- il numero di task che fanno parte del ciclo di lavorazione e la durata di ciascuno di essi;
- il diagramma delle precedenze tecnologiche tra i vari task;
- il tempo ciclo della linea di assemblaggio, o in alternativa il numero di stazioni a seconda del tipo di SALBP.

I metodi esistenti per risolvere il problema del bilanciamento sono di due tipologie, gli approcci cosiddetti euristici e quelli risolvibili attraverso la programmazione lineare.

### **Approcci euristici per il bilanciamento**

Queste tecniche permettono di ottenere una soluzione accettabile in tempi rapidi, ripetendo una serie di step decisionali in base ad una regola precisa. È bene precisare che la soluzione trovata rappresenta sempre una soluzione fattibile, ma non necessariamente la migliore possibile. Si presentano ora i principali approcci euristici

### ***Largest candidate rule (LCR)***

**Step 1:** i vari task vengono ordinati in maniera decrescente in funzione della loro durata  $t_i$ .

**Step 2:** in base al diagramma delle precedenze si assegna alla prima stazione il task avente una durata maggiore.

**Step 3:** si assegna il task successivo in ordine di durata se e solo se la somma dei vari  $t_i$  è inferiore al tempo ciclo  $T_c$ .

Se questa condizione non è verificata, si apre una nuova stazione, e il processo ricomincia.

### ***Ranked positional weights method (RPW)***

**Step 1:** si calcola per ogni task un punteggio dato dalla somma della durata  $t_i$  del task che si sta considerando e delle durate  $t_j$  dei task che lo succedono sulla base del diagramma delle precedenze.

$$RPW_j = t_j + \sum th$$

con  $RPW_j$  che rappresenta il punteggio associato al task  $j$ , con  $t_j$  che rappresenta la durata di ogni task, con  $S_j$  l'insieme di tutti i task che succedono al task  $j$  e con  $th$  che rappresenta la durata del task  $h$  appartenente all'insieme dei successori del task  $j$

**Step 2:** in base al diagramma delle precedenze si assegna alla prima stazione il task avente un punteggio maggiore.

**Step 3:** si assegna il task successivo in ordine di punteggio se e solo se la somma dei vari  $t_i$  è inferiore al tempo ciclo  $T_c$ . Se questa condizione non è verificata, si apre una nuova stazione, e il processo ricomincia. [10]

Infine, si calcola l'efficienza in base al bilanciamento scelto

### ***Kilbridge and Wester's method (1961)***

**Step 1:** si struttura il diagramma delle precedenze a livelli, in maniera tale che ciascun livello sia composto da tutti quei task che hanno almeno un predecessore al livello precedente (ad esempio il livello 1 sarà composto da tutti quei task privi di predecessori, mentre il livello 2 sarà composto da tutti quei task con predecessori di livello 1).

**Step 2:** si assegnano prima i task appartenenti al livello più basso, scegliendo a parità di livello quelli con la durata  $t_i$  maggiore

**Step 3:** si assegnano tutti i task di un certo livello, ed una volta esauriti si passa al livello seguente. Se la somma dei vari  $t_i$  è maggiore al tempo ciclo  $T_c$ , si apre una nuova stazione. La bontà della soluzione trovata utilizzando gli euristici appena descritti può essere valutata attraverso l'efficienza del bilanciamento:

$$EFF = \frac{\sum Task\ time}{k * T_c}$$

## 7. BILANCIAMENTO DELLA LINEA

Dopo la rilevazione dei tempi, si è passati all'analisi dei dati ottenuti. Da questi si è calcolato il volume giornaliero, ovvero le ore giornaliere per prodotto, facendo riferimento al tempo ciclo (TC) rilevato per tutti i prodotti e al numero totale delle quantità dei prodotti per ogni famiglia che sono state prodotte durante il 2023. Successivamente, dopo aver estrapolato dai dati i pezzi prodotti al giorno per tutte le famiglie, dividendo il prodotto tra pezzi/giorno e TC rilevato per 60, si sono ottenute le ore giornaliere per prodotto.

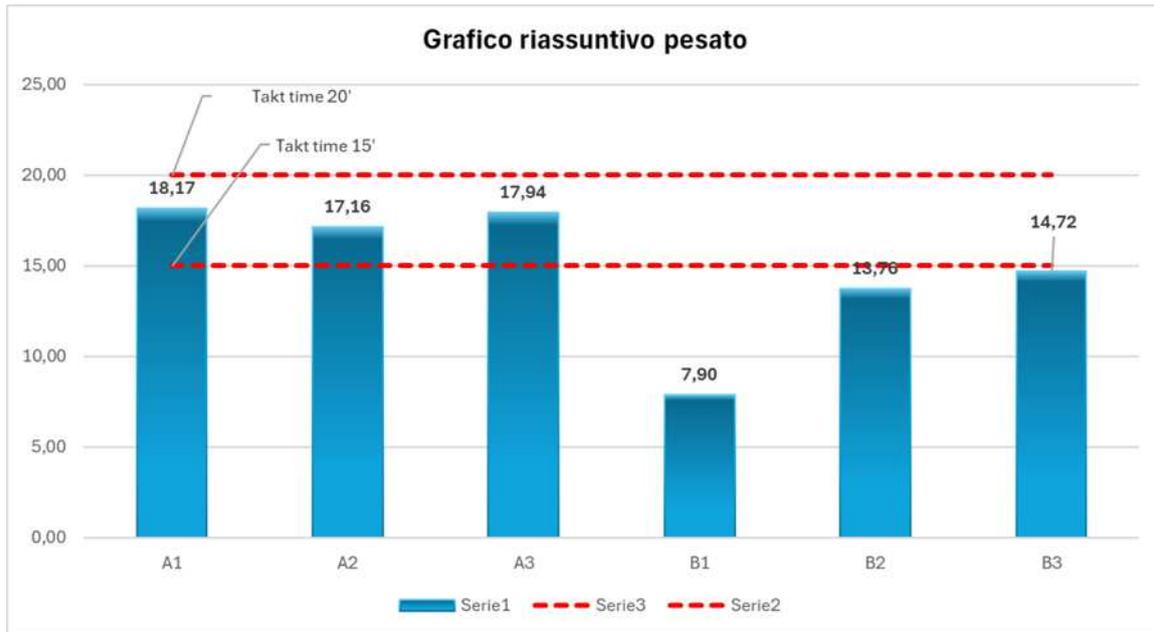
Prodotto	TC rilevato (min)	TC rilevato(Ore)	Somma di Qtà tot 202	Pz/gg	Ore giornaliere per prodotto	% Prodotti lav. Giorn.
prodotto 1	79,2	1,3	1836	8,345	11,02	41,34%
prodotto 2	81,8	1,4	1091	4,959	6,76	25,35%
prodotto 3	101,8	1,7	779	3,541	6,01	22,53%
prodotto 4	113,1	1,9	284	1,291	2,43	9,12%
prodotto 8 R	80,5	1,3	19	0,086	0,21	0,80%
prodotto 9R	80,5	1,3	26	0,118	0,10	0,39%
prodotto 10 R	114,8	1,9	7	0,032	0,06	0,23%
prodotto 11 R	117,8	2,0	35	0,159	0,06	0,23%
		<b>12,8</b>	17	0,077	<b>26,7</b>	<b>100%</b>
			7	0,032		
			7	0,032		

Figura 31-Dati relativi alla linea 215A

Da questi dati si è potuto trovare, attraverso una media ponderata, il tempo ciclo totale del mix di prodotti per la linea 215A, tutto questo riassunto in grafico generale della linea.

	Media ponderata PREBILANCIAMENTO [min]	TT15	TT20
<b>A1</b>	18,17	15	20
<b>A2</b>	17,16	15	20
<b>A3</b>	17,94	15	20
<b>B1</b>	7,90	15	20
<b>B2</b>	13,87	15	20
<b>B3</b>	14,87	15	20

Figura 32-Media ponderata pre-bilanciamento dei prodotti rilevati



*Figura 33-Istogramma della media ponderata pre-bilanciamento*

In questo grafico possiamo osservare le due stazioni, Iniezione e Assemblaggio, con il relativo tempo ciclo, ovvero una media ponderata di tutti i TC delle famiglie rilevate, con l'aggiunta del Takt time di 15 e 20 minuti. Questi sono i ritmi che si vorrebbero adottare per la linea per le rispettive stazioni. Da questo si è potuto iniziare l'attività di bilanciamento della linea.

L'attività di bilanciamento è stata portata avanti osservando principalmente la stazione B (Assemblaggio), dove, dal grafico esposto in precedenza, si può osservare che la stazione dell'assemblaggio non è bilanciata perfettamente: le tre postazioni, B.1, B.2 e B.3, hanno tempi che si discostano notevolmente tra di loro.

Dopo aver analizzato nel dettaglio tutte le attività elencate, si è ipotizzato di dover spostare alcune attività appartenenti a B.3 nella postazione B.1, che ha una durata minore.

B	B.1	B.1.4	47	trascinare scocca sulla rulliere manualmente	292	4,52	4	52	13	0,22	mov comp
B	B.1	B.1.4	48	posizionare ribaltatore in avanti	305	5,05	5	5	8	0,13	mov att
B	B.1	B.1.4	49	posizionare frigo sul ribaltatore	313	5,13	5	13	8	0,13	mov comp
B	B.1	B.1.4	50	prendere supporto ribaltamento	321	5,21	5	21	6	0,10	mov att
B	B.1	B.1.4	51	inserire supporto ribaltamento (solo per i700 monoporta)	327	5,27	5	27	8	0,13	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	52	movimento per prendere base imballo	335	5,35	5	35	2	0,03	mov att
B	B.1	B.1.4	53	prendere base imballo	337	5,37	5	37	6	0,10	mov att
B	B.1	B.1.4	54	mettere base imballo	343	5,43	5	43	2	0,03	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	55	movimento verso comandi ribaltatore	345	5,45	5	45	29	0,48	mov att
B	B.1	B.1.4	56	avviare ciclo ribaltamento	374	6,14	6	14	8	0,13	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	57	sganciare ribaltatore	382	6,22	6	22	2	0,03	mov att
B	B.1	B.1.4	58	apertura porta	384	6,24	6	24	1	0,02	mov comp
B	B.1	B.1.4	59	prendere c. gommata	385	6,25	6	25	4	0,07	mov comp
B	B.1	B.1.4	60	mettere c. gommata int. al baricentro del frigo ribaltato	389	6,29	6	29	3	0,05	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	61	poggiare c. gommata	392	6,32	6	32	5	0,08	mov comp
B	B.1	B.1.4	62	togliere biadesivo da microporta	397	6,37	6	37	3	0,05	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	63	mettere a 1 tasto del frigo	400	6,4	6	40	3	0,05	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	64	prendi cutter					3	0,05	mov att
B	B.1	B.1.4	65	Si spellicola parte interna ant. Solo in prossimità agganci cremagliera					3	0,05	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	66	Si spellicola parte interna posteriore					63	1,05	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	67	buttare pellicola					2	0,03	pulizia
B	B.1	B.1.4	68	poggiare cutter					3	0,05	mov att
B	B.1	B.1.4	69	movimento verso cremagliere					3	0,05	mov comp
B	B.1	B.1.4	70	prendere 2 cremagliere anteriori e 2 post.					3	0,05	mov comp
B	B.1	B.1.4	71	movimento verso frigo					3	0,05	mov comp
B	B.1	B.1.4	72	fissare crem. Ant.					17	0,28	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	73	prendere martello					6	0,10	mov att
B	B.1	B.1.4	74	utilizzo martello per agganciare					24	0,40	Valore Aggiunto
B	B.1	B.1.4	75	poggiare martello					8	0,13	mov att

Figura 34-Attività di spellicolatura e fissaggio/montaggio cremagliere

Le attività che sono state spostate da B.3 (Pulitura) a B.1 (Assemblaggio componenti) riguardano la spellicolatura interna del frigo e il fissaggio delle cremagliere. Questa soluzione è stata adottata perché si è osservato che l'operatore fa meno fatica nella spellicolatura, dato che nella prima fase dell'assemblaggio il frigorifero è a temperatura ambiente e quindi la pellicola è più facile da togliere. Così, l'operatore della pulitura è stato alleggerito di queste due attività, riuscendo a lavorare più velocemente.

Grazie allo spostamento delle attività e delle durate associate, si è riusciti a teorizzare anche il nuovo tempo ciclo di tutte le famiglie.

	Media ponderata PREBILANCIAMENTO [min]	Media ponderata POSTBIL. TEORICO [min]	TT15	TT20
<b>A1</b>	18,17	18,17	15	20
<b>A2</b>	17,16	17,16	15	20
<b>A3</b>	17,94	17,94	15	20
<b>B1</b>	7,90	9,96	15	20
<b>B2</b>	13,87	13,87	15	20
<b>B3</b>	14,87	12,84	15	20

Figura 35-Media ponderata pre e post bilanciamento teorico dei prodotti rilevati

Nella figura qui esposta, oltre alla media ponderata del pre-bilanciamento, si osserva anche quella del post-bilanciamento. Come si può ben notare, le postazioni B.1 e B.3 sono variate grazie allo spostamento delle attività prima citate. Questo discostamento è visibile nel grafico qui riportato.

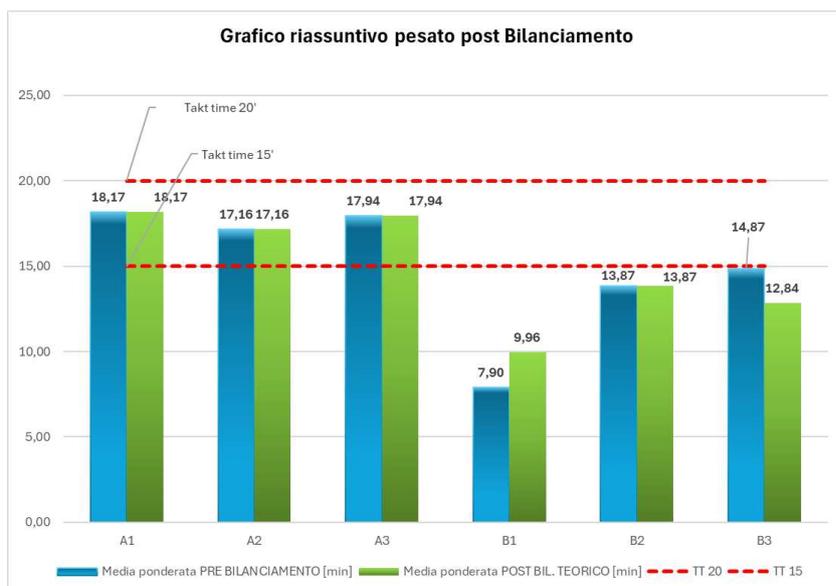


Figura 36-Istogramma della media ponderata pre-post bilanciamento teorico

Dal punto di vista teorico, la postazione di assemblaggio componenti (B.1) è aumentata di circa 2 minuti, mentre la postazione di pulitura (B.3) è diminuita. Questo ha permesso di bilanciare in parte il tempo di tutta la stazione.

## 7.1 TEST BILANCIAMENTO

Dopo aver effettuato tutte le rilevazioni, analizzato i dati e teorizzato un bilanciamento, dal grafico precedente e dai dati da esso derivati, si è deciso di condurre due test di bilanciamento su due prodotti: un 700TN e un 1500TN.

Per ognuno dei due test, è stata creata una tabella per confrontare i tempi rilevati del bilanciamento reale con i corrispettivi tempi del bilanciamento teorico e del pre-bilanciamento (rilevato).

FAMIGLIA 700T							
STAZIONE	OPERAZIONE	RIL	BIL. TEORICO	BIL. REALE	DELTA	PERCENTUALE	TEMPO STD.
A	A1	14,7	14,7	14,7		18%	15,9
	A2	17,0	17,0	17,0		21%	18,4
	A3	14,9	14,9	14,9		18%	16,1
A Totale						0%	
B	B1	7,3	9,8	10,4	0,67%	9%	7,9
	B2	12,9	12,9	12,7	-0,2%	16%	13,9
	B3	14,6	12,1	11,5	-0,6%	18%	15,8
B Totale							
Totale complessivo		81,35	81,3	81,2		100%	88

Figura 37-Tabella riassuntiva dei tempi della famiglia 700TN

### FAMIFLJA 1500 TN

STAZIONE	OPERAZIONE	RIL	BIL. TEORICO	BIL. REALE	DELTA	PERCENTUALE	TEMPO STD.
A	A.1	27,8	27,8	27,8		26%	38,3
	A.2	14,5	14,5	14,5		13%	20,0
	A.3	24,1	24,1	24,1		22%	33,3
A Totale							
B	B.1	8,6	12,5	15,4	3%	8%	11,8
	B.2	14,7	14,7	15,7	1%	14%	20,2
	B.3	18,0	14,1	13,1	-1%	17%	24,8
B Totale							
Totale complessivo		107,6	107,6	110,2		100%	148,5

Figura 38-Tabella riassuntiva dei tempi della famiglia 1500TN

In queste due tabelle, oltre ai tempi rilevati, sono state aggiunte delle colonne con nuovi dati. Si può notare la colonna "Delta", in cui viene riportata la differenza fra il tempo del bilanciamento teorico e quello del bilanciamento reale, per i quali la differenza è pressoché minima. Oltre alla colonna "Delta", è presente una colonna contenente il tempo standard riportato a distinta base, ovvero il tempo stimato dall'UTEC (Ufficio Tecnico) per la produzione del manufatto. Tramite una proporzione con il tempo rilevato, si ricava il tempo standard di tutte le postazioni.

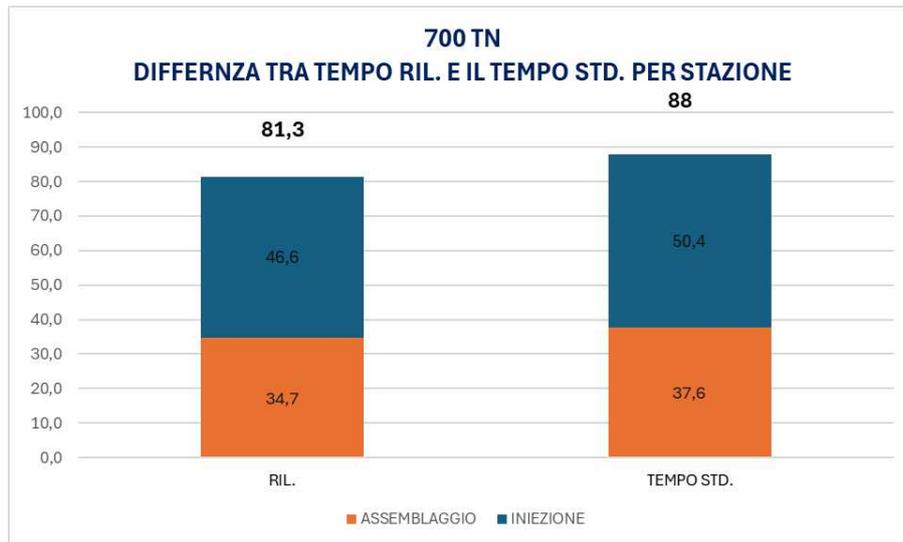
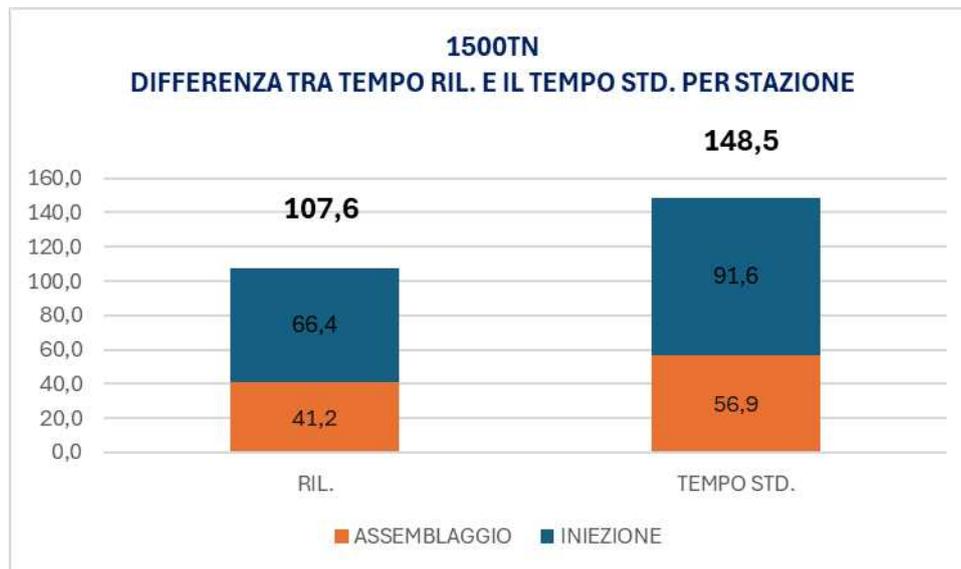


Figura 39-Grafico della differenza fra il tempo rilevato e il tempo standard(700TN)



*Figura 40-Grafico della differenza fra il tempo rilevato e il tempo standard(1500TN)*

In questi due grafici si può osservare il confronto fra il tempo standard e il tempo effettivamente rilevato, nonché le differenze fra la stazione dell'iniezione (colore blu) e quella dell'assemblaggio (colore arancione). Si può notare una lieve differenza di tempo, di circa 7 minuti, per il 700TN e una differenza notevole per il 1500TN, di circa 40 minuti. Questo porta a supporre che l'UTEC (Ufficio Tecnico) ha ottenuto questi tempi attraverso particolari considerazioni tecniche, ma i tempi effettivi per produrre queste tipologie di frigoriferi, ad oggi, sono quelli riportati.

Di seguito sono riportati i due grafici complessivi della stazione B (Assemblaggio) per i due test effettuati.



Figura 41-Grafico riassuntivo del bilanciamento della famiglia 700TN

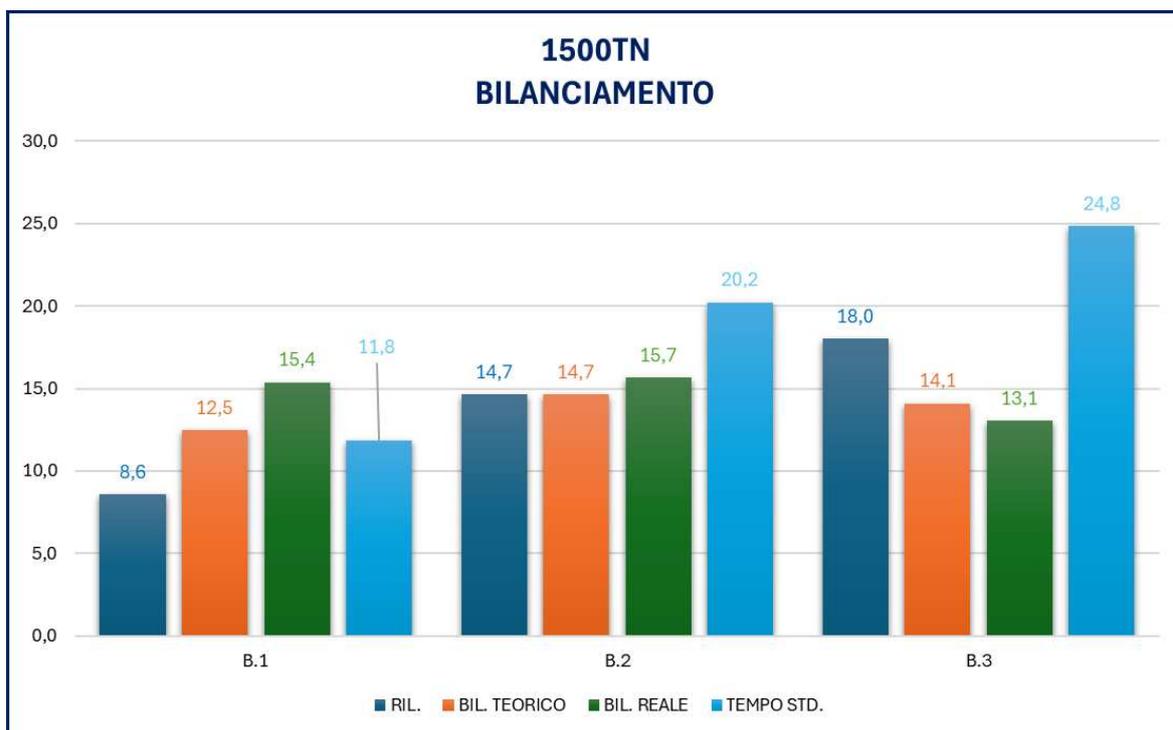


Figura 42-Grafico riassuntivo del bilanciamento della famiglia 1500TN

Questi istogrammi sono costituiti da quattro colonne:

1. Tempo rilevato (colonna blu)
2. Bilanciamento teorico (colonna arancione)
3. Bilanciamento reale, ovvero quello rilevato nei test (colonna verde)
4. Tempo standard (colonna celeste)

Da questi risultati si è arrivati a un'altra conclusione:

- I. Osservando le colonne verdi, si può concludere che, avendo spostato le attività di spellicolatura, fissaggio e montaggio delle cremagliere, si è arrivati a una prima forma di bilanciamento della stazione, dato che il tempo rilevato dai due test non si discosta molto da quello teorizzato.
- II. L'immagine riporta il confronto fra il tempo pre-bilanciamento e quello post-bilanciamento, evidenziando per entrambi i modelli soggetti al test la nuova postazione che rappresenta il nuovo collo di bottiglia, ovvero il tempo più elevato che detta la ciclicità.

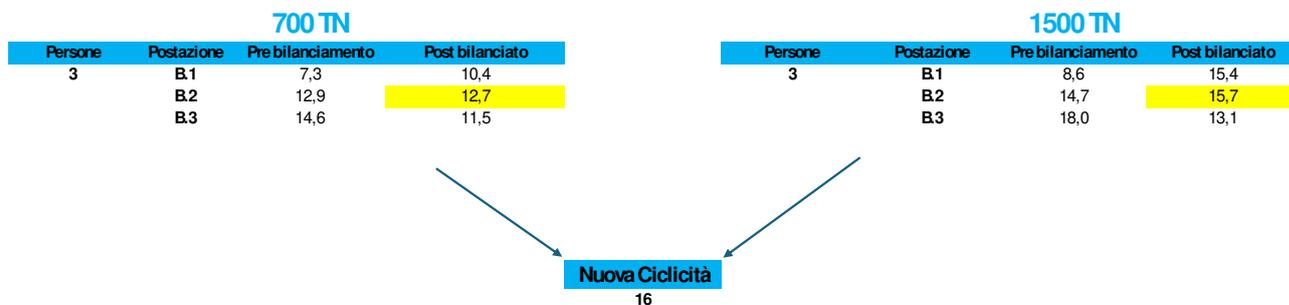


Figura 43-Nuova ciclicità della linea 215A

Dai risultati ottenuti, per raggiungere un'efficienza superiore al 100%, la nuova ciclicità della stazione di assemblaggio, che opera con 3 operatori, deve essere ridotta da 20 minuti a 16 minuti.

## 8. VALUE STREAM MAP

La Value Stream Mapping è un metodo di visualizzazione grafica che fonda le proprie radici nella filosofia produttiva di Toyota. Negli anni '80 ai vertici della casa automobilistica giapponese si decise ad attuare una politica di abbattimento degli sprechi nei processi produttivi. Nacque la VSM la cui traduzione letterale è Mappatura della Catena del Valore.

Questo strumento permise di prevenire ogni tipo di spreco, con la conseguenza di non togliere valore al prodotto finito aumentando in modo esponenziale l'efficienza.

Per Value Stream si intende la mappatura grafica di tutto quell'insieme di processi ed attività che concorrono alla realizzazione di un prodotto, partendo direttamente dal fornitore, passando per tutta la catena di montaggio fino alla consegna del prodotto finito

Il presupposto sul quale basare l'analisi della catena del valore non è il miglioramento del singolo processo, ma l'ottimizzazione globale e continua.

Le peculiarità della mappatura del processo sono due:

- **Current State Map:** descrive la situazione del prodotto nel flusso del valore.
- **Future State Map:** indica il modo in cui si vuole vedere il prodotto all'interno del flusso di valore

La Value Stream Mapping si basa su una filosofia di continuo miglioramento che tende ad un lead-time talmente tanto ridotto, da attivare il processo produttivo soltanto quando si ha la richiesta da parte del cliente; tutto questo è possibile attraverso tempi di set-up praticamente nulli. L'analisi continua del processo permette, partendo da un progetto di miglioramento VSM, di perfezionare nel tempo la VSM stessa e di eliminare tutto ciò che non rappresenta valore aggiunto al prodotto finito

- **Mappatura dello stato attuale (*Current State Map*)**

La mappatura del flusso delle informazioni permette la definizione della Time Line sotto forma di linea tracciata sotto i process box e sotto i triangoli delle scorte per definire il Lead Time della produzione, cioè il tempo impiegato dal pezzo per attraversare la fabbrica. Inoltre, consente di stabilire i collegamenti esistenti tra le

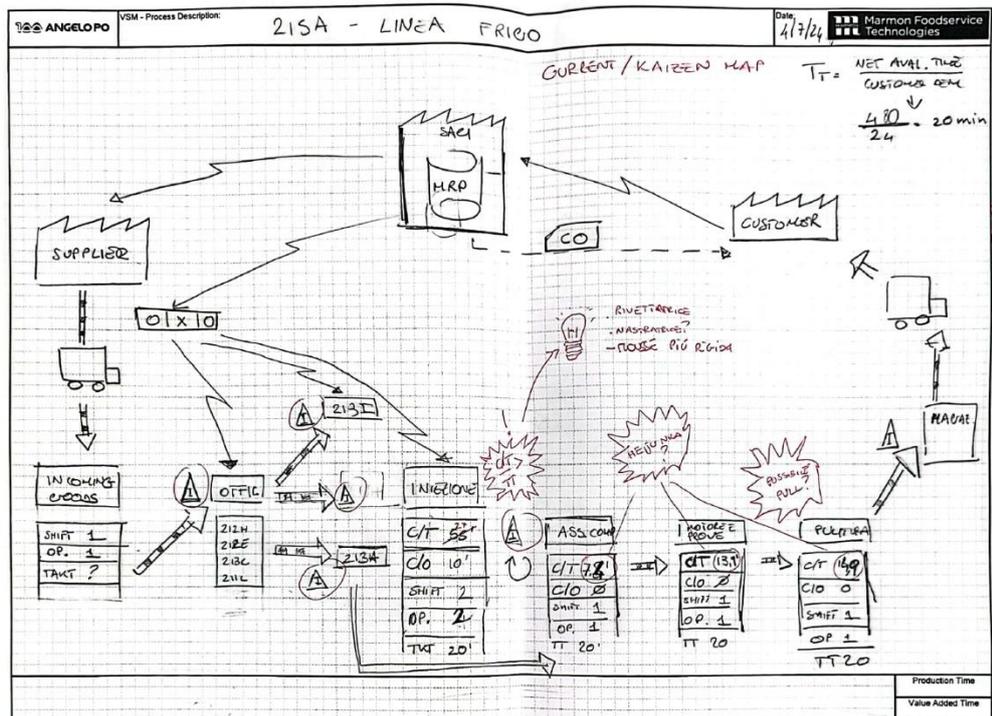
aree clienti, fornitori, processi produttivi, programmazione della produzione e supervisione della produzione dell'intero sistema aziendale

- **Mappatura dello stato futuro**

La mappatura dello stato futuro parte dall'analisi della Current State Map dalla quale si cerca di individuare ogni imperfezione nel flusso di valore andando a modificare parametri indicativi, ai fini di ottimizzare l'affidabilità del processo. Vengono analizzati parametri come:

- Tempi di set up
- Quantità di scorte
- Affidabilità delle macchine
- Takt Time e Pitch

Finita l'analisi si procederà a produrre una seconda mappa, che avrà in meno i difetti della prima, la Future state map. Il fine ultimo di questo processo sarà quello di avere un flusso teso ed equilibrato che possa andare incontro alle esigenze del cliente finale con grande velocità ed efficienza senza penalizzare la produzione e il fatturato dell'azienda.



Scansionato con CamScanner

Figura 44-Current&Kaizen state map

Nell'immagine si può osservare la Value Stream Map corrente, integrata con la Kaizen Stream Map, tracciata per illustrare il flusso del valore della linea 215 A all'interno dell'azienda. La mappa riporta tutti i dati relativi alle varie stazioni, ovvero:

- Takt time
- Tempo ciclo (C/T)
- Tempo di changeover (C/O)
- Numero di operatori assegnati alla stazione/postazione (OP.)
- Turno (Shift)

Inoltre, l'immagine mostra le idee Kaizen associate alle varie stazioni, mirate a migliorare il flusso di produzione. Conoscendo il flusso del valore, è stato possibile gettare le basi per alcune proposte migliorative, che vengono spiegate nel paragrafo seguente. [11]

## 9. PROPOSTE MIGLIORATIVE

In questo capitolo verranno esposte alcune idee migliorative per i prodotti e per la linea, che sono state individuate nel corso del tirocinio.

### 9.1 HEIJUNKA

Heijunka è un metodo Lean per ridurre l'irregolarità in un processo di produzione e con essa la possibilità di sovraccarico. Il termine Heijunka viene dal giapponese e significa letteralmente 'livellamento'.

Implementando Heijunka, è possibile interrompere la produzione di lavoro in lotti e avviare l'elaborazione degli ordini in base alla domanda del cliente. Questo permetterà di ridurre i costi di inventario poiché si avrà un minor numero di merci in attesa di essere acquistato quando il volume degli ordini è basso.

D'altra parte, il processo e il team saranno protetti dal sovraccarico quando la domanda crea dei picchi poiché produrrà il valore solo in base al Takt dell'azienda, o in altre parole, al tasso di vendita media.

Gli obiettivi dell'Heijunka sono:

- 1. Livellamento della Produzione:** L'Heijunka mira a distribuire uniformemente il volume e la varietà della produzione su un determinato periodo. Invece di produrre in grandi lotti, l'Heijunka promuove un programma di produzione più costante, che aiuta a gestire le fluttuazioni della domanda.
- 2. Riduzione degli Sprechi (Muda):** Livellando la produzione, l'heijunka riduce la sovrapproduzione, i tempi di attesa e l'inventario, che sono tipi chiave di sprechi nella produzione snella.
- 3. Miglioramento della Flessibilità e della Reattività:** Permette a un sistema di produzione di essere più reattivo ai cambiamenti della domanda dei clienti senza ritardi significativi o sovraccarico del sistema.

Heijunka consente di produrre e fornire valore al cliente a un ritmo costante in modo da poter reagire alle fluttuazioni in base alla domanda media. A tal fine, il metodo ha due modi di livellare la produzione:

1. Per volume
2. Per tipo

### **LIVELLAMENTO PER VOLUME**

Una volta stabilito un flusso di lavoro continuo, si deve interrompere il lavoro di elaborazione in lotti al fine di produrre solo ciò che è stato ordinato e mantenere bassi i costi di inventario.

Detto in parole povere, Lean indica che si dovrebbe iniziare un nuovo lavoro solo quando arriva un ordine. Tuttavia, questa potrebbe non essere un'opzione pragmatica nelle aziende con un flusso costante di nuovi ordini e che devono solo adattare il loro flusso di lavoro per soddisfare la domanda.

Heijunka consente, quindi, di livellare la produzione in base al volume medio di ordini che si riceve.

### **LIVELLAMENTO PER TIPO**

Heijunka è applicabile anche se si gestisce un portfolio di prodotti. Consente di livellare la produzione in base alla domanda media di ciascun prodotto nel portfolio e organizzare il lavoro intorno ad esso.

Il principio rimane lo stesso, si crea una quantità sufficiente di ogni bene per soddisfare la domanda media del cliente per il portfolio di prodotti.

I vantaggi della metodologia **Heijunka** sono i seguenti:

- **Flessibilità:** si può consegnare ai clienti quota parte della produzione fin da subito, senza aspettare che finisca la produzione del codice precedente
- **Stabilità:** il mix è ripetitivo e quindi la produzione è stabile
- **Prevedibilità** [12]

### 9.1.1 HEIJUNKA BOX

La lavagna Heijunka (o Heijunka Box, o Heijunka Board) è un tabellone che favorisce il controllo visuale e regola il ritmo di produzione.

Nella griglia, generalmente le colonne (verticali) rappresentano unità di tempo (dai giorni della settimana, all'unità di tempo necessaria alla realizzazione di un singolo prodotto) e le righe (orizzontali) identificano la tipologia di prodotto.

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
Product A	A	A	A	A	A	A	A
Product B	B	B	B	B	B	B	B
Product C	C		C			C	
Product D	D	D		D			D
Product E		E			E		

Figura 45-Heijunka Box

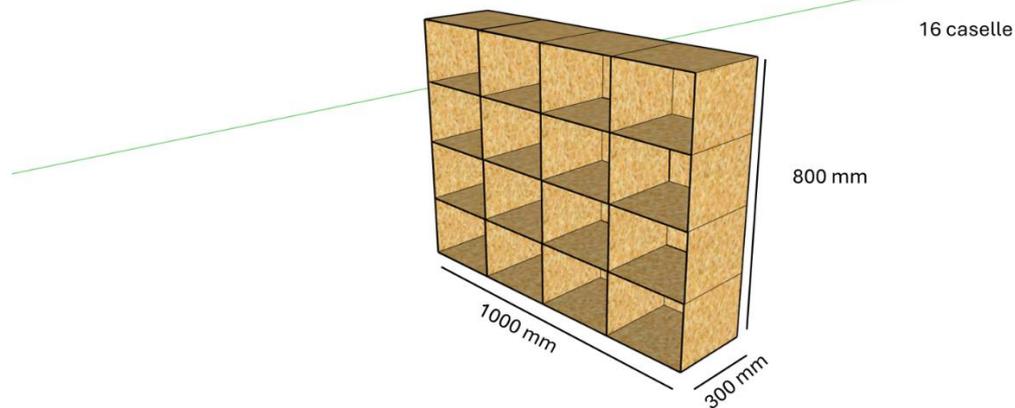
La Heijunka Box è ispirata dal *takt time*. Oltre a ritmare il lavoro degli operatori secondo le necessità del cliente, consente ai responsabili di rilevare con grande facilità eventuali ritardi o colli di bottiglia. [13]

Il muda evidenziato sulla linea, per quanto riguarda la stazione (B) dell'assemblaggio, è rappresentato dall'attesa dei cruscotti.

Per contrastare questo problema, potrebbe essere utile realizzare un Kanban post in truciolato marino, ovvero uno scaffale con 16 ripiani, uno per ogni tipo di cruscotto utilizzato. Su ogni ripiano saranno inseriti dei cartellini Kanban per richiedere i cruscotti mancanti.

## KANBAN POST

SketchUp



*Figura 46-Modello di un kanban post*

## 9.2 RIVETTATRICE

Nella stazione di iniezione non è stato possibile applicare una forma di bilanciamento delle attività, poiché ogni postazione svolge fasi pressoché propedeutiche e parallele. Tuttavia, dalla stesura delle attività per ogni postazione è evidente che l'attività che si ripete ciclicamente e con maggiore frequenza è quella della rivettatura.

Per ovviare a questo inconveniente, una possibile soluzione è l'adozione di una rivettatrice automatica, che potrebbe velocizzare significativamente l'attività, oppure l'utilizzo di una rivettatrice elettrica.



*Figura 47-Rivettatrice Automatica    Figura 48-Elettrica*

Queste tipologie di rivettatrici offrono numerosi vantaggi dal punto di vista ergonomico e pratico. Ad esempio, la rivettatrice elettrica è maneggevole e leggera, il che la rende più facile da utilizzare rispetto alla rivettatrice pneumatica ad aria compressa.

Pertanto, l'adozione di una rivettatrice elettrica o automatica potrebbe rappresentare una soluzione più efficiente rispetto all'attuale rivettatrice pneumatica.

### **9.3 PANNELLO IN GOMMA MOUSSE**

Nella stazione dell'iniezione, prima che il mobile venga inserito nella pressa, viene applicato un pannello in gomma mousse. Questa gomma espansa a cellule chiuse è ottenuta dalla spaccatura di blocchi ed è nota per la sua leggerezza e morbidezza, rendendola adatta a vari impieghi, tra cui isolamento termico e acustico, confezionamento, idraulica, industria e hobbistica.

Il problema riscontrato dagli operatori è la difficoltà nella spellicolatura di questo pannello, che, essendo molto sottile, flessibile e viscoso, tende a rompersi durante il processo di spellicolatura e affissione.



*Figura 49-Pannello in gomma mousse*

er ridurre questo inconveniente, potrebbe essere utile realizzare un prototipo di mousse più rigida, con uno spessore maggiore e dimensioni adeguate, ma che rispetti le caratteristiche necessarie per il successivo fissaggio del motore e non comporti problemi termodinamici.

#### **9.4 MUDA-DOWNTIME**

Nella Lean Manufacturing è importante individuare gli sprechi (MUDA) per produrre meglio, con costi contenuti, dunque ottenere valore, sia per il cliente che per l'azienda. Esistono sette fonti di spreco, inteso come qualsiasi forma di utilizzo di risorse non finalizzate alla generazione di valore. Per elencarli si utilizza un acronimo interessante DOWNTIME, ovvero tempo di inattività.

Nel dettaglio:

1. **Defects (Difetti):** i prodotti difettosi portano a rilavorazione, quando non ad eliminazione del prodotto stesso; nell'uno e nell'altro caso essi comportano un ulteriore impiego di tempo, e di materiale, che avrebbero potuto essere risparmiati. In alcuni casi, quando il prodotto difettoso arriva al cliente, bisogna considerare

anche l'insoddisfazione di quest'ultimo e, a volte, anche un danno d'immagine per l'azienda. I difetti sono imputabili a diverse cause:

- Scarsi livelli di controllo della qualità
- Poca, errata o assente manutenzione, o errata riparazione, delle macchine
- Mancanza di adeguata documentazione
- Mancanza di standard di processo
- Scarsa conoscenza dei gusti e delle esigenze del cliente

**2. Overproduction (Sovrapproduzione):** la sovrapproduzione è spesso causata dal mancato rispetto delle richieste dei processi a valle, andando avanti senza che effettivamente ci sia bisogno di nuovi prodotti. In questo modo si crea un eccesso di Work in progress che va ad ingolfare tutto il flusso di lavoro oltre che impiegare risorse non necessarie per quel dato compito e in quel dato momento. Questo carico ulteriore di lavoro comporta difficoltà nell'evidenziare eventuali difetti e difficoltà nella gestione degli stessi.

**3. Waiting (tempi di attesa):** i tempi di attesa creano importanti rallentamenti della produzione e possono riguardare sia persone che materiali e/o attrezzature. Si pensi alle attese dovute a riparazioni troppo lunghe, alla mancata disponibilità di materiali o a ritmi di lavoro dilatati per qualsivoglia causa. Non rispettare i tempi del normale flusso di lavoro comporta l'aumento dei costi sia in termini di tempo che di denaro (spedizioni ripianificate o scarsa quantità di tempo da dedicare al controllo qualità, quindi difetti e tutto ciò che questa catena di possibilità comporta). Strumenti come il takt time, la Value Stream Map, le 5S, e più in generale il flusso di lavoro standardizzato, possono aiutare a limitare i danni da attesa non necessaria.

**4. Not utilizing talent (Talenti non utilizzati):** questo è l'unico ambito, anche l'ottavo aggiuntosi in seguito, che non riguarda direttamente la produzione. Spreco in questo caso vuol dire soprattutto incapacità del management di utilizzare al meglio le risorse

umane a disposizione, non comprendendone appieno capacità, potenzialità e talenti.

Le cause possono essere diverse e fra queste:

- Scarsa comunicazione
- Cattiva gestione
- Scarsa o assente formazione
- Assenza di adeguata politica di Human Resources Management
- Assenza di coinvolgimento del personale nei diversi progetti

**5. Transportation (Trasporto):** gli sprechi da trasporto, in genere individuabili in eccessiva movimentazione di materiali e/o merci, sono dovuti a inadeguata strutturazione del layout di produzione, a una errata progettazione del sistema o a flussi di processo non allineati, quindi al mancato coordinamento tra reparti e operazioni. Anche in questo caso si registrano perdite economiche, perdite di tempo e anche di risorse che non riescono a ottimizzare il proprio lavoro.

**6. Inventory (Inventario):** la detenzione di un inventario comporta chiaramente un impiego di risorse, di tempo e di costi. Gli sprechi d'inventario si verificano alla presenza di una cattiva gestione degli acquisti, un'errata previsione e pianificazione, che, a loro volta, possono creare sovrapproduzione, sia di prodotti finiti che di parti di lavorazione, e relativi problemi di stoccaggio in termini di spazio e di costi.

**7. Not utilizing talent (Talent non utilizzati):** questo è l'unico ambito, anche l'ottavo aggiuntosi in seguito, che non riguarda direttamente la produzione. Spreco in questo caso vuol dire soprattutto incapacità del management di utilizzare al meglio le risorse umane a disposizione, non comprendendone appieno capacità, potenzialità e talenti.

Le cause possono essere diverse e fra queste:

- Scarsa comunicazione
- Cattiva gestione
- Scarsa o assente formazione

- Assenza di adeguata politica di Human Resources Management
- Assenza di coinvolgimento del personale nei diversi progetti

Per seguire la filosofia della Marmon riguardo al Downtime, ovvero evitare i tempi di inattività andando ad eliminare, dove vi si presentano, gli sprechi è stata creata una tabella.

<b>DEFECTS</b>	
<b>OVERPRODUCTION</b>	
<b>WAITING</b>	Attesa cruscotti Attesa pulsanti Attesa operatore
<b>NOT UTILIZING TALENT</b>	Intensificare coinvolgimento nei progetti con gli operatori (non che non ci sia)
<b>TRANSPORTATION</b>	Prendere tanspallet per spostare i frigoriferi nella zona pulitura A causa della mancanza dei cruscotti, l'op. costretto ad andare nel reparto kit cruscotti a prelevare un cruscotto
<b>INVENTORY</b>	mancanza di componenti per il reparto kit cruscotti, e ritardo nella consegna alla linea dei cruscotti
<b>MOTION</b>	Montare cruscotto o pulsante mancante
<b>EXCESS PROCESSING</b>	Linea che non scorre ogni 20 minuti

*Figura 50-Tabella del Downtime*

L'obiettivo di questa tabella è mappare tutti gli sprechi osservati sulla linea 215 A. Ogni riga della tabella rappresenta uno spreco, al quale è stata associata l'attività che più probabilmente ne è la causa, in linea con le caratteristiche espone in precedenza. [14]

## CONCLUSIONI

Con questa tesi si è voluto analizzare la linea dedicata alla produzione di armadi frigoriferi. Di seguito vengono riportate le conclusioni del lavoro svolto.

Tramite la Value Stream Map, si è potuto osservare il flusso del valore dell'intera linea, comprendendo come fluisce il valore in ogni singola stazione e postazione, ma soprattutto come viene creato.

La mappatura delle attività, in combinazione con le rilevazioni dei tempi, ha permesso di determinare il carico di lavoro ammissibile per ogni singola stazione e di capire come ciascuna si relaziona all'altra, prendendo come riferimento una linea bilanciata. La scomposizione dei tempi nelle seguenti voci:

- Valore Aggiunto (VA)
- Movimenti uomo per componenti (MC)
- Non a valore aggiunto (NVA)
- Movimento uomo per attrezzatura (MA)
- Pulizia (PUL)
- Controllo (CTR)

ha permesso di costruire un istogramma per identificare le attività che portano valore aggiunto e quelle che non lo portano alla produzione.

Analizzando le singole attività, è emerso come gli sprechi lungo il flusso possano essere ridotti con alcune proposte migliorative, approfondite nell'omonimo capitolo.

L'attività di bilanciamento ha permesso di rimuovere il collo di bottiglia della linea e, tramite una campagna di prove, si è verificato che è stato possibile passare da un coefficiente di bilanciamento iniziale di:

$$\frac{(13,87 \text{ min} - 7,90 \text{ min})}{13,87 \text{ min}} \times 100 = 43,04\%$$

a un coefficiente di bilanciamento teorico di:

$$\frac{(13,87 \text{ min} - 9,96 \text{ min})}{13,87 \text{ min}} \times 100 = 28,19\%$$

Lo studio condotto ha permesso di abbassare il takt time da 20 minuti a 16 minuti. Ciononostante, per assecondare le curve di apprendimento, si è preferito suggerire un passaggio intermedio da 20 a 18 minuti per pezzo. Il risultato in termini di produzione è il passaggio da 8 a 9 pezzi per persona. In condizioni di capacità massima, cioè con 4 persone presenti su tutte le stazioni, la linea è in grado di produrre 36 pezzi rispetto ai precedenti 32, cioè l'11% in più.

Si lascia all'azienda il compito di effettuare ulteriori analisi e prove per validare e testare tale soluzione.

## SITOGRAFIA

- [1] [Online]. Available: <https://www.sagispa.it/it/contents/1/azienda-sagi-spa>.
- [2] [Online]. Available: <https://www.angelopo.com/it/ca/2484/azienda/la-nostra-storia/>.
- [3] [Online]. Available: <https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/lean-production/>.
- [4] [Online]. Available: <https://www.microline.eu/collaudo-motori-microline/>.
- [5] [Online]. Available: [https://learn.univpm.it/pluginfile.php/1006145/mod\\_resource/content/0/L02%20Tempi%20e%20Metodi.pdf](https://learn.univpm.it/pluginfile.php/1006145/mod_resource/content/0/L02%20Tempi%20e%20Metodi.pdf).
- [6] [Online]. Available: [https://itsmaker.it/wp-content/uploads/2017/02/tempi\\_e\\_metodi.pdf](https://itsmaker.it/wp-content/uploads/2017/02/tempi_e_metodi.pdf).
- [7] [Online]. Available: <https://www.softrunners.it/news/attivita-a-valore-aggiunto-quantitativi-sprechi-nelle-aziende-manifatturiere/#:~:text=Per%20attivit%C3%A0%20a%20valore%20aggiunto,questo%20%C3%A8%20disposto%20a%20pagare..>
- [8] [Online]. Available: <https://giorgiodamiani.medium.com/bilanciamento-dei-processi-c705abcf18b0>.
- [9] [Online]. Available: <https://fourweekmba.com/it/bilanciamento-della-linea/>.
- [10] [Online]. Available: [https://thesis.unipd.it/retrieve/7f404042-b971-4b5a-ae2e-219442e91208/Vianello\\_Andrea\\_1153925.pdf](https://thesis.unipd.it/retrieve/7f404042-b971-4b5a-ae2e-219442e91208/Vianello_Andrea_1153925.pdf).
- [11] [Online]. Available: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>.
- [12] [Online]. Available: <https://businessmap.io/it/flusso-continuo/heijunka>.
- [13] [Online]. Available: <https://www.leanprove.com/it/news/heijunka-come-bilanciare-la-produzione/>.
- [14] [Online]. Available: <https://www.mmsadvice.com/la-teoria-degli-8-sprechi-il-downtime-di-ogni-azienda/>.

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-Sagi Spa	8
Figura 2-Cinque principi della lean production	9
Figura 3-Legenda delle famiglie di prodotto	12
Figura 4-Macchina di Iniezione (per i modelli 600 e 700)	14
Figura 5-Guscio Interno (700)	14
Figura 6-Guscio Esterno (700)	15
Figura 7-Guscio Esterno (1500)	15
Figura 8-Assemblaggio gusci e fissaggio del montante (1500)	16
Figura 9-Prodotti sulla linea assemblaggio componenti (B.1)	17
Figura 10-Basi imballo per la fase del sollevamento degli armadi frigoriferi	17
Figura 11-Prodotti durante l'assemblaggio "Motore e Prove" (B.2)	18
Figura 12-Macchina per la prova elettrica "Microline"	19
Figura 13-Macchina per la prova funzionale "D.A.E."	19
Figura 15-Prodotti inscatolati (B.3)	20
Figura 14-Prodotti durante la fase di pulitura (B.3)	20
Figura 16-Metodi di Work Measurement	21
Figura 17-Esempio di micromovimenti in MTM	23
Figura 18-Esempio di fasi di produzione del profilo di un frigorifero 700TN	24
Figura 19-Elenco delle fasi di produzione del "Guscio Esterno" di un 700TN	28
Figura 20-Elenco delle fasi di produzione del "Guscio Interno" di un 700TN	29
Figura 21-Elenco delle fasi di produzione del "Assemblaggio e Iniezione" di un 700TN	30
Figura 22-Elenco delle fasi di produzione del "Assemblaggio componenti" di un 700TN	31
Figura 23-Elenco delle fasi di produzione del "Assemblaggio motore e prove" di un 700TN	32
Figura 24-Elenco delle fasi di produzione del "Pulitura" di un 700TN	33
Figura 25-Percentuali associate alle categorie	34
Figura 26-Grafico di Pareto 80/20	35
Figura 27-Tabella Pivot del frigorifero 700TN	36

Figura 28-Grafico Pivot del frigorifero 700TN	36
Figura 29-Tabella Pivot riassuntiva dei prodotti rilevati	36
Figura 30-Grafico Pivot riassuntivo dei prodotti rilevati	37
Figura 31-Dati relativi alla linea 215A	45
Figura 32-Media ponderata pre-bilanciamento dei prodotti rilevati	45
Figura 33-Istogramma della media ponderata pre-bilanciamento	46
Figura 34-Attività di spellicolatura e fissaggio/montaggio cremagliere	47
Figura 35-Media ponderata pre e post bilanciamento teorico dei prodotti rilevati	47
Figura 36-Istogramma della media ponderata pre-post bilanciamento teorico	48
Figura 37-Tabella riassuntiva dei tempi della famiglia 700TN	48
Figura 38-Tabella riassuntiva dei tempi della famiglia 1500TN	49
Figura 39-Grafico della differenza fra il tempo rilevato e il tempo standard(700TN)	49
Figura 40-Grafico della differenza fra il tempo rilevato e il tempo standard(1500TN)	50
Figura 41-Grafico riassuntivo del bilanciamento della famiglia 700TN	51
Figura 42-Grafico riassuntivo del bilanciamento della famiglia 1500TN	51
Figura 43-Nuova ciclicità della linea 215A	52
Figura 44-Current&Kaizen state map	55
Figura 45-Heijunka Box	58
Figura 46-Modello di un kanban post	59
Figura 47-Rivettatrice Automatica    Figura 48-Elettrica	60
Figura 49-Pannello in gomma mousse	61
Figura 50-Tabella del Downtime	64



## RINGRAZIMENTI

Alla fine di questo elaborato, mi sembra doveroso dedicare uno spazio per ringraziare tutte le persone che mi hanno supportato in questo percorso universitario.

Un sentito ringraziamento va al mio relatore, Prof. Maurizio Bevilacqua, che mi ha seguito con grande disponibilità e pazienza. La sua guida è stata fondamentale per il successo di questo progetto.

Un ringraziamento speciale va alla SAGI-Angelo Po Grandi Cucine, l'azienda presso la quale ho svolto il mio tirocinio formativo. Grazie per avermi dato questa preziosa opportunità di crescita e di formazione. Ringrazio tutti gli operatori con cui ho collaborato: Maurizio, Massimo, Giancarlo, Giorgio, Davide C., Davide P., Davide P., Dino, Pietro, e Toti.

Ma il ringraziamento più importante va sicuramente a Matteo, per avermi seguito passo dopo passo, per aver dedicato il suo tempo a questo progetto, e per aver sempre cercato di spronarmi e migliorarmi. Senza di lui, questo percorso sarebbe stato molto più difficile.

Per chi mi conosce, sa che non sono il tipo che scrive ringraziamenti o cose del genere, ma credo che un ringraziamento debba essere fatto anche alle persone che, anche se in parte, hanno contribuito e forse anche influenzato il mio percorso universitario.

Un ringraziamento speciale va a mio fratello, che, anche nel suo piccolo, ha sempre cercato di darmi una mano. Il suo sostegno, anche nelle piccole cose, è stato per me molto prezioso.

Grazie Mamma, che ci sei sempre stata, anche troppo forse, e che a modo tuo hai sempre cercato di ascoltarmi e guidarmi. Ora dopo questo piccolo traguardo raggiunto posso dirti:

*“Scusa, ma’*

*Ora posso asciugare le tue lacrime*

*Diventati grandi anche senza papà*

*Me l'avevi detto: "Non è facile" “*

Se in questo mondo esistessero dei supereroi, io credo che tu sia uno di loro, una donna molto forte. Ho fatto dei piccoli sacrifici durante questi anni, ma mai quanti ne hai fatti tu per permettermi di studiare. Questo foglio di carta credo sia più tuo che mio. Grazie, Mamma.

Ringrazio mio padre, che purtroppo non può essere qui a festeggiare con me come due anni fa. Non potremo guardarci e capirci subito, come abbiamo sempre fatto, ma sono sicuro che anche dall'alto sei contento di quello che ho raggiunto e che tu mi hai permesso di raggiungere. Grazie, Pà, spero di renderti fiero.

Ringrazio i miei nonni e le mie nonne, e tutta la mia famiglia che mi ha sempre sostenuto. Il vostro affetto, i vostri consigli e il vostro supporto sono stati fondamentali per me. Grazie di cuore per avermi accompagnato in questo percorso e per aver sempre creduto in me.

Vorrei ringraziare tutti i miei amici di infanzia, che più che amici sono fratelli. Abbiamo condiviso tante avventure, e ormai mi sopportano da così tanto tempo che, se non li ringrazio, penso me lo rinfacceranno a vita! Ma la verità è che senza di voi, non avrei potuto impegnarmi al massimo. Grazie di cuore: Enrico, Sebastiano, Igor, Pasquale, Usmo, Stefano, Giuseppe, Samuel, Antonio, Alessandra, Francesca F., Francesca M., Francesca M., Anthea.

Vorrei ringraziare gli amici con cui ho condiviso questi anni di università e con cui ho vissuto tanti momenti divertenti. Grazie: Vincenzo, Serena, Stefania, Giulia, Aya, Loris, Andrea, Emmanuel, Gino, Marco, Ilario, Cecilia, Riccardo. Senza di voi, questi anni sarebbero stati molto diversi.

Ringrazio anche tutte quelle persone che ho conosciuto e che, anche se solo in minima parte, mi hanno fatto apprezzare Fermo. Ogni incontro anche se non stimolante, ogni piccola esperienza ha contribuito a rendere speciale questo capitolo della mia vita. Grazie a tutti voi.

In ultimo, ma non per importanza, un ringraziamento speciale va alla persona che più di tutte mi ha spronato e che mi ha permesso di crescere. Senza questo "soggetto", le mie giornate sarebbero state molto tristi e monotone. Non è facile stargli dietro e ci vuole molta pazienza, ma mi considero fortunato perché ho trovato un vero amico, anzi direi un fratello, su cui si può sempre contare. Non glielo dico mai, ma in fondo gli voglio tanto bene. Grazie, Sandrino.