

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

---

**Dipartimento di Ingegneria Industriale DII**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

TESI DI LAUREA

***Progettazione della linea di assemblaggio degli escavatori MIDI secondo i principi CBS. Il caso CNH***

Relatore

*Ch. mo Prof. Roberto Panizzolo*

Laureando

*Tedone Luigi*

Correlatore

*Ing. Pierluigi Fantasia*

---

Anno Accademico 2023-2024

## **SOMMARIO**

L'economia moderna è governata dalla globalizzazione ed è il cliente colui che domina il mercato facendo del prezzo e della qualità i suoi driver di scelta del prodotto. Per conquistare il cliente e perseguire il successo aziendale occorrono i comportamenti giusti rendendo fondamentale la trasformazione della cultura. Tale idea, estesa a tutti gli ambiti aziendali, da origine alla filosofia CNH Business System, anche conosciuta come CBS.

Nel 2021 la CNH completa l'acquisizione di Sampierana divenendo così proprietaria a tutti gli effetti delle tecnologie e degli stabilimenti che hanno visto il marchio Eurocomach ritagliarsi una posizione nel complesso mercato delle macchine da costruzione.

Tale tesi considera la progettazione di una linea di assemblaggio di escavatori MIDI presso lo stabilimento CNH di San Piero in Bagno, precedentemente di proprietà di Sampierana. La linea oggetto di tesi, attualmente in uso, è stata ereditata dalla vecchia gestione dello stabilimento.

La bassa capacità produttiva, i vincoli strutturali e dimensionali e le conseguenze di una precedente gestione basso standardizzata hanno necessitano di una nuova completa progettazione.

I principi Lean, combinati con la filosofia e gli strumenti CNH, inquadrati per la sicurezza, l'asservimento della linea e l'analisi di lavoro, sono i punti focali della tesi attraverso la quale si è riusciti a progettare il corpo della nuova linea di escavatori MIDI, cogliendone l'opportunità per standardizzare tutti i processi rendendola snella e sicura.

Dopo un primo studio di fattibilità generale, l'attenzione della tesi è riposta su un sottogruppo di pre-montaggio, sviscerandone sicurezza, analisi di lavoro e asservimento in linea precedentemente citati, alla base della nuova progettazione.

Nonostante la nuova linea non abbia ancora visto la luce, i risultati sono già riscontrabili e tangibili sull'attuale linea, rendendo questa tesi un utile strumento per poterne apprezzare, con una vista dall'alto, tutti i principali step di un processo di progettazione, con il valore aggiunto di poterne identificare anche le differenze, sotto forma di KPI, rispetto al passato.

## **PREMESSA**

Tutti i dati numerici presenti in questa tesi di laurea sono stati alterati al fine di garantire il segreto industriale di CNH. I dati illustrati sono quindi puramente indicativi seppur le proporzioni rappresentino la realtà.

# Indice

SOMMARIO .....	II
PREMESSA .....	III
INTRODUZIONE .....	1
<b>1. CNH BUSINESS SYSTEM -INTRODUZIONE .....</b>	<b>7</b>
1.1. STRUMENTI LEAN.....	9
1.1.1. 3M.....	11
1.1.2. METODOLOGIA 5S .....	16
1.1.3. 5W+1H .....	21
1.1.4. 5G.....	22
1.1.5. 5WHY.....	23
1.1.6. 5T.....	25
1.1.7. GOLDEN ZONE.....	30
1.1.8. STRIKE ZONE E STRIKE POINT.....	31
1.1.9. TAKT TIME, BILANCIAMENTO E APPROCCIO YAMAZUMI .....	32
1.1.10. MINIMUM MATERIAL HANDLING.....	38
<b>2. CBS - SICUREZZA .....</b>	<b>41</b>
2.1. ANALISI DEGLI EVENTI.....	42
2.2. CLASSIFICAZIONE REATTIVA E PREVENTIVA.....	43
2.3. FASE REATTIVA - ANALISI CAUSA RADICE .....	49
2.4. IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI .....	51
2.4.1. RISK ASSESSMENT.....	52
2.4.2. RISK PREDICTION .....	54
2.4.3. ERGONOMIA.....	55
2.5. FORMAZIONE, ADDESTRAMENTO E CONTROLLO .....	70
<b>3. CBS - ANALISI DEL LAVORO .....</b>	<b>77</b>
3.1. AREA MODELLO .....	78
3.2. ELIMINAZIONE DEGLI SPRECHI.....	83
3.2.1. ATTACCO DEI MURI.....	84
3.2.2. ATTACCO DEI MURA .....	85
3.2.3. ATTACCO DEI MUDA.....	88
3.3. BILANCIAMENTO DELLA LINEA.....	89
<b>4. CBS - ASSERVIMENTO LINEA .....</b>	<b>93</b>
4.1. AREA MODELLO .....	95
4.2. REINGEGNERIZZARE I FLUSSI.....	96
4.2.1. CLASSIFICAZIONE MATERIALI.....	96
4.2.2. FLUSSI LOGISTICI.....	99
4.3. PUNTO DI PRELIEVO DEI MATERIALI NELLA POSTAZIONE .....	105
4.4. SISTEMI DI CHIAMATA DEI MATERIALI .....	105
<b>5. CNH .....</b>	<b>111</b>
5.1. L'AZIENDA .....	111
5.2. SEGMENTO COSTRUZIONI.....	113
5.3. STABILIMENTO DI SAN PIERO IN BAGNO.....	116
5.4. LA LINEA DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ESCAVATORI MIDI .....	120
5.5. SOTTOGRUPPO SG02.....	124

<b>6.</b>	<b>ANALISI PRELIMINARE DELLA LINEA.....</b>	<b>127</b>
6.1.	SICUREZZA.....	127
6.1.1.	ANALISI DEGLI EVENTI.....	128
6.1.2.	CLASSIFICAZIONE REATTIVA E PREVENTIVA.....	129
6.1.3.	IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI.....	134
6.1.3.1.	ERGONOMIA.....	134
6.2.	ANALISI DEL LAVORO.....	141
6.2.1.	LINEA.....	141
6.2.2.	SOTTOGRUPPI.....	145
6.2.3.	SATURAZIONE LINEA E PREMONTAGGI.....	145
6.2.4.	ANALISI N.V.A.A.....	148
6.2.5.	SOTTOGRUPPO SG02.....	152
6.3.	ASSERVIMENTO LINEA.....	156
6.3.1.	AREA MODELLO.....	156
6.3.2.	FLUSSI LOGISTICI.....	156
6.3.3.	SOTTOGRUPPO SG02.....	160
<b>7.</b>	<b>PROGETTAZIONE OTTIMIZZATA SOTTOGRUPPO SG02.....</b>	<b>163</b>
7.1.	CARRELLO SUPPORTO POSTO GUIDA GIREVOLE.....	164
7.2.	CARRELLO CENTRALINA E RISCALDATORE.....	167
7.3.	ATTREZZO DI SOLLEVAMENTO CENTRALINA.....	170
7.4.	ATTREZZO DI SOLLEVAMENTO RISCALDATORE.....	172
7.5.	CARRELLO SEDILE.....	174
7.6.	POSTAZIONI DI LAVORO.....	177
7.6.1.	PREMONTAGGIO MANIPOLATORE.....	180
7.6.2.	PREMONTAGGIO MANIPOLATORE RUSPETTA.....	181
7.6.3.	PREMONTAGGIO SUPPORTI MANIPOLATORI.....	183
7.6.4.	PREMONTAGGIO PEDIPOLATORE.....	184
7.7.	CARRELLO KIT.....	186
7.8.	TUBI IDRAULICI.....	191
<b>8.</b>	<b>ANALISI DELLE SOLUZIONI SG02.....</b>	<b>193</b>
8.1.	SICUREZZA.....	193
8.1.1.	ANALISI NIOSH.....	193
8.1.2.	ANALISI OCRA.....	197
8.2.	ANALISI DEL LAVORO.....	201
8.2.1.	N.V.A.A.....	201
8.2.2.	BILANCIAMENTO LINEA.....	205
8.3.	ASSERVIMENTO LINEA.....	209
8.3.1.	FLUSSI LOGISTICI.....	209
8.3.2.	GOLDEN ZONE E STRIKE POINT.....	211
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>217</b>
9.1.	OSSERVAZIONI SUL LAVORO DI TESI SVOLTO.....	217
9.2.	BENEFICI DEL LAVORO DI TESI SVOLTO.....	221
9.3.	LIMITAZIONI DEL LAVORO DI TESI SVOLTO.....	224
9.4.	SVILUPPI FUTURI.....	225
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>227</b>
	<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>229</b>

## **INTRODUZIONE**

Nell'attuale contesto economico globale, il settore manifatturiero affronta sfide sempre più complesse per mantenere e accrescere il proprio vantaggio competitivo. L'efficienza operativa e la capacità di adattamento diventano cruciali per le aziende che operano in mercati dinamici e ad alta competizione. Un elemento fondamentale di questa efficienza riguarda la progettazione e l'ottimizzazione delle linee di assemblaggio, essenziali per garantire una produzione snella e reattiva.

Il problema specifico oggetto di questa tesi riguarda la riprogettazione della linea di assemblaggio degli escavatori MIDI nello stabilimento CNH di San Piero in Bagno, un'operazione necessaria a seguito dell'acquisizione della Sampierana. La linea di assemblaggio esistente, ereditata dalla precedente gestione, presenta diverse criticità: limitazioni in termini di capacità produttiva, vincoli strutturali, e una mancanza di standardizzazione dei processi. Questi fattori combinati limitano la capacità della linea di soddisfare le esigenze produttive moderne in modo efficiente e competitivo.

Il problema è quindi duplice: da un lato, migliorare l'efficienza e la produttività della linea di assemblaggio, e dall'altro, garantire che la nuova linea sia in grado di adattarsi rapidamente alle future esigenze di mercato e tecnologiche. La necessità di una linea flessibile, sicura ed efficiente richiede un approccio metodologico innovativo, che integri principi avanzati di gestione della produzione.

La progettazione e l'ottimizzazione delle linee di assemblaggio sono temi ampiamente trattati nella letteratura ingegneristica e gestionale. La metodologia principe che ha contribuito a migliorare la produttività e l'efficienza delle linee di assemblaggio è la Lean Manufacturing, adottata da CNH nella filosofia CNH Business System (CBS).

Il CNH Business System (CBS), adottato da CNH, integra i principi del Lean Manufacturing ma li espande con un approccio più sistemico e orientato all'organizzazione. Il CBS pone un'enfasi particolare sull'ottimizzazione dei flussi di lavoro, la sicurezza dei lavoratori, e la qualità dei processi produttivi. L'idea di CNH evidenzia come l'implementazione di CBS possa portare a significativi miglioramenti in termini di soddisfazione del cliente e della differenziazione dell'azienda, rispetto ai competitors, agli occhi dei medesimi.

I principali tre aspetti trattati durante la seguente tesi sono:

1. La sicurezza
  2. L'analisi di lavoro
  3. L'asservimento in linea
1. Uno degli aspetti fondamentali e primo scopo della seguente tesi è l'importanza della sicurezza sul lavoro. La sicurezza non solo è un obbligo legale e morale, ma anche un elemento critico per garantire un ambiente di lavoro produttivo. Studi dimostrano che un ambiente di lavoro sicuro migliora il morale dei lavoratori, riduce i tempi di inattività dovuti a incidenti e aumenta la qualità complessiva della produzione.
  2. L'analisi del lavoro è un altro elemento chiave. Questo processo implica la valutazione delle attività operative per identificare le inefficienze e le aree di miglioramento. La misurazione dei tempi e delle attività a non valore aggiunto risulta essere solo la prima fase prima di poter effettuare un bilanciamento della linea. Tecniche come l'analisi dei tempi e dei movimenti, lo studio delle posture e delle ergonomie, e l'implementazione di procedure standardizzate sono cruciali per ottimizzare la produttività e ridurre gli sprechi.
  3. Infine, la logistica interna, in particolare l'asservimento della linea, è essenziale per garantire un flusso regolare e tempestivo di materiali e informazioni lungo la linea di produzione. Non si ha la sola necessità di far giungere le forniture nel momento in cui sono richieste dalla linea di assemblaggio, ma anche di consegnarle nel modo corretto. Per rendere possibile la scansione millimetrica dei tempi c'è solo un modo: azzerrare gli spostamenti, limitare al massimo gli inconvenienti di trasporto, evitare qualsiasi movimentazione inutile di materiale.

Una logistica efficiente minimizza i tempi di attesa, riduce gli spostamenti non necessari e assicura che i materiali giusti siano disponibili al momento giusto, nel posto giusto.

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, verranno adottati vari metodi di risoluzione del problema.

1. La pianificazione di una corretta gestione delle condizioni di sicurezza del posto di lavoro può essere strutturata in differenti punti, tra le quali identificazione dei principali pericoli, la valutazione dei rischi relativi tramite analisi ergonomiche, l'individuazione di azioni di miglioramento e l'identificazione di KPI per il monitoraggio continuo delle attività. L'implementazione delle attività pianificate e l'adozione di procedure ed istruzioni di

lavoro specifiche consentiranno il controllo dei rischi delle postazioni di lavoro (riduzione o eliminazione del rischio residuo), la corretta gestione delle modifiche di Processo/Prodotto, l'applicazione delle contromisure e il sostegno e la diffusione della cultura della sicurezza.

2. La fase iniziale dell'analisi di lavoro ha previsto la determinazione delle aree modello mediante un'analisi preliminare, che ha consentito di individuare le zone da ottimizzare. Successivamente, si è proceduto al bilanciamento della linea e alla definizione degli standard operativi, eliminando le perdite dovute a dissaturazione e sbilanciamento. L'eliminazione delle attività non a valore aggiunto (N.V.A.A.) e la riduzione del tempo ciclo sono state realizzate tramite l'impiego di video analisi e strumenti Lean. Questo processo ha permesso una redistribuzione delle attività tra gli operatori, incrementando così la produttività complessiva della linea.
3. Per lo studio dell'asservimento linea sono state condotte diverse attività chiave. Inizialmente, è l'area modello risulta la medesima ricavata in precedenza con l'analisi di lavoro. Sono stati inoltre implementati metodi di rifornimento come il Just In Time (JIT) e il Just In Sequence (JIS), sincronizzando la produzione con le consegne e minimizzando gli sprechi. Infine, si è stabilito il corretto posizionamento dei materiali nelle postazioni operative, rispettando i concetti di Golden Zone e Strike Point per facilitare il prelievo e incrementare l'efficienza del processo produttivo.

Interessante risulta l'interconnessione tra i precedenti punti durante le analisi di progettazione. Le singole ottimizzazioni risulteranno influenti su tutto il ciclo di lavoro.

Un sistema logistico interno efficiente riduce i tempi di attesa e minimizza gli spostamenti non necessari dei materiali e dei lavoratori. Questo non solo migliora l'efficienza operativa, ma riduce anche il rischio di incidenti legati al trasporto e alla movimentazione dei materiali. La logistica interna ben orchestrata garantisce che i materiali siano disponibili quando e dove necessari, permettendo ai lavoratori di seguire procedure standardizzate senza interruzioni. Ciò facilita l'adozione di pratiche di lavoro sicure e coerenti, migliorando la produttività e la qualità.

L'analisi del lavoro, focalizzata sulla standardizzazione delle procedure, contribuisce a creare anche un ambiente di lavoro più sicuro e confortevole. Un ambiente ergonomicamente ottimizzato riduce lo stress fisico sui lavoratori, prevenendo infortuni e aumentando il benessere complessivo.



La sicurezza beneficia direttamente dalla logistica interna e dall'analisi del lavoro. Processi ben organizzati e standardizzati facilitano l'identificazione dei rischi e l'implementazione di misure di sicurezza. Inoltre, un flusso di lavoro regolare e prevedibile riduce l'incidenza di errori e incidenti.

L'integrazione di logistica interna, analisi del lavoro e sicurezza promuove una cultura aziendale orientata al miglioramento continuo e al coinvolgimento attivo dei lavoratori. La formazione continua su pratiche di lavoro sicure e procedure operative standardizzate aumenta la consapevolezza dei rischi e l'adesione alle misure di sicurezza.

Questi metodi saranno integrati in un approccio olistico che considera tutte le dimensioni critiche della progettazione della linea di assemblaggio.

In conclusione, questa tesi si propone di fornire una soluzione innovativa e praticabile per la progettazione di una linea di assemblaggio per escavatori MIDI nello stabilimento CNH di San Piero in Bagno. Attraverso l'adozione dei principi del CNH Business System (CBS) e l'applicazione di metodologie avanzate di gestione della produzione, si intende creare una linea di assemblaggio efficiente, sicura e capace di adattarsi rapidamente alle esigenze future, contribuendo così al miglioramento complessivo della competitività dell'azienda.

Il capitolo 1 fornisce un'introduzione approfondita ai concetti fondamentali degli strumenti Lean, essenziali per l'ottimizzazione dei processi produttivi. Viene illustrato come questi strumenti possano migliorare l'efficienza operativa, riducendo gli sprechi e aumentando il valore per il cliente.

Il capitolo 2 si concentra sull'importanza della sicurezza nei luoghi di lavoro. Viene esaminato come un ambiente sicuro non solo protegga i lavoratori, ma contribuisca anche a migliorare la produttività. Sono discusse, con particolare attenzione, due analisi ergonomiche a supporto della progettazione.

Il capitolo 3 esplora, in modo teorico, l'analisi del lavoro, evidenziandone i principali passaggi del CBS applicati all'area di lavoro specifica.

Il capitolo 4 si dedica teoricamente all'asservimento in linea, spiegando come una gestione ottimale delle risorse e dei materiali possa migliorare il flusso produttivo. Viene discusso il ruolo dell'asservimento nel supportare le operazioni di assemblaggio.

Il capitolo 5 illustra la struttura e l'importanza di CNH nel settore delle costruzioni, con un focus particolare sul segmento construction. Viene descritto lo stabilimento di San Piero in Bagno, concentrandosi sulla linea di assemblaggio degli escavatori MIDI, fino ad analizzare un sottogruppo specifico. È approfondita la struttura organizzativa e il contributo dell'azienda al settore.

Il capitolo 6 rappresenta un'analisi preliminare della linea di assemblaggio, affrontando vari aspetti, tra cui sicurezza, asservimento e analisi del lavoro. Sono esplorati i problemi iniziali rilevati e le metodologie adottate per la loro identificazione e risoluzione.

Il capitolo 7 si propone una progettazione ottimizzata della linea di assemblaggio. Sono presentate le implementazioni introdotte, dettagliando i cambiamenti effettuati e i motivi alla base di queste scelte.

Il capitolo 8 introduce un'analisi dettagliata delle implementazioni effettuate, valutando i benefici riscontrati in tre aree chiave. Viene illustrato come le modifiche abbiano influito positivamente sull'efficienza operativa, sulla sicurezza e sull'asservimento in linea.

Il capitolo 9 sintetizza le osservazioni finali, i benefici ottenuti e le limitazioni riscontrate nel corso del lavoro di tesi. Vengono, infine, suggeriti possibili sviluppi futuri.



# 1. CNH BUSINESS SYSTEM -INTRODUZIONE

Nel presente capitolo si descrive la filosofia CNH Business System, adottata da CNH a partire dal 2022, che rappresenta un modello semplice e focalizzato basato sull'approccio sperimentato nel sistema aziendale Lean. Tale filosofia si evolve dalla precedente WCM (World Class Manufacturing), la quale ha costituito lo standard d'eccellenza per oltre un decennio in FCA. Questo capitolo approfondisce la filosofia attuale su cui si basano i processi gestionali aziendali, mettendo in luce le differenze rispetto al passato.

Questo modello sperimentato adotta un approccio semplice e focalizzato, incentrato sui clienti e i risultati chiave per innescare una creazione di valore che diventa autentico motore di cambiamento. È il fattore trainante del miglioramento della performance attraverso l'eliminazione degli sprechi da ogni processo aziendale al fine di favorire una maggiore responsabilizzazione, agilità, efficienza e sicurezza<sup>1</sup> (CBS Knowledge Workbook).

I **Focused Five** (Cliente – Sicurezza – Qualità – Risultati – Profitto) sono gli indicatori chiave che il Business System utilizza per valutare la performance, consentendo di raggiungere i parametri fondamentali che più contano per l'azienda.

La struttura del sistema si focalizza principalmente su due processi di gestione o approcci al miglioramento <sup>2</sup>(CBS Knowledge Workbook):

1. Il primo è l'**implementazione della strategia**. Questo è un rigoroso processo del senior management per promuovere il cambiamento trasformativo nel business.
2. Il secondo è il **sistema di gestione quotidiana**, questo coinvolge tutti in azienda. È un processo di gestione quotidiana semplice e visivo che concretizza le convinzioni culturali e consente di offrire alle persone impegnate nel lavoro quotidiano gli strumenti, le risorse e il supporto necessari per dare ai clienti ciò di cui hanno bisogno.

Per raggiungere i risultati giusti occorrono i comportamenti giusti. La trasformazione della cultura è fondamentale per il successo. Le **convinzioni culturali** sono mentalità radicate nei principi fondanti che guidano la decisionalità e i comportamenti quotidiani. Accelerano la velocità del miglioramento nel raggiungimento di risultati chiave nel modo più sostenibile per il business.

---

<sup>1</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>2</sup> *Ibidem*

Le convinzioni culturali, come visibile in Figura 1.1, sono:

1. **Priorità al cliente.** Si crea il successo del cliente garantendogli l'esperienza migliore.
2. **Crescere Insieme.** Si cerca il feedback per promuovere fiducia, inclusività e sviluppo.
3. **Un solo Team.** Si collabora a tutti i livelli, sia all'interno che all'esterno dell'azienda, per ottenere risultati importanti.
4. **Semplicità innanzi tutto.** Si semplifica per favorire tempestività, responsabilizzazione e innovazione.
5. **Essere i migliori**

Si persegue incessantemente l'eccellenza per realizzare i "Focused Five".



Figura 1.1 Sommario CBS [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Gli approcci precedentemente citati favoriscono il miglioramento della performance attraverso l'utilizzo di strumenti Lean e Kaizen e la risoluzione dei problemi alla radice al punto d'impatto. Questi strumenti non solo garantiscono una maggiore responsabilizzazione degli operatori, ma anche agilità, efficienza e sicurezza nelle operazioni quotidiane. L'integrazione di queste

metodologie permette di affrontare immediatamente le criticità emergenti, adottando soluzioni che migliorano i processi in maniera continua e sostenibile.

Pertanto, il CBS si fonda sui principi della Lean, sviluppati per ottimizzare ogni aspetto delle operazioni aziendali. Questo approccio sistematico permette di identificare ed eliminare gli sprechi, migliorare l'efficienza e aumentare il valore per il cliente. Nel paragrafo seguente si esplora in dettaglio come questi principi vengono applicati e quali benefici concreti apportano alle aziende che li adottano.

## 1.1. STRUMENTI LEAN

La Lean Production (in italiano "Produzione Snella") rappresenta un "modo di pensare" che affonda le proprie radici nel Toyota Production System (TPS). Questa filosofia mira a minimizzare gli sprechi fino al risultato ideale di azzerarli. Essa considera uno spreco la spesa tutte le risorse che non vengono utilizzate per la creazione di valore per il cliente (valore aggiunto). In altre parole, la Lean Production si occupa della creazione di valore per il prodotto cercando di utilizzare il minor numero di risorse possibili<sup>3</sup> (James P. Womack e Daniel T. Jones, 2008).

Taiichi Onho, già vicepresidente di Toyota Motors e padre della metodologia Just in Time (JIT), individua sette fonti di spreco<sup>4</sup> (James P. Womack e Daniel T. Jones, 2008).

1. **sovrapproduzione**: produzione in più rispetto a quanto richiesto dal cliente o dal processo successivo;
2. **difetti**: produzione di scarti o rilavorazioni;
3. **eccesso di attività**: realizzazione di attività che non producono valore aggiunto per il prodotto realizzato;
4. **movimento**: spostamenti per raggiungere materiali o attrezzature lontani dal punto di utilizzo (attività di non valore aggiunto);
5. **scorta**: acquisto o produzione di materiali in eccesso rispetto al fabbisogno del processo successivo;

---

<sup>3</sup> James P. Womack e Daniel T. Jones, 2008, *Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi*, Guerini Next.

<sup>4</sup> *Ibidem*

6. **attesa:** materie prime e semilavorati in attesa della lavorazione successiva, impiego del tempo in maniera non produttiva che potrebbe essere utilizzato in altri modi (altra attività a non valore aggiunto);
7. **trasporto:** spostamento del materiale o dei pezzi senza necessità connesse alla creazione del valore.

I benefici che si possono ottenere mediante l'applicazione della Produzione snella sono un aumento della capacità produttiva, una riduzione dei tempi del ciclo produttivo, una riduzione di scorte e magazzino, una riduzione del lavoro e della fatica, una riduzione dei costi di produzione e una riduzione degli sprechi.

Le attività previste sono sette <sup>5</sup> (James P. Womack e Daniel T. Jones, 2008):

1. realizzazione della mappa del valore;
2. valutazione dello stato di implementazione delle tecniche più comuni nella metodologia Lean;
3. formazione degli operatori e del management;
4. progetto pilota;
5. gestione del cambiamento;
6. analisi del recupero di efficienza;
7. eliminazione progressiva delle attività che non generano valore aggiunto.

Strettamente collegata alla Lean Production è la metodologia del Just in Time (JIT).

Essa consiste nel produrre le quantità minime necessarie a soddisfare la domanda del cliente e si hanno scorte ridotte al minimo. Essa implica un passaggio dalla logica "push" alla logica "pull". La logica "push" consiste nel produrre una certa quantità di prodotti stabilita in precedenza sulla base di dati raccolti inerenti al mercato e su previsioni possibili sull'andamento della domanda. Tutta la sequenza delle attività produttive, a partire dall'approvvigionamento, avviene a priori dall'insorgere del fabbisogno. Lo svolgimento delle attività a valle viene spinto dalle attività a monte.

La logica "pull" consiste nel produrre una certa quantità di prodotti in base al fabbisogno del mercato. Tutta la sequenza delle attività produttive, a partire dall'approvvigionamento, avviene

---

<sup>5</sup> James P. Womack e Daniel T. Jones, 2008, *Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi*, Guerini Next.

a posteriori dall'insorgere del fabbisogno. Lo svolgimento delle attività a valle trascina le attività a monte.

Alcuni degli strumenti Lean utilizzati nel seguente caso studio di tesi sono introdotti di seguito. Tali metodologie sono propedeutica all'applicazione di qualsiasi altra attività di miglioramento.

### 1.1.1. 3M

Lo strumento delle 3M è una metodologia utilizzata nell'ambito della gestione aziendale, in particolare all'interno dei processi produttivi e di miglioramento continuo. Le 3M stanno per Muda (sprechi), Mura (irregolarità) e Muri (sovraccarico), concetti fondamentali nella filosofia Lean Manufacturing sviluppata originariamente dalla Toyota. Questo strumento si propone di identificare e ridurre gli elementi che ostacolano l'efficienza e la produttività, contribuendo a creare processi più snelli e fluidi <sup>6</sup>(CBS Knowledge Workbook).

#### La Prima M: **Muri**

Se si spinge una macchina o un operatore fuori i limiti tecnici, si produce una condizione che possiamo definire “non naturale”. Qualora gli operatori venissero spronati o stimolati al di fuori dei limiti, si genererebbero ingenti rischi per la sicurezza e si creerebbero diversi problemi di qualità. Nel caso delle macchine, invece, sarebbe causa diretta di guasti e di difetti.

Il MURI si impegna a studiare l'ergonomia del posto di lavoro.

Quando si parla di condizione innaturale si fa riferimento a:

- Uno sforzo muscolare: attività che richiedono sforzi
- Uno sforzo anormale: movimenti innaturali
- Uno sforzo mentale: attività che richiedono attenzione
- Uno sforzo “emozionale”: operazioni non gradevoli

Tra i diversi fattori che possono influenzare l'organizzazione del posto di lavoro, si possono trovare<sup>7</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022)

- Il rumore

---

<sup>6</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>7</sup> *Ibidem*



- I segnali/azionamenti
- Le posizioni di lavoro
- Gli spazi/passaggi
- La climatizzazione
- L'illuminazione
- Le vibrazioni
- I fumi
- I colori
- L'umidità
- Il calore
- La polvere

Attualmente tale analisi si concentra solo su due valutazioni di rischio:

- Movimentazione manuale dei carichi – Valutazione NIOSH
- Movimenti ripetuti degli arti superiori – Valutazione OCRA

Nel capitolo riservato alla teoria CBS sulla sicurezza verrà illustrato come, attualmente, si affronti lo spreco MURI attraverso un'analisi ergonomica approfondita, piuttosto che tramite l'uso di strumenti meno precisi, come avveniva nel caso del WCM.

#### La Seconda M: **Mura**

Il MURA si incentra sullo studio dei movimenti irregolari. Rispetto alle condizioni ideali, più operatori compiono l'operazione in modi differenti, o un solo operatore compie l'operazione in modo non ripetitivo (mancanza di standardizzazione).

Tra possibili cause di condizioni MURA si possono avere <sup>8</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

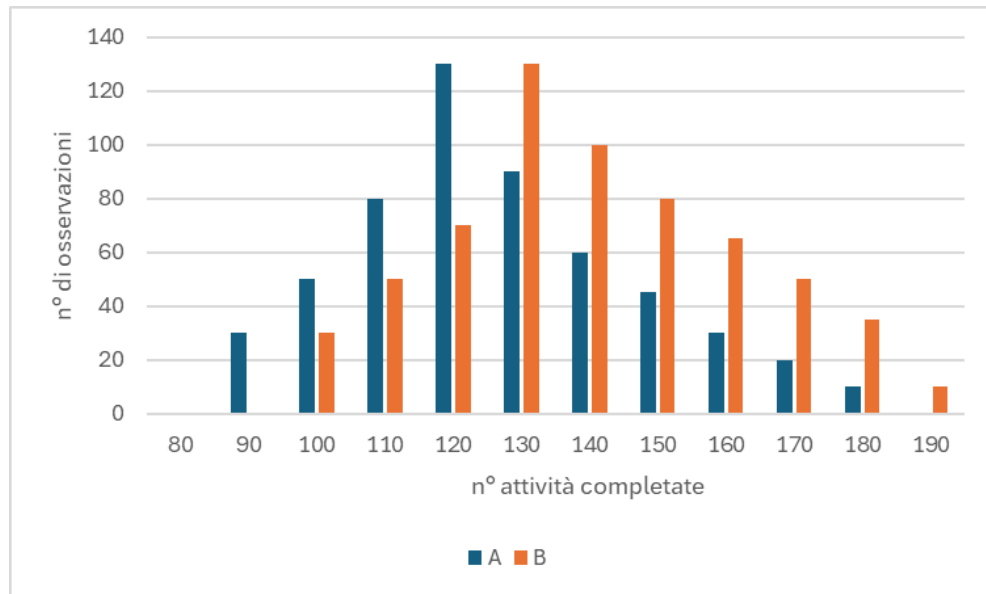
- Le istruzioni di lavoro troppo generiche;
- Istruzioni di lavoro non diffuse in modo adeguato e corretto;
- Istruzioni di lavoro non evidenti sul Piano di Lavoro;

---

<sup>8</sup> CNH, 2022, CBS Knowledge Workbook

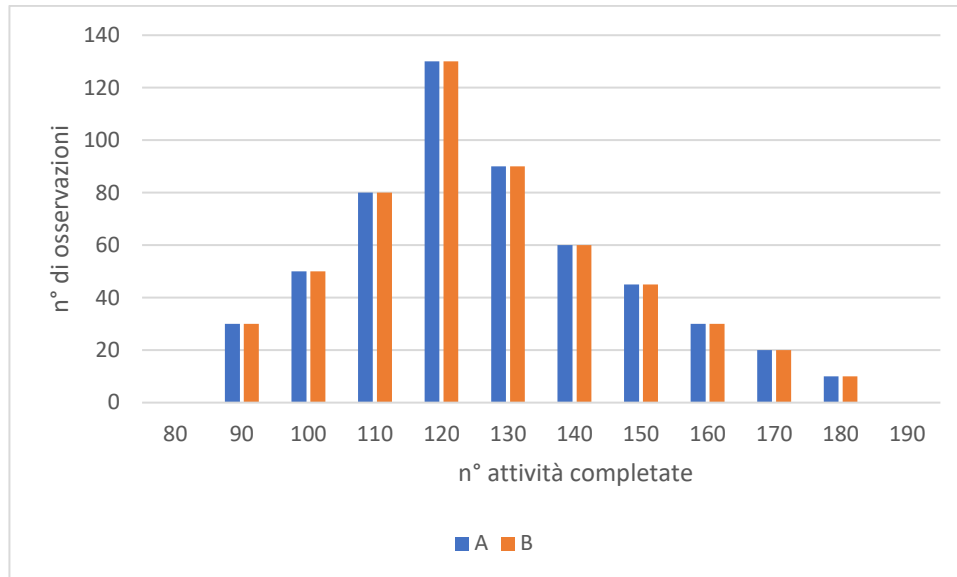
- Scarso addestramento.

Graficamente si può identificare immediatamente lo spreco MURA attraverso la Figura 1.2. notando come differenti persone (A e B) possono lavorare in maniera differente e possono, dunque, ottenere risultati diversi.



**Figura 1.2** Variabilità tra differenti operatori, condizione iniziale [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

Lo spreco si evita se risulta presente la standardizzazione. Tale termine indica come si possa evitare, quanto possibile, la variabilità nei movimenti di operatori differenti. Si noti, infatti, come nel grafico in Figura 1.3 le curve avvicinano tra loro fino a diventarne una unica.



**Figura 1.3** Variabilità tra differenti operatori, condizione migliorata [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

### La Terza M: **Muda**

Viene considerato MUDA ogni elemento di un processo che non crea un valore sul prodotto (in ottica cliente), quindi **senza valore aggiunto**. I sette MUDA, già precedentemente citati, sono i seguenti: sovrapproduzione, attese, trasporti, spazio, stocks, movimenti, difetti.

Le attività si possono classificare sulla base di tre tipologie <sup>9</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- a. **Attività a non valore aggiunto (NVAA)**: attività differenti (allestire per il trasporto, cercare, registrare, riempire, mettere a punto, parlare, spostare, verificare,), attesa (nel ciclo), camminare (per raggiungere un punto, per muovere oggetti), perdite macchina/O.E.E (set- up, guasti, micro fermate, scarti, cambio materiali, attese).
- b. **Attività a semi-valore aggiunto (SVA)**: afferrare, spostare con le mani, tenere, caricare, scaricare, posizionare
- c. **Attività a valore aggiunto (VA)**: assemblare, tagliare, piegare, avvitare, saldare.

La figura 1.4 conferma ciò che si è citato.

<sup>9</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

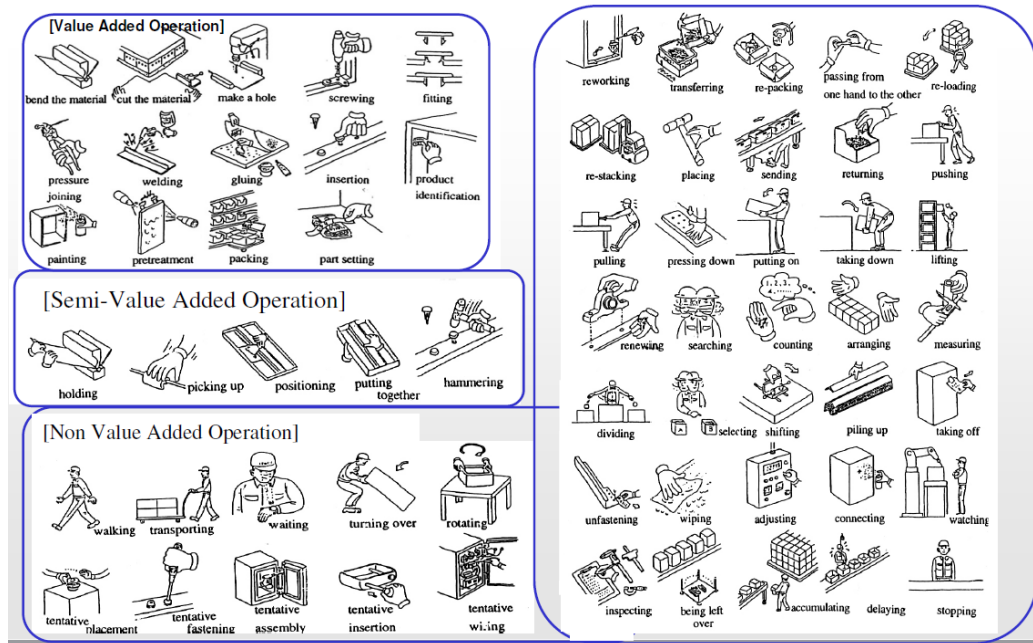


Figura 1.4 Attività VA, SMA, NVA [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Nella seguente tesi, però, verrà effettuata tale analisi attraverso la sola analisi di attività a non valore aggiunto (NVAA) e a valore aggiunto (VA). Nella successiva Tabella 1.1 si introduce il riferimento ai futuri criteri utilizzati.

Tabella 1.1 Categorie di azione [fonte: CBS Knowledge Workbook]

MOVIMENTAZIONE	<i>Prelevi, depositi, spostamenti, carichi, scarichi, trasporti, ecc. (approfondire se necessario)</i>	NVA
MONTAGGIO	<i>Montaggio, assemblaggio, preimbocco, accoppiamento, ecc.</i>	VA
ASSEMBLAGGIO	<i>Rientra in montaggio, a meno di casi specifici dove deve essere approfondita</i>	VA
INSERIMENTO	<i>Attività "semplice" di inserimento viti in sacchetto, dotazioni o prodotto in scatola imballo, ecc.</i>	VA
CONTROLLO	<i>Fasi di controllo, ispezione, conteggio che anche se a ciclo non sono percepite come valore dal cliente</i>	NVA
COLLAUDO	<i>Fasi di controllo che aggiungono valore al prodotto se pur senza trasformazione (es. test che fornisce una particolare certificazione per cui il cliente è disposto a pagare di più, ecc.)</i>	VA
RILAVORAZIONE	<i>Sbavatura, filettatura, maschiatura, smerigliatura, ecc. Tutto ciò che è degrado durante il processo e richiede quindi una nuova "trasformazione"</i>	NVA
APPLICAZIONE	<i>Colla, grasso, olio, loctite</i>	VA
ETICHETTATURA	<i>Etichette (solo se legate al prodotto finito e non a etichettature intermedie, e quindi a valore)</i>	VA
INFORMAZIONI	<i>Apertura e chiusura fase, consultazione scheda/istr op/..., stampa documenti, compilazione</i>	NVA
DOCUMENTI	<i>Rientra in informazioni, a meno di casi specifici dove deve essere approfondita</i>	NVA
PREPARAZIONE	<i>Collegamento a macchina di collaudo, inserimento o rimozione flange/tappi su pezzo, inserimento in posaggio/dima, tutto ciò che più in generale è propedeutico all'utilizzo di macchine o attrezzature</i>	NVA
AVVITATURA	<i>Si contraddistingue per l'utilizzo di utensili o attrezzature</i>	VA
PULIZIA	<i>Tutto ciò che è degrado durante il processo ma non richiede una rilavorazione (soffiatura, pulizia con straccio, ecc.)</i>	NVA
RICERCA	<i>Solo per fotografia as is no per standard</i>	NVA
RIORDINO	<i>Rientra in preparazione o movimentazione, a meno di casi specifici dove deve essere approfondita</i>	NVA
IMBALLO FINALE	<i>Formazione scatola, chiusura scatola, nastratura scatola, più in generale le attività di formazione dell'imballo che sono pagate dal cliente</i>	VA
IMBALLO TEMPORANEO	<i>Tutto ciò che serve a preservare il prodotto lungo il processo, logica di quella sopra</i>	NVA
DISIMBALLO	<i>Rimozione pluriball, nylon, scotch, ecc.</i>	NVA
ATTESA	<i>Solo per fotografia as is no per standard</i>	NVA
REGOLAZIONE	<i>Attività supplementare rispetto a montaggio, avvitura, ecc.</i>	NVA
CABLAGGIO	<i>Collegamento cavi a morsettiera,...</i>	VA
TEMPO MACCHINA		VA

Nella Tabella 1.2 sottostante, viene mostrato un riepilogo delle tre M con le loro cause, soluzioni e note.

**Tabella 1.2** Riepilogo degli sprechi [fonte: CBS Knowledge Workbook]

	Cause	Soluzione	Note
MURI	Operazione difficile o innaturale	Studio ergonomico	Necessità di analisi tecnica
MURA	Movimenti irregolari	Standard working	Necessità di osservazioni ripetitive
MUDA	Spreco	Riduzione di NVAA	Necessità di analisi delle attività

Un'ultima considerazione risulta doverosa: non si può agire sul MURA se non si è prima agito sul MURI (poiché il MURI fa parte del MURA), e, ugualmente, si può diminuire il MUDA solamente se prima si è agito sul MURA <sup>10</sup>(CBS Knowledge Workbook).

### 1.1.2. METODOLOGIA 5S

È una metodologia che aiuta l'azienda a raggiungere l'eccellenza tramite il miglioramento del posto di lavoro in tema di ordine, organizzazione e pulizia <sup>11</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Aumenta la sicurezza;
- Migliora l'ergonomia;
- Migliora le prestazioni del processo;
- Favorisce la comunicazione e quindi il coinvolgimento.

Questa metodologia si applica in ogni area della fabbrica. Alcuni degli ambiti di applicazione sono<sup>12</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- le attrezzature:

<sup>10</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>11</sup> *Ibidem*

<sup>12</sup> *Ibidem*

- i materiali;
- l'area di lavoro.

Tra gli obiettivi si considera <sup>13</sup>( CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Tempo di ricerca zero;
- Scorte Minime;
- Zero difetti, zero reclami;
- Zero incidenti;
- Economia di risorse e di energia;
- Ambiente di lavoro più gradevole.

Le 5 S derivano dal giapponese e possono essere tradotte nel seguente modo:

**1-Separare, Ordinare (SEIRI)**

**2-Sistemare, Organizzare (SEITON)**

**3-Sgrassare, Pulire (SEISO)**

**4-Standardizzare, Mantenere (SEIKETSU)**

**5-Seguire le regole (SHITSUKE)**

**1- SEIRI**

La finalità è eliminare dal posto di lavoro il superfluo ed ordinare le cose necessarie attraverso la distinzione di tutto ciò che serve da ciò che non serve (Figura 1.5)

I passi principali sono 6 <sup>14</sup>( CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Rilevare la situazione iniziale (tramite foto)
2. Separare le cose che servono da quelle che non servono (tramite cartellino)

Il cartellino serve a identificare ciò che serve da ciò che non serve. I passi da seguire sono i successivi <sup>15</sup>( CBS Knowledge Workbook, 2022):

- a. Identificare ciò che serve da ciò che non serve;

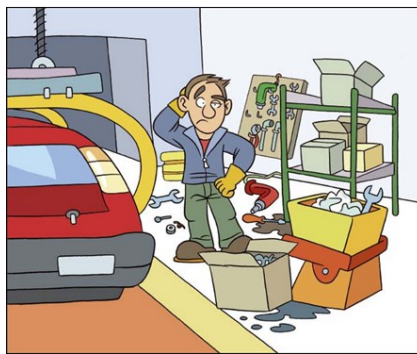
---

<sup>13</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>14</sup> *Ibidem*

<sup>15</sup> *Ibidem*

- b. Separare le cose non necessarie mediante l'apposizione su ognuna di esse di un cartellino;
  - c. Riporre le cose inutili in un'apposita area e assegnare la responsabilità dell'evasione anomalia;
  - d. Risolvere le anomalie segnalate mediante cartellino;
  - e. Cercare modi per migliorare il posto di lavoro affinché le cose inutili non si accumulino continuare a utilizzare il cartellino rosso.
3. Analizzare i singoli casi e spostare gli oggetti inutilizzabili in apposite aree
  4. Definire quantità massime e minime dei materiali in uso nella postazione.
  5. Trovare una sistemazione alternativa per utensili, parti, attrezzature equipaggiamenti necessari ma non usati tutti i giorni.
  6. Rilevare la nuova situazione ed esporre i risultati (tramite foto)



**Figura 1.5** Illustrazione SEIRI [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## 2- SEITON

La finalità è ricercare le modalità di collocazione delle cose in modo da soddisfare sicurezza, qualità ed efficienza attraverso l'ideazione di sistemi di collocazione, l'identificazione degli spazi e la disposizione degli oggetti in una facile ed immediata reperibilità (Figura 1.6).

I vantaggi sono una riduzione dei tempi per avere l'attrezzo e una riduzione dei tempi di ricerca.

I principali passi da seguire sono<sup>16</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Eliminati gli oggetti superflui, identificare quelli necessari con una breve descrizione e valutarne la frequenza d'uso

<sup>16</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

2. Definire i posti per ogni oggetto fissando un criterio di classificazione (ad es. basato sulla frequenza d'uso)
3. Etichettare allo stesso modo le posizioni di stoccaggio e gli oggetti da riporre in modo tale da averne una visione immediata (gestione a vista)
4. Riorganizzare e codificare gli spazi, gli scaffali (dopo averli individuati), utilizzandone il minimo necessario;
5. Annotare in ciascuna postazione di lavoro dove sono posizionati gli attrezzi (su cicli di lavorazione, nelle procedure di attrezzaggio, ecc).



**Figura 1.6** Illustrazione SEITON [fonte: CBS Knowledge Workbook]

### 3- SEISO

Il termine Seiso si traduce letteralmente con "pulizia" o "lucidare". Questo principio va oltre la semplice pulizia superficiale; si tratta di un impegno continuo per mantenere pulito e ordinato ogni angolo del luogo di lavoro. Seiso prevede che ogni dipendente non solo pulisca il proprio spazio di lavoro, ma contribuisca anche alla pulizia generale delle aree comuni e delle attrezzature<sup>17</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022). (Figura 1.7).

---

<sup>17</sup> CNH, 2022, CBS knowledge Workbook





**Figura 1.7** Illustrazione SEISO [fonte: CBS Knowledge Workbook]

#### **4- SEIKETSU**

SEIKETSU, che significa "standardizzare", è uno dei principi del 5S.

La finalità è la definizione di attività che servono a mantenere nel tempo le condizioni di organizzazione, ordine e pulizia attraverso l'adozione di misure di controllo a vista, di piani di pulizia e ispezione e di check-list di autovalutazione e certificazione.

I passi principali sono i successivi<sup>18</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Ufficializzare il lay-out ideale di attrezzature, materiali, mobili dell'area di lavoro;
2. Definire in dettaglio le attività standard per mantenere la situazione ideale (con apposite Istruzione di Lavoro);
3. Gestire piccole eventuali azioni correttive mediante O.P.L. (One Point Lesson);
4. Strutturare il controllo a vista anche mediante check list;
5. Definire le fermate da prevedere a ciclo per le attività di 5S;
6. Standardizzare la segnaletica di delimitazione colorata;
7. Definire gli appositi contenitori specifici per la raccolta dei vari materiali;
8. Migliorare continuamente.

#### **5- SHITSUKE**

SHITSUKE, l'ultimo dei cinque principi del 5S, si traduce come "sostenere" o "mantenere". Questo principio riguarda l'importanza di stabilire una cultura di responsabilità e disciplina sul

---

<sup>18</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

posto di lavoro. Gli individui devono essere incoraggiati a rispettare rigorosamente gli standard stabiliti e ad assumersi la responsabilità di mantenere l'ordine, la pulizia e l'efficienza. In pratica, ciò significa che ogni membro del team dovrebbe essere responsabile del proprio ambiente di lavoro, mantenendo gli standard di qualità e contribuendo attivamente al miglioramento continuo delle operazioni<sup>19</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

### **1.1.3. 5W+1H**

Risulta essere uno strumento di base per creare un problema chiaramente definito utilizzando un approccio logico al porre domande per garantire che il problema o l'argomento in discussione venga analizzato con una visione completa di tutti i suoi aspetti essenziali: Cosa, Quando, Dove, Chi, Quale e Come.

Si potrebbe utilizzare ogni volta che si definisce un problema da attaccare e risolvere o durante la fase di pianificazione di un Kaizen per chiarire l'enunciato del problema.

Le domande sono utilizzate a diversi livelli a seconda della profondità di indagine necessaria per definire chiaramente il problema e raccogliere gli indizi necessari su "ciò che è" e "ciò che non è" nell'ambito.

Si utilizza ogni giorno in fabbrica durante l'indagine, il chiarimento e la definizione di una dichiarazione del problema. L'obiettivo è portare la stessa percezione del problema a tutti, fornire un approccio strutturato alla raccolta dei dati e aiutare il team di risoluzione dei problemi a scegliere lo strumento Kaizen appropriato da utilizzare.

L'obiettivo generale è che il team di risoluzione dei problemi crei una dichiarazione del problema rivista che fornisca sia chiarezza del problema (cioè, ciò che rientra nell'ambito e ciò che non lo è) sia indizi basati sui dati raccolti e sui fatti osservati<sup>20</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Di seguito, in Tabella 1.3, si riassume i metodi di applicazione dello strumento 5W +1H.

---

<sup>19</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>20</sup> *Ibidem*

**Tabella 1.3** Metodi Applicazione 5W+1H [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

<b>5 W + 1H</b>	<b>METODO DI APPLICAZIONE</b>
<b>WHAT (COSA)</b>	Che aspetto ha il problema? Quale prodotto, macchina, materiale veniva utilizzato? Che taglia?
<b>WHEN (QUANDO)</b>	Quando si è verificato il problema? Quando si trova la nella sequenza di funzionamento: Avvio, funzionamento continuo, problema intermittente, arresto, commutazione?
<b>WHERE (DOVE)</b>	Dove hai visto il problema? In quale punto dell'attrezzatura o del materiale hai riscontrato il problema?
<b>WHO (CHI)</b>	Chi può effettuarlo? Ciascuno? O è un problema minore per alcuni individui o team? (se sì, quali informazioni possono offrire?) è legato alle competenze?
<b>WHICH (COSA)</b>	Quale tendenza o modello ha il problema? Il quale direzione si verifica il problema?
<b>HOW (COME)</b>	Come cambia lo stato dell'attrezzatura rispetto a quello ottimale? Quante volte si verifica il problema?

#### **1.1.4. 5G**

Tale metodologia rappresenta una mentalità di base che facilita la raccolta di informazioni e un approccio aperto alla risoluzione dei problemi. Il principio fondamentale alla base è capire che il percorso di risoluzione dei problemi inizia in officina utilizzando i 5 sensi per indagare. Inoltre, gli standard sono fondamentali per una buona risoluzione dei problemi, sapendo che è difficile risolvere un problema quando il lavoro o il processo viene eseguito in modo casuale o se le specifiche non sono chiare.

Gli obiettivi sono i seguenti<sup>21</sup> (Documento aziendale, CNH):

- L'uso di un approccio strutturato e scientifico nella risoluzione dei problemi
- Essere risolutori di problemi più efficienti (più velocemente/più velocemente).

<sup>21</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Se usato correttamente, è meno probabile che il risolutore di problemi venga ingannato o ingannato nel risolvere solo i sintomi e non le cause principali dei problemi. Di seguito, in Tabella 1.4, si sottolineano le idee dietro lo strumento 5G.

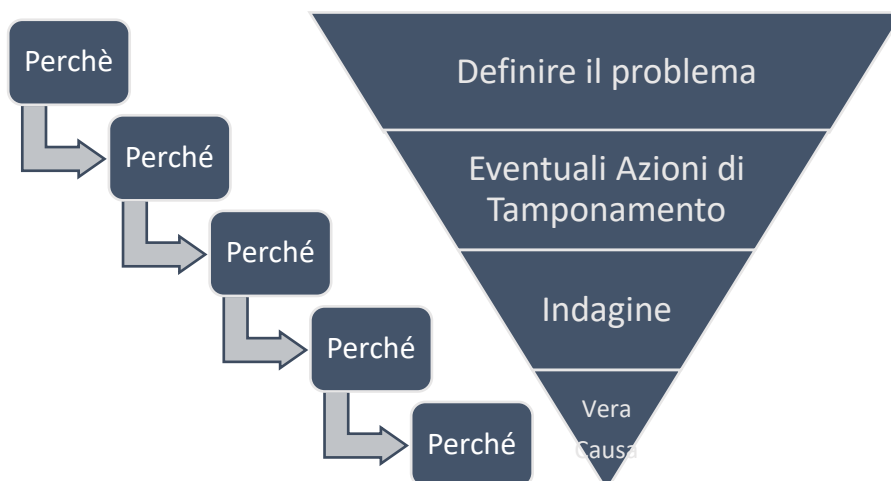
**Tabella 1.4** Le idee dietro le 5G [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

<p style="text-align: center;"><b>GEMBA</b> (vai nel luogo)</p>	<p>L'idea del GEMBA è che il problema è visibile, e l'idea del miglioramento può venir fuori dal GEMBA. GEMBA Walk è un'attività che comporta la visione diretta fronte linea.</p>
<p style="text-align: center;"><b>GEMBUTSU</b> (esamina l'oggetto)</p>	<p>Dall'osservazione dell'attuale processo o problema nell'attuale luogo dove è presente, il problem solver è capace di ottenere i dati reali che migliorano le possibilità di una soluzione migliore.</p>
<p style="text-align: center;"><b>GENJITSU</b> (valuta i fatti)</p>	<p>Una volta che si capisce il processo attuale utilizzando il GEMBA e il GEMBUTSU si può partire nella raccolta dei dati del problema</p>
<p style="text-align: center;"><b>GENRI</b> (riferisci alla teoria)</p>	<p>Una volta che si sono raccolti i dati si possono comparare con gli standard di processo</p>
<p style="text-align: center;"><b>GENSOKU</b> (seguì gli standard operativi)</p>	<p>Dopo aver raccolto i dati e riferiti agli standard, si può utilizzare lo strumento 5 WHY per andare oltre il fenomeno ed identificare la giusta causa radice e possibili contromisure</p>

### 1.1.5. 5WHY

Uno strumento di risoluzione dei problemi destinato a identificare le micro-cause alla radice di un fenomeno anomalo attraverso una serie consecutiva di domande (perché), a cui è necessario rispondere.

Il "5" nel nome deriva da un'osservazione empirica sul numero di iterazioni tipicamente necessarie per identificare la causa principale, si veda la Figura 1.8.



**Figura 1.8** Illustrazione processo decisionale e l'integrazione 5 perché [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

Durante la fase di progettazione del Kaizen dopo aver completato il 5W1H. Lo strumento viene utilizzato anche per completare l'analisi delle cause principali (RCPS).

Gli obiettivi sono<sup>22</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Determinare la causa principale di un difetto o di un problema.
2. Formare le persone a trovare risposte ai problemi utilizzando un approccio strutturato.
3. Essere risolutori di problemi più efficienti (più velocemente/più velocemente).

Se usato correttamente è meno probabile che il risolutore di problemi venga ingannato o ingannato nel risolvere solo i sintomi e non le cause principali dei problemi.

L'utilizzo della metodologia 5WHY si fonda su tali processi<sup>23</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Per ogni fenomeno identificato, ci si chiede perché esiste e si formulano delle risposte.
2. Per ogni risposta, ci si chiede nuovamente perché fino a quando non viene alla luce la causa principale.
3. Due indizi per indicare che l'interrogatorio è arrivato alla causa principale:
  - a. Quando si sperimenta un restringimento e poi un allargamento della messa a fuoco
  - b. Quando l'azione intrapresa contro la risposta risolverà definitivamente il problema.
4. Utilizzare i dati anziché le espressioni generiche.

<sup>22</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>23</sup> *Ibidem*

5. Per ogni causa, si individuano le azioni che elimineranno la condizione per sempre.

### 1.1.6. 5T

Lo strumento delle "5T" nella Lean Manufacturing ottimizza il layout, la posizione del materiale e la sua identificazione tramite Visual Management. I cinque principi chiave sono: TEI-JI, che riguarda la definizione e segnalazione dei percorsi standard; TEI-ICHI, che si concentra sul posizionamento degli attrezzi in base alla frequenza di utilizzo; TEI-HYOUJI, che prevede la visualizzazione delle informazioni critiche per facilitare il monitoraggio e le azioni correttive; TEI-RYOU, che punta alla standardizzazione delle attività per garantire coerenza e qualità; e TEI-SHOKU, che utilizza il colore per identificare rapidamente oggetti e aree, migliorando la sicurezza e prevenendo errori<sup>24</sup> (CBS Knowledge Workbook) (Figura 1.9).

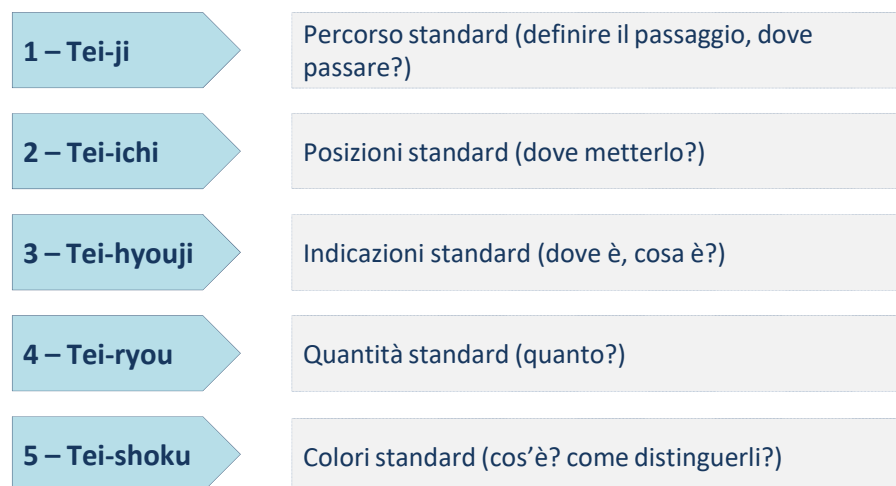


Figura 1.9 illustrazione riassuntiva 5T [fonte: CBS Knowledge Workbook]

L'obiettivo è la chiara identificazione dei precedenti punti. In particolare, in primis, è importante definire i percorsi standard attraverso ed una chiara segnaletica delle linee guida, come di seguito evidenziato.

<sup>24</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

## TEI-JI

Di seguito, in Figura 1.10, alcune linee guida da seguire per la definizione di un corretto percorso standard.

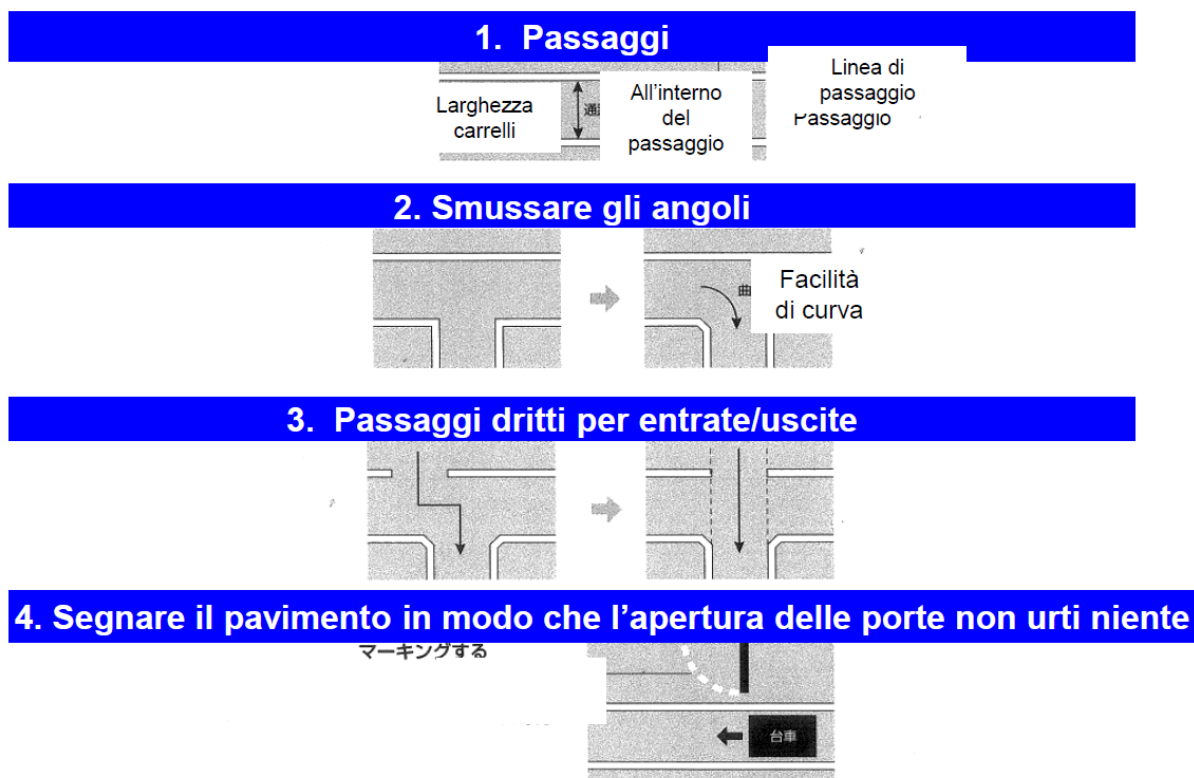


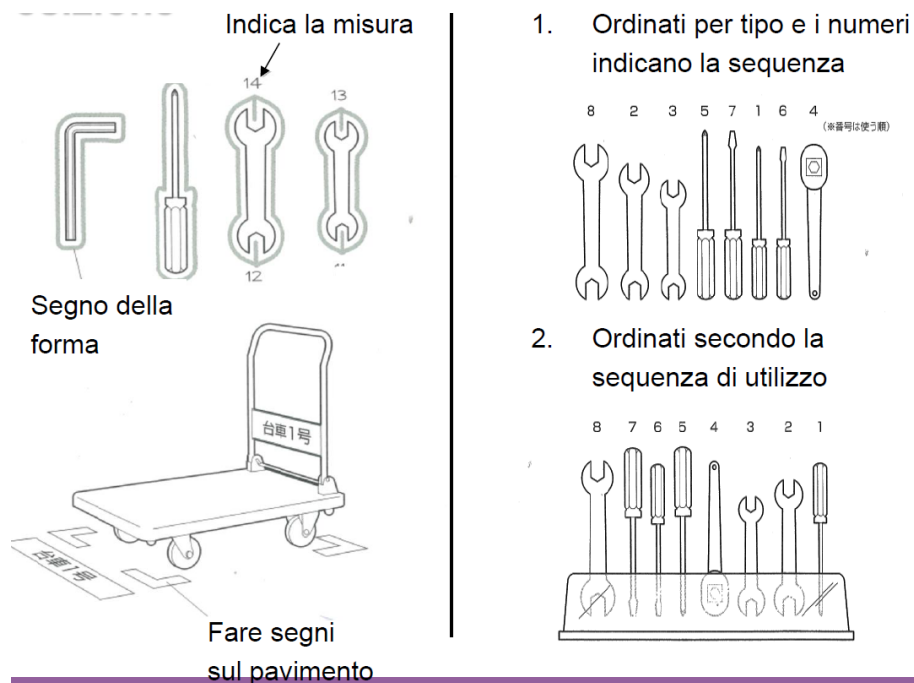
Figura 1.10 Esempi dell'applicazione della metodologia 5T [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## TEI-ICHI

Per attrezzi e materiali, la distanza dal punto di utilizzo è funzione della frequenza di utilizzo: come si evince dalla Tabella 1.5 e dalla Figura 1.11, maggiore è la frequenza di utilizzo, più vicino è necessario sia l'attrezzo.

**Tabella 1.5** Linee Guida per Tei-ichi [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Frequenza di utilizzo	Soluzione
<ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ Attrezzo non più usato</li> <li>⑩ meno di 1 volta / anno</li> <li>⑩ 1 volta / 6-12 mesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminare</li> <li>Posizionare distante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ 1 volta / 2 - 6 mesi</li> <li>⑩ Più di 1 volta / mese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mettere in reparto</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ 1 volta / settimana</li> <li>⑩ 1 volta / giorno</li> <li>⑩ 1 volta / ora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collocare vicino al punto dell'operazione</li> </ul>



**Figura 1.11** Ulteriori Linee Guida per rispettare Tei-Ichi [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## TEI-HYOUJI

Questo concetto si concentra sull'importanza di rendere visibili le informazioni critiche relative al processo produttivo o alle operazioni aziendali. L'obiettivo è quello di consentire a tutti i membri del team di comprendere rapidamente lo stato attuale del lavoro, identificare eventuali problemi o anomalie e prendere azioni correttive tempestive.



Il "Tei-hyouji" coinvolge l'uso di strumenti visivi come grafici, tabelloni, indicatori a colori e schede di lavoro visuali che vengono posizionati in luoghi chiave sul luogo di lavoro in modo che siano facilmente accessibili a tutti. Questi strumenti consentono al team di monitorare le prestazioni, identificare i problemi e lavorare insieme per risolverli in modo collaborativo e tempestivo. In questo modo, il "Tei-hyouji" promuove la trasparenza, la comunicazione efficace e il miglioramento continuo all'interno dell'organizzazione <sup>25</sup>(CBS Knowledge Workbook).

## **TEI-RYOU**

Implementare il "Tei-Ryou" significa stabilire standard chiari e ben definiti per le attività, i processi e gli strumenti utilizzati sul luogo di lavoro. Questi standard comprendono le modalità di esecuzione delle attività, le specifiche dei prodotti, gli strumenti necessari, i tempi previsti e gli obiettivi di qualità.

L'obiettivo principale del "Tei-Ryou" è garantire che tutte le operazioni siano eseguite in modo coerente e conforme agli standard stabiliti, riducendo così il rischio di errori, inefficienze e variazioni non desiderate. La standardizzazione aiuta anche a semplificare l'addestramento del personale, a facilitare la comunicazione e il coordinamento tra i membri del team e a fornire una base solida per il miglioramento continuo <sup>26</sup>(CBS Knowledge Workbook).

Di seguito delle linee guida per poter definire delle quantità standard all'interno dello stabilimento (Figura 1.12).

---

<sup>25</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>26</sup> *Ibidem*

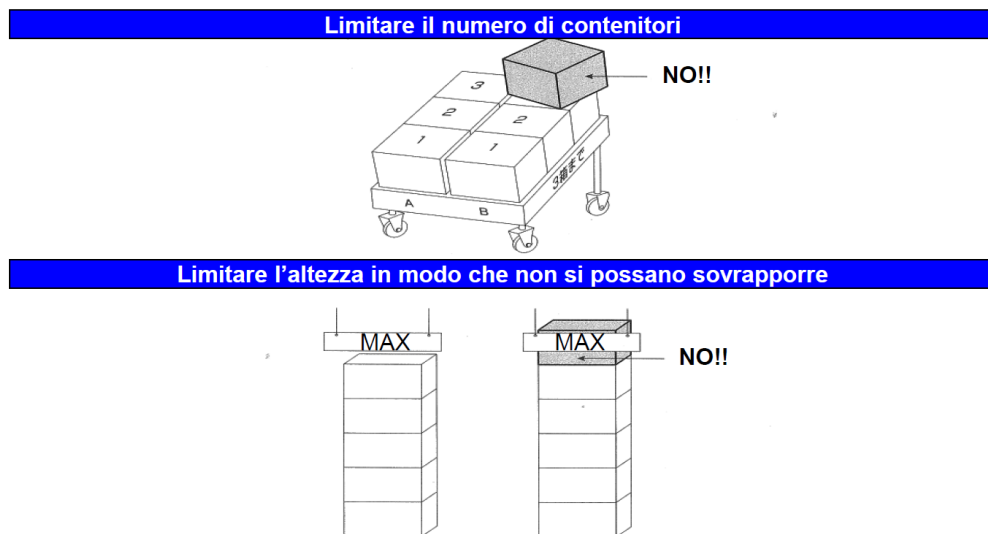


Figura 1.12 Linee Guida Tei-Ryou [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## TEI-SHOKU

L'applicazione Tel-Shoku, il quinto punto, suggerisce l'importanza del colore per l'immediata identificazione di oggetti e strumenti. Di seguito, si elencano degli esempi di quanto sia importante l'aspetto visivo sul campo<sup>27</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Colorare e codificare:
  - I percorsi
  - Le postazioni
  - Le tipologie di materiale (acciaio, nylon, ...)
  - Gli olii e il grasso
2. Identificare i dispositivi di sicurezza e le aree non sicure (strisce gialle e nere)
3. Mostrare pannelli (in lavorazione, asservimento materiale, scarto...)
4. Oggetti non necessari (cartellini rossi e gialli, in attesa di essere scartati)
5. Identificare i lavoratori (divise, ...)
6. Per legge:
  - Linea telefonica: rosso
  - Linea elettrica: arancione
  - Acque industriali: bianco

<sup>27</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

- Tubo di scarico: marrone
- Gas: verde
- Olio: giallo

Applicazione dei colori è fondamentale, alcune volte, per evitare errori umani.

### 1.1.7. GOLDEN ZONE

L'area esistente tra l'angolo degli occhi ( $60^\circ$ ) e 400 mm di distanza dal tronco dell'operatore coincide con la golden zone (Figura 1.13). I vari materiali presenti in questa specifica zona possono essere prelevati nella zona di visione oculare e senza variazioni di altezza e rotazione del busto rispetto alla posizione ricoperta dall'operatore.

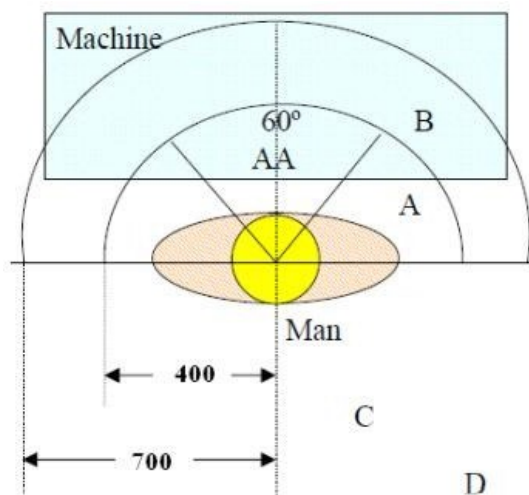


Figura 1.13 Rappresentazione golden zone [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Se si considerano le altre zone, si può notare<sup>28</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- **zona a:** la posizione che viene ricoperta dai materiali consente che essi possano essere prelevati estendendo le braccia. Tutte e due le mani possono essere utilizzate per lo svolgimento delle attività.

<sup>28</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

- **zona b:** si possono prendere i materiali grazie all'estensione delle braccia, nonostante vadano oltre l'altezza del gomito.
- **zona c:** si possono prendere i materiali grazie alla rotazione del corpo.
- **zona d:** si possono prendere i materiali camminando.

All'interno della "golden zone" dovrebbe venire svolto il lavoro, mantenendo un'adeguata postura del corpo, e ponendo i vari materiali di fronte ed attorno all'operatore solamente secondo l'ordine che viene definito dalla standard operation, può avvenire il prelievo del materiale.

### **1.1.8. STRIKE ZONE E STRIKE POINT**

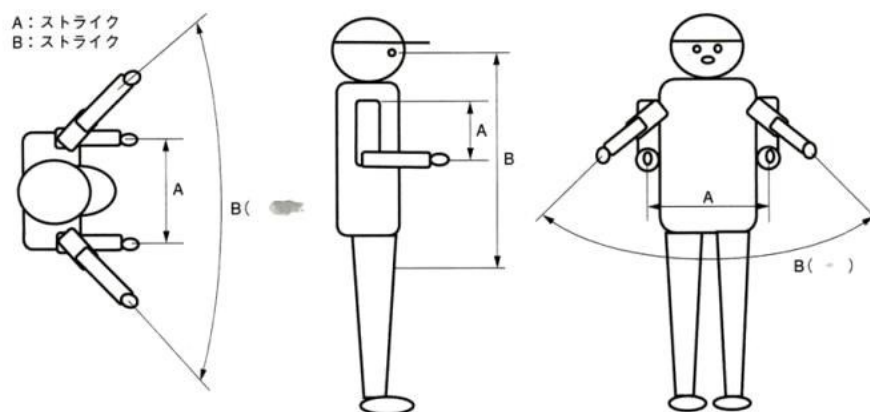
Mentre la "Golden Zone" è importante per l'organizzazione orizzontale delle postazioni di lavoro (per intenderci il piano di lavoro parallelo al pavimento), la "Strike Zone" è fondamentale per l'organizzazione verticale delle postazioni stesse.

La strike zone è la zona ottimale per lavorare con il massimo confort e la minima fatica. Questa zona è definita considerando i movimenti naturali del corpo umano e le posizioni più efficaci per ridurre lo sforzo e prevenire lesioni. L'applicazione della strike zone è utile per la progettazione delle postazioni di lavoro, per la formazione dei lavoratori e per le valutazioni ergonomiche<sup>29</sup> (CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*).

In Figura 1.14 sono rappresentate le due aree di riferimento, con la lettera A si intende lo strike point, con la lettera B si intende la strike zone.

---

<sup>29</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*



**Figura 1.14** A) Strike Point B) Strike Zone [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Portato al limite il concetto precedentemente introdotto, si può parlare dello Strike Point, riferendosi ad un'area specifica dove è ottimale eseguire attività o interagire con strumenti e materiali. Nella Tabella 1.6 una descrizione delle aree di riferimento in relazione alle zone Strike Point e Strike Zone.

**Tabella 1.6** Strike Zone, Strike Point e le aree di riferimento [Rielaborato da: CBS Knowledge Workbook]

	Area di riferimento	Area specifica
<b>Strike Point</b>	Tra i gomiti e le spalle	Tra le spalle (senza stendere i gomiti)
<b>Strike Zone</b>	Tra gli occhi e le ginocchia	All'interno dell'area compresa a destra (45) e sinistra (45) stendendo i gomiti

### 1.1.9. TAKT TIME, BILANCIAMENTO E APPROCCIO YAMAZUMI

Una volta aver adoperato la metodologia delle 5S e usato gli strumenti di riduzione delle 3M è possibile parlare di Takt Time. Diviene utile adesso fornire alcune definizioni:

- Tempo di lavoro disponibile (min o ore): il tempo lavorativo fruibile per turno
- Tempo di lavoro netto disponibile (min o ore): tempo destinato al lavoro per turno al netto di interruzioni, riunioni e tempi per pulizia
- Operazione elementare (sec): successione di fasi che creano un'unica operazione completa. Chiaramente, possono essere attribuite più operazioni elementari al medesimo stadio di processo (stazione di lavoro)

- Tempo ciclo standard (sec): rappresenta il tempo che scorre tra l'uscita di un elemento e l'altro da un unico stadio di processo. Il tempo di ciclo standard lo si ottiene sommando i tempi delle operazioni elementari assegnate ad un determinato stadio di processo.

Giunti a questo punto, è ora possibile stabilire il takt time:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ di\ lavoro\ giornaliero\ netto\ disponibile}{Domanda\ giornaliera\ media\ nel\ periodo\ considerato}$$

Il takt time, all'intero di un sistema Lean, coincide con il tempo che trascorre tra la produzione di una singola unità di prodotto e quella successiva. È importante non confondere il takt time con la regolarità con cui il cliente reclama il prodotto. Il primo, infatti, coincide con l'esito di una programmazione uniformata della produzione la quale è differente dalla richiesta reale.

Se si vuole soddisfare la richiesta di produzione bisogna<sup>30</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

- sapere il numero di stazioni disponibili;
- fissare le precedenze ed i vincoli tra le singole operazioni elementari - definire il numero di operazioni elementari da assegnare ad ogni postazione;
- definire il numero di operatori necessari.

È importante introdurre l'approccio Yamazumi. Come si può notare, questa è una parola giapponese che significa "impilare". Come viene esplicitato nella figura sottostante, un grafico di Yamazumi è un grafico a barre in pila (Figura 1.15 sottostante) che rappresenta il bilanciamento del carico di lavoro tra le differenti postazioni in una linea di montaggio o in una cella di lavoro. È vantaggioso per riprodurre, in modo visivo, il contenuto di lavoro di una serie di attività e facilitare il bilanciamento di una linea, l'isolamento e l'eliminazione delle attività a non valore aggiunto.

---

<sup>30</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

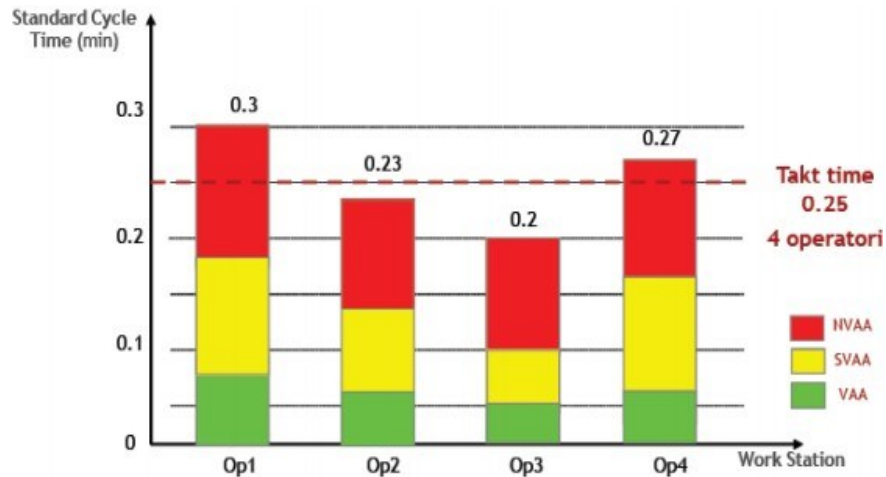


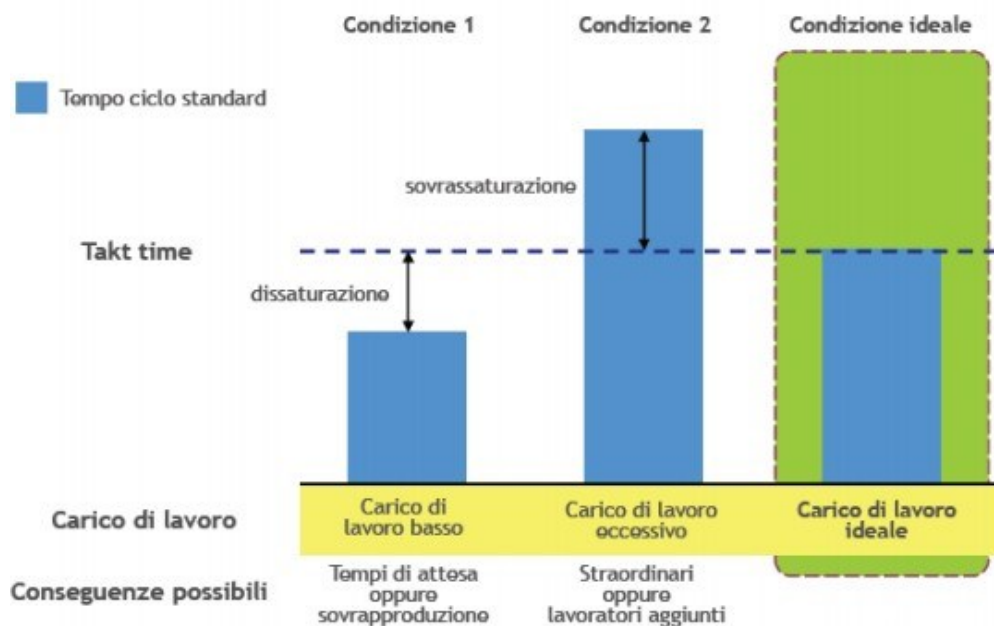
Figura 1.15 Esempio di grafico Yamazumi [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Se si vuole definire il numero di operatori indispensabili, è importante conoscere i tempi ciclo standard delle singole postazioni e il takt time:

$$\text{Numero minimo di persone necessarie} = \frac{\text{Somma tempi ciclo standard singole postazioni}}{\text{Takt Time}}$$

Diviene ora chiaro che, presupposti fissi i tempi ciclo standard delle singole postazioni, servono meno operatori lungo la linea, al crescere del takt time, mentre, al diminuire della cadenza ciclo, ne servono di più.

Per equilibrare maggiormente una linea, è indispensabile che ogni postazione abbia tempi ciclo standard simili ed allineati il più possibile alla cadenza prevista (takt time), come viene raffigurato nella Figura 1.16 sottostante:



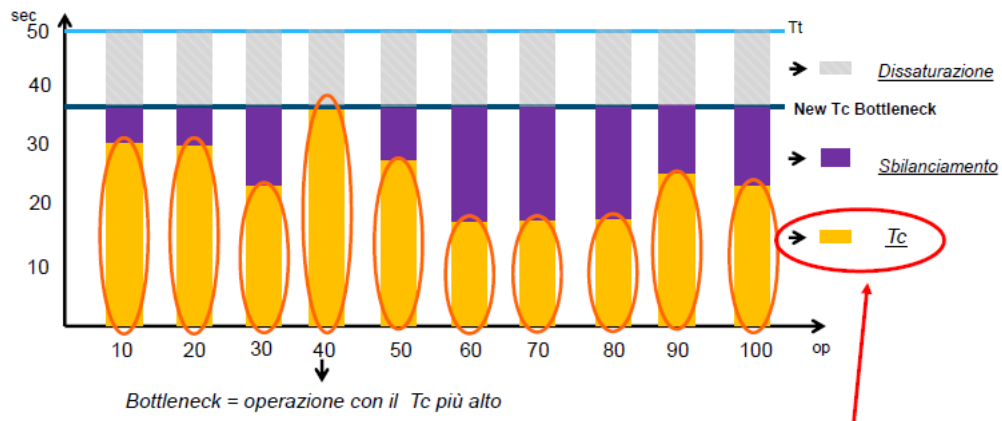
**Figura 1.16** Carico di lavoro in relazione al takt time [fonte: CBS Knowledge Workbook]

In blu si hanno i tempi ciclo standard per 2 differenti “condizioni”. Con la linea tratteggiata blu si ha il takt time derivanti dalla programmazione della produzione. Nella condizione 1 si ha una dissaturazione rispetto al takt time programmato, nel secondo caso si ha una sovrassaturazione. Tali condizioni comporterebbero come conseguenze,

1. nel primo caso: tempi di attesa o sovrapproduzione;
2. nel secondo caso: straordinari oppure lavoratori aggiunti.

Come illustrato nella Figura 1.17, è evidente come la diminuzione del tempo ciclo, in particolare quello del collo di bottiglia, l'attività con il tempo ciclo più lungo della linea, sia cruciale. Questa riduzione è determinante poiché facilita l'esecuzione delle attività successive necessarie per l'ottimizzazione del processo produttivo.





**Figura 1.17** Illustrazione dei vari tempi ciclo delle attività [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Riassumendo, per equilibrare una linea, gli step principali sono <sup>31</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- segnare e sottolineare un programma delle antecedenze tra le fasi operative di ciascuna postazione;
- misurare il takt time desiderato per la linea;
- misurare il fabbisogno di manodopera opportuna;
- esaminare le fasi operative e togliere quelle a non valore aggiunto;
- attribuire le mansioni su ogni postazione, tenendo a mente il tempo ciclo standard e i vincoli di precedenza;
- separare le attese su una sola postazione e provare ad eliminarle, attraverso miglioramenti focalizzati, tendendo al numero minimo di postazioni teorico;
- quantificare l'efficienza della linea.

qualora si verificassero perdite ingenti, ci si potrebbe trovare in una situazione uguale a quella riportata nella Figura 1.18 sottostante:

<sup>31</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

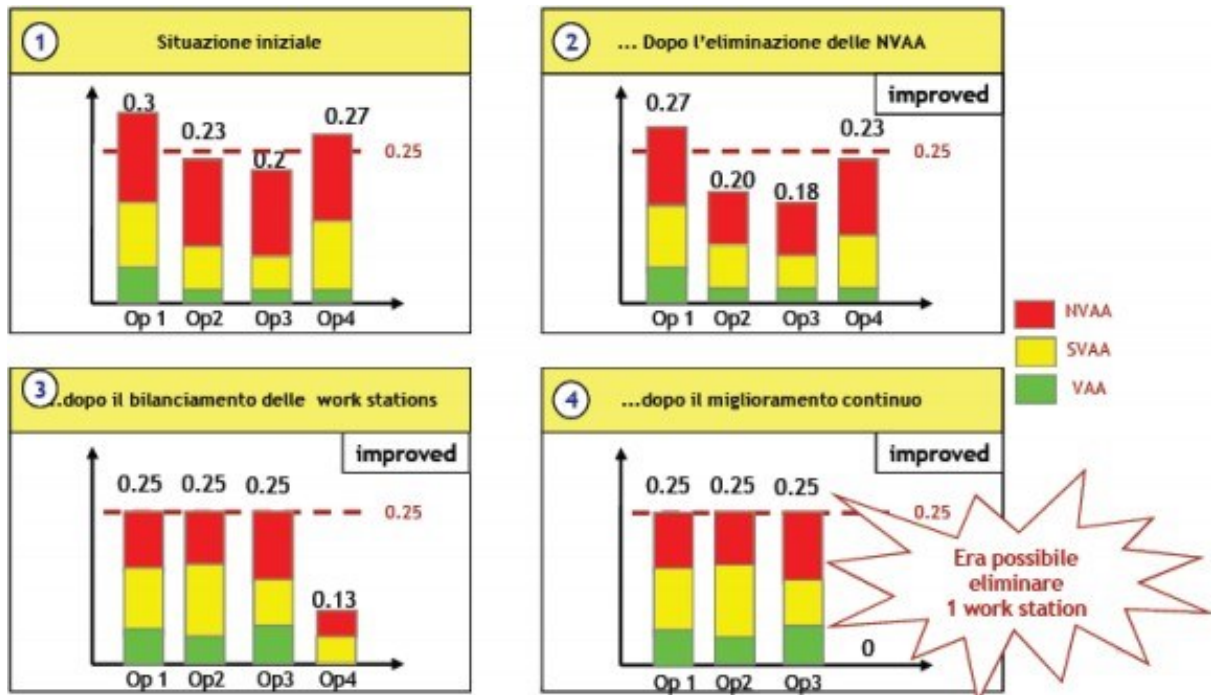


Figura 1.18 Carico di lavoro in relazione al takt time [fonte: CBS Knowledge Workbook]

In alto a sinistra si ha la situazione iniziale, dove si evidenziano i tempi ciclo di ogni operatore. Dopo l'eliminazione di attività a non valore aggiunto i tempi ciclo si riducono. Il passo successivo, nello step 3, è il bilanciamento dei nuovi carichi di lavoro. Nel caso numero 4, infine, si ottiene la possibilità di poter eliminare una stazione di lavoro e distribuire il suo carico precedente agli altri operatori.

Se si vuole rendere ottimale la sequenza delle azioni ed equilibrare la stazione di lavoro di una linea, la sequenza ideale delle attività è <sup>32</sup>( CBS Knowledge Workbook, 2022):

- a. togliere tutte quelle attività a non valore aggiunto maggiormente evidenti;
- b. riequilibrare la linea mettendo da parte le attività a non valore aggiunto all'interno di una sola stazione chiamata muda station;
- c. in seguito, favorire un miglioramento aggiuntivo nella muda station provando a togliere la postazione.

<sup>32</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Lo scopo ultimo, quindi, coincide con il sincronizzare una linea secondo il corretto takt time: in tal modo è possibile soddisfare la domanda del cliente senza creare sovrapproduzioni o lavoratori impiegati più del necessario.

### **1.1.10. MINIMUM MATERIAL HANDLING**

Nell'ambito della gestione efficiente dei processi e delle operazioni, il principio di minimizzare i movimenti e ridurre le distanze riveste un ruolo cruciale in ogni settore industriale e commerciale. Questo concetto, derivato dai principi della filosofia Lean e della gestione ottimizzata della catena di approvvigionamento, si applica in modo trasversale, influenzando sia le attività macroscopiche legate alla movimentazione dei materiali, sia gli aspetti microscopici legati ai movimenti delle persone all'interno di un ambiente lavorativo <sup>33</sup>(Knowledge Workbook, 2022).

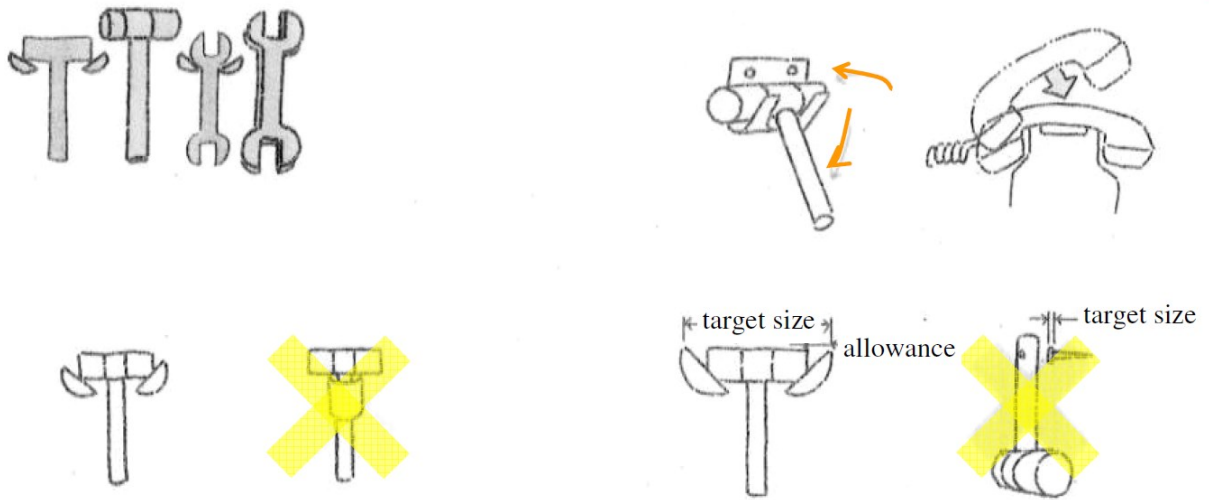
Dal punto di vista macroscopico, l'attenzione è posta sulla minimizzazione degli spostamenti dei materiali. Questo significa progettare i layout dei magazzini e delle aree di produzione in modo da ridurre al minimo le distanze per lo spostamento dei materiali, ottimizzando la disposizione degli scaffali, dei punti di prelievo e delle zone di stoccaggio. L'obiettivo è massimizzare l'efficienza operativa riducendo i tempi morti e migliorando la fluidità dei processi logistici.

Dal punto di vista microscopico, l'attenzione si concentra sulla minimizzazione dei movimenti delle persone all'interno dell'ambiente lavorativo. Questo include la progettazione degli spazi di lavoro in modo ergonomico, riducendo le distanze tra le postazioni di lavoro e ottimizzando i percorsi pedonali. L'obiettivo è garantire un ambiente sicuro e confortevole per gli operatori,

---

<sup>33</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

riducendo al minimo lo sforzo fisico richiesto per svolgere le attività quotidiane e aumentando la produttività complessiva. In Figura 1.19 vi è un esempio di semplici miglioramenti.



**Figura 1.19** Esempio di miglioramento secondo il Minimal Material Handling [fonte: CBS Knowledge Workbook]



## 2. CBS - SICUREZZA

La sicurezza prospetta il continuo miglioramento dell'ambiente di lavoro e l'abolizione di tutte quelle condizioni che potrebbero far nascere sia infortuni che incidenti. Questi, infatti, avvengono a causa di situazioni rischiose e di comportamenti pericolosi. Questi obiettivi possono essere raggiunti attraverso la diffusione della cultura CBS sulla sicurezza in tutti i diversi livelli organizzativi.

L'obiettivo prefissato dalla sicurezza è quello di azzerare gli infortuni. Esso si può conseguire grazie ad un approccio di tipo sistemico, il quale prevede una prevenzione degli incidenti realizzata per mezzo della segnalazione, dell'analisi e dell'eliminazione di tutte le cause che hanno generato o che, in qualche modo, avrebbero potuto generare un possibile incidente all'interno dello stabilimento stesso. Si vedrà, però, come questo non basti; risulta, infatti, necessaria una cultura consolidata verso formazione e addestramento. Per conseguire tale obiettivo è necessario sviluppare una cultura sulla prevenzione, un continuo miglioramento ergonomico del posto di lavoro, ed un incremento delle competenze idonee all'eliminazione delle condizioni per potenziali incidenti e infortuni.

L'acquisizione di CNH ha portato ai seguenti risultati:

1. Strumenti organizzativi;
2. Misure tecniche;
3. Campagne di sicurezza e attività formative.

Le principali attività risultano potersi schematizzare in<sup>34</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Analisi degli eventi
2. Classificazione reattiva e preventiva
3. Fase reattiva (Analisi Causa Radice)
4. Identificazione e valutazione dei rischi
5. Formazione, addestramento e controllo

---

<sup>34</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

## 2.1. ANALISI DEGLI EVENTI

La prima fase per un'analisi degli eventi passati è una reportistica. La reportistica è composta dalle successive informazioni <sup>35</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Infortuni fatali
- Infortuni gravi
- Infortuni di gravità minore (che comportano l'abbandono dell'attività lavorativa, con assenza < 30 gg)
- Medicazioni
- Quasi incidenti: "Near Miss" (incidenti che non hanno causato alcuna lesione)
- Condizioni insicure: "Unsafe conditions" (situazioni pericolose che non hanno generato feriti)
- Azioni insicure: "Unsafe Acts" (comportamenti pericolosi che non hanno generato feriti)

Tali eventi si possono rappresentare con la **piramide di Heinrich** (Figura 2.1), strumento che raggruppa, in sei livelli di gravità crescente, gli eventi anomali avvenuti in uno stabilimento.

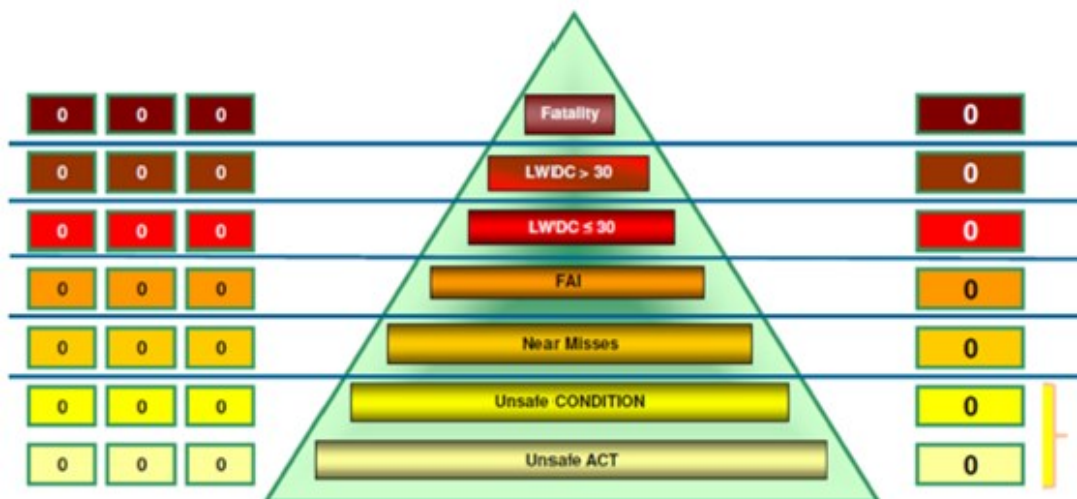


Figura 2.1 Piramide di Heinrich [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>35</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Per ridurre gli eventi misurati dalla piramide è necessario operare per fasce progressive (Figura 2.2), partendo dall'analisi degli incidenti più gravi, collocati nella parte alta della piramide, fino all'analisi degli eventi collocati nella parte bassa della piramide, come rappresentato in figura<sup>36</sup>.

Statisticamente è provato che per ogni incidente grave avvengano mediamente 30 incidenti di gravità minore e circa 300 mancanti infortuni che non hanno provocato lesioni ma che hanno le stesse potenzialità degli eventi più gravi (Near Misses)<sup>37</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

È necessario, attraverso una reportistica, valutare una classificazione dei rischi delle differenti aree. Tale attività è necessaria per decidere da quale area poter iniziare implementazioni future, ed è aiutata tramite l'utilizzo dello strumento S-MATRIX (matrice di sicurezza). Sono due le possibili classificazioni, una reattiva ed una preventiva, di seguito approfondite.

## **2.2. CLASSIFICAZIONE REATTIVA E PREVENTIVA**

Per poter individuare le aree più critiche “Aree Modello” occorre fissare dei criteri che possano permettere una facile ed univoca classificazione delle aree. Lo strumento molto utile allo scopo è la Safety Matrix (Matrice di Sicurezza). Lo studio può essere condotto, soprattutto nelle fasi iniziali dell'applicazione, prendendo in considerazione gli incidenti accaduti nel corso degli anni e raccolti nella “Classificazione Reattiva”. Di seguito, in Figura 2.2 e in Figura 2.3, sono presenti un esempio di foglio (parte 1 e parte 2) utilizzato per la Classificazione Reattiva. In esso si possono notare raccolte le informazioni dell'organo interessato, della tipologia di eventi e del loro valore pesato e della natura dell'evento<sup>38</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Nella prima tabella di Figura 2.2 vengono inseriti i dati relativi alla parte del corpo infortunata rispetto all'area considerata. Nell'esempio proposto in Figura 2.2 si noti come, nell'anno 20XX, si siano presentati un totale di cinque infortuni, uno di essi in prossimità della Testa/Collo nell'Area 1 della linea, uno alla spalla in Area 3, uno alla Mano/Dito/Polso in Area 6, uno della parte superiore del braccio nella Sub-Area 3 e l'ultimo al petto nella Sub-Area 6. Nella prima tabella di Figura 2.3 si riportano i dati derivanti dalla piramide di Heinrich, nell'esempio proposto, nell'anno 20XX, sono stati presenti tre (3) infortuni con assenza dal luogo di lavoro

---

<sup>36</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>37</sup> *Ibidem*

<sup>38</sup> *Ibidem*



≤ 30 giorni (Injury), due (2) infortuni con trattamento in stabilimento (First Aid), sedici quasi incidenti (Near Misses), centoundici (111) condizioni insicure (Unsafe Condition) e centotrentacinque (135) azioni insicure (Unsafe Acts). Tali dati vengono poi utilizzati nella seconda tabella di Figura 2.3 per calcolare il valore ponderato degli infortuni. Il peso specifico è il seguente: 100 per i Fatal, 50 per i gravi incidenti, 25 per gli incidenti con assenza ≤ 30 giorni, 10 per gli infortuni con trattamento in stabilimento, 5 per i quasi incidenti, 2 per le condizioni insicure e 1 per le azioni insicure. In tale tabella, dunque, si moltiplica il peso specifico con gli eventi registrati, ottenendo un punteggio per ogni area e per ogni tipologia di evento accaduto. Nella tabella successiva, di Figura 2.3, invece, vengono inseriti i dati relativi alla natura degli infortuni. Nell'esempio introdotto si noti come i cinque infortuni registrati nell'anno 20XX siano ripartiti come di seguito scritto: un evento (1) infortunistico dovuto a livido, contusione o abrasione, un evento (1) infortunistico dovuto a frattura, lussazione o schiacciamento, due (2) eventi di lacerazione o puntura e un (1) evento infortunistico dovuto a corpo estraneo.

L'analisi reattiva culmina, come illustrato nella Figura 2.4, con la classificazione delle diverse aree attraverso l'utilizzo di un diagramma di Pareto. Questo strumento permette di identificare e visualizzare le aree in cui si concentrano la maggior parte degli incidenti e delle problematiche, evidenziando le zone critiche che richiedono interventi prioritari. Nelle prime colonne si inseriscono i dati derivanti dalla reportistica degli eventi e, attraverso l'utilizzo di un "peso" per ogni evento, se ne calcola il punteggio pesato. Le aree vengono classificate in modo pratico dal valore più alto al valore più basso, e successivamente se ne calcola la cumulata. Le aree AA sono quelle con una cumulata che non supera il 50%, le aree A si trovano tra il 50% e il 70%, le aree B tra il 70% e il 90%, mentre le restanti sono classificate come aree C. Nell'esempio proposto, classificando le aree in base al punteggio ponderato, risultano di classe AA l'Area 3, la Sub-Area 3, l'Area 1 e la Sub-Area 1. Tra loro "l'area modello" è quella con il punteggio maggiore, dunque, per l'esempio proposto, l'Area 3.

Identificare l'area modello è di fondamentale importanza, poiché essa risulta essere la zona considerata più problematica. Questa individuazione consente di focalizzare immediatamente gli sforzi di ottimizzazione e miglioramento proprio su quell'area, applicando le migliori pratiche e soluzioni per ridurre i rischi e migliorare le condizioni di sicurezza. A partire dall'area modello, si possono poi estendere le ottimizzazioni ad altre zone garantendo che tutte le aree

dell'organizzazione siano allineate agli standard di sicurezza e salute previsti<sup>39</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

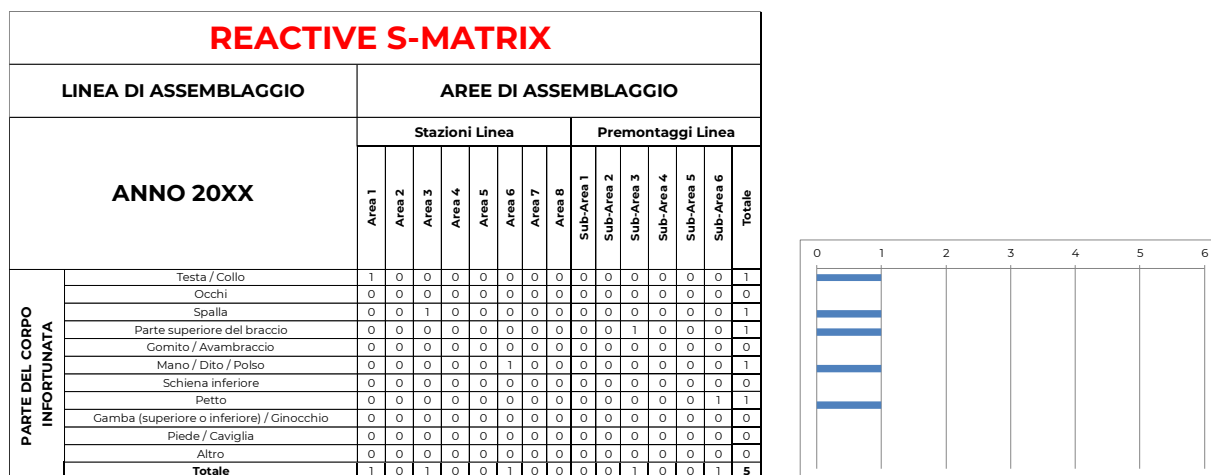


Figura 2.2 Esempio di foglio di calcolo nell'analisi reattiva – parte 1 [fonte: CBS Knowledge Workbook]

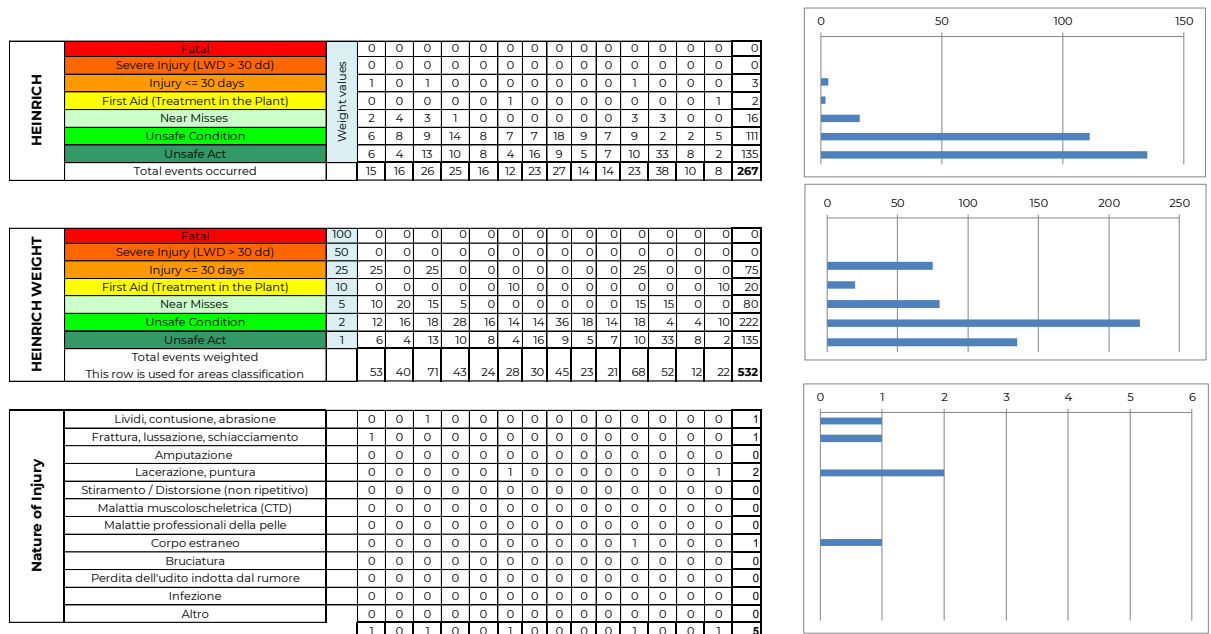


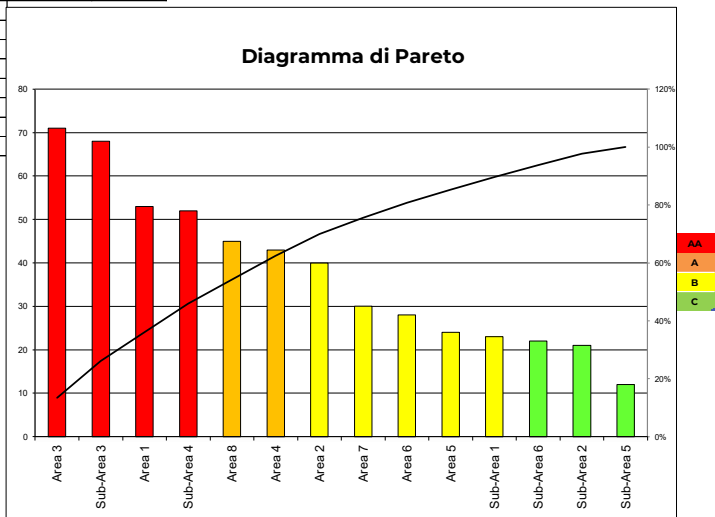
Figura 2.3 Esempio di foglio di calcolo nell'analisi reattiva – parte 2 [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>39</sup> CNH, 2022, CBS Knowledge Workbook

**CLASSIFICAZIONE REATTIVA**

ANNO 20XX	EVENTI					EVENTI PESATI					532	Classifica	Cumulato	TIPO DI EVENTO	PESO ASSEGNATO					
	FATAL	SEVERE > 30	LTA > 30	PROXIMUS	UC	FATAL	SEVERE > 30	LTA > 30	PROXIMUS	UC										
<b>AREE</b>	Events Number					100 pt	50 pt	25 pt	10 pt	5 pt	2 pt	1 pt	TOT pt							
Area 3	0	0	1	0	3	9	13	0	0	25	0	15	18	13	<b>71</b>	MA	13%	13%	Severe LTA > 30g	60 pt
Sub-Area 3	0	0	1	0	3	9	10	0	0	25	0	10	12	6	<b>68</b>	AA	13%	26%	LTA ≤ 30	25 pt
Area 1	0	0	1	0	2	6	6	0	0	25	0	10	12	6	<b>53</b>	AA	10%	36%	First aid	10 pt
Sub-Area 4	0	0	0	0	3	2	33	0	0	0	0	15	4	33	<b>52</b>	AA	10%	46%	Near miss	5 pt
Area 8	0	0	0	0	18	9	0	0	0	0	0	36	9		<b>45</b>	A	6%	54%	Unsafe condition	2 pt
Area 4	0	0	0	0	14	10	0	0	0	0	5	28	30		<b>43</b>	A	8%	62%	Unsafe act	1 pt
Area 2	0	0	0	0	4	8	4	0	0	0	0	20	16	4	<b>40</b>	A	8%	70%		
Area 7	0	0	0	0	7	16	0	0	0	0	0	14	16		<b>30</b>	B	6%	76%		
Area 6	0	0	1	0	7	4	0	0	0	0	0	14	4		<b>28</b>	B	5%	81%		
Area 5	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	16	8		<b>24</b>	B	5%	85%		
Sub-Area 1	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	10	5		<b>23</b>	B	4%	90%		
Sub-Area 6	0	0	1	0	5	2	0	0	0	0	0	10	2		<b>22</b>	C	4%	94%		
Sub-Area 2	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	14	7		<b>21</b>	C	4%	98%		
Sub-Area 5	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	4	8		<b>12</b>	C	2%	100%		

CRITERIA	
AA	~ 50%
A	~ 70%
B	~ 90%
C	~ 100%



**Figura 2.4** Diagramma di Pareto per classificazione aree analizzate [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Il diagramma di Pareto offre diversi vantaggi, tra cui<sup>40</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Identificazione delle priorità: Mostra chiaramente quali problemi o eventi contribuiscono maggiormente a un determinato risultato, consentendo di concentrare le risorse sulle aree più critiche.
- Focus sull'essenziale: Permette di individuare rapidamente i fattori principali che influenzano un determinato problema o risultato, semplificando il processo decisionale.
- Comunicazione efficace: Sintetizza complesse informazioni in una rappresentazione visuale chiara e intuitiva, facilitando la comunicazione all'interno dell'organizzazione.

In una seconda fase più avanzata, quando ormai il processo di estensione delle aree modello è stato avviato e gli incidenti infortunistici eliminati, si potrà procedere con una “Classificazione Preventiva” tenendo conto sia delle Unsafe Acts & Conditions ancora presenti, che della valutazione del rischio in essere, allo scopo di avere sempre una priorità di intervento e allo

<sup>40</sup> CNH, 2022, CBS Knowledge Workbook

stesso tempo garantire il processo del miglioramento continuo. Bisogna tenere sempre presente che le aree modello non cambiano mai rispetto alla classificazione Reattiva<sup>41</sup>.

In Figura 2.5 si noti un esempio di analisi di tipologia preventiva, che, grazie a successiva curva di Pareto, si traduce in una classificazione, in funzione della pericolosità riscontrata, delle differenti aree all'interno dello stabilimento. I criteri ed i concetti sono i medesimi della classificazione reattiva, la differenza sostanziale è concettuale: **la valutazione è svolta sul rischio futuro**. Tali analisi sono strettamente soggettive e, i criteri dietro esse variano in base al soggetto predisposto alla valutazione.

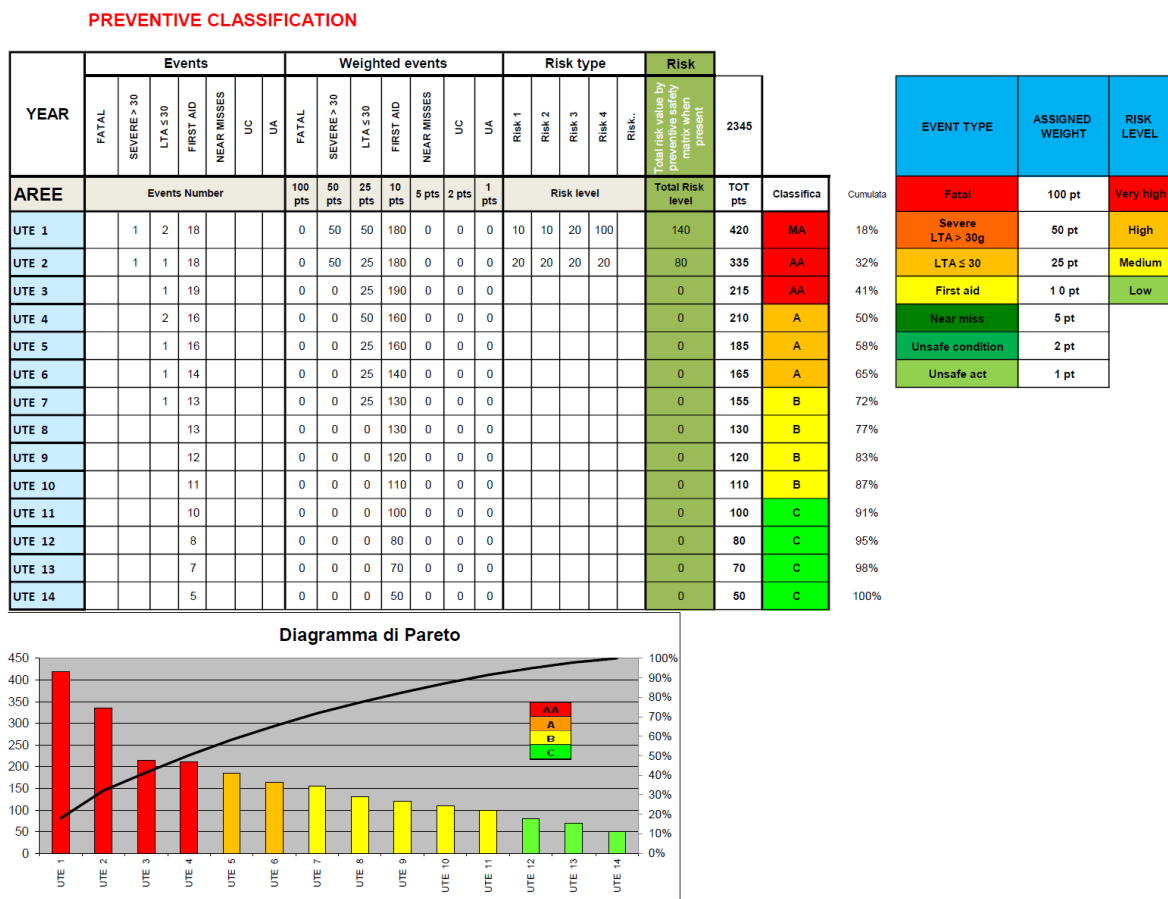


Figura 2.5 Esempio di valutazione di tipologia preventiva [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>41</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Dunque, grazie alle precedenti analisi e classificazioni è possibile riscontrare una classificazione delle differenti aree<sup>42</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Le aree verranno classificate in aree di tipo MA, AA, A, B, C in base alla criticità delle aree.
- Nella classificazione di tipo reattivo possono essere considerati all'interno dei criteri prescelti gli eventi infortunistici accaduti.
- Nella classificazione di tipo preventivo/proattivo si farà esplicito riferimento alla valutazione del rischio delle singole aree.

Di seguito, in Figura 2.6, si apprezza un riassunto degli strumenti utilizzati. In particolare, sono stati introdotti gli strumenti utilizzati per un'analisi reattiva e per un'analisi preventiva (la proattiva di seguito presente non viene trattata).

La matrice è suddivisa in tre colonne principali: Reactive, Preventive e Proactive, che indicano i diversi approcci alla gestione della sicurezza.

- **Reactive:** Un'area è considerata AA se sono accaduti numerosi incidenti, trattamenti medici e primi soccorsi. È classificata come A se sono accaduti molti incidenti, B per un numero medio di incidenti e C per un numero basso di incidenti.
- **Preventive:** Un'area è considerata AA se presenta un rischio potenziale molto alto di incidenti futuri, A se ha un alto potenziale di incidenti, B per un potenziale medio e C per un basso potenziale.
- **Proactive:** Qui si valuta il rischio futuro. Un'area è considerata AA se il rischio futuro è molto alto, A se è alto, B se è medio e C se è basso.

	Reactive	Preventive	Proactive
AA	Very high number of accidents, medical treatments, first aids	Very high potential	Very high risk*
A	High	High potential	High risk
B	Medium	Medium potential	Medium risk
C	Low	Low potential	Low risk

Numero di eventi infortunistici accaduti
Valutazione del rischio singole aree

**Figura 2.6** Classificazione delle aree dello stabilimento [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>42</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

## 2.3. FASE REATTIVA - ANALISI CAUSA RADICE

È la fase “reattiva” di sicurezza, in particolare nell’identificazione degli eventi infortunistici accaduti seguita da un’analisi delle dinamiche di tali eventi.

Tra i KPI utilizzati in tale tesi ci citano i seguenti:

- **LWDC** (Lost Work Day Cases Index, meglio conosciuto come indice di frequenza)

$$LWDC = \frac{n^{\circ} \text{ infortuni}}{\text{Ore Lavorate}} \times 10^6$$

- **FAI** (First Aid Incident Index)

$$FAI = \frac{n^{\circ} \text{ giorni persi per infortuni}}{\text{Ore Lavorate}} \times 10^3$$

- **NM:** n° Near Misses Cases
- **UC:** n° Unsafe Conditions
- **UA:** n° Unsafe Acts

Ora è possibile procedere alla valutazione delle dinamiche di tali eventi. L’analisi degli eventi viene effettuata con la compilazione del modulo RCPS (Root Cause Problem Solving in Figura 2.7). Lo scopo è di arrivare attraverso un processo di indagine (metodo dei 5 perché, introdotto nel sottoparagrafo 1.1.5) alla corretta causa origine<sup>43</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022). A esso, nella compilazione del RCPS, è fondamentale anche l’ipotesi di contromisure, con focus sulle tipologie di azione e del loro impatto.

5 Why Logic						
Cause #2 (from 2nd level Pareto)	Why? #1	Why? #2	Why? #3	Why? #4	Why? #5	Pictures or Supporting Information
	Because...	Because...	Because...	Because...	Because...	
% of Gap	How do you know?	How do you know?	How do you know?	How do you know?	How do you know?	
Root Cause #1 - Should be the last "why" on your 5 whys. Often a process that is: 1) Missing 2) Incomplete 3) Not Consistently Followed						
Countermeasure(s):						
Action			Type of Action	Impact (gap % closure)	Who	By When Status

Figura 2.7 Esempio del foglio operativo RCPS [fonte: file aziendale]

<sup>43</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Essendo tale strumento utilizzabile per ogni tipologia di evento o problema riscontrato, si propone un esempio, in Figura 2.8, basato sul trend negativo delle vendite nel mercato nordamericano di un prodotto New Holland. Il problema identificato è una diminuzione del 2,5% delle vendite nell'ultimo periodo, che avrebbe potuto ridurre le entrate di 50 milioni di dollari nel 2022. Per questo evento, si valutano le possibili cause.

La prima causa esaminata è stata la carenza di vendite, attribuita all'assenza di elementi chiave nel veicolo. Nel primo punto di indagine, si è riscontrata la mancanza di una cabina con visibilità a 360°, come riportato da un sondaggio. Successivamente, in tale esempio, ci si è chiesti perché tale funzionalità fosse assente. La risposta è emersa dall'analisi del piano di prodotto, il quale non prevedeva questa caratteristica.

Il terzo "perché" riguarda il "Voice of Client" <sup>44</sup>(VOC). Esso non ha incluso tale richiesta, evidenziando una mancanza di benchmarking o domande anticipatorie (informazione tratta dal VOC). Pertanto, si è giunti alla causa radice del problema. Nella parte inferiore della figura sono illustrate le contromisure proposte (attuate e non).

Le due contromisure proposte sono:

1. **Contenimento del problema:** Assicurarsi che la cabina con visibilità a 360 gradi sia inclusa nel piano di prodotto. Questa azione avrà un impatto del 0% nello stesso anno, poiché è necessario del tempo per attuarla.
2. **Soluzione permanente:** Attuare un Kaizen per rivalutare il processo VOC e sviluppare elementi di anticipazione e benchmarking.

---

<sup>44</sup> Per approfondimento sul VOC si rimanda al seguente libro: Stefano Biazzo, Roberto Filippini, 2018, *Management dell'innovazione*

<b>Problem Description:</b> include TAGS		Market Share for New Holland N.A. target is 12.5% (685 units) for August and actual is 10.8% (611 units). That is a gap of 74 units. Trend is negative in last 6 months. 140+ HP Tractor is 76% of unit miss and Product Features is 71% of reason. Potential Revenue miss of \$50M for 2022.				Trend:	Decreasing	Actual:	611
						Gap:	74	Standard:	685
<b>5 Why Logic</b>									
Cause #1	Why? #1	Why? #2	Why? #3	Why? #4	Why? #5	Pictures or Supporting Information			
New Holland 140+ HP Tractor missing key features.	Because... Lack of 360 deg visibility cab and confusing dig screens. (survey)	Because... Product Plan didn't call for those features.	Because... VOC missed this, lack of anticipatory questions / benchmarking.	Because...	Because...				
% of Gap	How do you know?	How do you know?	How do you know?	How do you know?	How do you know?				
71%	Survey results	Investigation of product plan	VOC results						
<b>Root Cause #1 - Should be the last "why" on your 5 why's. Often a process that is: 1) Missing 2) Incomplete 3) Not Consistently Followed</b>									
VOC process lacks anticipatory questions / benchmarking.									
<b>Countermeasure(s):</b>									
	<b>Action</b>	<b>Type of Action</b>	<b>Impact (gap % closure)</b>	<b>Who</b>	<b>By When</b>	<b>Status</b>			
	Ensure 360 deg Cab and simplified Dig Screens in 2023 update Prod Spec/plans for 140+ Trct.	Containment	0% in 2022		4/23/2022	Complete			
	Kaizen to revise VOC process and develop Anticipatory and Benchmarking elements.	Permanent	71%		4/23/2022	Not Started			

Figura 2.8 Esempio reale di analisi dei 5 perché tramite strumento RCPS [fonte: caso studio reale]

## 2.4. IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI

All'interno di tale step vengono definiti gli standards di sicurezza ed i comportamenti da adottare in stabilimento. Tutte le posizioni di lavoro devono essere provviste di standards di sicurezza e correttamente valutate. Deve essere condotta un'analisi dei rischi "Risk Analysis" composta da una "Risk Assessment" (studio ed analisi di tutte le condizioni di lavoro che dovranno come punto di partenza, rispondere alla conformità legislativa per poi essere continuamente migliorate al fine di ridurre /eliminare il rischio residuo) e da una "Risk Prediction" (predizioni di potenziali comportamenti insicuri che possono essere commessi durante l'espletamento dell'attività lavorativa e valutazione dei relativi rischi ad esso correlabili). Vengono prese in considerazione tematiche inerenti la info-formazione e addestramento, al fine di accrescere il know-how dell'intera organizzazione. Tale processo garantisce un costante mantenimento delle condizioni di sicurezza e permette una costante sensibilizzazione di tutti i lavoratori sul corretto comportamento da adottare durante le attività lavorative<sup>45</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

<sup>45</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*



### 2.4.1. RISK ASSESSMENT

Viene redatto secondo quanto richiesto dalle leggi nazionali in materia di salute e sicurezza sul lavoro per verificare la conformità legislativa all'interno delle postazioni di lavoro, con la valutazione di tutti i pericoli/rischi<sup>46</sup>.

Per realizzare la Risk Assessment sono stati individuati tutti i vari tipi di pericoli. Per ogni tipologia di pericolo è stata definita una procedura di valutazione. Utilizzando specifiche checklist di controllo e analisi strumentali, vengono identificati e analizzati i rischi. Il livello di rischio viene calcolato attraverso il prodotto Probabilità x Gravità. La priorità delle contromisure viene assegnata in funzione del livello di rischio residuo. L'obiettivo è quello di eliminare/ridurre i rischi residui e di continuare a garantire la conformità legislativa in tutte le postazioni di lavoro con l'adozione di opportune ed efficaci misure di prevenzione e protezione<sup>47</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

Il livello di rischio è identificato dalla matrice in Figura 2.9, incrociando il valore di probabilità e il valore di gravità. Le scale utilizzate sono le successive, suddivise tra gravità e probabilità.

#### **Gravità:**

**G1** – Pronto Soccorso; **G2** – Incidente di lieve entità (>1 giorno <3 giorni); **G3** – Incidente rilevante (>3 giorni < 30 giorni); **G4** – Infortunio grave, mortale, malattia professionale

#### **Probabilità:**

**P1** – probabilità molto bassa che si verifichi; **P2** – Minore probabilità che si verifichi; **P3** – Probabile che si verifichi; **P4** – Altamente probabile che si verifichi

In riferimento alla matrice di Figura 2.9, il colore determina il livello di rischio in base al seguente elenco:

- **ROSSO** = Livello di rischio molto alto
- **ARANCIONE** = Livello di rischio elevato;
- **GIALLO** = Livello di rischio medio;
- **VERDE** = Basso livello di rischio

---

<sup>46</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>47</sup> *Ibidem*

Di seguito, in Tabella 2.1, è possibile apprezzare un'illustrazione identificante i differenti colori.

**Tabella 2.1** Elenco dei rischi e delle contromisure [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Risk level		Countermeasures
Very high risk	<b>Not acceptable</b>	The risk is not acceptable and must strongly attached . Is needed to implement immediate countermeasures in order to reduce the level of the risk at least to a tolerable level.
High risk	<b>Not acceptable</b>	The risk is not acceptable and must be improved. It's needed to implement rapid countermeasures in order to reduce the level of the risk at least to a tolerable level.
Medium risk	<b>Tolerable</b>	The risk is tolerable. Is needed to evaluate possible countermeasures in order to reduce the level of the risk to an acceptable level. Continuous improvement approach is required.
Low risk	<b>Acceptable</b>	The risk is acceptable. Continuous monitoring about safety conditions is required.

Per ogni singolo rischio ti ottiene, dunque, una tabella, come nella Figura 2.9 di seguito presentata. Ogni cella identifica una combinazione tra il livello di Probabilità e Gravità.

R	G=1	G=3	G=5	G=7
P=1	1	3	5	7
P=2	2	6	10	14
P=4	4	12	20	28
P=8	8	24	40	56

**Figura 2.9** Tabella Probabilità-Gravità [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## 2.4.2. RISK PREDICTION

Viene redatto per analizzare in modo preventivo i potenziali comportamenti pericolosi legati alle attività svolte nelle postazioni di lavoro (Unsafe Acts) ed i relativi rischi ad essi correlati.

Partendo dalla Model Area (Area Modello) occorre capire tutte le mansioni che possono avere delle attività potenzialmente pericolose con presenza di un'interazione uomo-macchina.

Partendo da un diagramma di Pareto, che indica quali mansioni potenzialmente più pericolose, il team inizia ad analizzare le specifiche attività ad esse correlate attraverso l'uso di strumenti appropriati.

Gli argomenti da considerare sono:

- Gli infortuni e le medicazioni pregresse;
- Unsafe act storiche;
- Osservazioni;
- Probabilità di accadimento e situazioni ipotetiche.

Per realizzare la Risk Prediction sono stati individuati tutti i vari tipi di pericoli. Per ogni tipologia di pericolo è stata definita una procedura di valutazione. Utilizzando specifiche checklist di controllo e analisi strumentali, vengono identificati e analizzati le previsioni dei rischi. Il livello di rischio viene calcolato, come nella risk assessment, attraverso il prodotto Probabilità x Gravità. La priorità delle contromisure viene assegnata in funzione del livello di rischio residuo. L'obiettivo è quello di eliminare/ridurre i rischi residui e di continuare a garantire la conformità legislativa in tutte le postazioni di lavoro con l'adozione di opportune ed efficaci misure di prevenzione e protezione<sup>48</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

Potrebbe sembrare che le analisi preventive e quelle reattive siano identiche, ma in realtà c'è una differenza sostanziale tra le due. Le analisi preventive, che si concentrano sull'identificazione e valutazione dei rischi potenziali prima che si verifichino incidenti, sono spesso di importanza cruciale. Queste analisi consentono di anticipare e mitigare i rischi, riducendo la probabilità di incidenti. D'altra parte, le analisi reattive si basano su incidenti già avvenuti e mirano a comprendere le cause e a prevenire il ripetersi di tali eventi. Sebbene entrambe le analisi siano importanti per la sicurezza, le analisi preventive offrono il vantaggio

---

<sup>48</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

di un approccio proattivo, contribuendo a creare un ambiente di lavoro più sicuro ed efficiente <sup>49</sup>(CBS Knowledge Workbook).

Nella seguente analisi, utilizzeremo gli stessi criteri di gravità e probabilità già descritti per la risk assessment, sintetizzabili come G1-G4 per la gravità e P1-P4 per la probabilità. La matrice di rischio seguirà la stessa codifica cromatica per identificare i livelli di rischio: rosso per rischio molto alto, arancione per rischio elevato, giallo per rischio medio e verde per rischio basso. Per ogni singolo rischio ti ottiene, dunque, una tabella, come nella Figura 2.9 precedentemente presentata. Ogni cella identifica una combinazione tra il livello di probabilità e gravità.

La valutazione ergonomica trova luogo nella Risk Prediction delle attività svolte in linea e di seguito, nel prossimo sottoparagrafo, viene sviluppata.

### 2.4.3. ERGONOMIA

L'ergonomia è una scienza multidisciplinare volta allo studio delle funzioni e dell'interazione tra i seguenti tre elementi che caratterizzano un sistema di lavoro <sup>50</sup>(Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)):

**uomo:** lavoratore adibito allo svolgimento di un determinato compito, inteso sia in senso fisico (caratteristiche antropometriche, aspetti biomeccanici ecc.) che cognitivo (carico mentale indotto, interazioni sociali, fattori psicologici nonché l'insieme dei processi mentali, che vanno dalla percezione all'azione, passando, in ordine, per la memoria, la decisione e il giudizio);

**macchina:** intesa come l'apparecchiatura, l'utensile, lo strumento ecc. utilizzato per gestire i flussi di informazioni o per svolgere la mansione assegnata;

**ambiente:** inteso come l'insieme delle caratteristiche del luogo in cui viene svolta l'attività lavorativa. Queste comprendono il layout dello spazio, della postazione o del locale adibito allo svolgimento dell'attività lavorativa, tutti i parametri fisici che li caratterizzano (presenza di inquinanti, temperatura, umidità relativa, ventilazione, rumore, illuminazione ecc.) nonché gli aspetti sociali e organizzativi.

Lo scopo dell'ergonomia è quello di migliorare le prestazioni del sistema e la soddisfazione complessiva dei lavoratori, tutelandone il benessere, la salute e la sicurezza.

---

<sup>49</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>50</sup> Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)

In ambito sicurezza tale tesi si concentra solo su due valutazioni di rischio:

1. Movimentazione manuale dei carichi – Valutazione NIOSH
2. Movimenti ripetuti degli arti superiori – Valutazione OCRA

## **SOLLEVAMENTO E TRASPORTO**

Differenti comparti produttivi comportano la necessità da parte dell'operatore di effettuare attività di movimentazione manuale di carichi. Questi, fortemente eterogenei per pesi e dimensioni, possono essere movimentati seguendo modalità, geometrie e frequenze assai diversificate in base alle singole necessità lavorative. Certamente la suddetta attività implica un impegno fisico anche gravoso da parte dell'operatore, con il coinvolgimento in particolare delle strutture osteo-muscolari della colonna vertebrale<sup>51</sup>.

Proprio la movimentazione di carichi può rappresentare una delle cause favorevoli l'insorgenza di disturbi e patologie a livello di tale distretto anatomico. Necessario quindi procedere ad una corretta valutazione del rischio da movimentazione manuale di carichi, al fine dell'attuazione di idonei interventi di prevenzione e protezione che vadano a mitigare, se non annullare, eventuali danni a carico degli operatori <sup>52</sup>(Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)).

Nella seguente tesi si valuta l'esposizione al rischio da sovraccarico biomeccanico del rachide per attività di abbassamento e sollevamento dei carichi. La valutazione viene effettuata tramite metodo NIOSH, di seguito trattato.

## **PROTOCOLLO NIOSH**

Nella valutazione dell'esposizione al rischio da sovraccarico biomeccanico del rachide per attività di abbassamento e sollevamento dei carichi è stata utilizzata la seguente norma <sup>53</sup>(Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)):

- Norma UNI ISO 11228 parte 1 - sovraccarico del rachide in attività di sollevamento e abbassamento.

---

<sup>51</sup> Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)

<sup>52</sup> Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)

<sup>53</sup> *Ibidem*

Tale norma descrive la metodologia per ottenere un indice di rischio sintetico che permette di individuare le fasce di esposizione al rischio dei relativi distretti osteoarticolari sottoposti al sovraccarico biomeccanico in relazione a specifiche movimentazioni.

"Per la popolazione sana, si utilizzano i valori riportati in Tabella 2.2 per determinare la massa di riferimento, che rappresenta la massa massima sollevabile in funzione dell'età e del sesso. Questa massa di riferimento è denominata anche CP ed è utilizzata nella valutazione del peso raccomandato e dunque del Lifting Index<sup>54</sup> successivamente trattato.

**Tabella 2.2** Costante di peso (CP) per popolazione sana (Fattore CP) [fonte: centro ergonomia]

CP [kg]	Uomini	Donne
18-45 anni	25	20
<18 anni e >45 anni	20	15

Allo scopo di assegnare un congruente livello di esposizione al rischio per quei lavoratori che soffrano di patologie della colonna vertebrale (Figure 2.10, 2.11) e che, pertanto, dovrebbero essere esposti a un livello inferiore di movimentazione manuale rispetto alla popolazione sana generale, è consigliabile utilizzare come Massa di Riferimento nella formula generale del rischio, i seguenti valori<sup>55</sup> (Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)):

- per la popolazione MASCHILE con patologia MODERATA (Figura 2.10), utilizzare 15 kg come massa di riferimento;
- per la popolazione MASCHILE con patologia GRAVE (Figura 2.11), utilizzare 10 kg come massa di riferimento;
- per la popolazione FEMMINILE con patologia MODERATA (Figura 2.10), utilizzare 10 kg come massa di riferimento;
- per la popolazione FEMMINILE con patologia GRAVE (Figura 2.11), utilizzare 10 kg come massa di riferimento.

<sup>54</sup> Si rimanda a pagina 60

<sup>55</sup> Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)

### Patologie "moderate"

Scoliosi significativa (20° Cobb con torsione 2; 30° Cobb con torsione 1+)  
Sindrome di Baastrup  
Malattia di Scheuermann (con curvatura strutturata della colonna vertebrale)  
Sindrome di Klippel-Feil (anche con una sola sinostosi)  
Ernia cervicale e/o dorsale  
Spondilolistesi di grado 1, spondilolisi  
Sacralizzazione (completamente o parzialmente fusa o articolata)  
Stenosi del canale spinale senza segni neurologici  
Grave malattia del disco lombare (spondilodiscopatia)  
Lordosi lombare invertita con malattia del disco  
Lieve instabilità vertebrale (10% o 15% in presenza di certe patologie)  
Protrusione lombare con sfondamento del sacco durale  
Ernia discale lombare ridotta chirurgicamente senza esiti negativi

Figura 2.10 Elenco delle patologie moderate [fonte: Centro Ergonomia]

### "Patologie" gravi

Ernia del disco  
Ernia del disco lombare ridotta chirurgicamente con esiti negativi  
Spondilolistesi di grado 2 (>25% di slittamento)  
Scoliosi significativa (almeno COBB 30° e torsione 2)  
Malattia sistemica con grave compromissione della colonna vertebrale  
Stenosi del canale spinale con compromissione della radice o del sacco durale  
Sindrome di Klippel-Feil (sinostosi cervicale o dorsale con instabilità vertebrale)  
Malattia di Scheuermann con circa 40° di curvatura strutturata della colonna vertebrale e malattia del disco lombare  
Instabilità vertebrale grave (cioè spondilolistesi, sindrome di Klippel-Feil, malattia del disco, fratture con slittamento vertebrale del 25%)  
Lesioni degenerative o di nuova formazione delle ossa e delle articolazioni (per esempio grave osteoporosi, angioma vertebrale)

Figura 2.11 Elenco delle patologie gravi [fonte: Centro Ergonomia]

Mono Task (Compito Singolo) è il compito che comporta il sollevamento di una sola tipologia di oggetti (con lo stesso peso), utilizzando la stessa postura del corpo (geometria del corpo), durante il sollevamento tra l'origine e la destinazione. In questo caso si potrà utilizzare il metodo di calcolo classico denominato "Lifting Index (LI)". Tale metodo ha come obiettivo la determinazione del "peso limite consentito" per le azioni di sollevamento, peso che viene poi confrontato con quello effettivamente sollevato, dando luogo all'Indice di Sollevamento (Lifting Index):

$$LI = \frac{\text{Peso sollevato}}{\text{Peso raccomandato}}$$

$$\text{Peso raccomandato} = CP \times VM \times DM \times HM \times AM \times CM \times FM$$

CP= costante di peso (Tabella 2.2)

VM= altezza sollevamento (Tabella 2.3)

DM= dislocazione verticale (Tabella 2.4)

HM= fattore orizzontale (Tabella 2.5)

AM= dislocazione angolare (Tabella 2.6)

CM= fattore presa (Tabella 2.7)

FM=fattore frequenza (Tabella 2.8)

**Tabella 2.3** Altezza da terra delle mani all'inizio (o alla fine) del sollevamento (Fattore VM) [fonte: centro ergonomia]

Altezza (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>VM</b>	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1	0,96
Altezza (cm)	100	110	120	130	140	150	160	175	>175	
<b>VM</b>	0,93	0,90	0,97	0,84	0,81	0,78	0,75	0,70	0	

**Tabella 2.4** Distanza Verticale di spostamento fra inizio e fine del sollevamento (Fattore DM) [fonte: centro ergonomia]

Dislocazione (cm)	≤ 25	40	55	70	85	100
<b>DM</b>	1	0,93	0,90	0,88	0,87	0,87
Dislocazione (cm)	115	130	145	160	175	>175
<b>DM</b>	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0

**Tabella 2.5** Distanza Orizzontale tra le mani e il punto di mezzo delle caviglie (Fattore HM) [fonte: centro ergonomia]

Distanza (cm)	≤ 25	28	30	32	34	36	38	40	42	44
<b>HM</b>	1	0,89	0,83	0,78	0,74	0,69	0,66	0,63	0,60	0,57
Distanza (cm)	46	48	50	52	54	56	58	60	63	>63
<b>HM</b>	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,45	0,43	0,42	0,40	0



**Tabella 2.6** Dislocazione angolare del peso o torsione del tronco (Fattore AM) [fonte: centro ergonomia]

Dislocazione angolare (°)	0	15	30	45	60
<b>AM</b>	1	0,95	0,90	0,86	0,81
Dislocazione angolare (°)	75	90	105	135	>135
<b>AM</b>	0,76	0,71	0,66	0,57	0

L'angolo di asimmetria è l'angolo fra la linea di asimmetria e la linea sagittale. La linea di asimmetria congiunge idealmente il punto di mezzo tra le caviglie e la proiezione a terra del punto intermedio alle mani all'inizio (o in subordine alla fine) del sollevamento. La linea sagittale è la linea passante per il piano sagittale mediano (dividente il corpo in due emisomi eguali e considerato in posizione neutra). L'angolo di asimmetria non è definito dalla posizione dei piedi o dalla torsione del tronco del soggetto, ma dalla posizione del carico relativamente al piano sagittale mediano del soggetto. Se anche il soggetto per compiere il gesto gira i piedi e non il tronco, ciò non deve essere considerato.

**Tabella 2.7** Giudizio sulla presa di carico (Fattore CM) [fonte: centro ergonomia]

Giudizio	BUONO	INTERMEDIO	SCARSO
<b>CM</b>	1	0,95	0,90

**Tabella 2.8** Frequenza di sollevamento in relazione alla durata (Fattore FM) [fonte: centro ergonomia]

FM			
Frequenza	Durata del lavoro (continuo)		
Azioni /Min	≤ 8 ore (LUNGA)	≤ 2 ore (MEDIA)	≤ 1 ora (BREVE)
<0,1	1,00	1,00	1,00
≤0,1 to <0,2	0,85	0,95	1,00
0,2	0,85	0,95	1,00
0,5	0,81	0,92	0,97
1	0,75	0,88	0,94
2	0,65	0,84	0,91
3	0,55	0,79	0,88
4	0,45	0,72	0,84
5	0,35	0,60	0,80
6	0,27	0,50	0,75
7	0,22	0,42	0,70
8	0,18	0,35	0,60
9	0,00	0,30	0,52
10	0,00	0,26	0,45
11	0,00	0,00	0,41
12	0,00	0,00	0,37
13	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00

L'applicazione del metodo NIOSH porta ad un valore finale che consente di individuare la fascia di rischio. Di seguito, in Tabella 2.9, si individua la relazione tra le azioni da intraprendere, il rischio e gli indici LI.

**Tabella 2.9** Indice dei rischi e delle azioni da intraprendere [fonte: Centro Ergonomia]

LIFTING INDEX	RISCHIO	AZIONI DA INTRAPRENDERE
LI ≤ 0,85	ACCETTABILE	Nessuna azione per la popolazione lavorativa sana.
0,85 < LI ≤ 1,0	MOLTO BASSO	La maggior parte della popolazione lavoratrice non è esposta al rischio. Tuttavia, una parte non trascurabile potrebbe essere esposta ad un rischio.
1,0 < LI ≤ 1,5	BASSO	Prestare particolare attenzione alle condizioni di bassa frequenza o carico elevato e alle posture estreme o statiche e riprogettare le attività o le postazioni di lavoro e se necessario utilizzare metodi di analisi aggiuntivi.
1,5 < LI ≤ 2,0	MODERATO	Ridisegnare le attività e i luoghi di lavoro in base alle priorità per ridurre il LI, seguita dall'analisi dei risultati per confermare l'efficacia.
2,0 < LI ≤ 3,0	ALTO	Le modifiche all'attività per ridurre il LI dovrebbero avere una priorità elevata.
LI > 3,0	MOLTO ALTO	Le modifiche al compito lavorativo, per ridurre l'esposizione al rischio, dovrebbero essere eseguite immediatamente.

## MOVIMENTI RIPETUTI ARTI SUPERIORI

Le attività lavorative comportanti movimenti ripetuti degli arti superiori sono responsabili di un elevato numero di patologie a carico dei vari distretti articolari. Il numero di queste malattie, in costante crescita, costituisce buona parte delle patologie professionali registrate ogni anno da Inail. Lo svolgimento di compiti ripetitivi può inoltre comportare affaticamento, ridotta produttività e alienazione, dovuta alla monotonia di attività protratte per lunghi periodi<sup>56</sup> (Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)).

In generale, un'attività lavorativa può essere costituita da uno o più compiti ripetitivi o non ripetitivi. I compiti ripetitivi sono caratterizzati da sequenze di azioni di durata relativamente breve, dette "cicli", che si ripetono più volte uguali a loro stesse; le "azioni" non sono i singoli movimenti articolari, ma una serie di gesti e movimenti di uno o più distretti articolari finalizzati al compimento di un'operazione elementare<sup>57</sup> (Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)).

Le operazioni comportanti movimenti ripetuti degli arti superiori possono essere di diversa tipologia: esse comprendono la movimentazione di oggetti di peso leggero effettuata ad alta frequenza e le attività in cui, pur non venendo movimentati carichi, i movimenti delle braccia vengono ripetuti spesso e talvolta per periodi di tempo molto lunghi<sup>58</sup> (Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)).

<sup>56</sup> Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)

<sup>57</sup> Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)

<sup>58</sup> *Ibidem*

## PROTOCOLLO OCRA

Nella valutazione dell'esposizione al rischio da sovraccarico biomeccanico determinato dallo svolgimento di movimenti ripetuti degli arti superiori sono state utilizzate la norma seguente<sup>59</sup>(Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)):

Norma UNI ISO 11228 parte 3 - sovraccarico degli arti superiori in attività di movimentazione di bassi carichi ad alte frequenze

Tali norme descrivono la metodologia per ottenere un indice di rischio sintetico che permette di individuare le fasce di esposizione al rischio dei relativi distretti osteoarticolari sottoposti al sovraccarico biomeccanico in relazione a specifiche movimentazioni.

Il metodo OCRA tende a ricalcare concettualmente la procedura suggerita dal NIOSH per il calcolo dell'Indice di Sollevamento in attività di movimentazione manuale dei carichi.

L'indice sintetico di esposizione (OCRA Index - Occupational Repetitive Actions Index) scaturisce dal rapporto tra il numero giornaliero di azioni effettivamente svolte con gli arti superiori in compiti ripetitivi ed il corrispondente numero di azioni raccomandate. Queste ultime vengono calcolate a partire da una costante (30 azioni/min) rappresentativa del fattore frequenza di azione e valida, per ipotesi, in condizioni ottimali, decrementata di volta in volta in funzione della presenza e delle caratteristiche degli altri fattori di rischio<sup>60</sup>(Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)).

Da un punto di vista biomeccanico, un modello generale di analisi del rischio deve porre l'attenzione sui seguenti elementi, quali principali fattori determinanti l'insorgere del rischio<sup>61</sup>(Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)):

- periodi di recupero;
- ripetitività delle azioni (frequenza);
- forza;
- postura incongrua (sollecitazioni estreme agli angoli delle articolazioni);
- Complementari.

---

<sup>59</sup> Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)

<sup>60</sup> *Ibidem*

<sup>61</sup> *Ibidem*

L'indice di rischio risultante dall'analisi viene classificato secondo le seguenti fasce di rischio che forniscono una immediata percezione della priorità di intervento. In Tabella 2.10 si evidenziano le differenti fasce di valori OCRA.

**Tabella 2.10** Indice dei rischi e azioni da intraprendere [fonte: Centro Ergonomia]

FASCIA	Valori CHECKLIST OCRA	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO	AZIONI CONSEGUENTI
VERDE/OTTIMALE	FINO A 5	OTTIMALE	NESSUNA
VERDE/ACCETTABILE	5,1 – 7,5	ACCETTABILE	NESSUNA
GIALLO	7,6 – 11,0	INCERTO O MOLTO LIEVE	RIVERIFICA
ROSSO LIEVE	11,1 – 14,0	LIEVE	RIDUZIONE DEL RISCHIO SORVEGLIANZA SANITARIA FORMAZIONE
ROSSO MEDIO	14,1 – 22,5	MEDIO	RIDUZIONE DEL RISCHIO SORVEGLIANZA SANITARIA FORMAZIONE
VIOLA	OLTRE 22,5	INTENSO	RIDUZIONE DEL RISCHIO SORVEGLIANZA SANITARIA FORMAZIONE

## CALCOLO INDICE CON CHECKLIST OCRA

La prima cosa da fare per la valutazione dell'indice OCRA (Occupational Repetitive Actions) è compilare la Tabella 2.11 di osservazione del lavoro. Questa tabella serve a raccogliere dati dettagliati sul lavoro ripetitivo svolto dagli operatori, comprese le seguenti informazioni:

1. Durata del turno: Inserire la durata ufficiale ed effettiva del turno di lavoro.
2. Pause ufficiali e altre pause: Registrare le pause contrattuali e le eventuali pause aggiuntive.
3. Pausa mensa: Annotare la durata ufficiale ed effettiva della pausa pranzo.
4. Lavori non ripetitivi: Segnalare il tempo dedicato ad attività non ripetitive.
5. Tempo netto di lavoro ripetitivo: Calcolare il tempo totale dedicato a lavori ripetitivi.
6. Numero pezzi (o cicli): Contare il numero di pezzi o cicli programmati ed effettivi.
7. Tempo netto di ciclo: Misurare il tempo netto per ogni ciclo in secondi.
8. Tempo di ciclo osservato o periodo di osservazione: Stabilire il tempo osservato per ciclo o il periodo di osservazione in secondi.

**Tabella 2.11** Informazioni preliminari per il calcolo dell'indice OCRA [fonte: Inail]

	DESCRIZIONE	MINUTI
<b>DURATA TURNO</b>	ufficiale	
	effettivo	
<b>PAUSE UFFICIALI</b>	da contratto	
<b>ALTRE PAUSE (oltre alle ufficiali)</b>		
<b>PAUSA MENSA</b>	ufficiale	
	effettiva	
<b>LAVORI NON RIPETITIVI (es: pulizia, rifornimento, ecc)</b>	ufficiale	
	effettiva	
<b>TEMPO NETTO DI LAVORO RIPETITIVO</b>		
<b>N.PEZZI (o cicli)</b>	programmati	
	effettivi	
<b>TEMPO NETTO DI CICLO (sec.)</b>		
<b>TEMPO DI CICLO OSSERVATO o PERIODO DI OSSERVAZIONE (sec)</b>		

La successiva Tabella 2.12 è utilizzata, nel secondo step, alla valutazione delle pause e delle interruzioni durante il lavoro a cicli. Le diverse modalità di interruzione del lavoro, che includono pause formali e attività di controllo visivo meno impegnative, sono fondamentali per ridurre il rischio di sovraccarico fisico e mentale.

**Tabella 2.12** Parametro “recupero” [fonte: Inail]

- **MODALITA' DI INTERRUZIONE DEL LAVORO A CICLI CON PAUSE O CON ALTRI LAVORI DI CONTROLLO VISIVO**  
*scegliere una sola risposta: è possibile scegliere valori intermedi*

- 0 - esiste una interruzione di almeno 8/10 min. ogni ora (contare la mensa); oppure il tempo di recupero è interno al ciclo .
- 2 - esistono due interruzioni al mattino e due al pomeriggio ( oltre alla pausa mensa) di almeno 8-10 minuti in turno di 7-8 ore o comunque 4 interruzioni oltre la pausa mensa in turno di 7-8 ore; o 4 interruzioni di 8-10 minuti in turno di 6 ore.
- 3 - esistono 2 pause di almeno 8-10 minuti l'una in turno di 6 ore circa (senza pausa mensa); oppure 3 pause oltre la pausa mensa in turno di 7-8 ore.
- 4 - esistono 2 interruzioni oltre la pausa mensa di almeno 8-10 minuti in turno di 7-8 ore (o 3 interruzioni senza mensa); oppure in turno di 6 ore, una pausa di almeno 8-10 minuti.
- 6 - in un turno di 7 ore circa senza pausa mensa e' presente una sola pausa di almeno 10 minuti; oppure in un turno di 8 ore e' presente solo la pausa mensa (mensa non conteggiata nell'orario di lavoro).
- 10 - non esistono di fatto interruzioni se non di pochi minuti (meno di 5) in turno di 7-8 ore.

Ora inizio				Ora fine			

Indicare la durata del turno in minuti..... e disegnare la distribuzione delle pause nel turno

Dalla risposta alla precedente tabella si evince il primo parametro denominato “recupero”.

La successiva Tabella 2.13 si focalizza sulla valutazione dei movimenti delle braccia durante l'esecuzione dei cicli di lavoro. Vengono considerate sia le azioni dinamiche (tecniche e dinamiche) che le azioni statiche. Si deve selezionare una sola risposta per ciascun blocco,

scegliendo il punteggio più alto. È anche possibile descrivere entrambi gli arti se il lavoro è simmetrico, utilizzando due caselle per il destro e il sinistro.

**Tabella 2.13** Parametro "frequenza" [fonte: Inail]

SCHEDA 2

- L'ATTIVITA' DELLE BRACCIA E LA FREQUENZA DI AZIONE NELLO SVOLGERE I CICLI  
*E' prevista una sola risposta per i due blocchi (AZIONI DINAMICHE o AZIONI STATICHE) e prevale il punteggio più alto; è possibile scegliere valori intermedi. Descrivere l'arto dominante: citare se il lavoro è simmetrico. Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro.*

**AZIONI TECNICHE DINAMICHE**

- 0 - i movimenti delle braccia sono lenti con possibilità di frequenti interruzioni (20 azioni/minuto);
- 1 - i movimenti delle braccia non sono troppo veloci (30 az/min o un'azione ogni 2 secondi) con possibilità di brevi interruzioni;
- 3 - i movimenti delle braccia sono più rapidi (circa 40 az/min) ma con possibilità di brevi interruzioni;
- 4 - i movimenti delle braccia sono abbastanza rapidi (circa 40 az/min), la possibilità di interruzioni e' più scarsa e non regolare;
- 6 - i movimenti delle braccia sono rapidi e costanti (circa 50 az/min) sono possibili solo occasionali e brevi pause;
- 8 - i movimenti delle braccia sono molto rapidi e costanti. la carenza di interruzioni rende difficile tenere il ritmo (60 az/min);
- 10 - frequenze elevatissime (70 e oltre al minuto), non sono possibili interruzioni;

**AZIONI TECNICHE STATICHE**

- 2,5 - è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione;
- 4,5 - è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione.

	dx	sx
numero azioni tecniche conteggiate nel ciclo		
frequenza di azione al minuto		
presenza di possibilità di brevi interruzioni		

DX                      SX

**FREQUENZA**

Dalla risposta alla precedente tabella si evince il primo parametro denominato "frequenza".

La Tabella 2.14 è uno strumento per valutare l'uso ripetuto della forza delle mani e delle braccia durante le attività lavorative. Essa si concentra su tre categorie di forza secondo la scala di Borg<sup>62</sup>.

- Uso di forza quasi massimale;
- Uso di forza forte o molto forte;
- Uso di forza di grado moderato.

<sup>62</sup> Per maggiori informazioni si invita ad un approfondimento sulla scala di Borg.

**Tabella 2.14** Parametro "forza" [fonte: Inail]

- PRESENZA DI ATTIVITA' LAVORATIVE CON USO RIPETUTO DI FORZA DELLE MANI/BRACCIA (ALMENO UNA VOLTA OGNI POCCHI CICLI DURANTE TUTTA L'OPERAZIONE O COMPITO ANALIZZATO) :  SI  NO

*Possono essere barrate più risposte: sommare i punteggi parziali ottenuti. Scegliere se necessario anche più punteggi intermedi e sommarli ( descrivere l'arto più interessato, lo stesso di cui si descriverà la postura). Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro*

**SE SI:**

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA QUASI MASSIMALE (punt. di 8 e oltre della scala di Borg) NEL:

- tirare o spingere leve
- chiudere o aprire
- premere o maneggiare componenti
- uso attrezzi
- si usa il peso del corpo per compiere una azione lavorativa
- vengono maneggiati o sollevati oggetti

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA FORTE O MOLTO FORTE (punt. 5-6-7 della scala di Borg) NEL:

- tirare o spingere leve
- schiacciare pulsanti
- chiudere o aprire
- premere o maneggiare componenti
- uso attrezzi
- vengono maneggiati o sollevati oggetti

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA DI GRADO MODERATO (punt. 3-4 della scala di Borg) NEL:

- TIRARE O SPINGERE LEVE
- SCHIACCIARE PULSANTI
- CHIUDERE O APRIRE
- PREMERE O MANEGGIARE COMPONENTI
- USO ATTREZZI
- vengono maneggiati o sollevati oggetti

6	- 2 secondi ogni 10 minuti
12	- 1 % del tempo
24	- 5 % del tempo
32	-OLTRE IL 10% DEL TEMPO (*)
4	- 2 secondi ogni 10 minuti
8	- 1 % del tempo
16	- 5 % del tempo
24	-OLTRE IL 10% DEL TEMPO (*)
2	- 1/3 DEL TEMPO
4	- CIRCA META' DEL TEMPO
6	- PIU' DELLA META' DEL TEMPO
8	- PRESSOCHE' TUTTO IL TEMPO

(\*) N.B.: Le due condizioni segnalate non possono essere ritenute accettabili.

**FORZA**

DX	SX
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dalla risposta alla precedente tabella si evince il primo parametro denominato “forza”.

La tabella 2.15 valuta la presenza di posture inadeguate delle braccia durante lo svolgimento di compiti ripetitivi. Si analizzano vari segmenti del braccio (spalla, gomito, polso e mano-dita) e si descrivono le posture problematiche e la loro frequenza. Si devono selezionare le caselle appropriate per indicare la mano destra (DX), sinistra (SX) o entrambe, a seconda del caso.

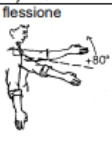
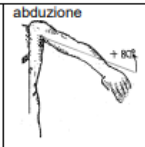


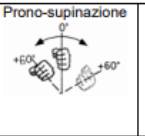
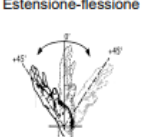
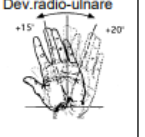


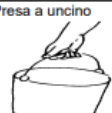

Successivamente si deve utilizzare il valore più alto tra i 4 blocchi di domande (A, B, C e D) preso una sola volta e sommato eventualmente ad E.



**Tabella 2.15** Parametro "postura" (A, B, C, D) [fonte: Inail]

▪ PRESENZA DI POSTURE INADEGUATE DELLE BRACCIA DURANTE LO SVOLGIMENTO DEL COMPITO RIPETITIVO

DESTRO;  SINISTRO;  ENTRAMBI (descrivere il più interessato o entrambi se necessario)

<b>A) SPALLA</b>		<input type="checkbox"/> DX	<input type="checkbox"/> SX
flessione 	abduzione 	estensione 	
1 - il braccio /le braccia non sono appoggiate sul piano di lavoro ma sono sollevate di poco per più di metà del tempo 2 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per circa il 10% del tempo 6 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per circa 1/3 del tempo 12 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per più della metà del tempo 24 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) circa per tutto il tempo NB= SE LE MANI OPERANO SOPRA L'ALTEZZA DEL CAPO, RADDOPPIARE I VALORI.			
<b>B) GOMITO</b>		<input type="checkbox"/> DX	<input type="checkbox"/> SX
Estensione-flessione 	Prono-supinazione 	2 - il gomito deve eseguire ampi movimenti di flessione-estensioni o prono-supinazioni per circa 1/3 del tempo. 4 - il gomito deve eseguire ampi movimenti di flessione-estensioni o prono-supinazioni per più di metà del tempo. 8 - il gomito deve eseguire ampi movimenti di flessione-estensioni o prono-supinazioni per circa tutto il tempo	
<b>C) POLSO</b>		<input type="checkbox"/> DX	<input type="checkbox"/> SX
Estensione-flessione 	Dev. radio-ulnare 	2 - il polso deve fare piegamenti estremi o assumere posizioni fastidiose (ampie flessioni o estensioni o ampie deviazioni laterali) per almeno 1/3 del tempo. 4 - il polso deve fare piegamenti estremi o assumere posizioni fastidiose per più di metà del tempo. 8 - il polso deve fare piegamenti estremi per circa tutto il tempo	
<b>D) MANO-DITA</b>		<input type="checkbox"/> DX	<input type="checkbox"/> SX
Pinch 	pinch 	Presa a uncino 	Presa palmare 
La mano afferra oggetti o pezzi o strumenti con le dita <input type="checkbox"/> a dita strette (pinch); <input type="checkbox"/> a mano quasi completamente allargata (presa palmare); <input type="checkbox"/> tenendo le dita a forma di uncino <input type="checkbox"/> con altri tipi di presa assimilabili alle precedenti indicate		2 per circa 1/3 del tempo. 4 per più di metà del tempo. 8 per circa tutto il tempo	

Dalla risposta alla precedente tabella si evince il parametro denominato "postura". Tale parametro risulta essere il più alto tra i precedenti.

La Tabella 2.16 valuta la presenza di fattori di rischio complementari durante lo svolgimento di compiti lavorativi ripetitivi. Si richiede di selezionare una sola risposta per blocco, descrivendo l'arto più interessato, o entrambi se necessario, utilizzando due caselle (una per il destro e una per il sinistro).

**Tabella 2.16** Parametro "complementari" [fonte: Inail]

•PRESENZA DI FATTORI DI RISCHIO COMPLEMENTARI: scegliere una sola risposta per blocco. Descrivere l'arto più interessato ( lo stesso di cui si descriverà la postura). Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro

2	- vengono usati per più della metà del tempo guanti inadeguati alla presa richiesta dal lavoro da svolgere (fastidiosi, troppo spessi, di taglia sbagliata, ).
2	- sono presenti movimenti bruschi o a strappo o contraccolpi con frequenze di 2 al minuto o più
2	- sono presenti impatti ripetuti (uso delle mani per dare colpi) con frequenze di almeno 10 volte/ora
2	- sono presenti contatti con superfici fredde (inf.a 0 gradi) o si svolgono lavori in celle frigorifere per più della metà del tempo.
2	- vengono usati strumenti vibranti o avvitatori con contraccolpo per almeno 1/3 del tempo. Attribuire un valore 4 in caso di uso di strumenti con elevato contenuto di vibrazioni (es.: martello pneumatico; mole flessibili ecc.) quando utilizzati per almeno 1/3 del tempo
2	- vengono usati attrezzi che provocano compressioni sulle strutture muscolo tendinee ( verificare la presenza di arrossamenti, calli , ecc.. sulla pelle).
2	- vengono svolti lavori di precisione per più della metà del tempo (lavori in aree inferiori ai 2-3 mm.) che richiedono distanza visiva ravvicinata.
2	- sono presenti più fattori complementari (quali:...) che considerati complessivamente occupano più della metà del tempo
3	- sono presenti uno o più fattori complementari che occupano quasi tutto il tempo (quali.....)

---

1	- i ritmi di lavoro sono determinati dalla macchina ma esistono zone "polmone" per cui si può accelerare o decelerare il ritmo di lavoro.
2	- i ritmi di lavoro sono completamente determinati dalla macchina

**COMPLEMENTARI**

DX

SX

Dalla risposta alla precedente tabella si evince il primo parametro denominato "complementari".

Infine, in Tabella 2.17, sono presenti le indicazioni per il calcolo dell'indice checklist OCRA.

1. Inizialmente si valuta il punteggio intrinseco della postazione sommando i parametri precedentemente introdotti: Recupero, Frequenza, Forza, Postura e Complementari (chiamato A)
2. Successivamente è necessario individuare i moltiplicatori relativi alla durata totale giornaliera dei compiti ripetitivi (chiamato B).
3. Infine, in caso di lavori part time o tempi di lavoro ripetitivo inferiori a 7 ore o superiori a 8, si effettua il prodotto tra A e B per la valutazione del punteggio reale.

**Tabella 2.17** Calcolo indice checklist OCRA [fonte: Inail]

**A) PUNTEGGIO INTRINSECO DELLA POSTAZIONE** . Per calcolare l'indice di compito, sommare i valori riportati nelle 5 caselle con la dicitura: Recupero + Frequenza + Forza + Postura + Complementari.

DX

SX

**PUNTEGGIO INTRINSECO POSTAZIONE**

**B) INDIVIDUAZIONE DEI MOLTIPLICATORI RELATIVI ALLA DURATA TOTALE GIORNALIERA DEI COMPITI RIPETITIVI**. Per lavori part-time o per tempi di lavoro ripetitivo inferiori a 7 ore o superiori a 8 moltiplicare il valore finale ottenuto per gli indicati fattori moltiplicativi:

60-120 min : Fattore moltiplicativo = 0,5	241-300 min: Fattore moltiplicativo= 0,85	421-480 min: Fattore moltiplicativo= 1
121-180 min: Fattore moltiplicativo= 0,65	301-360 min: Fattore moltiplicativo= 0,925	sup.480 min: Fattore moltiplicativo= 1,5
181-240 min: Fattore moltiplicativo= 0,75	361-420 min: Fattore moltiplicativo= 0,95	

**C) PUNTEGGIO REALE DELLA POSTAZIONE PONDERATO PER LA EFFETTIVA DURATA DEL COMPITO RIPETITIVO** . Per calcolare l'indice di compito, moltiplicare il valore di "PUNTEGGIO INTRINSECO DELLA POSTAZIONE" A per il fattore moltiplicativo relativo alla durata del compito ripetitivo B)

DX  $A) \times B)$

SX  $A) \times B)$

**PUNTEGGIO REALE POSTAZIONE**

**D) PUNTEGGIO DI ESPOSIZIONE PER PIU' COMPITI RIPETITIVI**. Se esistono più compiti ripetitivi svolti nel turno eseguire la seguente operazione per ottenere il punteggio complessivo di lavoro ripetitivo nel turno (% PZ =% di tempo del compito Z nel turno).  
 (punt a. x % Pa ) + ( punt b. x % Pb ) +... ( punt z. x % Pz).....x fattore moltiplicativo per durata totale di tali compiti ripetitivi nel turno

## 2.5. FORMAZIONE, ADDESTRAMENTO E CONTROLLO

È impossibile addestrare le persone a non commettere mai errori, occorre addestrarle ad essere sensibili e coscienti relativamente all'importanza di lavorare in condizioni di sicurezza.

Il modo migliore per ridurre gli incidenti causati dal comportamento degli operai è quello di prevedere attività specifiche di addestramento e rendere chiari e visibili i pericoli presenti nell'azienda.

Il processo formativo è di fondamentale importanza in quanto è lo strumento che permette di accrescere la cultura della sicurezza all'interno dell'intera organizzazione. La formazione deve essere distinta tra quella «obbligatoria» ossia richiesta dalla legge, da quella «volontaria» che permette una continua sensibilizzazione su tematiche di sicurezza concentrandosi sui comportamenti umani. Il comportamento umano influenza direttamente la sicurezza in molti aspetti della nostra vita quotidiana. Riconoscere i potenziali rischi che potrebbero essere generati da comportamenti insicuri è senza dubbio un aspetto di importanza rilevante che ci permette di guardare oltre cercando di mettere in pratica una vera e propria predizione del rischio<sup>63</sup> (CBS Knowledge Workbook).

Dunque, oltre alle precedenti analisi redatte secondo quanto richiesto dalle leggi nazionali in materia di salute e sicurezza sul lavoro, CNH si impegna ad introdurre consapevolezza e sensibilità verso i criteri di sicurezza.

Tutti i lavoratori devono essere consapevoli e sensibili in merito alle tematiche della cultura della sicurezza. Occorre attaccare la parte bassa della piramide di Heinrich. L'obiettivo è attaccare le Unsafe Conditions e Unsafe Acts attraverso un coinvolgimento totale dell'organizzazione con l'utilizzo di specifici strumenti che possano implementare un regolare e costante processo di verifiche autonome del proprio posto di lavoro<sup>64</sup> (CBS Knowledge Workbook).

Gli strumenti giornalieri utilizzati sono le S-CARD, gli SMAT Operator, il Team Leader Checklist e L'Operator Checklist<sup>65</sup> (CBS Knowledge Workbook).

---

<sup>63</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>64</sup> *Ibidem*

<sup>65</sup> *Ibidem*

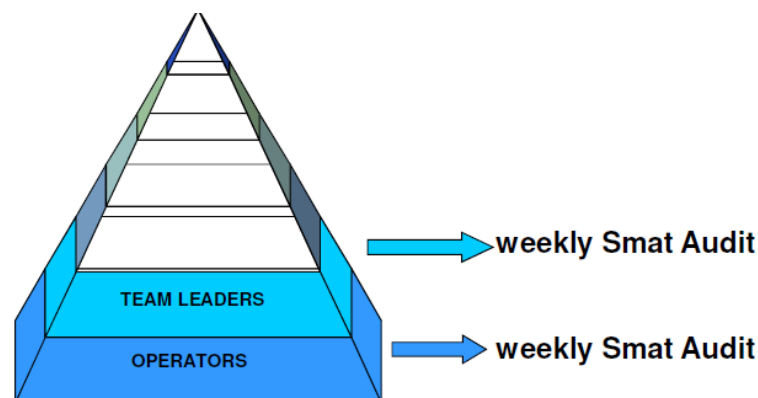
La **S-Card** è una tessera che gli operatori possono trovare facilmente ovunque, portare in tasca, utilizzarla per prendere appunti per eventuali problemi di sicurezza da ricordare e informare il proprio Team Leader e Supervisore per migliorare, in qualsiasi momento della giornata lavorativa<sup>66</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022),

Uno strumento prontamente disponibile per i team leader e gli operatori da portare con sé durante la giornata lavorativa per annotare immediatamente i problemi di sicurezza che vedono per ricordare loro in seguito di comunicare e documentare i loro risultati.

Lo **SMAT** è uno strumento utile a<sup>67</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- mettere in evidenza azioni e condizioni di non sicurezza presenti nelle postazioni di lavoro;
- diffondere la cultura della sicurezza all'interno dello stabilimento coinvolgendo tutti i livelli gerarchici;
- manifestare ulteriormente il commitment del management ai lavoratori;
- coinvolgere i lavoratori e dar maggiore eco alla loro voce;
- pianificare attività di Focused Improvement per minimizzare i rischi di infortuni nelle postazioni di lavoro.

Lo SMAT può essere utilizzato dai livelli dirigenziali fino ad arrivare ai singoli operatori. L'idea è visibile in Figura 2.12, di seguito introdotta.



**Figura 2.12** Relazione tra ruolo e SMAT Audit [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>66</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>67</sup> *Ibidem*

È utilizzato, infatti, anche lo SMAT Operator (Figura 2.13). Quest'ultimo, infatti, è un'ispezione autonoma dell'operatore o del team leader al fine di aumentare il numero di "occhi" presenti. L'obiettivo è sviluppare un occhio critico nei confronti dell'ambiente in cui si è presenti.

SMAT OPERATOR		
Auditor name : <b>1</b>	Date: <b>5</b>	
Plant Area: <b>2</b>	Workstation / task observed: <b>6</b>	
Start time : <b>3</b>	End time : <b>7</b>	
Number of people observed: <b>4</b>		
PEOPLE	Job Evaluation	
	SAFE	UNSAFE
<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
TOTAL	<b>11</b>	<b>12</b>
CATEGORY	UNSAFE ACTS & UNSAFE CONDITIONS OBSERVED	
<b>13</b>	<b>14</b>	
CATEGORY	SAFE ACTS AND SAFE CONDITIONS OBSERVED	
<b>15</b>	<b>16</b>	
Comments		

- 1** Name and Surname of Auditor
- 2** Observed area (UTE/DEPT)
- 3** Hour of start-up
- 4** Number of workers observed
- 5** Date of audit
- 6** Number of workplaces observed
- 7** Hour of end of audit
- 8** Indicate the task / role of the observed worker (eg. Worker in line, Conductor, Team Leader, Resp. Ute, etc ....)
- 9** Indicate n ° of people for each role who have a way of working "safe".
- 10** Indicate n ° of people for each role who have a way of working "unsafe".
- 11** **12** Write in the appropriate line the total column
- 13** **15** Write the SMAT categories for which have been detected action/condition
- 14** **16** Write the action/ condition observed

Figura 2.13 Esempio di SMAT [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Il corpo dell'Audit Operator è costituito dalle informazioni introdotte nelle celle di numero 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 visibili in Figura 2.14.

Tale descrizione si sposa anche nel caso di ispezione del Plant Manager, del Manager di Area, del Manager del turno o del Supervisore. In tal caso, però, non si parla più di SMAT Operator ma semplicemente di SMAT.

L'attività di SMAT darà valore aggiunto solamente se le segnalazioni di azioni/condizioni negative rilevate genereranno azioni formative che avranno per obiettivo l'eliminazione delle azioni/condizioni non corrette.

Tali attività formative dovranno essere implementate successivamente a tutte le persone dello stabilimento che, svolgendo attività simili, potrebbero incorrere in una ripetizione di tali azioni/condizioni.

È molto importante che vengano riportate all'interno dello SMAT anche le osservazioni positive. Le Safe Acts possono evidenziare il miglioramento continuo ed essere rappresentate da un KAI specifico <sup>68</sup>(CBS Knowledge Workbook).

Far capire ai lavoratori l'interesse del management verso i comportamenti sicuri aumenterà il coinvolgimento e la partecipazione di tutti.

**La Checklist del Team Leader** è un'ispezione autonoma effettuata dal team leader per esaminare i propri luoghi di lavoro alla ricerca di potenziali rischi, condizioni e atti non sicuri.

L'obiettivo è quello di aumentare il numero di occhi sulla sicurezza rilevando condizioni non sicure e azioni non sicure a livello di team. Il team leader può aiutare a diffondere le conoscenze e la consapevolezza della sicurezza agli operatori durante l'esecuzione di queste liste di controllo.

L'immagine in Figura 2.14 rappresenta una checklist per i team leader, organizzata in una tabella a doppia entrata. Nella parte superiore, lungo le righe, sono elencati vari criteri di sicurezza da controllare.

Ogni criterio ha un'icona associata che lo rappresenta visivamente, come simboli di sicurezza, caschi protettivi, estintori e segnali di avvertimento.





















Lungo le colonne sulla sinistra, sono indicate le settimane del mese e i giorni della settimana. Ogni settimana è suddivisa in 7 giorni, permettendo una verifica giornaliera.

Le celle all'interno della tabella sono organizzate in modo da permettere di segnare se i criteri di sicurezza sono stati rispettati (di solito con un segno di spunta o un altro simbolo indicativo). A destra, ci sono colonne per identificare il team leader, il reparto, il turno e la cella di lavoro. Ogni colonna contiene anche spazi per il nome del responsabile dell'unità e altre annotazioni necessarie per monitorare la conformità alle misure di sicurezza.

---

<sup>68</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

Nella parte inferiore della tabella, sono presenti righe dove i leader delle unità possono firmare, indicando che hanno verificato ciascun criterio per il rispettivo giorno e settimana.

TEAM LEADER CHECKLIST																																							
DEPARTMENT	ZONE	CELL	TEAM LEADER					SHIFT					MONTH																										
SAFETY AUDIT CRITERIA			FREQ.	WEEK 1					WEEK 2					WEEK 3					WEEK 4					WEEK 5															
DESCRIPTION	RESULTS	RESULTS		M	T	W	T	F	S	M	T	W	T	F	S	M	T	W	T	F	S	M	T	W	T	F	S	M	T	W	T	F	S	M	T	W	T	F	S
1. ALL JSRAs ARE POSTED AT THE SAFETY ACTIVITY BOARD		OK NOT OK	WEEKLY																																				
2. JSRA / STATION ADDRESS / PPE PLACARD ALL MATCH		OK NOT OK	WEEKLY																																				
AM CALENDAR IS COMPLETED AT EACH STATION		OK NOT OK	DAILY																																				
VISUAL INSPECTION COMPLETED ON LIFTING DEVICES		OK NOT OK	DAILY																																				
PPE IS BEING WORN CORRECTLY BY ALL OPERATORS PER JSRA		OK NOT OK	DAILY																																				
WORKSTATION IS IN ORDER		OK NOT OK	DAILY																																				
FREE FROM SLIP HAZARDS		OK NOT OK	DAILY																																				
FREE FROM TRIP HAZARDS		OK NOT OK	DAILY																																				
TOOLING IS IN WORKING ORDER		OK NOT OK	DAILY																																				
TOOL EXTENSION SLEEVES ARE PRESENT		OK NOT OK	WEEKLY																																				
MACHINERY IS IN WORKING ORDER		OK NOT OK	DAILY																																				
FIRE EQUIPMENT IS NOT BLOODED		OK NOT OK	WEEKLY																																				
PEDESTRIANS ARE USING DESIGNATED WALKWAYS		OK NOT OK	DAILY																																				
SAFE DRIVING PRACTICES ARE OBSERVED		OK NOT OK	DAILY																																				
NO CELL PHONES ARE BEING USED WHILE WORKING		OK NOT OK	DAILY																																				
BUMP HAZARDS HAVE BEEN IDENTIFIED		OK NOT OK	WEEKLY																																				
CHEMICAL HAZARDS IDENTIFIED AND LABELLED		OK NOT OK	WEEKLY																																				
ERGONOMIC HAZARDS ARE IDENTIFIED		OK NOT OK	WEEKLY																																				
SHARP / CUT HAZARDS ARE ELIMINATED		OK NOT OK	WEEKLY																																				
FIRE WASH STATIONS ARE IDENTIFIED WITH SIGNS AND ACCESSIBLE		OK NOT OK	WEEKLY																																				

UNIT LEADER NAME \_\_\_\_\_

PLEASE ENTER ALL FINDINGS INTO THE UNSAFE ACT/CONDITION & NEAR MISS DATABASE







Figura 2.14 Esempio di Team Leader Checklist [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Il medesimo foglio di valutazione è utilizzato anche per il Checklist dei singoli operatori.

**La Check-list dell'Operatore** è un'ispezione autonoma effettuata dagli operatori per poter vedere e migliorare i rischi e/o i rischi dinamici nel proprio luogo di lavoro.

L'obiettivo è quello di arrivare al punto in cui ognuno guardi al proprio ambiente in modo critico per i problemi di sicurezza che potrebbero creare il rischio di lesioni. La lista di controllo consente un maggior numero di occhi sulla sicurezza, migliora la consapevolezza degli operatori, aiuta a rilevare condizioni non sicure, diffonde la cultura della sicurezza e consente agli operatori di agire in modo autonomo per guidare il coinvolgimento della sicurezza.

Ulteriori standards per la sicurezza si possono individuare nelle immagini di seguito presentate in Figura 2.15 e di seguito indicate.

Visual at entrance	Foot Print signs	High visible visitors safety vest
		
Safety into Board	Lock out system and visual	Emergency escape signs
		

**Figura 2.15** Strumenti di sicurezza utilizzati negli stabilimenti [Fonte: foto aziendali]

Due ulteriori strumenti utilizzati al fine di introdurre la cultura della sicurezza e della salute sono due: OPL e le SOP di seguito brevemente descritte<sup>69</sup> (CBS Knowledge Workbook).

<sup>69</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*



**OPL (One point lesson):** lezione su un tema particolare, ovvero una breve informazione che viene erogata “on the job” agli operatori, qualora si riscontri una carenza di formazione/informazione o una non corretta esecuzione di un’operazione. Può evidenziare all’operatore la differenza tra un’attività effettuata correttamente ed una effettuata in modo errato, o semplicemente rimarcare una serie di informazioni attinenti a specifiche tematiche di sicurezza.

**SOP (Standard Operation Procedure):** con l’ausilio di disegni e immagini, descrive la corretta esecuzione di un’operazione. Di seguito, in Figura 2.16, si propone un esempio di pagina SOP, dove, per ogni operazione, si introduce

- La sequenza dell’operazione
- La descrizione dell’operazione
- Il numero di operatori
- Il centro di lavoro
- Il tempo
- L’elenco delle attrezzature utilizzate
- L’elenco dei componenti utilizzati

Ciclo assieme 1-B445001965 - GRP.PST.GUIDA.COM.  
PR240 - RISCALDATORE

Tempo progressivo 0m

Sequenza operazione	4
Descrizione operazione	MANIPOLATORI DX B316300360 - SX B316300353: Fissare manip. DX e manip. SX su banco di lavoro (fig.1). Rimuovere tappini e fissare raccordi prelevati da kit raccordi cod. B442001991 come in figura. Rimuovere i tappini dai raccordi (fig.2).
Numeri operatori	0
Centro di lavoro	PREMONTAGGIO POSTI GUIDA L1
Tempo	0m

Codice	Elenco ATTREZZATURE	Qta
AT - ATM.00501170	CHIAVE COMBINATA FORCHETTA/POLIGONALE PIEGATA 17 MM	1,00
AT - ATM.00501190	CHIAVE COMBINATA FORCHETTA/POLIGONALE PIEGATA 19 MM (MOLATA)	1,00

Codice	Elenco COMPONENTI	Qta
1 - B442001991	KIT RACCORDI POSTO GUIDA PR240	1,00

Figura 2.16 Esempio SOP [Fonte: Caso Studio Aziendale]

### 3. CBS - ANALISI DEL LAVORO

Uno dei punti cardine del CBS riguarda l'incremento della produttività nelle aree ad alta intensità di manodopera, L'obiettivo principale di tale fase è l'incremento della produttività nelle aree Labour Intensive rispettando il principio del Minimal Material Handling<sup>70</sup>.

Inoltre, si deve <sup>71</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Garantire l'ergonomia e la sicurezza del lavoro;
- Assicurare la qualità del prodotto mediante un processo robusto e a prova di errore;
- Rispettare i piani di produzione e realizzare il livello di servizio richiesto dalla rete.

La prima informazione, necessaria per poter identificare con maggiore conoscenza le successive fasi, è la determinazione di cosa si intende manodopera diretta e manodopera indiretta.

Vengono considerati come «Manodopera diretta» gli operai in forza ai Centri di Costo produttivi addetti direttamente alla trasformazione del prodotto<sup>72</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Nel caso di CNH sono tipicamente considerati come operatori diretti gli operatori delle aree di assemblaggio posizionati in linea che eseguono operazioni direttamente sul prodotto.

Vengono considerati come «Manodopera indiretta» gli operai in forza ai Centri di Costo produttivi non addetti direttamente alla trasformazione del prodotto. Svolgono attività sussidiarie agli operai Diretti (Manovali, Carrellisti, Collaudatori, Magazzinieri...)<sup>73</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Di seguito si tratterà l'analisi di lavoro suddivisa in tre principali paragrafi. Il primo risulta essere la determinazione dell'area modello, l'analisi preliminare attraverso la quale si determina la zona da cui partire attraverso l'implementazione dell'ottimizzazione. Successivamente, dal secondo paragrafo, si affrontano le principali attività, atte al miglioramento continuo e strettamente interconnesse con la sicurezza e con la logistica. I punti in comune con la sicurezza sono evidenti nell'eliminazione degli sprechi (MURI), mentre i punti in comune con la logistica si possono riscontrare nella necessaria analisi, per entrambi, degli sprechi dovuti al prelievo di

---

<sup>70</sup> Paragrafo 1.1.10

<sup>71</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>72</sup> *Ibidem*

<sup>73</sup> *Ibidem*

materiali diretti. Quest'ultima fase, al fine di non costituirne un duplicato, verrà trattata direttamente nel prossimo paragrafo, relativo all'asservimento logistico in linea<sup>74</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

### 3.1. AREA MODELLO

Per assegnare delle priorità si richiede una classificazione. La classificazione delle aree serve a<sup>75</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Indirizzare meglio le risorse. Andando a lavorare in aree dove ci sono maggiori perdite si ha la possibilità, a parità di risorse utilizzate, di avere una maggiore riduzione delle perdite.
- Attaccando le aree con maggiori perdite si ha la possibilità, soprattutto nella fase iniziale, di affrontare un numero maggiore di problemi. Risolvendo questi problemi si ha la possibilità di creare più Know How.
- Lavorando bene su un'area con molte perdite i miglioramenti sono immediatamente visibili e il personale si sente più motivato.

Nel diagramma di Pareto della Matrice C (perdite – costi, visibile in Figura 3.1) sono presenti tutte le perdite identificate nello stabilimento in termini di attività a non valore aggiunto<sup>76</sup>.

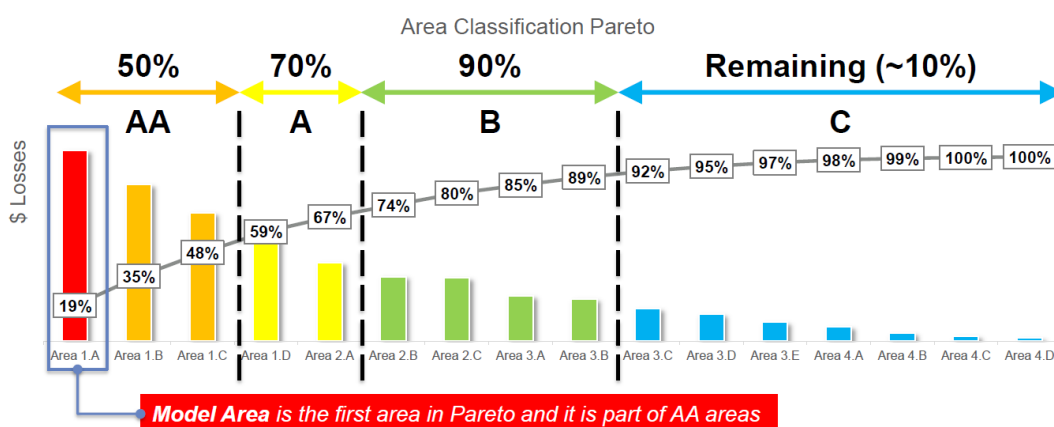


Figura 3.1 C-Matrix [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<sup>74</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>75</sup> *Ibidem*

<sup>76</sup> Le attività considerate a non valore aggiunto sono visibili nel sottoparagrafo 1.1.1.

Tale diagramma di Pareto identifica i costi derivanti dalle attività a non valore aggiunto e deriva dall'analisi effettuata, di seguito, in Tabella 3.1.

Sulla base del diagramma di Pareto costruito si classificano le postazioni in<sup>77</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- **AA - Aree particolarmente critiche:**

Le prime postazioni del Pareto, corrispondenti a circa il 50% delle perdite legate ad attività a non valore aggiunto;

- **A – Aree critiche:**

Circa il 20% delle perdite legate ad attività a non valore aggiunto, successive alle AA nel Pareto.

- **B - Aree meno critiche:**

Circa il 20% delle perdite legate ad attività a non valore aggiunto, successive alle A nel Pareto.

- **C – Aree con priorità bassa**

Nella prima colonna (Events) della Tabella 3.1 vengono evidenziate il numero di operazioni elementari, sia a valore aggiunto che a non valore aggiunto, per ciascuna area e per ogni veicolo assemblato. Questo numero viene espresso, nella successiva colonna, come percentuale rispetto al totale delle operazioni svolte. Nella colonna Timing, invece, vengono riportati i tempi cumulati delle attività a valore aggiunto e a non valore aggiunto. Questi tempi vengono, poi, moltiplicati per il costo orario della manodopera diretta (25\$/h per la manodopera diretta per la linea in oggetto), fornendo così il costo generato all'azienda per la presenza delle attività a non valore aggiunto. Utilizzando questi dati viene generato un diagramma di Pareto al fine di identificare le aree che causano il maggior impatto economico all'azienda (Figura 3.1). Nell'esempio proposto, l'area L è la zona con il maggior costo dovuto alle attività a non valore aggiunto. Questa area ha infatti 207 minuti di attività a non valore aggiunto per turno che, moltiplicati per il costo orario della manodopera diretta, determinano un costo di 86 dollari per turno. Successivamente, le aree più problematiche sono l'area H e l'area C, con costi di attività a non valore aggiunto pari rispettivamente a 79 dollari per turno e 71 dollari per turno.

---

<sup>77</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

**Tabella 3.1** Analisi per la C-Matrix

N.V.A.A	Events		%		Timing		\$		
	N.V.A.A	V.A.	% N.V.A.A	% V.A.	N.V.A.A per item [min]	N.V.A.A per shift [min]	\$ Losses per shift		
<b>AREE</b>	<b>Events Number</b>		<b>%</b>		<b>Time Losses</b>		<b>516.03</b>	<b>Classific</b>	% Cumulata
<b>AREA L</b>	32	42	43%	57%	51.89	207.57	<b>86.486</b>	<b>AA</b>	17% 17%
<b>AREA H</b>	34	52	40%	60%	47.44	189.77	<b>79.07</b>	<b>AA</b>	15% 32%
<b>AREA C</b>	2	4	33%	67%	43.00	172.00	<b>71.667</b>	<b>AA</b>	14% 46%
<b>AREA G</b>	40	80	33%	67%	40.00	160.00	<b>66.667</b>	<b>A</b>	13% 59%
<b>AREA I</b>	12	30	29%	71%	34.29	137.14	<b>57.143</b>	<b>A</b>	11% 70%
<b>AREA E</b>	50	25	67%	33%	30.00	120.00	<b>50</b>	<b>B</b>	10% 80%
<b>AREA D</b>	1	2	33%	67%	25.00	100.00	<b>41.667</b>	<b>B</b>	8% 88%
<b>AREA A</b>	10	20	33%	67%	23.00	92.00	<b>38.333</b>	<b>C</b>	7% 95%
<b>AREA B</b>	5	10	33%	67%	10.00	40.00	<b>16.667</b>	<b>C</b>	3% 98%
<b>AREA F</b>	15	30	33%	67%	5.00	20.00	<b>8.3333</b>	<b>C</b>	2% 100%

Le perdite identificate come N.V.A.A possono avere diverse cause:

1. possono essere legate ai materiali;
2. possono essere legate ai macchinari;
3. possono essere legate ai comportamenti umani.

In Tabella 3.2 sono evidenziate le root causes del N.V.A.A. che competono all'analisi del lavoro.

Una probabile causa delle attività a non valore aggiunto è la necessità di effettuare numerosi spostamenti a causa della disposizione non ottimale dei materiali. Un'altra causa potrebbe essere l'eccessivo movimento richiesto per raggiungere gli utensili, anch'essi disposti in modo inefficiente. Infine, la mancanza di standard operativi corretti potrebbe portare gli operatori a compiere operazioni che non aggiungono valore al prodotto.

**Tabella 3.2** Legame tra le radici le N.V.A.A e le loro cause [Rielaborata da: CBS Knowledge Workbook]

	N.V.A.A.		
	Problemi legati ai <b>materiali</b>	Problemi legati ai <b>macchinari</b>	Problemi legati ai <b>comportamenti umani</b>
<b>Causa</b>	La disposizione dei materiali causa molti spostamenti, fatica, movimenti difficili per l'operatore	La disposizione degli utensili è causa di molti spostamenti	Mancanza di standard corretti

Per valutare l'efficacia delle azioni applicate, occorre monitorare ed analizzare valori ed andamento dei KPI (Key Performance Indicator) e dei KAI (Key Activities Indicator).

I successivi KPI sono utilizzati nella seguente capitolo di tesi:

### 1. % N.V.A.A

Essa rappresenta la quota di tempo, risorse o sforzi impiegati in attività che non contribuiscono direttamente a soddisfare le esigenze del cliente o a migliorare la qualità del prodotto o del servizio.

$$\% N.V.A.A = \frac{\text{Tempo totale delle attività non a valore aggiunto nella stazione}}{\text{Tempo totale delle attività nella stazione}} \times 100$$

2. La saturazione e la dissaturazione sono due concetti complementari utilizzati per analizzare l'efficienza delle operazioni produttive.

#### 2.1. Saturazione

La saturazione misura quanto tempo disponibile viene effettivamente utilizzato per attività produttive. È un indicatore dell'efficienza operativa di una stazione di lavoro o di un operatore.

$$\% \text{ Saturazione} = \frac{\text{Tempo Ciclo dell'Operatore}}{\text{Takt Time}} \times 100$$

Interpretazione:

Saturazione Inferiore al 100%: Indica che l'operatore o la stazione di lavoro ha del tempo libero all'interno del takt time.

Saturazione al 100% o Superiore: Indica che l'operatore o la stazione di lavoro è completamente occupata o sovraccarica.

Considerando un esempio nella quale il Tempo Ciclo dell'Operatore risulta 60 secondi e il Takt Time è 75 secondi, la dissaturazione sarà così valutata:

$$\% \text{ Saturazione} = \frac{60}{75} \times 100 = 80\%$$

## 2.2. Dissaturazione

La dissaturazione misura il tempo non utilizzato rispetto al tempo totale disponibile o al takt time. È un indicatore delle inefficienze o dei tempi morti presenti nelle operazioni produttive.

$$\% \text{ Dissaturazione} = \left(1 - \frac{\text{Tempo Ciclo dell'Operatore}}{\text{Takt Time}}\right) \times 100$$

Interpretazione:

- Dissaturazione del 0%: Indica che l'operatore o la stazione di lavoro è completamente occupata per tutto il takt time.
- Dissaturazione Superiore al 0%: Indica che c'è del tempo non utilizzato all'interno del takt time, suggerendo la presenza di inefficienze.

Considerando un esempio nella quale il Tempo Ciclo dell'Operatore risulta 60 secondi e il Takt Time è 75 secondi, la dissaturazione sarà così valutata:

$$\% \text{ Dissaturazione} = \left(1 - \frac{60}{75}\right) \times 100 = 20\%$$

- Il numero di SOP, introdotto nel paragrafo 2.5, è il KAI utilizzato per il seguente capitolo riferito all'Analisi del Lavoro.

Le successive attività, fondamentali per un'analisi dettagliata ma allo stesso tempo snella, sono:

- Eliminazione degli sprechi;
- Bilanciamento della linea.

Nei prossimi paragrafi sarà importante il concetto di job element. Con esso si identifica la singola azione che l'operatore deve eseguire sul prodotto (ad esempio l'inserimento di un componente, un'avvitatura). È un'attività non scomponibile in sottofasi<sup>78</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

### **3.2. ELIMINAZIONE DEGLI SPRECHI**

Lo scopo di quest'attività è quella di creare una postazione dove è facile lavorare attaccando principalmente le 3M (MURI, MURA, MUDA), introdotte nel sottoparagrafo 1.1.1.

L'obiettivo è il collocamento dei componenti in posizione ergonomica (MURI), con un numero limitato di pezzi all'interno dei contenitori (MURA) e il più vicino possibile alla posizione di lavoro (MUDA)<sup>79</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

È molto importante seguire la corretta sequenza nell'applicazione dell'analisi 3M (Figura 3.2).

1. Si attaccano prima i Muri in modo da creare un posto di lavoro dove gli operatori si sentono stimolati a migliorare. Inoltre, si riduce la fatica che è fonte di variabilità nel tempo (a fine turno il tempo per compiere l'operazione sarà più lungo rispetto a inizio turno);
2. Poi si eliminano i Mura, in modo da stabilizzare e standardizzare il processo e porre le basi per poter vedere e attaccare le perdite;
3. Si attaccano i Muda, in modo da eliminare le attività a non valore aggiunto.
4. Infine, si susseguono differenti attività effettuate con l'ambito logistico, al fine di evitare doppie analisi, e, puntare verso la filosofia "one team only"<sup>80</sup>, tali attività saranno visionate nel successivo capitolo.

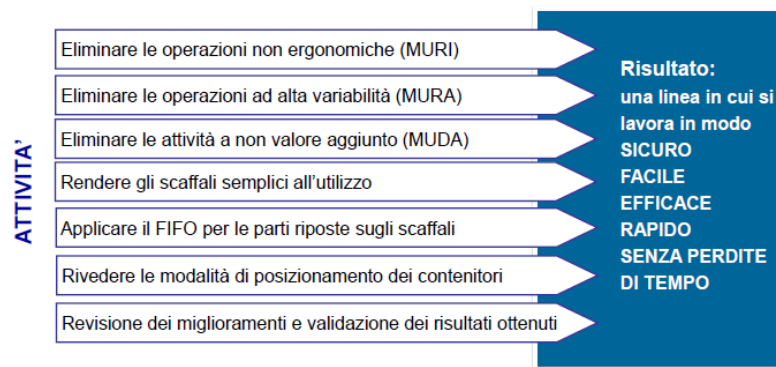
---

<sup>78</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>79</sup> *Ibidem*

<sup>80</sup> *Descritta nel Capitolo 1*

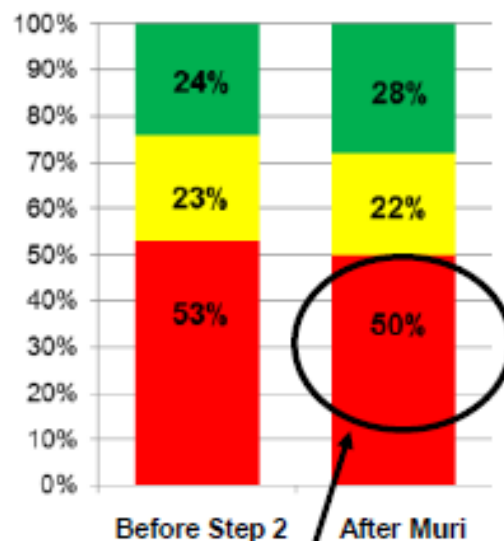




**Figura 3.2** Corretta sequenza operazioni di eliminazione degli sprechi [fonte: CBS Knowledge Workbook]

### 3.2.1. ATTACCO DEI MURI

In questa fase iniziale, l'obiettivo è affrontare i MURI attraverso le attività e le analisi descritte nel capitolo 2, riguardante la sicurezza. Questo collegamento dimostra come lo studio precedentemente effettuato si integri con l'analisi del lavoro, rendendo entrambi gli aspetti interdipendenti e imprescindibili. Le applicazioni correttive risultanti dalle analisi ergonomiche, infatti, contribuiranno a una prima riduzione della percentuale di N.V.A.A (Figura 3.3).



**Figura 3.3** Risultati dopo l'attacco dei MURI [fonte: CBS Knowledge Workbook]

### 3.2.2. ATTACCO DEI MURA

I MURA sono considerabili tutti gli sprechi dovuti alle operazioni irregolari. Tra le operazioni irregolari troviamo differenti punti di asservimento, problemi di prelievo, guide o tools, comportamento, mancanza di standard e cicli errati.

L'obiettivo è l'eliminazione di irregolarità tra un task ed il prossimo, tra un operatore e l'altro, evitando rilavorazioni nella stesso ciclo di lavoro.

In passato, l'analisi delle attività svolte da differenti operatori si basava su metodi laboriosi, quali la misurazione tramite strumenti video e cronometri. Questo approccio richiedeva un notevole dispendio di tempo e risorse, poiché ogni attività doveva essere esaminata in dettaglio e valutata attraverso la costruzione di curve di Gauss per determinare il metodo più efficiente. Questa procedura complessa e lunga comportava una serie di sfide, tra cui la necessità di raccogliere e analizzare un gran numero di dati, oltre alla possibilità di errori umani durante il processo.

Tuttavia, grazie ai progressi nell'ottimizzazione dei processi e nell'organizzazione del lavoro, oggi è possibile adottare un approccio più efficiente ed efficace. Invece di valutare singolarmente le prestazioni degli operatori, si preferisce coinvolgere il team centrale per identificare il metodo migliore. Questo approccio consente di sfruttare la conoscenza e l'esperienza collettiva del team, nonché di ridurre i tempi e i costi associati all'analisi individuale delle attività.

Una volta individuato il metodo ottimale direttamente in gemba per ogni attività presente in linea, viene formalizzato e documentato attraverso le Procedure Operative Standard (SOP), il cui template è visibile in Figura 3.4. Questo permette di garantire una maggiore coerenza e uniformità nell'applicazione del metodo da parte di tutti gli operatori. Inoltre, le SOP forniscono un punto di riferimento chiaro e condiviso per tutti i membri del team, facilitando la formazione e la gestione delle prestazioni<sup>81</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

Successivamente, sempre con il supporto del team centrale di Torino, si procede valutando il tempo impiegato dall'operatore più esperto nelle attività di riferimento direttamente sul campo (in gemba). Tale tempistica viene inserita come ulteriore dato all'interno delle SOP.

---

<sup>81</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

In questo modo, si garantisce che l'operaio non abbia l'opportunità di personalizzare il metodo delle operazioni, bensì sia guidato con attenzione a seguire le attività descritte nelle Procedure Operative Standard (SOP).

Nome del ciclo di lavoro		Tempo progressivo <input type="text"/>										
<table border="1"> <tr><td>Sequenza operazione</td></tr> <tr><td>Descrizione operazione</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td>Numeri operatori</td></tr> <tr><td>Centro di lavoro</td></tr> <tr><td>Tempo</td></tr> </table>	Sequenza operazione	Descrizione operazione		Numeri operatori	Centro di lavoro	Tempo	<table border="1"> <tr><td style="text-align: center;">Si inserisce la descrizione delle operazioni</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"> </td></tr> <tr><td style="text-align: center;"> </td></tr> </table>		Si inserisce la descrizione delle operazioni	0		
Sequenza operazione												
Descrizione operazione												
Numeri operatori												
Centro di lavoro												
Tempo												
Si inserisce la descrizione delle operazioni												
0												
<p>Si inseriscono le immagini con evidenza delle parti citate nell'elenco componenti e della descrizione delle operazioni</p>												
Codice	Elenco COMPONENTI	Qta										
Codice componenti e la loro denominazione												

**Figura 3.4** Esempio di template della SOP [fonte: rielaborazione di un file aziendale]

La SOP è suddivisa in diverse sezioni, ognuna delle quali ha uno scopo specifico:

1. Intestazione del Ciclo di Lavoro

- Nome del ciclo di lavoro: Questa sezione è dedicata all'inserimento del nome specifico del ciclo di lavoro che viene documentato. È fondamentale per identificare rapidamente il ciclo tra gli altri presenti nel sistema.

## 2. Tempo Progressivo

- Tempo progressivo: Uno spazio riservato alla registrazione del tempo accumulato dall'inizio del ciclo di lavoro. Questo dato è utile per monitorare l'efficienza temporale e per eventuali analisi di miglioramento dei processi.

## 3. Descrizione delle Operazioni

- Sequenza operazione: Qui vengono elencate in ordine sequenziale tutte le operazioni necessarie per completare il ciclo di lavoro. Ogni operazione è numerata per facilitare la comprensione della successione delle attività.
- Descrizione operazione: Una descrizione dettagliata di ciascuna operazione, fornendo informazioni chiare e precise su cosa deve essere fatto.
- Numeri operatori: Numero degli operatori richiesti per eseguire ciascuna operazione specifica.
- Centro di lavoro: Indica la stazione di lavoro o il reparto dove viene svolta l'operazione.
- Tempo: Il tempo stimato o effettivo necessario per completare ogni operazione, utile per la pianificazione e il monitoraggio della produttività.

## 4. Sezione Immagini

- Immagini delle Operazioni: Questa sezione è destinata all'inserimento di immagini illustrative che mostrano le operazioni da eseguire. Le immagini devono evidenziare le parti citate nell'elenco componenti e fornire una rappresentazione visiva delle descrizioni operative. Questo aiuta gli operatori a comprendere meglio le istruzioni e riduce il rischio di errori.

## 5. Elenco Componenti

- Codice componenti: Un elenco dei codici univoci assegnati ai vari componenti utilizzati nel ciclo di lavoro.
- Denominazione componenti: La denominazione di ciascun componente, descrivendo in modo chiaro di cosa si tratta.
- Quantità (Qta): La quantità necessaria di ciascun componente per completare il ciclo di lavoro. Questo aiuta nella preparazione e nell'approvvigionamento dei materiali necessari.

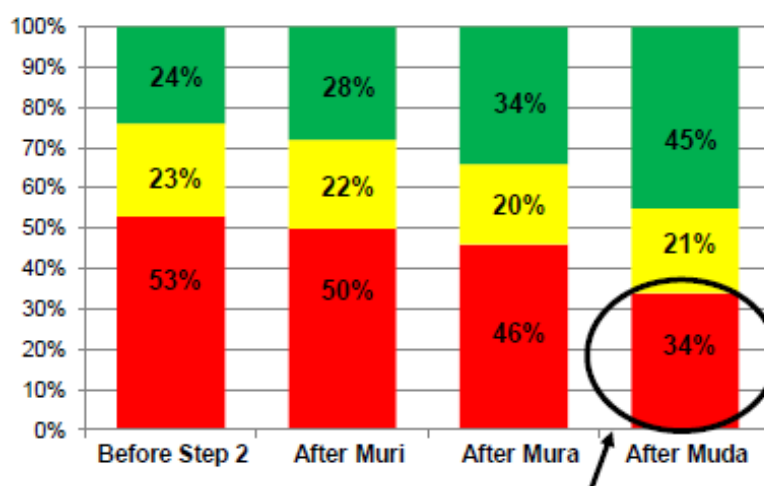
### 3.2.3. ATTACCO DEI MUDA

Dopo aver individuato l'area critica tramite il diagramma di Pareto, il focus si sposta sulla riduzione delle attività a non valore aggiunto in questa zona, prima di estendere l'analisi alle altre aree. Nel processo di ottimizzazione, si prendono in considerazione tutte le attività che non aggiungono valore, e l'obiettivo principale sul campo (in gemba) è eliminare tali attività. Tuttavia, è importante notare che l'eliminazione totale di tutte le attività non a valore aggiunto potrebbe non essere sempre completamente realizzabile. Pertanto, ci si impegna per una riduzione significativa di tali attività, cercando di ridurle al minimo possibile per massimizzare l'efficienza e l'efficacia complessiva del processo. Esempi possono essere i seguenti:

- Riduzione degli Spostamenti: Concentrandosi sulla minimizzazione degli spostamenti all'interno del processo, con un particolare focus sul supporto logistico per ottimizzare i percorsi e la disposizione dei materiali;
- Riduzione delle Fasi di Ispezione;
- Prevenzione della Rilavorazione: Collaborando con i fornitori per identificare le cause principali della rilavorazione dei componenti e implementare strategie preventive per ridurre al minimo i difetti alla fonte.

Queste proposte costituiscono solo alcune delle possibili strategie per ridurre le attività a non valore aggiunto e migliorare l'efficienza complessiva del processo produttivo.

Dopo aver attaccato i MUDA si ottiene, a sua volta, una riduzione di attività N.V.A.A, visibile in Figura 3.5.



**Figura 3.5** Riduzione NVA dopo la riduzione dei MUDA [fonte: CBS Knowledge Workbook]

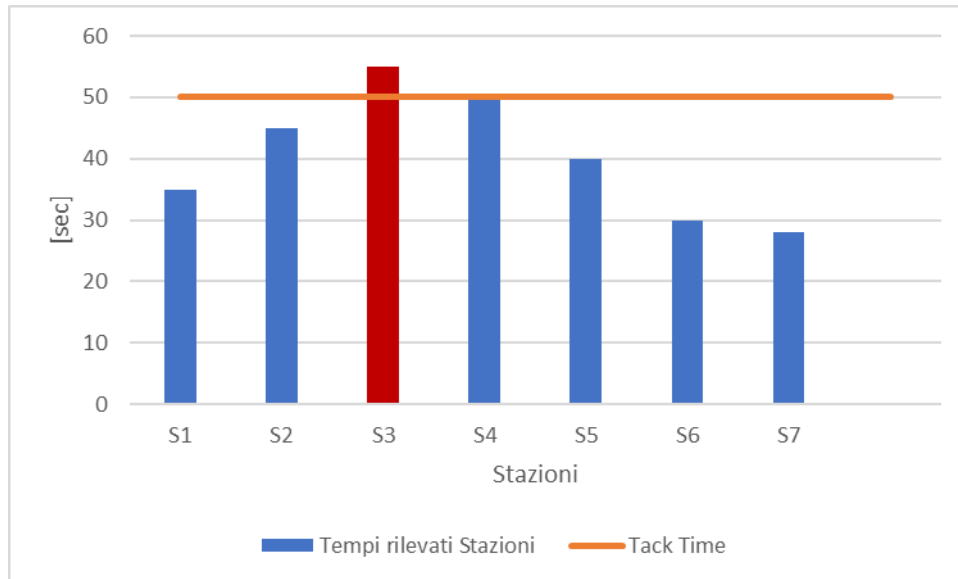
Nel terzo step (eliminazione degli sprechi) l'eliminazione delle attività a non valore aggiunto (N.V.A.A) ha portato a una riduzione del tempo ciclo delle operazioni. Questo ha creato la possibilità di riequilibrare la linea spostando alcune attività da un'operazione a un'altra. Così facendo un operatore che prima era completamente dissaturato può essere assegnato ad altre attività, migliorando la produttività complessiva della linea. Si vedrà, di seguito, dunque, come fare attraverso la fase di bilanciamento della linea.

### 3.3. BILANCIAMENTO DELLA LINEA

L'obiettivo di questa fase è creare standard operativi e l'eliminazione di perdite dovute alla dissaturazione e allo sbilanciamento della linea. Questo porta a un primo significativo incremento della produttività<sup>82</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Di seguito, in Figura 3.6, si introduce la possibile situazione dopo il terzo step (eliminazione degli sprechi) dove ogni stazione è caratterizzata da un Tempo Ciclo e si denomina *bottleneck* la stazione con tempo ciclo maggiore (tale parametro determina il reale passo della linea, nell'esempio proposto è la stazione di colore rosso). Nell'esempio la linea non riesce a seguire il passo richiesto dal cliente (il Tack Time), dunque è necessario provvedere a bilanciare la linea.

<sup>82</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*



**Figura 3.6** Illustrazione del tempo ciclo, sbilanciamento e dissaturazione [fonte: CBS Knowledge Workbook]

L'attività principale di questa fase è il bilanciamento della linea e la definizione degli standard. L'obiettivo è ottenere una perfetta corrispondenza tra le operazioni standard definite (metodo/operazione) e quelle effettivamente eseguite sulla linea<sup>83</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

Le linee guida per bilanciare le stazioni sono di seguito elencate.

1. Dati preliminari:
  - a. La produzione giornaliera richiesta
  - b. Il numero di turni desiderato
  - c. L'efficienza della linea
  - d. La produzione al netto dell'efficienza
  - e. La durata del turno
2. Tracciare ed evidenziare un diagramma delle precedenze tra le fasi operative dei materiali di classe A (si vedrà nel prossimo capitolo cosa si intende) di ogni postazione;
3. Calcolare il takt time per la linea:

$$Takt\ Time = \frac{\text{minuti di lavoro in linea per turno}}{\text{produzione richiesta per turno}}$$

<sup>83</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

4. Calcolare il fabbisogno di manodopera necessaria, visto come:

*Fabbisogno manodopera*

$$= \frac{\text{Tempo di montaggio} \times \text{Produzione al netto dell'efficienza}}{\text{Tempo disponibile al netto delle pause}}$$

Indicare il tempo di montaggio, che può essere stimato per una nuova linea o rilevato per una linea già in funzione.

5. Assegnare le attività su ogni postazione, considerando il tempo ciclo standard e i vincoli di precedenza;
6. Isolare le attese su un'unica postazione e cercare di eliminarle, tramite miglioramenti focalizzati, tendendo al numero minimo di postazioni teorico;

I principi base dell'assegnazione dei compiti prevedono <sup>84</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

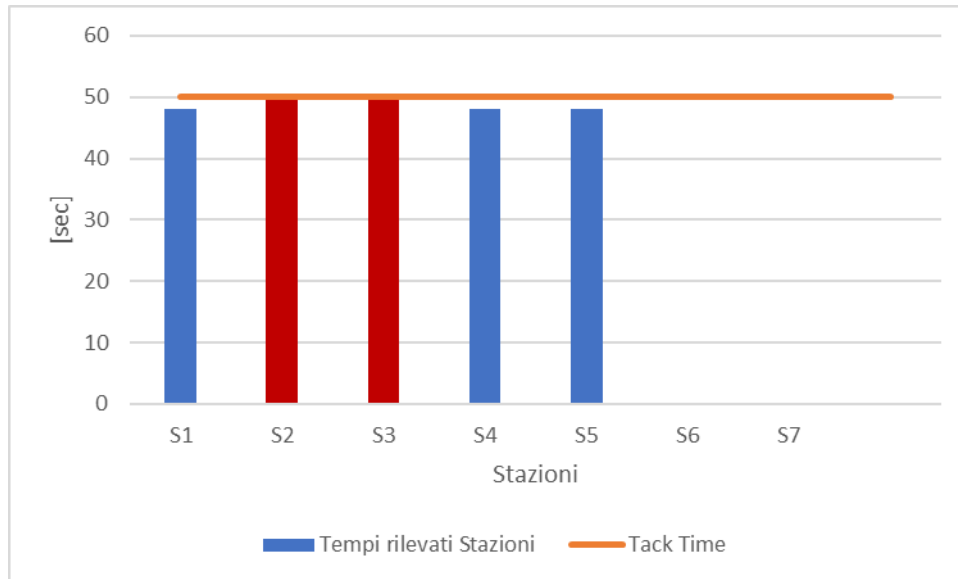
- che gli operatori vengano saturati al massimo in ordine, dal primo all'ultimo, procedendo gradualmente e non tentando di farlo contemporaneamente su tutti;
- di gestire componenti simili o complementari nella stessa zona della linea di montaggio;
- di alternare le attività (job elements) a tempo più alto con quelle a tempo più basso per gestire meglio eventuali future variazioni di takt-time;
- che occorra che le operazioni a tempo ridotto siano composte da job elements più brevi in modo da poter essere spalmate su altre operazioni nel caso in cui ci siano variazioni del Takt Time.
- Il vincolo sono sempre le precedenze tecnologiche.

Di seguito, in Figura 3.7 si può notare un esempio in cui è evidente la riduzione delle perdite per sbilanciamento con conseguente riduzione del tempo ciclo. Si noti, infatti, come la riduzione dei tempi ciclo delle differenti stazioni comporti la possibile re-disposizione delle attività nelle stazioni con tempo ciclo minore. Il risultato potrebbe, idealmente, portare alla riduzione del numero delle stazioni e al rispetto del Tack Time.

---

<sup>84</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*





**Figura 3.7** Possibile risultato derivante dalla riduzione del tempo ciclo [fonte: CBS Knowledge Workbook]

Attualmente, negli stabilimenti italiani, non viene utilizzato nessun software /algoritmo, né costruttivo<sup>85</sup> né migliorativo<sup>86</sup>, per la progettazione del layout. Lo strumento utilizzato è excel e il bilanciamento è effettuato manualmente rispettando i precedenti criteri, cercando, tramite tentativi, la soluzione migliore.

Mentre il primo passo ha portato ad un processo sotto controllo in modo tale da creare il punto di partenza per perseguire il miglioramento continuo, la seconda fase ha portato all'eliminazione della variabilità e degli sprechi attraverso la riduzione degli sprechi, la terza fase, grazie al bilanciamento e alla standardizzazione, ha portato ad un primo iniziale incremento di produttività. Non avendo più problemi di qualità e di variabilità si ha una prima stabilizzazione di processo che permette di poter ottenere con la logistica un processo sincronizzato (JIT/JIS). Tale fase verrà trattata nel successivo capitolo, dove gli sforzi si concentrano sui processi logistici interni allo stabilimento, più precisamente si tratterà delle attività connesse all'asservimento diretto della linea.

<sup>85</sup> Per approfondimenti si vedano gli algoritmi CORELAP e ALDEP (Pareschi, 2007, *Impianti Industriali*)

<sup>86</sup> Per approfondimenti si veda l'algoritmo CRAFT (Pareschi, 2007, *Impianti Industriali*)

## 4. CBS - ASSERVIMENTO LINEA

La logistica comprende l'insieme di tutti i flussi informativi e di tutti i flussi fisici dei vari materiali che permettono di soddisfare il cliente, consentendo l'arrivo, nel momento giusto al posto giusto, nella quantità giusta e con la qualità giusta, sia di componenti che di oggetti prodotti. La logistica è decisamente più ampia della gestione normale dei materiali, dei magazzini e dei trasporti. Essa, infatti, comprende sia il processo commerciale che quello delle vendite, quello manufacturing e quello dedicato all'acquisto ed alla distribuzione dei componenti.

Gli obiettivi principali di tale visione, così ampia e trasversale, all'interno dell'azienda sono i seguenti <sup>87</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Sincronizzare produzione e vendite per aumentare la soddisfazione del cliente
- Minimizzare la movimentazione del materiale
- Creare un flusso regolare attraverso la riduzione delle scorte

Nella seguente tesi si tratterà esclusivamente l'aspetto logistico dedicato all'asservimento diretto in linea, escludendo dalle valutazioni la logistica esterna, la quale comprende aspetti come lo stock del materiale grezzo a magazzino.

Di seguito sono introdotti molteplici strumenti, importanti per le valutazioni logistiche e considerati concetti di base.

### **FIFO**

La logica FIFO (First In- First Out) significa che i materiali, i componenti o i semilavorati che entrano per primi in una fase del processo produttivo sono i primi a essere utilizzati o trasformati nella fase successiva. Questo garantisce che gli elementi siano processati nell'ordine in cui sono stati ricevuti, evitando accumuli e ritardi <sup>88</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

---

<sup>87</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>88</sup> *Ibidem*

È una logica espandibile in molteplici ambiti, per esempio:

- **Gestione dei Componenti:** I componenti che arrivano per primi alla stazione di lavoro sono utilizzati per primi. Questo è importante per mantenere una gestione efficiente e ordinata dei materiali.

Esempio: In una linea di assemblaggio, le cabine degli escavatori ricevute per prime vengono montate prima delle cabine ricevute successivamente.

- **Riduzione del WIP:** Applicare la logica FIFO aiuta a ridurre il WIP (di seguito trattato), poiché i semilavorati non rimangono in attesa per lunghi periodi. Ogni stazione di lavoro processa i semilavorati nell'ordine di arrivo.

Esempio: In uno stabilimento di verniciatura di escavatori, i telai degli escavatori entrati per primi nella sezione di verniciatura vengono verniciati prima di quelli entrati successivamente.

## **WORK IN PROGRESS**

Il WIP (Work In Progress) rappresenta tutti i materiali e i prodotti parzialmente completati che si trovano in varie fasi del processo produttivo. È un indicatore cruciale della salute operativa di una linea di produzione, poiché riflette il lavoro che è in corso ma non ancora completato e pronto per la vendita <sup>89</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

**Utilizzo Efficiente dello Spazio:** Meno WIP significa meno spazio occupato da materiali e semilavorati, migliorando l'ordine e la sicurezza del magazzino. Per esempio, in una linea di assemblaggio, ridurre il WIP può liberare spazio prezioso.

**Problemi di Flusso:** Un WIP mal gestito può creare colli di bottiglia in determinate fasi del processo produttivo, rallentando l'intera linea di produzione. Per esempio, in una linea di assemblaggio di escavatori, un WIP eccessivo alla stazione di montaggio può rallentare l'intero processo di produzione.

Partendo dalle informazioni fornite nel paragrafo precedente (Analisi del lavoro), con precisione fino al bilanciamento della linea, si procede con completa collaborazione della

---

<sup>89</sup> CNH, 2022, CBS Knowledge Workbook

logistica. Il prossimo passo è la definizione del corretto posizionamento dei materiali a bordo linea <sup>90</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022):

- senza attese dovute a mancanza del materiale (sincronizzazione)
- senza distrazioni dovute alla scelta del materiale da prelevare (sequenziamento)
- senza movimenti dovuti al prelievo del materiale (golden zone e definizione contenitori)
- senza N.V.A.A. dovuti a chiamata del materiale

Per raggiungere questi obiettivi è importante svolgere le seguenti attività:

1. Individuare l'area modello
2. Reingegnerizzare i Flussi
3. Individuare il corretto punto di prelievo dei materiali nella postazione (Golden zone)
4. Stabilire un sistema di chiamata dei materiali

#### **4.1. AREA MODELLO**

Al fine di stabilire quale sia il processo in cui maggiormente si concentrano le perdite, occorre eseguire un'analisi con la quale è possibile determinare un indice di priorità nello sviluppo delle attività.

L'area modello, nella prima fase, coincide con quella dell'Analisi del Lavoro<sup>91</sup>, mettendo in evidenza come le due differenti fasi siano estremamente inter-correlate tra di loro.

Infatti, anche in tale valutazione è importante considerare le attività N.V.A.A e valutarne le perdite in termini economici, per poter stilare una classificazione ed indirizzare meglio le risorse attaccando le aree con maggiori perdite affrontandone un numero maggiore.

Si procede sempre tramite un diagramma di Pareto della Matrice C (perdite-costi) presente in Figura 3.1 nel sottoparagrafo 3.1, di cui se ne evita una ripetizione.

Ampliando la visuale, potrebbe essere individuata, in fasi successive, un'analisi economica riguardante la gestione del magazzino e delle rotte logistiche, interne ed esterne. Tale analisi,

---

<sup>90</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>91</sup> Paragrafo 3.1

molto trasversale nell'ambito logistico non verrà trattata e, dunque, sarà esclusa nella seguente tesi.

## **4.2. REINGEGNERIZZARE I FLUSSI**

Definita l'area modello da cui partire il primo step è l'ingegnerizzazione dei flussi.

L'obiettivo è ridurre il valore dello STOCK dei finiti mediante il ripristino delle condizioni base dell'impianto, pulendo, mettendo in ordine, eliminando il superfluo e standardizzando il più possibile garantendo il mantenimento di tali condizioni nel tempo.

Gli strumenti utilizzati sono le 5S<sup>92</sup> e le 5T<sup>93</sup>. Dopo aver utilizzato gli strumenti introdotti in precedenza, è necessario concentrare gli sforzi sulla definizione di una classificazione specifica dei materiali, descritta di seguito, e sulla precisa definizione dei flussi in base a questa classificazione.

### **4.2.1. CLASSIFICAZIONE MATERIALI**

La classificazione materiali è la divisione dei materiali di produzione in classi secondo criteri specifici. L'obiettivo della classificazione materiali è assegnare il corretto flusso ad ogni classe di materiale.

La classificazione CNH si basa su nove classi ottenute combinando i criteri (costoso, ingombrante e multivariante).

Di seguito, in Tabella 4.1, si elencano i differenti criteri presenti per l'ottimizzazione della classificazione dei materiali.

---

<sup>92</sup> Sottoparagrafo 1.2.2

<sup>93</sup> Sottoparagrafo 1.2.6

**Tabella 4.1** Classificazione Materiali [fonte: CBS Knowledge Workbook]

CLASSE		TIPOLOGIA	SOTTO-CLASSE	SOTTO-GRUPPO
A	A	COSTOSI	AA.1	Costosi, ingombranti e multi-varianti
			AA.2	Costosi e ingombranti
			AA.3	Costosi e multi-varianti
			AA.4	Solo costosi
	B	INGOMBRANTI	AB.1	Ingombranti e multi-varianti
			AB.2	Solo ingombranti
	C	MULTI-VARIANTI	AC	Multi-varianti
B	NORMALI	B		
C	MINUTERIE	C		

I part number (abbreviati spesso come P/N) sono codici univoci assegnati a specifici prodotti, componenti o parti da produttori o fornitori per identificarli e tracciarli.

La classificazione dei materiali si effettua per:

1. Dimensione
2. Costo
3. Numero di varianti di ogni famiglia di prodotto

Avere più varianti significa che un prodotto o un componente esiste in diverse versioni, modelli o configurazioni con caratteristiche differenti. In questo contesto, una multi-variante è quel prodotto che presenta più di tre P/N o varianti all'interno della stessa famiglia di prodotti. Lo stesso prodotto in diverse colorazioni mantiene il medesimo numero di parte (P/N), differenziato da un trattino seguito da una lettera

I P/N (part number) verranno classificati in tre tipologie<sup>94</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

1. Classe A:

1.1. Costosi [AA]: se il valore monetario dei P/N valutati si trova nel primo 20% del valore totale. Tra tali part number esiste un'ulteriore classificazione:

1.1.1. [AA.1]: Rientrano i P/N ingombranti e con molteplici varianti

1.1.2. [AA.2]: Rientrano i P/N ingombranti

1.1.3. [AA.3]: Rientrano i P/N multi-varianti

1.1.4. [AA.4]: Rientrano i P/N solo costosi

1.2. Ingombranti [AB]: se il peso è superiore a 12 kg e le sue dimensioni sono tali per cui è necessario un manipolatore o un carrello elevatore per il suo spostamento. Tra tali P/N esiste un'ulteriore classificazione:

1.2.1. AB.1: P/N con molteplici varianti (maggiori di tre<sup>95</sup>)

1.2.2. AB.2: P/N con poche varianti (minori di tre<sup>96</sup>)

1.3. Multi-varianti [AC]: se il P/N non è né costoso né ingombrante ma appartiene ad una famiglia che ha più di tre<sup>97</sup> varianti.

2. Classe C: contiene tutti gli elementi piccoli ed economici come bulloni, viti, dadi, tappi, pulsanti. La classe C rappresenta circa il 40% del totale dei P/N presenti in uno stabilimento ma con un valore economico al di sotto del 5% del totale.

3. Classe B: rientra tutto ciò che non è di classe A o C, ed è perciò detta normale.

Lo step successivo è la realizzazione del corretto flusso per ogni classe di materiale. Ridurre il WIP (Work in Progress) e migliorare l'asservimento dei materiali in linea in accordo con il lavoro effettuato precedentemente con l'analisi di lavoro, rispettando i concetti di Minimum Material Handling e di Golden Zone.

---

<sup>94</sup> CNH, 2022, *CNH Knowledge Workbook*

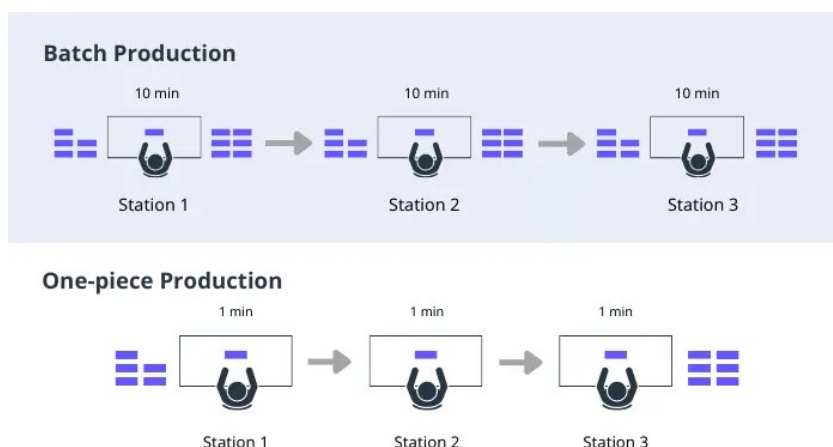
<sup>95</sup> In caso di particolari vincoli di spazio è ammissibile l'uso di una quantità minore

<sup>96</sup> In caso di particolari vincoli di spazio è ammissibile l'uso di una quantità minore

<sup>97</sup> In caso di particolari vincoli di spazio è ammissibile l'uso di una quantità minore

## 4.2.2. FLUSSI LOGISTICI

Il concetto alla base del JIT e JIS è il One Piece Flow. Quest'ultimo si basa sull'assenza di accumulo di scorte intermedie, ogni componente o pezzo deve essere spostato immediatamente alla fase successiva del processo produttivo. Tale concetto minimizza i tempi di attesa e i colli di bottiglia, migliorando il tempo ciclo. In Figura 4.1 è possibile graficamente notare la differenza tra una produzione a lotti ed una produzione One-Piece Flow. La produzione a lotti prevede la realizzazione di un numero specifico di unità di prodotto in una singola fase prima di passare alla successiva, spesso accumulando inventario tra le fasi. Questo metodo può risultare in tempi di attesa più lunghi e maggiore rischio di errori o difetti accumulati. Al contrario, la produzione One-Piece Flow consiste nella realizzazione di una singola unità di prodotto che passa direttamente da una fase all'altra senza sostare in magazzino, riducendo tempi di ciclo, scarti e sprechi, e migliorando la qualità e la reattività del processo produttivo<sup>98</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).



**Figura 4.1** Differenze tra una produzione a lotti ed una produzione One-Piece [fonte: Wassim Ben Dhaou, linkedin.it]

## JIT

Il sistema "just in time" (JIT), che si traduce come "giusto in tempo", prevede che i componenti o i prodotti richiesti arrivino esattamente al momento giusto, nel luogo giusto, nella quantità necessaria e con la qualità adeguata. Questo metodo si differenzia nettamente dai metodi

<sup>98</sup> CNH, 2022, *CNH Knowledge Workbook*



tradizionali, nei quali i prodotti finiti venivano immagazzinati in attesa di vendita. L'obiettivo del JIT è minimizzare i tempi di produzione e le scorte lungo l'intero processo produttivo, ottimizzando così l'arrivo dei materiali, il loro utilizzo e la risposta alla domanda effettiva del mercato. Il JIT si basa su un modello produttivo pull, dove la produzione è guidata dalle richieste reali dei clienti anziché da previsioni di vendita, il che richiede un allineamento della produzione al ritmo del mercato, noto come takt time. Le aziende che adottano il JIT devono concentrarsi su attività di assemblaggio di prodotti modulari, con impianti flessibili e tempi di setup minimizzati. L'obiettivo ideale del JIT è avvicinarsi al "one-piece-flow", ovvero produrre un singolo pezzo alla volta in lotti unitari. Inoltre, è cruciale coinvolgere i fornitori in questi processi di miglioramento per garantire consegne frequenti, puntuali e di alta qualità<sup>99</sup> (CBS Knowledge Workbook, CNH).

## **JIS**

Il rifornimento sequenziato è il processo mediante il quale i componenti, generalmente appartenenti alla classe A con molte varianti, vengono inviati dalla logistica al punto di utilizzo seguendo una sequenza specifica derivata dalla programmazione della produzione. Questo introduce il concetto di Just In Sequence (JIS).

Il "Just In Sequence" (JIS) è una strategia avanzata che estende il concetto di "Just In Time" (JIT). Mentre il JIT si concentra sulla consegna dei componenti al momento giusto, il JIS assicura che i componenti arrivino anche nella sequenza esatta in cui saranno utilizzati nel processo produttivo.

L'obiettivo principale del JIS è sincronizzare perfettamente le consegne con la sequenza di assemblaggio, riducendo al minimo i tempi di attesa e le scorte intermedie. Questo sistema richiede una stretta collaborazione con i fornitori, che devono garantire la consegna puntuale dei componenti nella sequenza corretta e senza difetti.

Per implementare efficacemente il JIS, le aziende devono disporre di una logistica altamente precisa e affidabile. Gli impianti produttivi devono essere flessibili e in grado di adattarsi rapidamente alle variazioni nella sequenza di produzione. Questo approccio riduce gli sprechi

---

<sup>99</sup> CBS, 2022, *CNH Knowledge Workbook*

e migliora l'efficienza operativa, poiché ogni componente è disponibile esattamente quando e dove necessario<sup>100</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

In casa CNH, nella sede di Sampierana, il JIS non è implementato con i fornitori ma solamente all'interno dello stabilimento logistico. L'idea è legare la produzione dei componenti con il loro assemblaggio (due aree differenti) ma non è questo il caso dello stabilimento in oggetto, essendo esclusivamente costituito da linee di assemblaggio.

## **KIT**

"KIT" è il termine utilizzato per indicare un insieme di componenti di varie tipologie che devono essere assemblati per creare un singolo prodotto finito o per essere utilizzati in un'area specifica, come ad esempio in una linea di assemblaggio o in sottogruppi. Tuttavia, è importante sottolineare che l'utilizzo del KIT nell'ambito meccanico è generalmente scoraggiato e dovrebbe essere considerato solo come un'opzione secondaria, da adottare solamente dopo aver esaurito tutte le altre possibilità. Il KIT è adatto solo per pochi oggetti che presentano molte varianti e che devono essere montati in uno spazio limitato, come ad esempio nel punto di carico del KIT<sup>101-102</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022).

Nonostante ciò, il KIT può rappresentare uno strumento utile per i componenti di classe B, poiché consente una maggiore flessibilità nella personalizzazione del prodotto finale.

Dopo aver introdotti i principali flussi logistici è bene valutarne, in Tabella 4.2 le loro possibili diramazioni.

---

<sup>100</sup> CBS, 2022, *CNH Knowledge Workbook*

<sup>101</sup> principio del Minimal Material Handling

<sup>102</sup> CBS, 2022, *CNH Knowledge Workbook*

**Tabella 4.2** Descrizione dei flussi logistici [fonte: CBS Knowledge Workbook]

<b>JIS 1</b>	Il fornitore riceve da stabilimento la sequenza impostata producendo e spedendo esattamente la sequenza ricevuta. (Una sola movimentazione)
<b>JIS 2</b>	Il fornitore riceve da stabilimento la sequenza impostata ma non produce secondo questa. Il fornitore però spedisce secondo la sequenza ricevuta sfruttando il suo magazzino (Due movimentazioni)
<b>JIS 3</b>	Il fornitore non riceve la produzione impostata ma spedisce secondo un certo piano di spedizione. La sequenza impostata arriva in magazzino (che può essere esterno) all'interno del quale viene generata la sequenza (Tre movimentazioni)
<b>JIS 4&amp;5</b>	Il fornitore non riceve la produzione impostata ma spedisce secondo un certo piano di spedizione al magazzino del cliente. Da questo, il materiale parte verso un'area di picking/kitting realizzata all'interno dell'area di produzione, dove viene inviata la sequenza impostata in produzione. Se questa attività è eseguita da personale interno è JIS4, se eseguita da personale esterno è JIS5
<b>JIT</b>	Il fornitore spedisce i componenti secondo l'effettivo assorbimento facendoli arrivare in linea al momento giusto.
<b>IND 1</b>	I pezzi arrivano in funzione di una previsione dal fornitore ad un'area temporanea di stock vicina al punto di utilizzo e da questa vanno in linea
<b>IND 2</b>	I pezzi arrivano in funzione di una previsione dal fornitore in magazzino e da questo vengono preparati e inviati in linea
<b>IND 3&amp;4</b>	I pezzi arrivano in funzione di una previsione dal fornitore in magazzino esterno CDC <sup>103</sup> e da questo vengono preparati e inviati in linea (IND3 personale interno, IND 4 operatore logistico)

Di seguito, in Figura 4.2, si introduce una matrice con lo scopo di abbinare ad ogni classe di materiali il corretto flusso logistico. L'idea di fondo è che materiali con caratteristiche diverse debbano essere gestiti con strategie diverse. I colori in tabella indicano se il flusso sia corretto per la classe del materiale presa in considerazione.

<sup>103</sup> Centro di Distribuzione Centrale magazzino esterno rispetto al sito produttivo

I colori aiutano a identificare i flussi consigliati:

- In verde i flussi ideali;
- in celeste e in giallo i flussi accettabili;
- In rosso l'ultima scelta consigliata;
- Dove non c'è nessuna collaborazione, i flussi non sono mai accettabili per quella determinata classe.

Si prenda l'esempio della sottoclasse AA.1:

Per i P/N costosi, ingombranti e con molte varianti<sup>104</sup> i flussi logistici fortemente consigliati sono il JIS1 e il JIS2 (precedentemente citati in Tabella 4.2). Nel caso in cui vincoli interni o esterni dovessero limitare l'attuazione dei precedenti flussi, si consiglia il JIS3, JS4 e il JS5. Sconsigliato l'utilizzo di tutti gli altri possibili flussi logistici.

Invece, nella sottoclasse AA.2 il flusso logistico preferito è il JIT, seguito dai flussi indiretti, in particolare l'IND1, seguito dall'IND3 ed infine con l'IND2.

---

<sup>104</sup> Esempio: motori e trasmissioni

CLASS / FLOW / CALLOFF MATRIX				Recommended stock level							Actual Type of flow						
Class	Typology	Sub Class	Sub Group	Examples	Level 3	Level 4	Level 5	Total PN	JIS1	JIS2	JIS3	JIS4	JIS5	JIT	Ind1	Ind2	Ind3
<b>Ideal flow evolution (with B/C analysis)</b> 				*NC=70													
A	Expensive	AA.1	bulky & many variations	Engines, dashboards, bumpers, wheels	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
		AA.2	bulky	Side panels, front suspension cross member	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
	Bulky	AA.3	many variations	Start engine, steering column switch unit	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
		AA.4	other (monodesign)	Front struts, lambda sensor convergence control unit	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
C	Many variations	AB.1	many variations	Door panel, radiator grille, steering wheel assembly	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
		AB.2	other (monodesign)	Door windows, shock absorbers, sound insulation	< 2 hours	< 1 hour	< 30 minutes	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
B	Normal	AC		Rear view mirror cover, wheel hub cover	< 2 days	< 1 day	< 0.5 days	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
		B.1	high rotation	Light clusters, spacers	< 2 days	< 1 day	< 0.5 days	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
C	Small and cheap	B.2	low rotation	Light clusters, spacers	< 2 days	< 1 day	< 0.5 days	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
		C		Wheel bolt, nuts, screws, springs	< 7 days	< 5 days	< 2 o 3 days	0	External - from supplier	External - from supplier	From advanced warehouse (CdC)	Internal from shopfloor (Make)	Internal from shopfloor (Buy)	External - Direct	External - from advanced warehouse (CdC)	Internal - from warehouse	Internal - from buffer
<b>Grand Total</b>								<b>70</b>									

Figura 4.2 Flusso e livello di stock raccomandato [fonte: CBS Knowledge Workbook]

### **4.3. PUNTO DI PRELIEVO DEI MATERIALI NELLA POSTAZIONE**

Nel determinare il punto di prelievo dei materiali nelle postazioni, è essenziale considerare i principi già discussi nei paragrafi precedenti, come la golden zone<sup>105</sup>, la strike zone<sup>106</sup>, la strike point e il minimum material handling<sup>107</sup>. Questi concetti guidano nella scelta del punto ottimale per il prelievo, assicurando che i materiali siano posizionati in modo tale da minimizzare gli sforzi e i movimenti necessari per l'operatore.

In particolare, è fondamentale valutare attentamente l'accessibilità e la praticità del punto di prelievo, in modo da ridurre al minimo le interruzioni nel flusso di lavoro e aumentare l'efficienza complessiva.

Attraverso una valutazione attenta dell'accessibilità e della comodità del punto di prelievo, è possibile ottimizzare l'efficienza operativa. Posizionare i materiali in aree facilmente raggiungibili senza necessità di movimenti eccessivi o scomodi contribuisce a mantenere un flusso di lavoro continuo e privo di interruzioni, migliorando così la produttività complessiva<sup>108</sup>(CBS Knowledge Workbook, 2022).

### **4.4. SISTEMI DI CHIAMATA DEI MATERIALI**

I flussi possono essere attivati mediante l'installazione di opportuni sistemi di chiamata materiali. L'obiettivo è quello di fare arrivare i materiali nel punto di utilizzo al momento opportuno.

I principi guida sono i seguenti<sup>109</sup> (CBS Knowledge Workbook, 2022):

- Materiali diversi richiedono sistemi di chiamata diversi;
- La Posizione del materiale determina possibili vincoli.

Il sistema di chiamata materiali più comuni è il Kanban. Come visibile in Figura 4.3, il Kitting, precedentemente introdotto, è utilizzato su materiali di classe B. Il sistema Kanban (con

---

<sup>105</sup> Sottoparagrafo 1.1.7

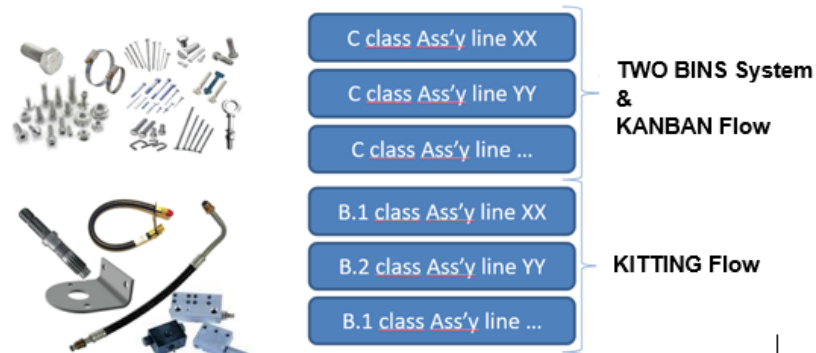
<sup>106</sup> Sottoparagrafo 1.1.8

<sup>107</sup> Sottoparagrafo 1.1.10

<sup>108</sup> CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*

<sup>109</sup> *Ibidem*

applicazione speciale Two Bins System) è utilizzato, principalmente, nei sistemi di chiamata di materiali C.



**Figura 4.3** Sistemi di chiamata in relazione alla classe di materiale [fonte: CBS Knowledge Workbook]

## IL KANBAN

Il Kanban viene considerato la quintessenza del sistema Pull. È un segnale visivo che indica la necessità di iniziare un'azione. Quello che è importante è che il segnale viene sempre realizzato in maniera visiva e implica l'impiego di procedure concordate e standardizzate in risposta al segnale stesso. Lo scopo del kanban è di segnalare all'attività a monte che l'attività a valle ha eseguito un'azione e che questa richiede una concordata reazione a monte. Possono essere in una forma qualsiasi: un cartellino (kanban tradizionale), in forma di contenitori (pieno o vuoti), in forma di spazio riempito su non a terra o in una scaffalatura, in forma di una richiesta digitale (e-kanban) per fornitura del materiale ecc. Ogni contenitore è dotato del proprio cartellino indicante le informazioni del prodotto contenuto <sup>110</sup>(Sistemi di Gestione della Produzione, 2018).

Operativamente è possibile riscontrare quattro classi di situazioni applicative dei kanban rappresentate nella Figura 4.6 <sup>111</sup>(Sistemi di Gestione della Produzione, 2018):

CK1: regola i flussi tra un magazzino di monte e un'unità di valle (supermarket o centro di lavoro);

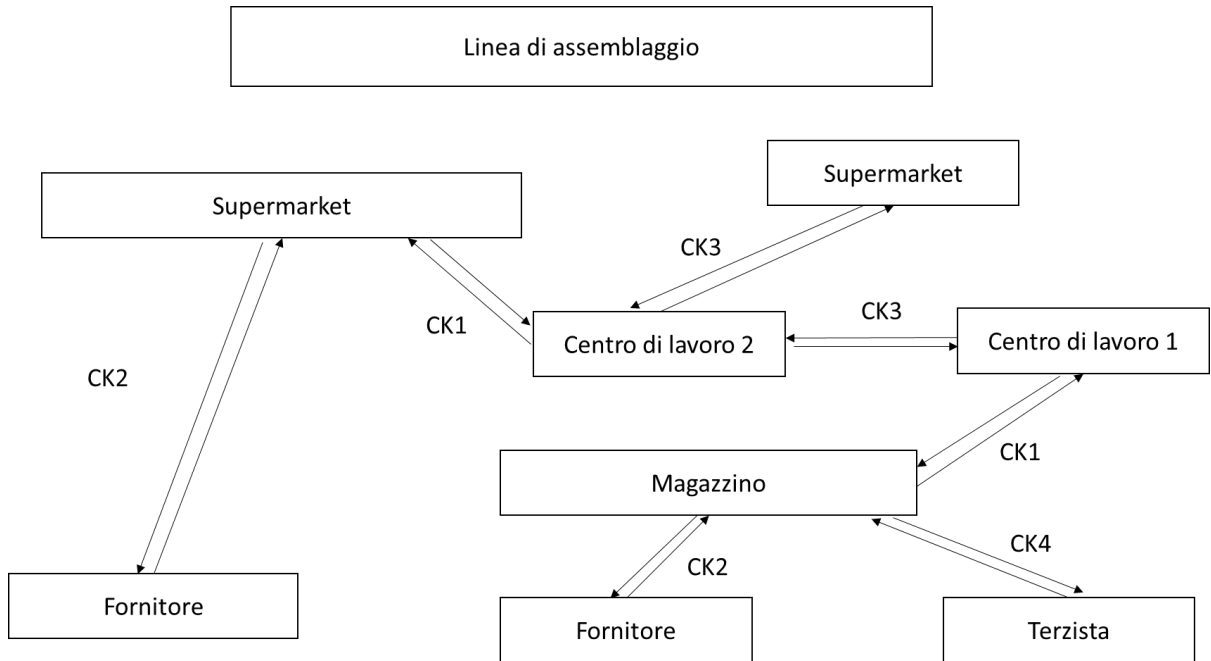
CK2: regola i flussi tra un fornitore di monte e un'unità di valle (magazzino o supermarket);

<sup>110</sup> De Toni e Panizzolo, 2018, *Sistemi di Gestione della Produzione*, Isedi

<sup>111</sup> *Ibidem*

CK3: regola i flussi tra un centro di lavoro di monte e una unità di valle (supermarket o centro di lavoro);

CK4: regola i flussi tra un terzista di monte e un'unità di valle (magazzino o centro di lavoro).



**Figura 4.4** Classi di situazioni applicative del kanban [fonte Rielaborato da Sistemi di Gestione della Produzione, De Toni, Panizzolo]

Il Kanban possibilmente implementabile per l'oggetto di tale tesi è il Kanban di tipologia CK1.

Sono presenti tre possibili differenti tipologie di Kanban:

- Kanban a due cartellini
- Kanban ad un cartellino
- Kanban senza cartellini (Two Bins System)

Nella presente tesi, i primi due tipi non sono trattati con specificità perché non vengono utilizzati. L'attenzione è rivolta principalmente alla terza tipologia di Kanban.



## TWO BINS SYSTEM

Una particolare applicazione del concetto di kanban è quella che viene spesso impiegata per garantire la disponibilità dei materiali, caratterizzati da un consumo regolare e da piccole-medie dimensioni, lungo le linee di assemblaggio tipico delle categorie CK1. Nelle scaffalature lungo la linea sono presenti generalmente due o più contenitori pieni per ogni codice; quando un contenitore viene svuotato, a intervalli regolari viene prelevato dagli alimentatori di linea, portato presso il magazzino o presso un'area gestita dal fornitore per essere riempito e successivamente riportato in linea. Questo tipo di gestione <<vuoto per pieno>> (Figura 4.6) viene spesso indicata con il termine Kanban Double Bin, ovvero kanban a doppio contenitore. (...) è chiaro che la quantità di pezzi presenti in una singola cassetta/contenitore e il numero di contenitori stessi devono essere definiti sulla base dell'entità del consumo nell'unità di tempo e del tempo necessario a prelevare la cassetta vuota e a riportarla piena <sup>112</sup>(Sistemi di Gestione della Produzione, 2018).

Si propone di seguito un esempio di Two-Bin System in Figura 4.7 attraverso un carrello con funzione di scaffalatura a gravità (denominato SAG). Si considerino due contenitori di viti posizionati nell'area di lavoro. Ogni contenitore contiene una quantità prestabilita di viti, sufficiente per un certo periodo di produzione.

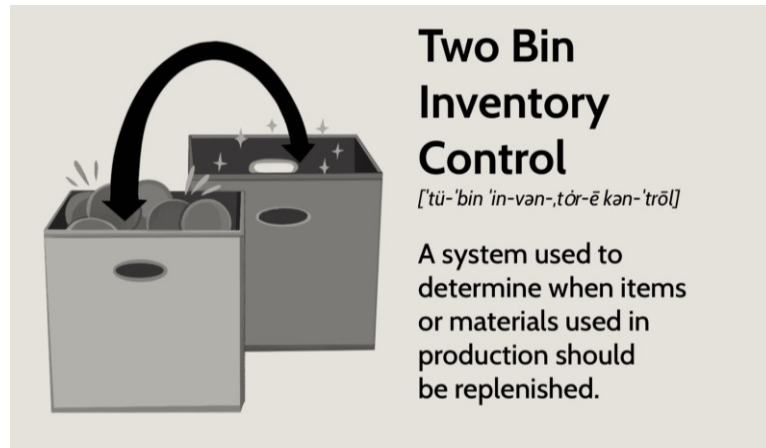
Utilizzo del Primo Contenitore: Durante la produzione, gli operai prelevano le viti dal primo contenitore. Quando il primo contenitore si esaurisce, un operatore lo sposta in una zona designata per il rifornimento, nell'esempio proposto si spostano nella parte bassa del carrello.

Transizione al Secondo Contenitore: L'operatore inizia a prelevare le viti dal secondo contenitore. Nel frattempo, il primo contenitore vuoto, posizionato in una specifica zona della scaffalatura, viene visto da un operatore indiretto e viene riempito di nuove viti.

Rifornimento del Primo Contenitore: Una volta rifornito, il primo contenitore viene riportato nella zona di prelievo, pronto per essere utilizzato una volta che il secondo contenitore si esaurisce.

---

<sup>112</sup> De Toni e Panizzolo, 2018, *Sistemi di Gestione della Produzione*, Isedi



**Figura 4.5** Illustrazione Two-Bins System [fonte: CBS Knowledge Workbook]



**Figura 4.6** Esempio di Scaffalatura a Gravità (chiamata SAG) [fonte: flexlogik]



## 5. CNH

Nel presente capitolo verrà descritta l'azienda CNH, presso la quale è stata svolta l'attività di tirocinio curriculare, con approfondimento su uno dei suoi stabilimenti, ovvero lo stabilimento di San Piero in Bagno (acquisito nel 2021 dalla precedente azienda denominata SAMPIERANA), poiché rappresenta lo stabilimento in cui è stato eseguito il lavoro di tesi, il quale verrà esaminato nei capitoli successivi.

### 5.1. L'AZIENDA

CNH Industrial (denominata ora CNH) è un gruppo italo-statunitense che nasce nel 2013, a seguito della fusione per incorporazione tra Fiat Industrial e CNH Global. Quest'ultima azienda, attiva a livello mondiale nel settore delle macchine agricole e movimento terra, era stata a sua volta costituita nel 1999 dalla fusione tra New Holland e Case IH. Fiat Industrial invece, attiva nei capital goods, ovvero il settore industriale dei beni di investimento, aveva iniziato ad operare nel 2011, dopo lo scorporo delle attività di Iveco, CNH e FPT Industrial da Fiat S.p.a.

Oggi CNH è un'azienda di tipo globale, leader mondiale nel settore dei capital goods, presente in 170 Paesi appartenenti alle business regions EMEA (Europe, Middle East, Africa), LATAM (Latin America), APAC (Asia Pacific) e NAFTA (USA, Canada e Messico) visibili in Figura 5.2. Conta più di 40.000 dipendenti in 43 stabilimenti produttivi e in 40 centri di ricerca e sviluppo. Attraverso i suoi 10 marchi, elencati in Figura 5.1 progetta, produce e commercializza macchine per l'agricoltura, veicoli industriali e mezzi speciali, motori, trasmissioni e propulsori.



Figura 5.1 I brands di CNH



**Figura 5.2** Business regions di CNH

La missione di CNH è offrire le migliori soluzioni per il settore dei capital goods sulla base delle proprie eccellenti competenze, attraverso processi di innovazione e miglioramento continui, sfruttando la sua vasta portata sul mercato e la sua solida cultura aziendale. In base a ciò che è riportato sull'aziendale "Annual Report" (CNH, Dicembre 2023), attualmente CNH opera nei seguenti segmenti di mercato:

- Agricultural Equipment.** Progetta, produce e distribuisce macchine agricole e attrezzi, compresi trattori a due e a quattro ruote motrici, trattori cingolati, mietitrebbie, raccogliatrici di uva e canna da zucchero, attrezzature per fieni e foraggio, per semina, attrezzi per coltivazione del terreno e attrezzature per la movimentazione dei materiali. Le macchine agricole sono vendute con i marchi New Holland Agriculture e Case IH Agriculture, oltre al marchio Steyr in Europa, acquisita insieme allo stabilimento di St. Valentin, nel 1996. In Figura 5.3 un esempio di mietitrebbie CR Revelation.



**Figura 5.3** Mietitrebbia New Holland

- **Construction Equipment.** Progetta, produce e distribuisce una linea completa di attrezzature da costruzione, tra cui escavatori, apripista (bulldozer) cingolati, livellatrici, pale gommata, terne, pale compatte, sollevatori telescopici. Le macchine movimento terra sono vendute con i marchi New Holland Construction e Case Construction Equipment, oltre alla recente EUROCOMACH, marchio entrato nella produzione CNH dopo l'acquisizione della SAMPIERANA, visibile nei mini e midi escavatori. In Figura 5.4 un esempio di pala gommata, marchio CASE.



**Figura 5.4** Wheel Loader CASE

- **Financial Services.** Supporta numerosi brands, clienti, importatori e dealers. Esperienza cliente migliorata per offrire un vantaggio competitivo ai marchi interni.

## **5.2. SEGMENTO COSTRUZIONI**

Il segmento Construction fornisce 180 paesi ed è costituito da 8 stabilimenti (Figura 5.5) situati in:

1. U.S.A (Wichita e Burlington);
2. Italia (Lecce e lo stabilimento di SAMPIERANA diviso tra Cesena e San Piero in Bagno);
3. Messico (Queretaro);
4. Brasile (Belo Horizonte);
5. India (Pithampur);
6. Cina (Kunshan).



**Figura 5.5** Posizione geografica degli stabilimenti del segmento Construction

Le linee di prodotto sono complessivamente 8 e si suddividono in (Figura 5.6):

- Linee pesanti
- Linee compatte



**Figura 5.6** Illustrazione dei veicoli suddivisi per tipologia di linea

L'azienda ritiene che la crescita abbia valore solo se è sostenibile e, pertanto, considera fondamentale la gestione degli impatti ambientali e sociali delle proprie attività. Gli investimenti sull'elettrificazione e carburanti alternativi hanno portato l'azienda ad essere

leader mondiale del Tractor Loader Backhoe elettrico (nel segmento Construction). Oltre ai già citati vi evidenziano, in ambito Construction, i mini-escavatori elettrici da 1,5 ton (visibile in Fig. 5.7) e da 2,5 ton assemblati presso lo stabilimento di San Piero in Bagno. Nel prossimo futuro gli investimenti verso un futuro sostenibile saranno sempre maggiori, includendo versioni elettriche del Compact Wheel Loader e del Compact Track Loader.



**Figura 5.7** Mini Escavatore CASE da 1,5 ton

I marchi complementari sono tre: CASE Construction, New Holland Construction e Eurocomach. Quest'ultima risulta parte dei marchi a partire dall'acquisizione dell'azienda Sampierana nel 2021 e completa il portafoglio prodotti della CNH con gli escavatori MINI e MIDI.

L'acquisizione è stata, non solo del know-how, ma anche degli stabilimenti Sampierana. I nuovi stabilimenti presenti in CNH dal 2021 sono evidenziati nella Figura 5.9 e sono elencati di seguito:

- San Piero in Bagno e Cesena
- Kunshan

A San Piero e Cesena si ha il solo assemblaggio veicoli, a Kunshan, invece, la produzione riguarda sottocarri e bracci.





**Figura 5.8** Nuovi stabilimenti dopo l'acquisizione di SAMPIERANA

Nel successivo paragrafo si approfondisce lo stabilimento di San Piero in Bagno dove si è analizzata la linea di assemblaggio degli escavatori MIDI, oggetto della presente tesi.

### **5.3. STABILIMENTO DI SAN PIERO IN BAGNO**

Nata come impresa familiare, la SAMPIERANA ha rappresentato una vera e propria sartoria tecnologica, dove ogni progetto viene curato e realizzato sempre in stretta collaborazione con il cliente. Tutto ha avuto inizio a San Piero in Bagno, dove ancora oggi si trova la sede principale. Nei primi anni Cinquanta, Alearo Para apre il suo piccolo laboratorio artigiano dove si occupa di lavorazioni in ferro e riparazioni di mezzi agricoli. Nel corso degli anni si è specializzata nello sviluppo, produzione e vendita di macchine movimento terra, sottocarri e parti di ricambio producendo sotto il marchio “Eurocomach”. Dal 2007 entra nel mercato dei ricambi con una linea di componenti parti carro con il titolo di Sampierana Undercarriages.

Nel 2021 la CNH completa l’acquisizione di Sampierana divenendo così proprietaria a tutti gli effetti delle tecnologie che hanno visto Eurocomach ritagliarsi una posizione nel complesso mercato delle macchine da costruzione. Da un lato la necessità di avere un partner affidabile per la costruzione di una gamma di miniescavatori, vero tallone d’Achille dell’offerta di Case

Construction. Dall'altra la possibilità di sviluppare in modo globale competenze specifiche molto evolute che hanno fatto di Sampierana un player rispettato e ammirato.

L'offerta di CNH dopo l'acquisizione è articolata oggi in due linee distinte fra loro:

1. Applicazioni speciali;
2. Macchine movimento terra.

Oggi la gamma dispone di macchine per l'utilizzo in cantieri diversi:

- 18 modelli di escavatori 1-10 tonnellate (Figura 5.11);
- 5 modelli di pala gommata e cingolata (rispettivamente in Figura 5.10 e Figura 5.9);
- Mini pala cingolata (Figura 5.13).

Una gamma di prodotti in costante evoluzione per rispondere ad un mercato sempre più esigente in termini di performance e qualità.

Si offre un servizio di personalizzazione completa, al fine di proporre la macchina giusta ad ognuno dei clienti. Parte dei servizi sono:

- Verniciatura personalizzata
- Predisposizione di linee ausiliarie supplementari
- Vasto assortimento di attrezzature aggiuntive
- Varie tipologie di cingolato



**Figura 5.9** Compact Tractor Loader (CTL)



**Figura 5.10** Skid Steer Loader (SSL)



**Figura 5.11** Escavatore MIDI



**Figura 5.13** Mini Track Loader (MTL)

Le linee di assemblaggio di Sampierana, prima dell'acquisizione da parte di CNH Industrial, erano organizzate in quattro diverse sezioni, visibili nella Figura 5.12 e collocate tutte nella sede di San Piero in Bagno:

- **Linea 1: Escavatori MIDI**

Questa linea era dedicata all'assemblaggio degli escavatori MIDI, macchine di dimensioni medie utilizzate in una varietà di applicazioni di costruzione.

- **Linea 2: Escavatori MINI (MHEX) da 2 ton a 4,2 ton**

La seconda linea si occupava dell'assemblaggio degli escavatori MINI (MHEX) con una capacità operativa compresa tra 2 e 4,2 tonnellate.

- **Linea 3: Escavatori MINI (MHEX) da 1,2 ton a 2 ton**

La terza linea era specializzata nell'assemblaggio degli escavatori MINI (MHEX) più piccoli, con una capacità operativa che varia da 1,2 a 2 tonnellate.

- **Linea 4: Skid Steer Loader (SSL) e Compact Track Loader (CTL)**

La quarta linea era destinata all'assemblaggio degli Skid Steer Loader (SSL) e dei Compact Track Loader (CTL), macchine compatte utilizzate per una varietà di lavori di movimentazione terra e carico.



**Figura 5.12** Collocazione linee preacquisizione (2021)

Dopo l'acquisizione di Sampierana da parte di CNH Industrial nel 2021, gli interventi di rinnovamento si sono concentrati su specifiche linee di produzione, come illustrato nella Figura 5.13:

- **Linea 2: Escavatori MINI (MHEX) da 2 tonnellate a 4,2 tonnellate**  
Questa linea è stata uno dei principali obiettivi del rinnovamento.
- **Linea 3: Escavatori MINI (MHEX) da 1,2 tonnellate a 2 tonnellate**  
Originariamente situata nella sede di San Piero in Bagno, questa linea è stata ottimizzata, riprogettata secondo gli standard CNH e trasferita nella sede di Cesena.
- **Linea 5: Mini Track Loader (MTL)**  
È stata istituita una nuova linea di assemblaggio dedicata ai Mini Track Loader (MTL) presso la sede di Cesena.

Inoltre, la linea di assemblaggio degli escavatori MIDI è rimasta tra le ultime linee a essere oggetto di rinnovamento.

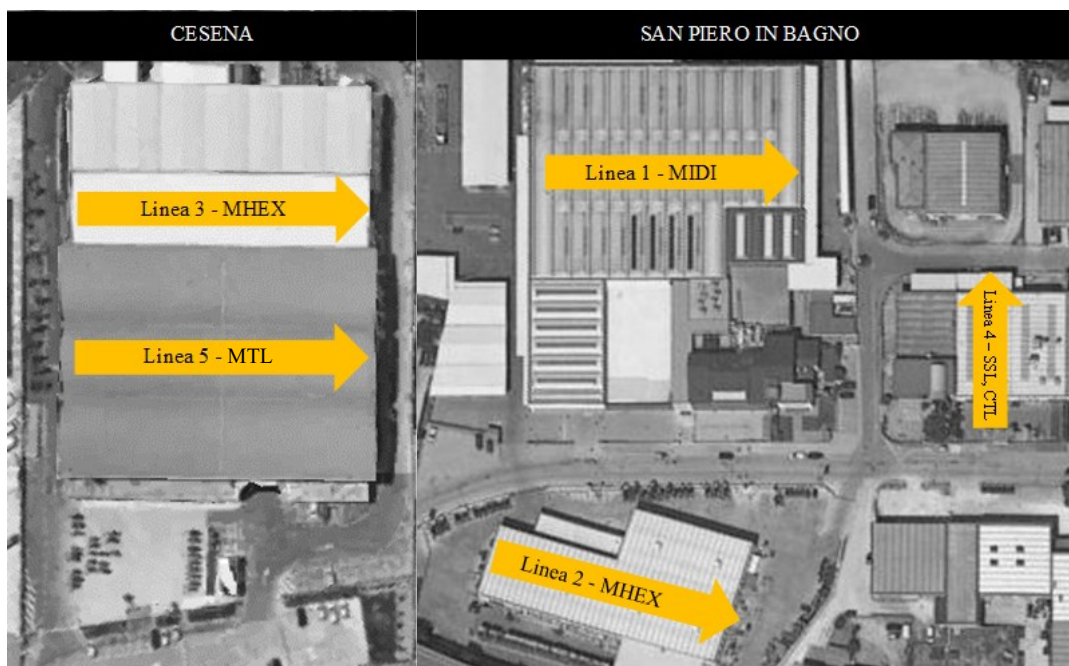


Figura 5.13 Collocazione linee 2024

Il successivo paragrafo riguarderà, dunque, con maggiore precisione, la linea di assemblaggio degli escavatori MIDI (Linea 1), oggetto della presente tesi.

#### **5.4. LA LINEA DI ASSEMBLAGGIO DEGLI ESCAVATORI MIDI**

La linea di assemblaggio degli escavatori MIDI è dedicata alla produzione di escavatori di medio tonnellaggio, con una capacità che varia dai 4,2 alle 10 tonnellate. Nel corso degli anni, i modelli sono stati progettati e suddivisi in base al peso, offrendo al mercato una gamma di 12 diverse opzioni di tonnellaggio. Ogni modello può essere ulteriormente personalizzato nelle sue caratteristiche, in base alle esigenze specifiche dei clienti.

Questa ampia varietà di componenti interni consente alla linea di produrre oltre 300 veicoli differenti, ciascuno unico nel suo genere. La principale sfida nella progettazione di questa linea è quindi rappresentata dalla necessità di una grande flessibilità logistica e manifatturiera.

In Figura 5.14, viene illustrata l'attuale organizzazione degli spazi nello stabilimento di San Piero in Bagno.



**Figura 5.14** Illustrazione generale dello stabilimento in San Piero In Bagno

All'interno del quadrante blu è evidenziata la zona di accettazione del materiale proveniente da fornitori esterni. Nel quadrante verde si trova il magazzino dei kit e il supermarket. L'immagazzinamento del materiale di dimensioni elevate e/o di notevole valore è situato nella seconda campata (evidenziata in arancione) e a bordo linea per i componenti già sequenziati. La terza campata, identificata dal quadrante viola, è destinata ai veicoli in uscita dalla linea. In questa area vengono svolte tre differenti attività:

- La finitura;
- L'applicazione delle decalcomanie;
- Il controllo qualità.

L'attuale linea di assemblaggio, visibile con maggiore attenzione nella Figura 5.15 ed evidenziata in rosso, è composta da 7 stazioni principali, oltre a una stazione finale di attesa e di immissione dei fluidi nelle macchine. Inoltre, la linea comprende 5 sottogruppi fianco linea. Queste aree sono dedicate al preassemblaggio di molti componenti e servono per alleggerire il carico di lavoro sulla linea principale, permettendo un flusso più efficiente e continuo del processo di assemblaggio.

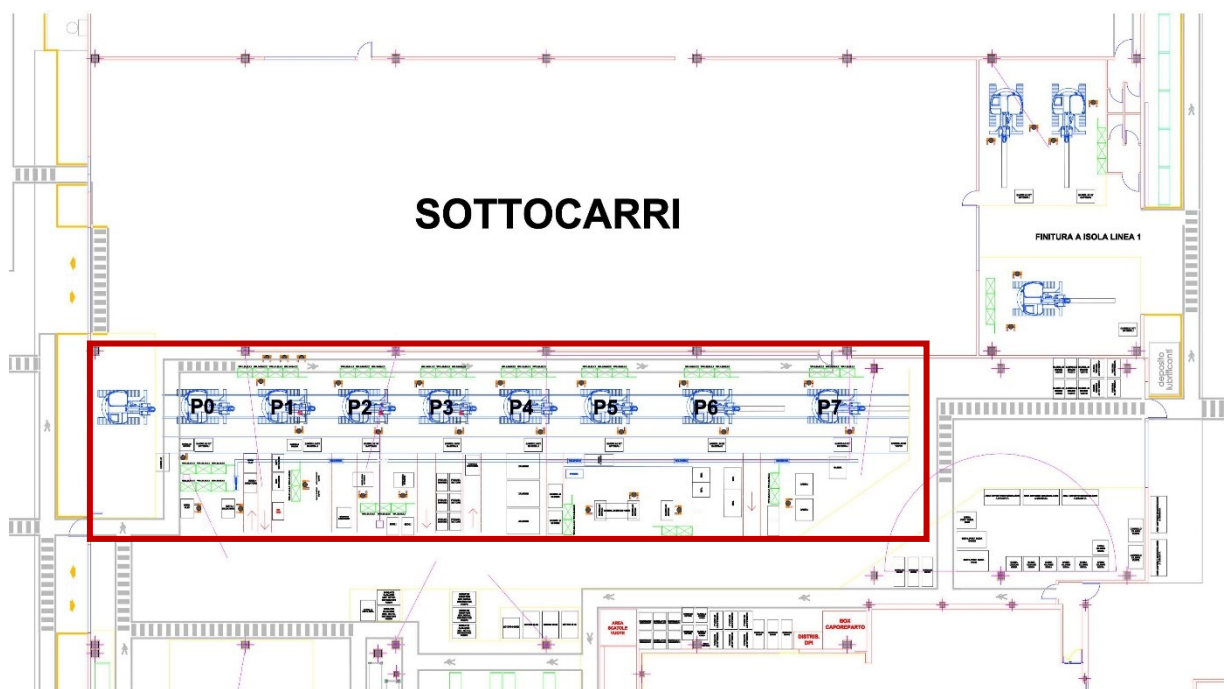


Figura 5.15 Illustrazione dell'attuale linea MIDI

Attraverso il diagramma a blocchi successivo in Figura 5.16, è possibile ottenere una visione chiara dei principali componenti montati nelle differenti stazioni presenti lungo la linea. Questo strumento visivo non solo facilita la comprensione del flusso di lavoro nel processo produttivo, ma, fornisce anche un'idea dei vincoli tecnologici tra i vari componenti interni del veicolo.

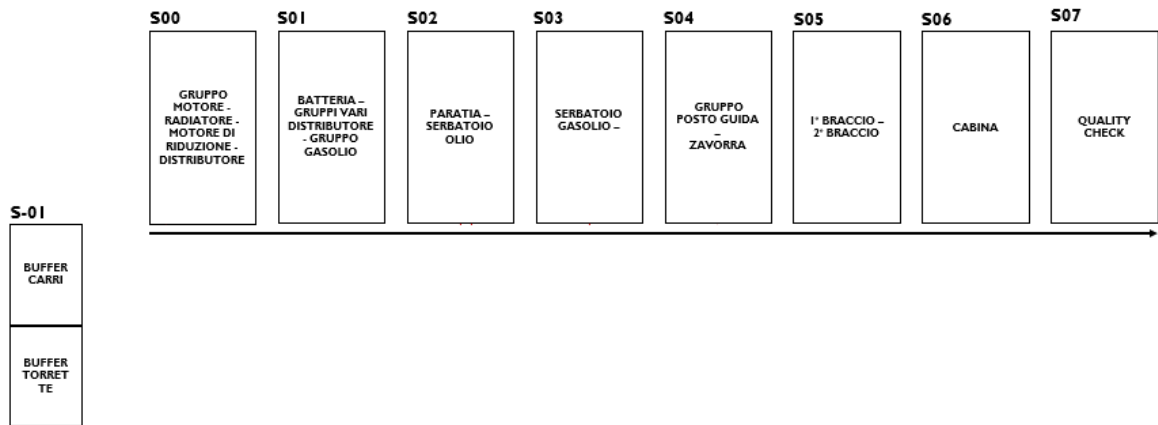


Figura 5.16 Diagramma a blocchi linea di assemblaggio MIDI - AS IS

Il diagramma a blocchi successivo, in Figura 5.17, si concentra sui sottogruppi ed offre un'illustrazione generale dei componenti trattati in ciascuna area.

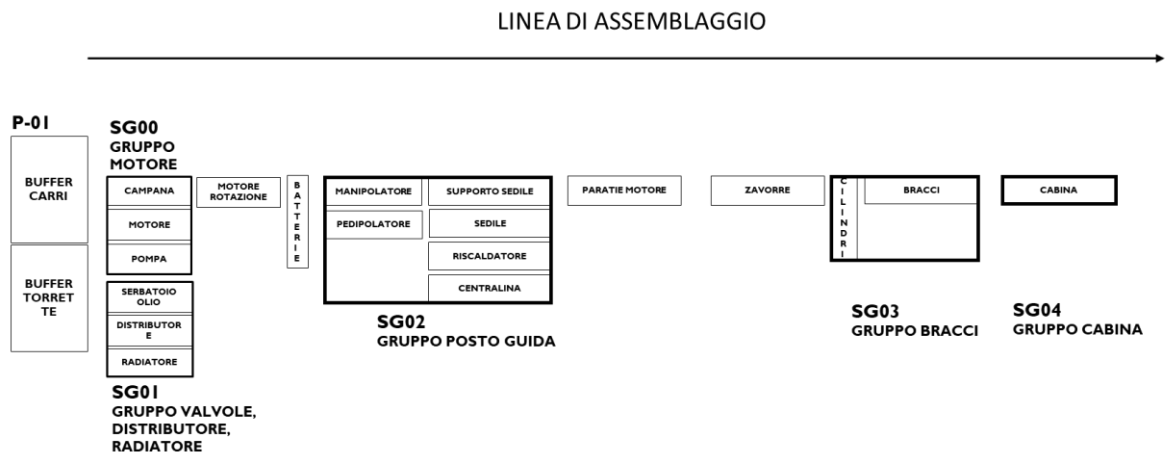


Figura 5.17 Diagramma a blocchi dei sottogruppi - AS IS

Nel sottogruppo SG00 si effettua il premontaggio del gruppo motore. Nel sottogruppo SG01, situato vicino al SG00, vengono premontati componenti come il serbatoio dell'olio, il distributore e il radiatore, insieme alle rispettive valvole. Il premontaggio SG02 è dedicato alle prelavazioni sui manipolatori, sui pedipolatori e al loro inserimento sul supporto del posto guida, insieme al sedile. Il premontaggio SG03 si occupa del gruppo bracci, eseguendo piccole lavorazioni sui bracci e l'inserimento dei cilindri. L'ultimo premontaggio, SG04, è un'area dedicata alle lavorazioni sulla cabina prima che essa venga montata sull'escavatore.





Importante è definire il banco di lavoro in nero dove sono presenti le postazioni 2, 3, 4 e 5.

La postazione 3 è dotata di un supporto con cavità progettata per alloggiare i manipolatori, consentendo un accesso agevole per le operazioni circostanti. I manipolatori sono due: uno destro (DX) e uno sinistro (SX).

Le postazioni 2 e 4 sono simili tra loro, entrambe dotate di un supporto progettato per fissare i supporti dei manipolatori, facilitando il pre-montaggio dei manipolatori sui loro supporti.

La postazione 5 è equipaggiata con una morsa utilizzata per bloccare il manipolatore ruspetta (ulteriore manipolatore montato accanto al manipolatore destro), la valvola selettiva e il pedipolatore, permettendo operazioni mirate su di essi.

La prima attività consiste nell'arrivo del kit 1 (in blu) nell'area adibita. Questo kit contiene numerosi componenti di classe B, tra cui i manipolatori SX e DX, il kit raccordi, il manipolatore ruspetta, il pedipolatore, la valvola selettiva, il supporto fisso manipolatore SX e DX, il supporto mobile manipolatore SX, la molla a gas, l'antivibrante, il perno e la leva sollevamento manipolatore SX.

Gli operatori A e B selezionano i componenti necessari e li trasportano alle loro rispettive postazioni di lavoro, identificate con i numeri 2, 3, 4 e 5 sul banco nero. Successivamente, procedono con il premontaggio dei manipolatori e del pedipolatore.

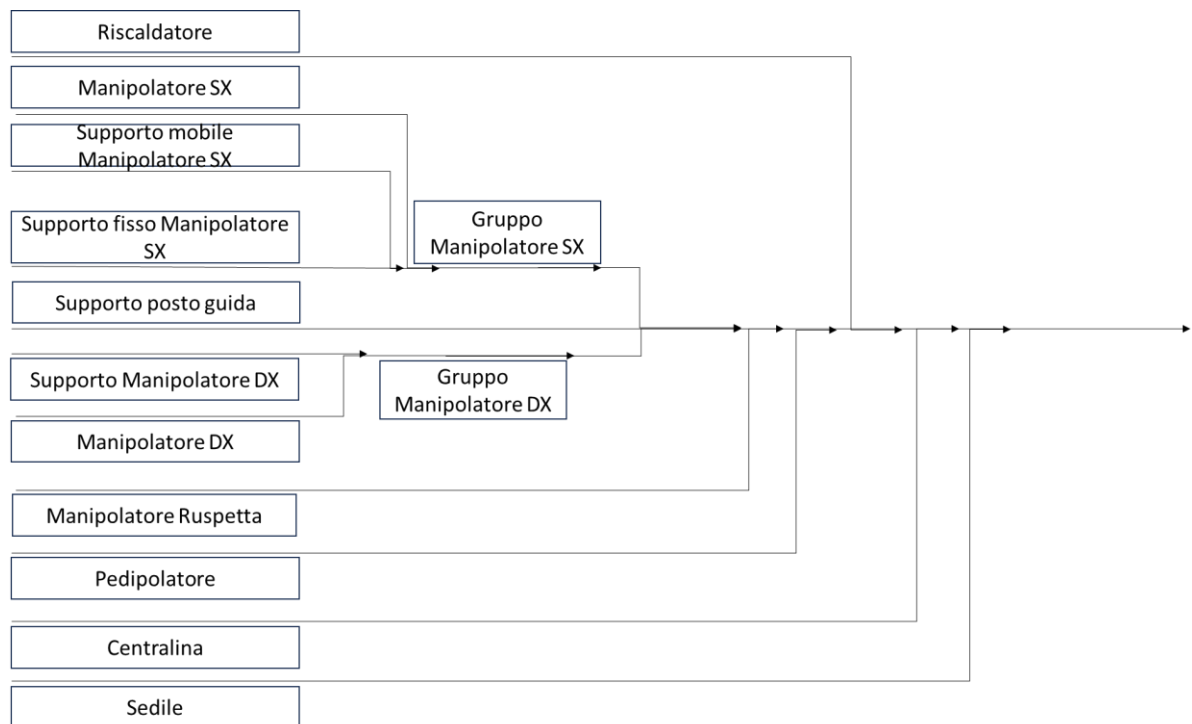
Contemporaneamente giunge il carrello supporto posto guida, di colore grigio.

L'operaio C estrae dal kit blu i componenti necessari per il premontaggio del supporto posto guida e li utilizza di conseguenza. Dopo aver posizionato la centralina (prelevata dal punto 8 dal cassone rosa) sul banco verde, l'operaio C ritorna al suo posto e procede con il premontaggio della centralina. Quest'ultima sarà montata sul supporto posto guida poco prima dell'assemblaggio del gruppo sedile.

L'operaio B, avendo meno lavoro, si occupa del preassemblaggio del sedile (già presente nel cassone arancione pallettizzato) sul suo supporto, e del premontaggio del riscaldatore (prelevato dal punto 9 nel cassone viola), che successivamente assembla sul supporto del posto guida.

Successivamente, gli operatori A e B montano i manipolatori e i pedipolatori preassemblati sul supporto posto guida. Infine, l'operatore C completa il montaggio del gruppo sedile preassemblato sul supporto posto guida.

Tramite l'introduzione della Figura 5.19 si esprimono i vincoli tecnologici relativi all'assemblaggio del gruppo posto guida. Questa illustrazione fornisce una visione dettagliata delle specifiche tecniche e delle linee guida necessarie per garantire un corretto montaggio dei manipolatori, dei pedipolatori e del loro inserimento sul supporto del posto guida, insieme al sedile.



**Figura 5.19** Vincoli tecnologici Sottogruppo 02

## **6. ANALISI PRELIMINARE DELLA LINEA**

La base di partenza per una corretta progettazione è la valutazione della situazione della linea attuale, per evidenziarne i limiti e progettarne la futura ottimizzandone gli standard. Si procede, in tale capitolo, all'analisi dei tre punti focali per una progettazione: Sicurezza (par. 6.1), Analisi di lavoro (par. 6.2), Asservimento Linea (par.6.3). Nei capitoli 1-2-3-4-5 sono descritti i contenuti reperibili internamente relativamente ai precedenti punti focali e la base per l'analisi preliminare della linea trattata in questo capitolo.

### **6.1. SICUREZZA**

La sicurezza è considerata un aspetto rilevante per la progettazione della nuova linea di assemblaggio degli escavatori MIDI. Gli strumenti introdotti grazie al CBS, lato sicurezza, sono stati esposti nel capitolo 2.

L'analisi degli incidenti minori e delle condizioni di pericolo fornisce opportunità di miglioramento, ma, molto spesso, come nel caso in esame, una valutazione basata sui rischi previsti potrebbe dare maggiori risultati.

Considerando che:

- La tesi si conclude prima dell'avvio della nuova linea
- La registrazione di eventi (come, per esempio, gli infortuni) nella futura linea necessita di un periodo di valutazione di almeno un anno

Risulta l'impossibilità di poter generare un confronto tra eventi reali.

La tesi in oggetto, dunque, concentra i propri sforzi nel confronto tra previsioni di rischio, molto spesso campanelli di allarme più importanti rispetto ad eventi reali.

Nel presente paragrafo si approfondisce la valutazione della sicurezza attraverso i successivi strumenti:

1. Piramide di Heinrich
2. Matrice di rischio e diagramma di Pareto
3. Analisi Risk Prediction attraverso due valutazioni ergonomiche (sollevamento manuale dei carichi e movimentazione ripetuta degli arti superiori)

### 6.1.1. ANALISI DEGLI EVENTI

Prima dell'acquisizione, le reportistiche interne erano scarse e poco realistiche, comprendendo solo gli infortuni più rilevanti. Il 2022 è stato il primo anno in cui la reportistica è stata gestita da CNH. Di seguito, viene presentata la prima reportistica interna di CNH per i due stabilimenti acquisiti da Sampierana, a San Piero in Bagno e Cesena, tramite la Piramide di Heinrich (Figura 6.1). I dati provengono da cinque linee di assemblaggio, non solo dalla linea di assemblaggio MIDI. La raccolta delle informazioni segue il modello della Piramide di Heinrich<sup>113</sup>.

Dai dati emerge che i comportamenti pericolosi degli addetti sono stati 239, mentre le situazioni pericolose sono state 198. Non si sono verificati infortuni con assenze superiori a 30 giorni, ma ci sono stati 16 infortuni con assenze dall'attività lavorativa di 30 giorni o meno.

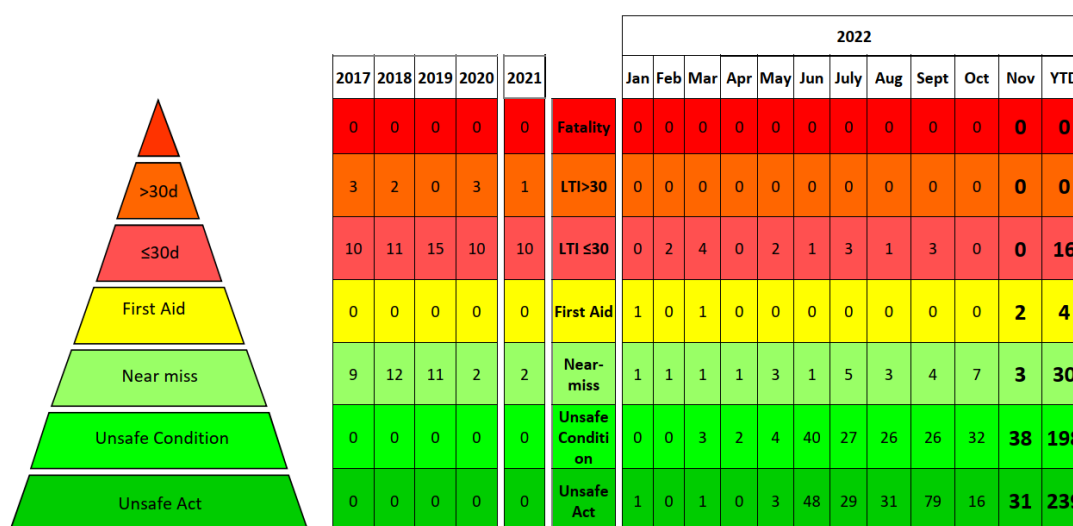
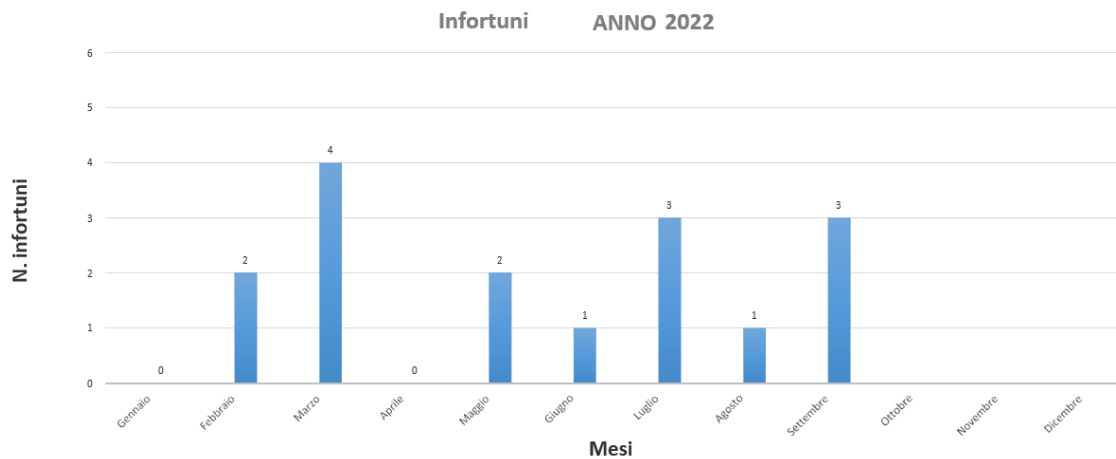


Figura 6.1 Piramide di Heinrich riferita a tutte le linee di Sampierana

In questa fase è necessario anche analizzare gli incidenti, osservandone le tendenze e le frequenze. Nel 2022, il 56% degli infortuni è stato attribuito alla linea di assemblaggio degli escavatori MIDI. La Figura 6.2 presenta i dati relativi a questi incidenti, risalente al 2022.

<sup>113</sup> Figura 2.1 tratto dal paragrafo 2.1



**Figura 6.2** Reportistica infortuni in relazione al periodo dell'anno

Di seguito, introdotti anche i KPI più rilevanti per la linea di assemblaggio degli escavatori MIDI analizzata.



**Figura 6.3** KPI reattivi Linea Assemblaggio MIDI

L'indice di frequenza (o LWDC), insieme all'indice di gravità (o FAI), risulta essere il più importante e preoccupante dato emerso da tale analisi preliminare.

### 6.1.2. CLASSIFICAZIONE REATTIVA E PREVENTIVA

Il prossimo step è l'individuazione delle aree più critiche, la cosiddetta "Area Modello". Occorre, dunque, fissare dei criteri per permettere una facile ed univoca classificazione delle aree. Lo strumento è la Safety Matrix<sup>114</sup>. Lo studio è condotto, nella fase iniziale, prendendo in

<sup>114</sup> Per approfondimenti si rimanda al Paragrafo 2.3

considerazione gli incidenti accaduti nel corso del 2022 e raccolti nella Reactive S-Matrix (matrice reattiva di sicurezza di Figura 6.4).

## REACTIVE S-MATRIX

		STABILIMENTO DI SAN PIERO IN BAGNO	AREE DI ASSEMBLAGGIO														
		ANNO 2022	Stazioni Linea MIDI							Sottogruppi Linea MIDI							
			Stazione S00	Stazione S01	Stazione S02	Stazione S03	Stazione S04	Stazione S05	Stazione S06	Stazione S07	Sottogruppo SC00	Sottogruppo SC01	Sottogruppo SC02	Sottogruppo SC03	Sottogruppo SC04	Totale	
T A B E L L A	A	Testa / Collo	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
		Occhi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Spalla	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Parte superiore del braccio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gomito / Avambraccio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mano / Dito / Polso	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
		Schiena inferiore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Petto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Gamba (superiore o inferiore) / Ginocchio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
		Piede / Caviglia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Altro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>		

T A B E L L A	B	Fatal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Severe Injury (LWD > 30 dd)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Injury <= 30 days	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
		First aid (Treatment in the Plant)	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	5
		Near Misses	2	4	3	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	13
		Unsafe Condition	6	8	9	14	8	7	7	18	5	7	42	2	5	138	138
		Unsafe Act	6	4	13	10	8	4	16	9	9	7	15	8	2	111	111
		Total events occurred	15	16	27	25	17	11	24	27	14	14	64	10	0	271	271

T A B E L L A	C	Fatal	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Severe Injury (LWD > 30 dd)	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Injury <= 30 days	25	25	0	25	0	0	0	0	0	0	50	0	0	100	100
		First aid (Treatment in the Plant)	10	0	0	10	0	10	0	10	0	0	20	0	0	50	50
		Near Misses	5	10	20	15	5	0	0	0	0	0	15	0	0	65	65
		Unsafe Condition	2	12	16	18	28	16	14	14	36	10	14	84	4	10	276
		Unsafe Act	1	6	4	13	10	8	4	16	9	9	7	15	8	2	111
		Total events weighted															
		This row is used for areas classification		53	40	81	43	34	18	40	45	19	21	184	12	12	150

Figura 6.4 Safety Matrix Linea Assemblaggio MIDI, suddivisa in tabella A, tabella B e tabella C

Dalla tabella A di Figura 6.4 risulta che gli infortuni nella linea interessata sono nove:

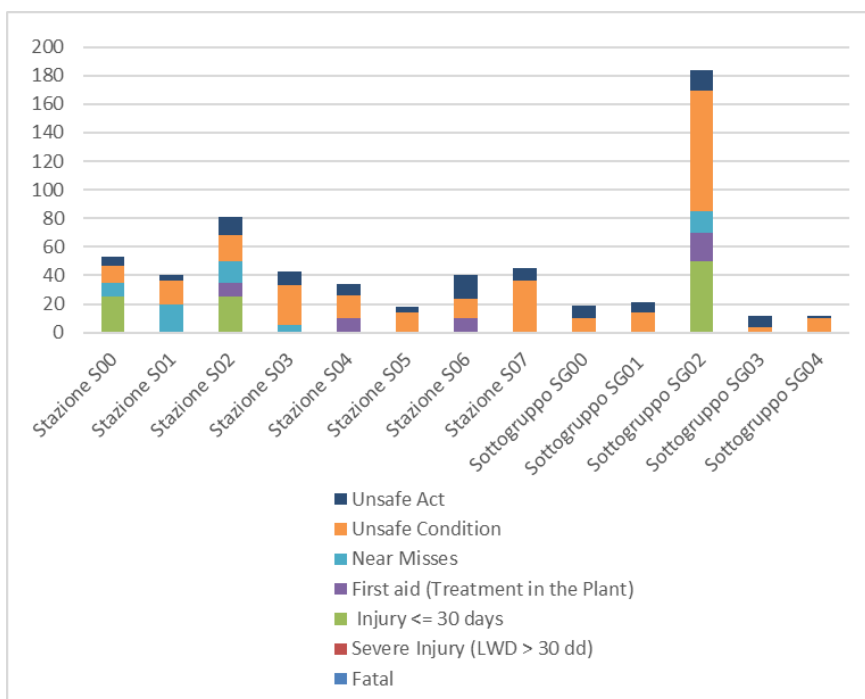
- due nella zona testa/collo
- uno nell'area della spalla
- quattro tra mani, dita e polso
- due nell'area del ginocchio

Nella Tabella B, i dati della Piramide di Heinrich vengono riconsiderati, evidenziando l'importanza di comprendere la relazione tra gli incidenti gravi e quelli meno gravi. A differenza della tabella precedente, questa valutazione include anche eventi di tipo 'non infortunistico'<sup>115</sup>, considerati rilevanti per una valutazione complessiva del rischio.

La Tabella C, con i valori ponderati<sup>116</sup>, aggiunge un ulteriore livello di analisi, tenendo conto dell'impatto relativo di ciascun tipo di incidente.

La Figura 6.5 rappresenta graficamente la distribuzione degli eventi, visti nella tabella C, per area, offrendo una panoramica visiva delle differenze tra le varie zone.

Dai risultati della Reactive S-Matrix di Figura 6.4 e dalla Figura 6.5 emerge chiaramente che il numero di situazioni pericolose che non hanno generato feriti (Unsafe Conditions) nel sottogruppo SG02 è stato elevatissimo (pari a 136) durante l'anno 2022. Questo rappresenta un primo segnale, dal punto di vista della sicurezza, da prendere in considerazione per una futura ottimizzazione.



**Figura 6.5** Reportistica Eventi suddivisi per Area

<sup>115</sup> Unsafe conditions, Unsafe acts e Near Misses

<sup>116</sup> Per approfondimenti si rimanda al paragrafo 2.2



Nella progressione analitica evidenziata dalla Figura 6.6 si introducono nuovamente i dati derivanti alla Tabella C di Figura 6.4. Questa fase mira a suddividere le diverse aree in base alla gravità ponderata dei rispettivi incidenti<sup>117</sup>.

I risultati mettono in luce come il sottogruppo SG02 emerge come l'area più critica in termini di sicurezza (in linea con la matrice reattiva precedentemente introdotta), seguito da stazione S02, stazione S00 e stazione S07. Questo approfondimento offre una visione più dettagliata della situazione, consentendo di identificare le aree che richiedono interventi immediati e prioritari per migliorare la sicurezza sul lavoro.

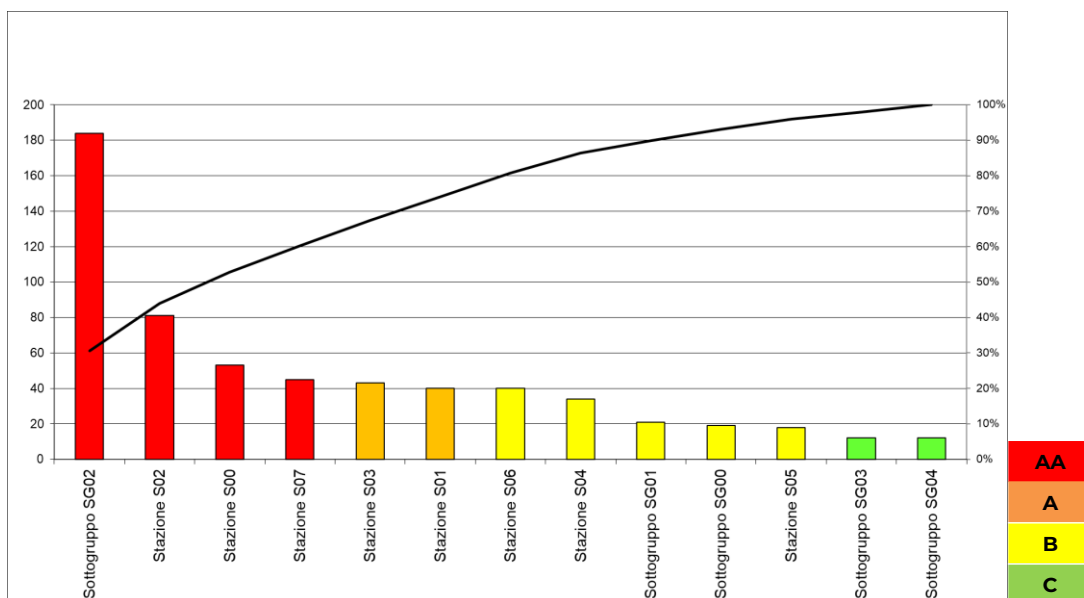
### CLASSIFICAZIONE REATTIVA

ANNO 2022	EVENTI							EVENTI PESATI										
	FATAL	SEVERE > 30	LTA ≤ 30	FIRST AID	NEAR MISSES	UC	UA	FATAL	SEVERE > 30	LTA ≤ 30	FIRST AID	NEAR MISSES	UC	UA	602			
AREE	Events Number							100 pts	50 pts	25 pts	10 pts	5 pts	2 pts	1 pts	TOT pts	Classifica		Cumulata
Sottogruppo SG02	0	0	2	2	3	42	15	0	0	50	20	15	84	15	184	MA	31%	31%
Stazione S02	0	0	1	1	3	9	13	0	0	25	10	15	18	13	81	AA	13%	44%
Stazione S00	0	0	1	0	2	6	6	0	0	25	0	10	12	6	53	A	9%	53%
Stazione S07	0	0	0	0	0	18	9	0	0	0	0	0	36	9	45	A	7%	60%
Stazione S03	0	0	0	0	1	14	10	0	0	0	0	5	28	10	43	A	7%	67%
Stazione S01	0	0	0	0	4	8	4	0	0	0	0	20	16	4	40	B	7%	74%
Stazione S06	0	0	0	1	0	7	16	0	0	0	10	0	14	16	40	B	7%	81%
Stazione S04	0	0	0	1	0	8	8	0	0	0	10	0	16	8	34	B	6%	86%
Sottogruppo SG01	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	14	7	21	B	3%	90%
Sottogruppo SG00	0	0	0	0	0	5	9	0	0	0	0	0	10	9	19	C	3%	93%
Stazione S05	0	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	0	14	4	18	C	3%	96%
Sottogruppo SG03	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	4	8	12	C	2%	98%
Sottogruppo SG04	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	10	2	12	C	2%	100%

Figura 6.6 Determinazione del punteggio pesato di ogni Area analizzata

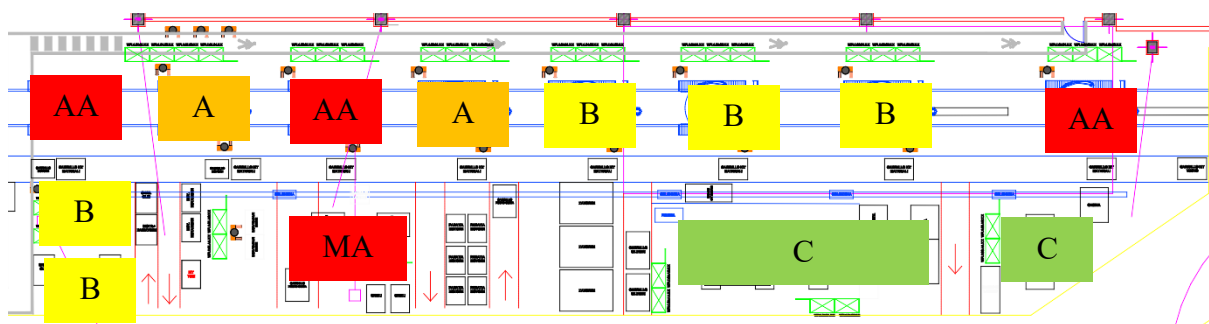
A seguire, è stato introdotto un diagramma di Pareto per rappresentare graficamente i dati precedentemente analizzati, evidenziando come l'area modello (MA) sia, dal punto di vista della sicurezza, il sottogruppo SG02.

<sup>117</sup> Paragrafo 2.2, Figura 2.4



**Figura 6.7** Diagramma di Pareto per la Classificazione delle aree analizzate

La Figura 6.8 presenta una visualizzazione dall'alto dell'intera linea di produzione, inclusi i suoi sottogruppi, ciascuno associato al rispettivo livello di rischio. Questo tipo di rappresentazione offre una prospettiva panoramica e dettagliata della distribuzione dei rischi lungo l'intero processo produttivo.



**Figura 6.8** Illustrazione Livello di Rischio per Area

### **6.1.3. IDENTIFICAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISCHI**

Nell'analisi preliminare dei rischi, ci si è concentrati principalmente sulla valutazione della Risk Prediction, avvalendosi delle metodologie ergonomiche proposte da OCRA e NIOSH. Tuttavia, la decisione di non valutare la Risk Assessment è stata motivata dalla recente politica aziendale che ha reso necessario prioritizzare la valutazione dei comportamenti insicuri e dei rischi ad essi correlati. Si è ritenuto che concentrarsi sulle predizioni dei potenziali comportamenti insicuri avrebbe consentito di identificare e mitigare più rapidamente le situazioni a rischio emergenti, mantenendo al contempo un elevato standard di sicurezza sul luogo di lavoro. Tale approccio mirato ha contribuito a garantire una maggiore efficienza nella gestione dei rischi e una sensibilizzazione continua dei lavoratori verso pratiche sicure durante le attività lavorative.

#### **6.1.3.1. ERGONOMIA**

L'area modello è stata valutata utilizzando dati reali di eventi infortunistici, permettendo di concentrare immediatamente gli sforzi di ottimizzazione e miglioramento su quell'area. Dunque, si prevede di concentrare gli sforzi di tale tesi per una progettazione ottimizzata di tale area.

L'ottimizzazione deve essere realizzata tramite strumenti specifici atti alla valutazione del rischio futuro, che in questo caso sono le analisi ergonomiche. Pertanto, si introducono tali analisi ergonomiche della situazione attuale (AS IS), come punto di partenza per la futura ottimizzazione.

Nonostante siano state eseguite altre tipologie di analisi ergonomiche, l'inclusione dell'analisi NIOSH<sup>118</sup> e OCRA<sup>119</sup> mira a sottolineare come non tutte le valutazioni ergonomiche siano equivalenti. Questa scelta evidenzia l'importanza di considerare diverse prospettive nell'analisi dei rischi sul luogo di lavoro, dimostrando che ognuna contribuisce a individuare aspetti specifici, differenti e rilevanti per la sicurezza e la salute dei lavoratori.

Di seguito, in Tabella 6.1, sono presentati i dati emersi dall'analisi NIOSH<sup>120</sup>.

---

<sup>118</sup> Approfondimento teorica nel sottoparagrafo 2.4.3

<sup>119</sup> Approfondimento teorica nel sottoparagrafo 2.4.3

<sup>120</sup> Sottoparagrafo 2.4.3

**Tabella 6.1** Scenario AS IS - Indici LI (analisi NIOSH)

MANSIONI		M	M	F	F
		20-45	<20 o >45	20-45	<20 o >45
<b>LINEA</b>					
<b>S00</b>	Addetto al collegamento del motore, del radiatore, del motoriduttore e del distributore	0,98	1,20	1,20	1,59
<b>S01</b>	Addetto al collegamento della batteria, dei gruppi vari del distributore e del gruppo Gasolio	0,80	0,98	0,98	1,30
<b>S02</b>	Addetto al montaggio della paratia e serbatoio olio	0,92	1,13	1,13	1,50
<b>S03</b>	Addetto al collegamento della zavorra, del cablaggio centrale e del posto guida	0,82	1,00	1,00	1,33
<b>S04</b>	Addetto al collegamento della tubazione idraulica, dell'impianto acqua, dell'impianto elettrico e predisposizione cabina.	0,86	1,05	1,05	1,39
<b>S05</b>	Addetto al collegamento dei bracci	0,85	1,04	1,04	1,38
<b>S06</b>	Addetto al collegamento della cabina	0,79	0,97	0,97	1,29
<b>S07</b>	Addetto al collaudo	0,88	1,08	1,08	1,43
<b>SOTTOGRUPPI</b>					
<b>SG00</b>	Addetto al premontaggio motore	0,8	1	1	1,33
<b>SG01</b>	Addetto al premontaggio serbatoi, radiatore, distributore e valvole	0,86	1,05	1,05	1,39
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del posto guida	1,7	2,1	2,1	2,8
<b>SG03</b>	Addetto al premontaggio dei bracci	0,8	1	1	1,33
<b>SG04</b>	Addetto al premontaggio della cabina	0,5	0,6	0,6	0,8

Di seguito, in Tabella 6.2, invece, sono presentati i dati emersi dall'analisi OCRA<sup>121</sup>.

**Tabella 6.2** Scenario AS IS - OCRA Index

MANSIONI		ARTO DX	ARTO SX
<b>LINEA</b>			
<b>S00</b>	Addetto al collegamento del motore, del radiatore, del motoriduttore e del distributore	10,5	6,3
<b>S01</b>	Addetto al collegamento della batteria, dei gruppi vari del distributore e del gruppo Gasolio	7,0	6,5
<b>S02</b>	Addetto al montaggio della paratia e serbatoio olio	10,5	8
<b>S03</b>	Addetto al collegamento della zavorra, del cablaggio centrale e del posto guida	7,5	7
<b>S04</b>	Addetto al collegamento della tubazione idraulica, dell'impianto acqua, dell'impianto elettrico e predisposizione cabina.	11,2	7,5
<b>S05</b>	Addetto al collegamento dei bracci	8	6,9
<b>S06</b>	Addetto al collegamento della cabina	10,8	8,3
<b>S07</b>	Addetto al collaudo	3,6	3,0
<b>SOTTOGRUPPI</b>			
<b>SG00</b>	Addetto al premontaggio motore	12,6	10,2
<b>SG01</b>	Addetto al premontaggio serbatoi, radiatore, distributore e valvole	10,2	7,2
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del gruppo posto guida	14,24	9,96
<b>SG03</b>	Addetto al premontaggio dei bracci	7,8	6,8
<b>SG04</b>	Addetto al premontaggio della cabina	14	10,5

<sup>121</sup> Sottoparagrafo 2.4.3

### 6.1.3.2. SOTTOGRUPPO SG02

Dalla valutazione dell'area modello si propone di concentrare l'attenzione sull'analisi ergonomica di questa area. Inizialmente, vengono introdotti i dettagli dell'analisi NIOSH per valutare i rischi di sollevamento, e di seguito l'analisi OCRA per valutare i rischi correlati alle attività ripetitive.

#### NIOSH

Nell'analisi approfondita degli indici LI si valutano esclusivamente i compiti svolti dai differenti operatori presenti nel sottogruppo SG02 che comportano sollevamenti di componenti di peso maggiore di 3 kg. Dunque, nella Tabella 6.3 sono elencati questi compiti, ciascuno valutato nel suo rischio attraverso il calcolo previsto per i compiti monotask, come descritto nel sottoparagrafo 2.4.3.

**Tabella 6.3** Scenario AS IS - Indici LI per ogni attività che comporti sollevamento di carichi > 3 kg

DENOMINAZIONE	PESO [Kg]	N. SOLL. PER TURNO	M 20-45	M <20 o >45	F 20-45	F <20 o >45
Riscaldatore da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	16	4	1,7	2,1	2,1	2,8
Riscaldatore da Banco di lavoro a Posto Guida	17,1	4	1	1,23	1,23	1,63
Centralina da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	18	4	1,7	2,1	2,1	2,8
Centralina da Banco di lavoro a Posto Guida	18,4	4	1,2	1,47	1,47	1,95
Sedile da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	15	4	1,24	1,55	1,55	2,07
Sedile da Banco di lavoro a Posto Guida	15,8	4	1,1	1,35	1,35	1,79
Manipolatore SX da KIT a Banco di Lavoro	5,2	4	0,50	0,64	0,64	0,84
Manipolatore DX da KIT a Banco di Lavoro	5,6	4	0,45	0,57	0,57	0,75
Supporti Manipolatore DX da KIT a Banco di Lavoro	4,8	4	0,40	0,50	0,5	0,67
Gruppo Manipolatore DX da Banco di lavoro a Posto Guida	10,1	4	0,55	0,67	0,67	0,89
Gruppo di cavi	6	4	0,56	0,70	0,70	0,93
Supporto superiore e inferiore manipolatore SX da KIT a Banco di Lavoro	5,5	4	0,56	0,70	0,70	0,93
Gruppo Manipolatore DX da Banco di lavoro a Posto Guida	10,3	4	0,62	0,76	0,76	1
Piastra sotto sedile	5,4	4	0,34	0,43	0,43	0,57

Per ciascun operatore si considerano i differenti compiti che comportano attività di sollevamento. Prendendo come riferimento il 100% del tempo in cui l'operatore solleva i carichi, si valutano le percentuali di sollevamento di tutti gli oggetti. Utilizzando queste percentuali, si calcola il rischio complessivo per l'operatore utilizzando la media ponderata.

Si ottiene il valore visto in Tabella 6.2 per il sottogruppo SG02 e di seguito, in Tabella 6.4, riproposto.

**Tabella 6.4** Scenario AS IS -Rischio ergonomico secondo NIOSH - Sottogruppo SG02

MANSIONI		M	M	F	F
		20-45	<20 o >45	20-45	<20 o >45
SOTTOGRUPPI					
SG02	Addetto al premontaggio del posto guida	1,7	2,1	2,1	2,8

## OCRA

Per effettuare un focus sull'indice OCRA è necessario valutare, attraverso la Tabella 6.5, i differenti compiti individuati per ciascun operatore presente nell'area del sottogruppo.

**Tabella 6.5** Indici OCRA per compiti di ciascun operatore nel sottogruppo SG02

	Dettaglio	Durata [min]	% <sup>122</sup>	Arto DX	Arto SX
<b>A</b>	a. Premontaggio manipolatore SX; b. montaggio manipolatore SX su posto guida; c. passaggio dei cavi	84	33,47%	13,5	9,5
<b>B</b>	a. Premontaggio manipolatore DX, b. Montaggio manipolatore DX su posto guida; c. Premontaggio sedile, d. Premontaggio e Montaggio riscaldatore	92	36,65%	15,5	8
<b>C</b>	a. Preparazione posto guida; b. Applicazione dei fono assorbenti; c. Premontaggio e montaggio centralina; d. Passaggio dei cavi; e. Montaggio del sedile	75	29,88%	13,5	13

Moltiplicando ogni indice derivante dalla checklist OCRA per la percentuale di tempo che ciascun operatore dedica alle sue attività rispetto al tempo totale, si ottiene l'indice OCRA definitivo, come illustrato in precedenza in Tabella 6.2.

$$OCRA \text{ Index arto DX} = 13.5 \times 0,335 + 15,5 \times 0,366 + 13,5 \times 0,299 = 14,23$$

$$OCRA \text{ Index arto SX} = 9.5 \times 0,335 + 8 \times 0,366 + 13 \times 0,299 = 9,99$$

Come visto nel calcolo teorico dell'indice OCRA, i principali fattori che determinano l'insorgere di rischio sono:

- periodi di recupero;
- ripetitività delle azioni (frequenza);
- forza;
- postura incongrua (sollecitazioni estreme agli angoli delle articolazioni);
- Complementari.

<sup>122</sup> % minutaggio dell'operatore rispetto ai tempi ciclo complessivo del sottogruppo SG02



Quindi, per ciascuna attività sono stati valutati questi fattori e sono riportati nella Tabella 6.6. Il periodo di recupero e la ripetitività delle azioni non saranno considerati nella progettazione ottimizzata poiché sono caratteristiche intrinseche che non possono essere modificati o influenzati direttamente.

Particolare attenzione si è posta, dunque, sulle posture incongrue: i movimenti di spalla inappropriati (flessione e abduzione), di gomito inappropriati (flessione, estensione e pronosupinazione), di polso (flessione e deviazione radio-ulnare) e di mano-dita (Pinch, Presa ad uncino e presa palmare). Si evita l’inserimento di screen/immagini che riportino con esattezza la tipologia di attività svolte ma si dimostra, di seguito in Tabella 6.6, le attività maggiormente rilevanti per l’analisi OCRA.

**Tabella 6.6** Dettagli del Calcolo OCRA<sup>123</sup>

Operatori nel SG02	Recupero	Frequenza				Forza		Postura		Complementari
	4 pause per turno	N. azioni tecniche per minuto		Punteggio		Per l’uso di attrezzi				/
	Punteggio	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	
<b>A</b>	<b>2</b>	54	42	<b>3,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3,5</b>	
<b>B</b>	<b>2</b>	47	35	<b>5,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	
<b>C</b>	<b>2</b>	42	43	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	

- Parametro Recupero

Il punteggio assegnato è 2 perché esistono due interruzioni al mattino e due al pomeriggio (oltre alla pausa mensa) di almeno 8-10 minuti in un turno di 8 ore. Caratteristica intrinseca non modificabile in tale tesi.

- Parametro Frequenza

Al fine di semplificare l’analisi si è considerato un valore medio di azioni tecniche effettuate da ciascun operatore durante la propria attività. Al numero di azioni tecniche identificate

<sup>123</sup> Si rimanda al sottoparagrafo 2.4.3 per la teoria dietro il calcolo dell’indice OCRA

corrispondono i punteggi introdotti in Tabella 6.5, come previsto nel sottoparagrafo 2.4.3, precisamente in Tabella 2.13. Non sarà principale oggetto di ottimizzazione.

- Parametro Forza

Come previsto dalla Tabella 2.14, nel sottoparagrafo 2.4.3, risulta il punteggio 2 per attività lavorative che comportano l'uso di forza di grado moderato per 1/3 del tempo. Nel caso in oggetto, nel sottogruppo SG02, il punteggio 2 si ottiene per attività di uso attrezzi (morsa nel caso di operatori A e B e chiavi manuali per stringere a coppia in condizioni ergonomiche difficili nel caso di operatore C) e sollevamento oggetti (manipolatori e supporti manipolatori (operatori A e B).

- Parametro Postura

Il parametro postura risulta il più influente e sarà l'oggetto focale del miglioramento. Infatti, risultano gravi le condizioni di postura presenti in tale area. In particolare, per gli operi A e B si effettuano piegamenti estremi di polso e di gomito, mentre per l'operaio C si eseguono anche movimenti estremi di spalla toccando il punteggio di 5,5 per la mano sinistra.

- Parametro Complementari

Non si rilevano fattori complementari.

## **6.2. ANALISI DEL LAVORO**

### **6.2.1. LINEA**

Nella situazione della linea AS IS il numero di operai è così distribuito:

- 2 operai nella postazione 00
- 2 operai nella postazione 01
- 2 operai nella postazione 03
- 1 operaio nella postazione 04
- 1 operai nella postazione 05
- 1 operaio nella postazione 06

I dati, della linea AS IS, necessari per la determinazione del takt time, sono i successivi:

- A. La **produzione giornaliera** richiesta è di 8 veicoli;
- B. Il **numero di turni**, attualmente presente, è 2;
- C. Si ipotizza un'**efficienza** pari a 0.80;
- D. Il **numero di veicoli** effettivamente prodotti, al netto dell'efficienza, risulta pari a:

$$n^{\circ} \text{ veicoli} = \frac{A}{2} \times \frac{1}{C} = \frac{\text{produzione giornaliera}}{2} \times \frac{1}{\text{efficienza linea}} = 5 \text{ veicoli /turno}$$

- E. Il **tempo ciclo di montaggio complessivo** è variabile in base alla gamma di veicolo considerato;
- F. La **durata del turno** è di 480 minuti, con 30 minuti di pausa pranzo, ottenendo 450 minuti netti lavorativi;
- G. La cadenza della linea (**takt time**) risulta per ogni gamma di veicolo (variabile in base al tonnellaggio) sempre il medesimo:

$$\text{Takt Time} = \frac{F}{D} = \frac{\text{minuti di lavoro in linea per turno}}{\text{produzione richiesta per turno}} = \frac{450}{5} = 90 \text{ minuti}$$

Introdotti i precedenti parametri, è ora necessario conoscere i tempi reali in linea. Questo passaggio è cruciale per una valutazione accurata dell'efficienza operativa e per identificare possibili aree di miglioramento.

Si segnala che nell'analisi dei tempi è stata evitata la valutazione dell'ultima stazione, dedicata alla sosta e al quality check. Questa decisione è stata presa poiché tale stazione non risulta critica per l'analisi dei tempi complessivi della linea produttiva. Infatti, le attività di controllo qualità, sebbene essenziali per garantire l'integrità del prodotto finale, non influenzano direttamente il flusso operativo delle fasi precedenti.

Data la varietà di modelli prodotti sulla linea e la conseguente variazione nella complessità di montaggio, è necessario effettuare più rilevazioni dei tempi. Questo approccio permette di avere una visione completa e rappresentativa delle diverse situazioni operative. La determinazione dei tempi è stata condotta esaminando il montaggio di diversi modelli successivi. Questa metodologia si basa sulla consapevolezza che le categorie di peso dei modelli sono direttamente proporzionali al tempo di montaggio richiesto.

In altre parole, modelli più pesanti e complessi richiedono tempi di montaggio più lunghi rispetto a quelli più leggeri e semplici. Pertanto, rilevare i tempi per una varietà di modelli

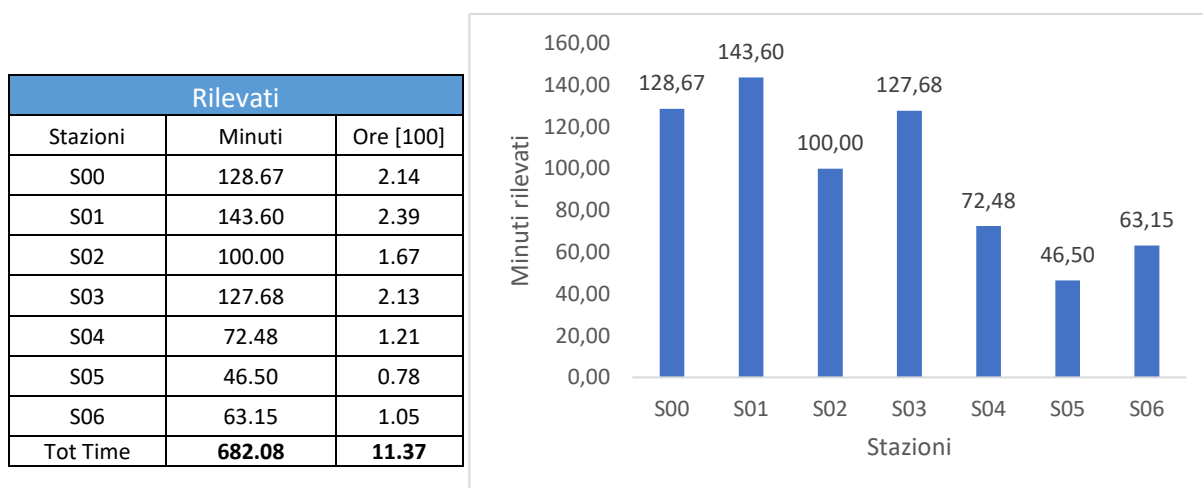
consente di ottenere dati più accurati e di sviluppare stime di tempo che tengano conto delle diverse condizioni operative.

Le rilevazioni dei tempi sono state eseguite seguendo tali gamme di prodotto:

- a. Scenario 4-5 tonnellate
- b. Scenario 6-8 tonnellate
- c. Scenario 9-10 tonnellate

## 1. 4-5 Ton

Si rilevavano i tempi di un modello pari a 4.5 tonnellate. Si determina, come, le lavorazioni sulle stazioni necessitano complessivamente 682 minuti circa (Tabella a sinistra della Figura 6.9). Il diagramma a barre di Figura 6.10 rappresenta i dati presenti nella tabella citata.

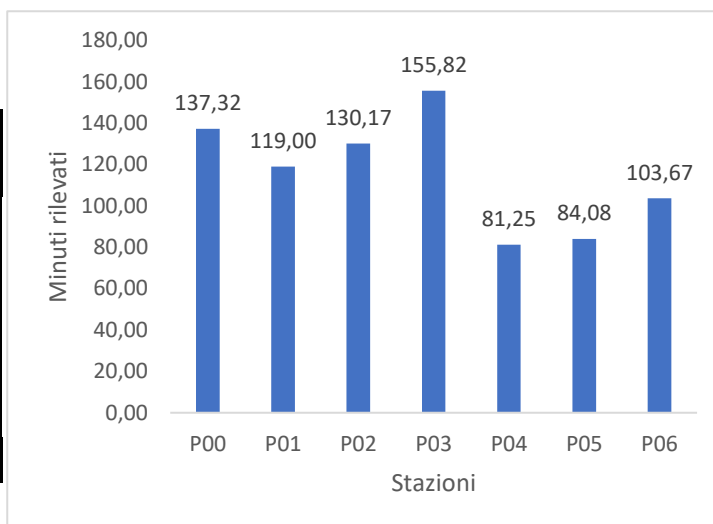


**Figura 6.9** Rilevazione Tempi per un veicolo nella gamma 4-5 tonnellate

## 2. 6-8 Ton

Si rilevavano i tempi di un modello compreso tra le 6 e le 8 tonnellate. Si determina, come, le lavorazioni sulle stazioni necessitano complessivamente 811 minuti circa (Tabella a sinistra della Figura 6.10). Il diagramma a barre di Figura 6.10 rappresenta i dati presenti nella tabella citata.

Rilevati		
Stazioni	Minuti	Ore
S01	119.00	1.98
S02	130.17	2.17
S03	155.82	2.60
S04	81.25	1.35
S05	84.08	1.40
S06	103.67	1.73
<b>Tot Time</b>	<b>811.30</b>	<b>13.52</b>

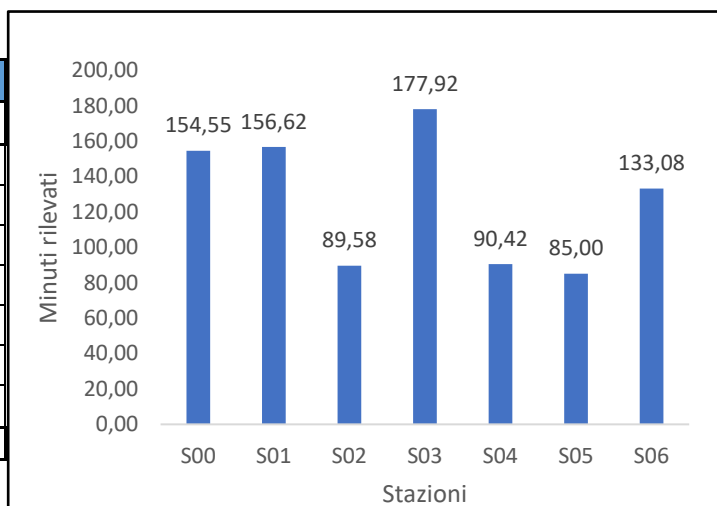


**Figura 6.10** Rilevazione Tempi per un veicolo nella gamma 6-8 tonnellate

### 3. 9-10 Ton

Si rilevavano i tempi di un modello compreso tra le 9 e le 10 tonnellate. Si determina, come, le lavorazioni sulle stazioni necessitano complessivamente 887 minuti circa (Tabella a sinistra della Figura 6.11). Il diagramma a barre di Figura 6.11 rappresenta i dati presenti nella tabella citata.

Rilevati		
Stazioni	Minuti	Ore
S00	154.55	2.58
S01	156.62	2.61
S02	89.58	1.49
S03	177.92	2.97
S04	90.42	1.51
S05	85.00	1.42
S06	133.08	2.22
<b>Tot Time</b>	<b>887.17</b>	<b>14.79</b>



**Figura 6.11** Rilevazione Tempi per un veicolo nella gamma 9-10 tonnellate

Considerato che l'ultimo scenario, come prevedibile, risulta essere il peggiore in termini di tempistiche, viene preso come modello al fine di progettare la linea nel modo più cautelativo possibile. Questo approccio è fondamentale per garantire che la linea di assemblaggio sia

progettata per gestire anche le condizioni più sfavorevoli, assicurando così la robustezza e l'efficienza operativa in qualsiasi situazione.

### 6.2.2. SOTTOGRUPPI

Nella situazione dei sottogruppi AS IS il numero di operai è così distribuito:

- 1 operai nel sottogruppo 00
- 2 operai nel sottogruppo 01
- 3 operai nel sottogruppo 02
- 2 operai nel sottogruppo 04
- 1 operaio nel sottogruppo 05

Si rilevavano i tempi di un modello compreso tra le 9 e le 10 tonnellate (sempre per essere quanto più cautelativi possibile), visibili in Tabella 6.7.

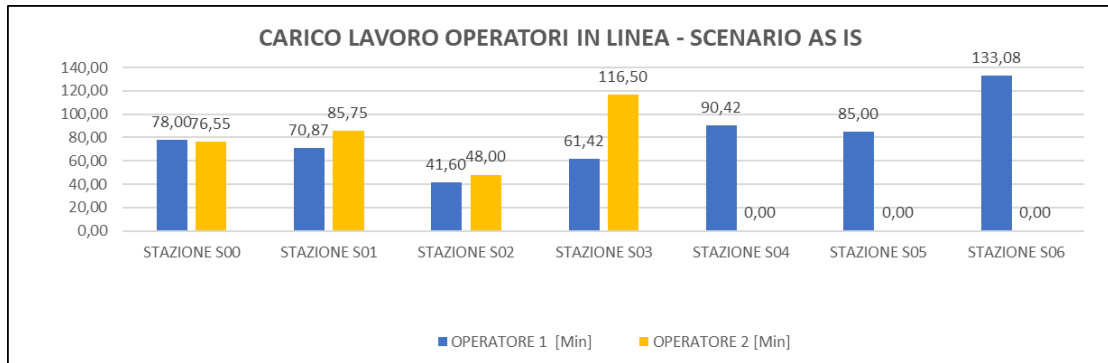
Si noti come il sottogruppo SG02 sia quello con tempo ciclo maggiore (251 minuti) e con il numero maggiore di operatori (3).

**Tabella 6.7** Rilevazione Tempi Sottogruppi per un veicolo nella gamma 9-10 tonnellate

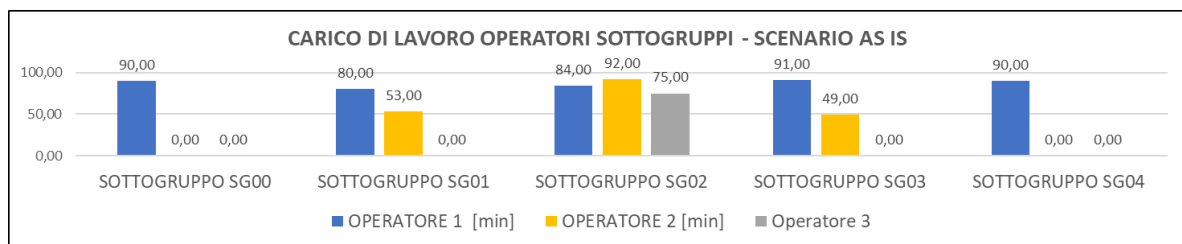
Macrofasi	Sottogruppi	Minuti	Ore	Numero operatori
Motore	SG00	90	1.5	1
Valvole, serbatoio e radiatore	SG01	133	2.2	2
Posto guida	SG02	251	4.2	3
Bracci	SG03	140	2.3	2
Cabina	SG04	90	1.5	1
<b>TOT</b>	<b>5</b>	<b>704</b>	<b>11.7</b>	<b>9</b>

### 6.2.3. SATURAZIONE LINEA E PREMONTAGGI

Di esso se ne valutano, di seguito, il carico di lavoro degli operatori in linea in Figura 6.12 e il carico di lavoro degli operatori nei sottogruppi in Figura 6.13.



**Figura 6.12** Carico Lavoro in Linea -Scenario 9-10 tonnellate



**Figura 6.13** Carico Lavoro nei Sottogruppi -Scenario 9-10 tonnellate

Il Tempo Ciclo Bottleneck si trova alla postazione 06 con un valore di 133 minuti, che risulta maggiore del Takt Time programmato di 90 minuti. Ciò indica che l'attuale programmazione non può essere rispettata e che il numero di macchine prodotte non sarà di 8 al giorno, come previsto.

Per quanto riguarda i sottogruppi, questi mostrano un tempo ciclo significativamente inferiore rispetto alle stazioni in linea. Tuttavia, i tempi ciclo di alcuni operatori si aggirano intorno ai 90 minuti, in particolare:

- Operatore 1 del sottogruppo SG00
- Operatore 2 del sottogruppo SG02
- Operatore 1 del sottogruppo SG04

La saturazione è calcolata così di seguito:

$$\%Saturazione\_operatori = \frac{Tempo\ Ciclo\ Operatore}{Takt\ Time} \times 100$$

Di seguito in Tabella 6.8 si procede all'introduzione delle percentuali di saturazione, un parametro essenziale per valutare l'efficienza e l'utilizzo ottimale delle risorse lungo la linea di produzione. Le percentuali di saturazione forniscono una misura chiave della capacità operativa di ciascuna stazione rispetto al Takt Time.

**Tabella 6.8** Saturazione Operai nelle Stazioni in Linea, Scenario 9-10 tonnellate

SATURAZIONE	OPERATORE 1 (%)	OPERATORE 2 (%)	% SATURAZIONE MEDIA
STAZIONE S00	86,67	85,06	85,86
STAZIONE S01	78,74	95,28	87,01
STAZIONE S02	46,22	53,33	49,78
STAZIONE S03	68,24	129,44	98,84
STAZIONE S04	100,47	0,00	100,47
STAZIONE S05	94,44	0,00	94,44
STAZIONE S06	147,87	0,00	147,87

Dove si nota, come preannunciabile dalla Figura 6.13, una saturazione del 147% della stazione S06 e del 100% della stazione S04 e del 129% dell'operatore 2 della stazione S03.

Di seguito in Tabella 6.9 si procede all'introduzione delle percentuali di saturazione degli operatori nei sottogruppi rispetto al takt time della linea. Si consideri come, in realtà, i sottogruppi debbano seguire le operazioni in linea e non siano direttamente influenti sulla progettazione della linea.

**Tabella 6.9** Saturazione Operai nei Sottogruppi, Scenario 9-10 tonnellate

SATURAZIONE	OPERATORE 1 (%)	OPERATORE 2 (%)	OPERATORE 3 (%)	% SATURAZIONE MEDIA
SOTTOGRUPPO SG00	100,00	0,00	0,00	100,00
SOTTOGRUPPO SG01	88,89	58,89	0,00	49,26
SOTTOGRUPPO SG02	93,33	102,22	83,33	92,96
SOTTOGRUPPO SG03	101,11	54,44	0,00	51,85
SOTTOGRUPPO SG04	100,00	0,00	0,00	100,00



#### **6.2.4. ANALISI N.V.A.A.**

Di ogni stazioni si valutano attentamente i job elements, le singole azioni che l'operatore deve eseguire sul prodotto e che non è possibile scindere.

Tramite l'utilizzo di un foglio di calcolo, di cui un'estrapolazione è presente in Tabella 6.10, si sono raccolti tutte le operazioni elementari. Sono stati effettuati dei filmati (in più turni) dai quali sono state estrapolate le informazioni successive: la prima colonna fornisce informazioni riguardo il titolo e il numero del filmato. La seconda colonna riporta informazioni sulla macropostazione di riferimento e sull'operatore che esegue i lavori all'interno di essa. La terza colonna descrive il ciclo di lavorazione, includendo la postazione, il numero dell'elemento di lavoro, le macrofasi (che raggruppano più elementi di lavoro) e la descrizione dell'elemento di lavoro (operazione elementare). In caso siano presenti, possono essere inserite note aggiuntive. Successivamente, si identifica la categoria dell'azione e si valuta se è un'attività a valore aggiunto o non valore aggiunto. Vengono quindi valutati i valori della "golden zone" (2A, A, B, C o D) per gli ingombri orizzontali e si determina se l'attività si svolge in Strike Point (A), Strike Zone (B) o Red Zone (C, in assenza di condizioni che rispecchino l'area di lavoro di Strike Point o Strike Zone)<sup>124</sup> per gli ingombri verticali. Nell'ultima colonna vengono valutati i tempi rilevati, con particolare attenzione al momento di inizio e fine attività, calcolandone poi la differenza.

---

<sup>124</sup> In particolare, i valori di Golden Zone e delle aree Strike Point, Strike Zone e Red Zone sono fondamentali per il prossimo paragrafo



Con un focus sulle attività a valore aggiunto e non valore aggiunto, si introduce ora un diagramma di Yamazumi<sup>125</sup> (Figura 6.14) che rappresenta le percentuali di queste attività lungo la linea di produzione. Le attività a SVA (Semi-Valore Aggiunto) sono state incorporate nelle attività a VA (Valore Aggiunto). Questa decisione<sup>126</sup> era basata sulla politica aziendale interna di SAMPIERANA e non è stata modificata da CNH dopo l'acquisizione.

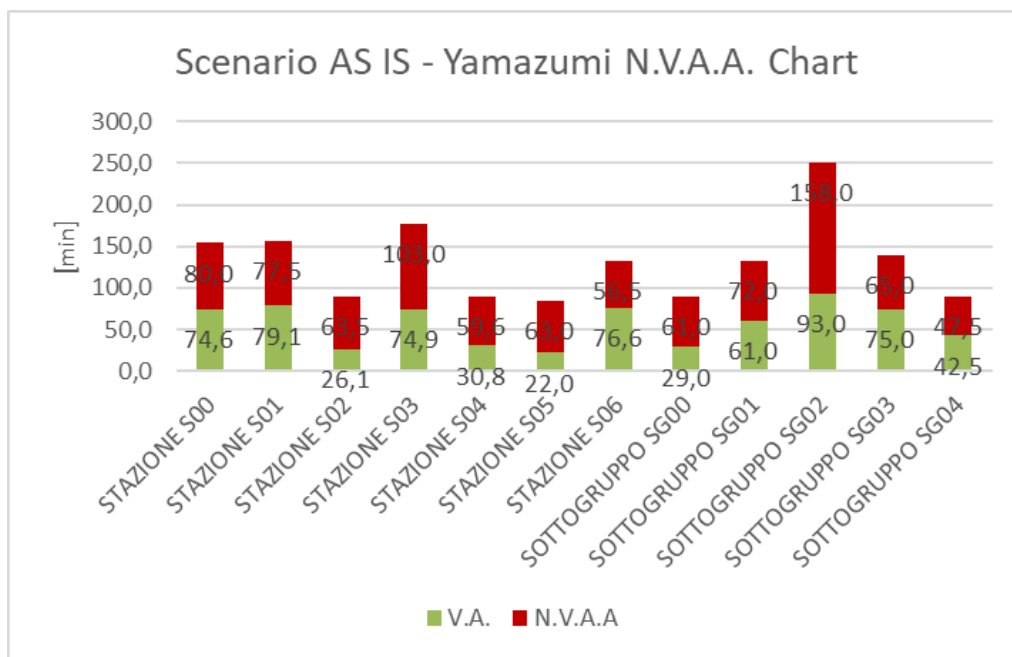


Figura 6.14 Scenario AS IS - Grafico Yamazumi- Scenario 9-10 tonnellate

Nella prima colonna (aree) presente in Tabella 6.11, vengono evidenziate le differenti aree (in linea e nei sottogruppi). Per ogni area si introducono, nelle successive colonne, le tempistiche per attività a non valore aggiunto (N.V.A.A.) e per attività a valore aggiunto (V.A.). Di seguito viene speso tutto ad un turno completo (considerando che, in media, si producano quattro veicoli a turno). Di seguito si moltiplicano tali tempistiche per il costo orario dell'azienda per ogni operatore diretto presente nello stabilimento. Utilizzando questi dati, viene generato un diagramma di Pareto al fine di identificare le aree che causano il maggior impatto economico all'azienda. La linea mostrata nel diagramma di Pareto (Figura 6.15) indica la percentuale

<sup>125</sup> Sottoparagrafo 1.1.19

<sup>126</sup> Sottoparagrafo 1.1.1

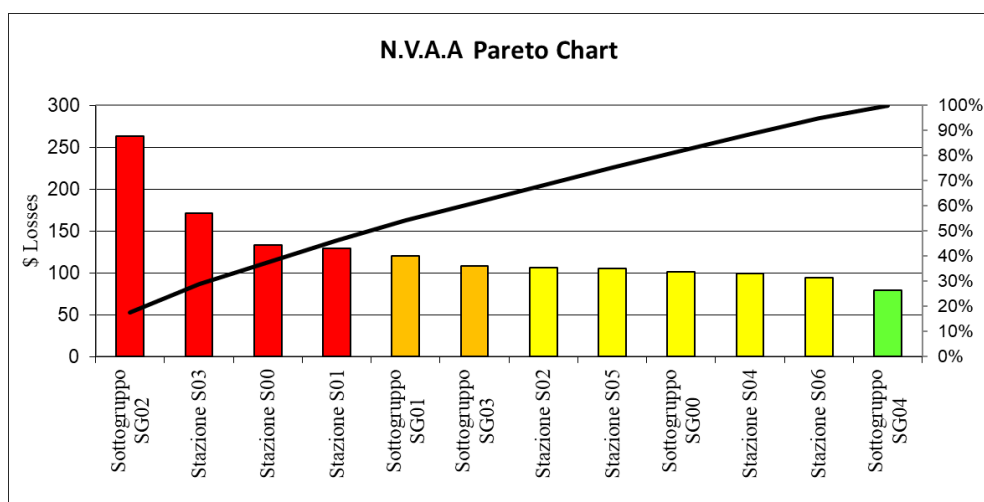
cumulativa di contributo al costo totale delle attività non valore aggiunto per ciascuna area identificata. I colori seguono lo stesso criterio utilizzato nel precedente capitolo per la determinazione dell'area modello.

**Tabella 6.11** Calcolo del costo delle NVAA per area

\$ Labour/h

25

N.V.A.A	Timing		Timing per Shift		\$	Classifica	% Cumulata
	N.V.A.A. per item [min]	V.A. per item [min]	N.V.A.A per shift [min]	V.A. per shift [min]	\$ Losses per shift		
<b>AREE</b>					<b>1511</b>		
<b>Sottogruppo SG02</b>	158	93	632,00	372,00	<b>263</b>	<b>MA</b>	17% 17%
<b>Stazione S03</b>	103,00	74,9	412,00	299,60	<b>172</b>	<b>AA</b>	11% 29%
<b>Stazione S00</b>	80	74,6	320,00	298,40	<b>133</b>	<b>AA</b>	9% 38%
<b>Stazione S01</b>	77,50	79,1	310,00	316,40	<b>129</b>	<b>AA</b>	9% 46%
<b>Sottogruppo SG01</b>	72	61	288,00	244,00	<b>120</b>	<b>A</b>	8% 54%
<b>Sottogruppo SG03</b>	65	75	260,00	300,00	<b>108</b>	<b>A</b>	7% 61%
<b>Stazione S02</b>	63,50	26,1	254,00	104,40	<b>106</b>	<b>A</b>	7% 68%
<b>Stazione S05</b>	63,00	22	252,00	88,00	<b>105</b>	<b>B</b>	7% 75%
<b>Sottogruppo SG00</b>	61	29	244,00	116,00	<b>102</b>	<b>B</b>	7% 82%
<b>Stazione S04</b>	59,60	30,8	238,40	123,20	<b>99</b>	<b>B</b>	7% 89%
<b>Stazione S06</b>	56,50	76,6	226,00	306,40	<b>94</b>	<b>C</b>	6% 95%
<b>Sottogruppo SG04</b>	47,5	42,5	190,00	170,00	<b>79</b>	<b>C</b>	5% 100%

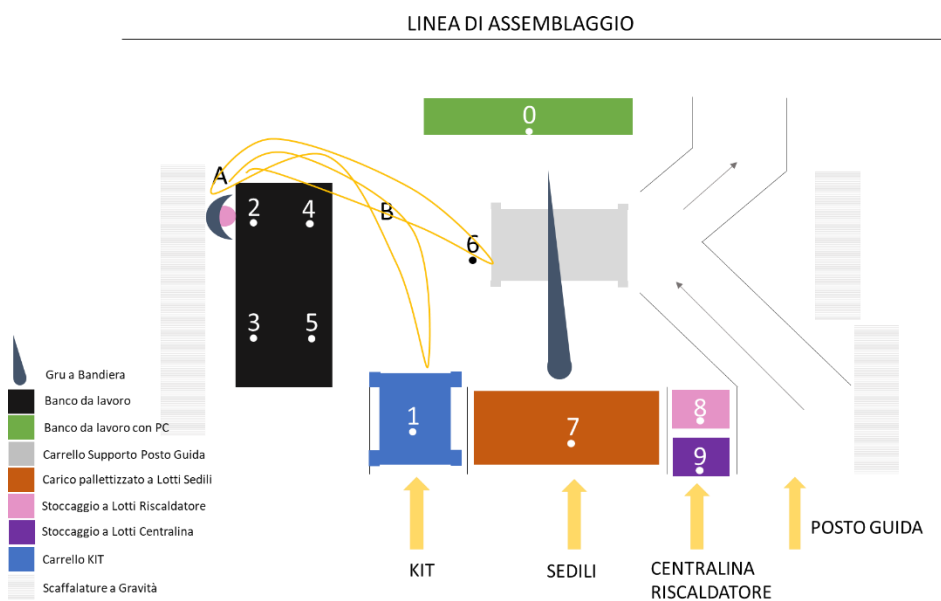


**Figura 6.15** Diagramma di Pareto N.V.A.A

Anche in questo caso, il costo perso per attività a non valore aggiunto risulta essere molto elevato per il sottogruppo SG02, ammontando a 155\$ per turno. Pertanto, l'area che, secondo l'analisi del lavoro, richiede interventi prioritari è il sottogruppo SG02, in linea con quanto emerso dall'analisi descritta nel paragrafo 6.1. Per questo motivo, nel prossimo sottoparagrafo verrà presentata un'analisi dettagliata dello scenario AS IS di questo sottogruppo.

### 6.2.5. SOTTOGRUPPO SG02

In questo paragrafo vengono presentati i movimenti generici degli operatori, illustrati nelle Figure 6.16, 6.17 e 6.18, che facilitano la comprensione visiva per coloro che non hanno una conoscenza diretta del sottogruppo. Viene, inoltre, illustrata la distinzione delle attività a non valore aggiunto per ciascun operatore, insieme a una successiva classificazione basata sulle categorie di azioni di queste attività<sup>127</sup>. Questo approccio aiuta a identificare le attività a non valore aggiunto e a valutare le possibili soluzioni per eliminarle.



**Figura 6.16** Illustrazione dei movimenti dell'operatore A<sup>128</sup>

<sup>127</sup> Visibili nel sottoparagrafo 1.1.1.

<sup>128</sup> Per approfondimenti sul layout si rimanda al paragrafo 5.5

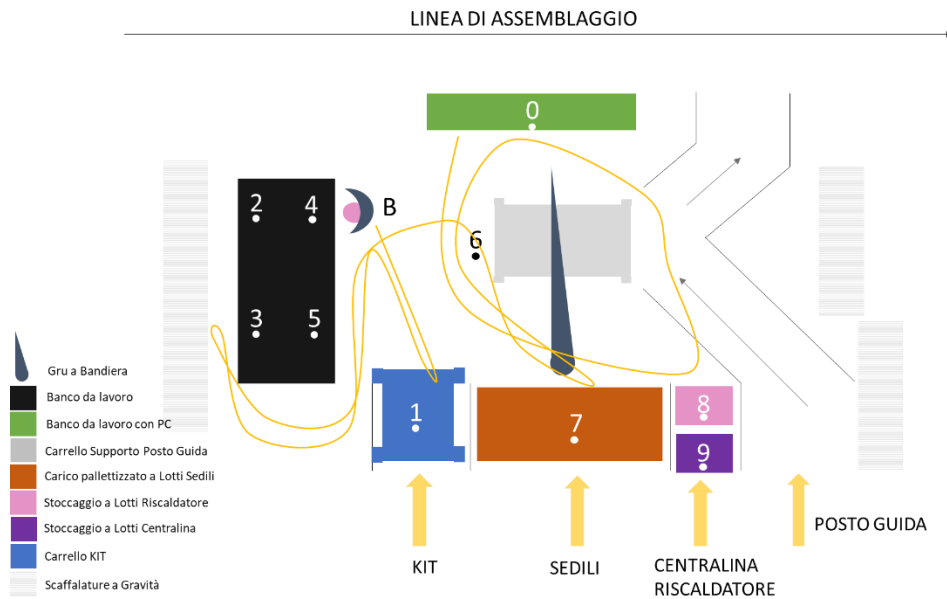
Le Tabelle 6.12, 6.14 e 6.16 presentano la distinzione tra le attività a non valore aggiunto e le attività a valore aggiunto nel tempo ciclo rispettivamente dell'operatore A, B e C. Inoltre, le Tabelle 6.13, 6.15 e 6.17 introducono le categorie d'azione delle attività a non valore aggiunto rispettivamente dell'operatore A, B e C.

**Tabella 6.12** Suddivisione del tempo ciclo dell'operatore A in N.V.A.A e V.A.

Operatore A	84 minuti	
	N.V.A.A.	V.A.
	55 min	29 min

**Tabella 6.13** Suddivisione N.V.A.A dell'operatore A per categorie d'azione

N.V.A.A.		
Movimentazione	Spostamenti (steps)	15,5 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	8,5 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	4 min
	Ricerca Materiale	14 min
Imballo /Disimballo	Imballo manipolatori	1,5 min
	Disimballo tubi idraulici	2 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto manipolatore /pedipolatore	4 min
	Rimozione tappi	2,5 min



**Figura 6.17** Illustrazione dei movimenti dell'operatore B<sup>129</sup>

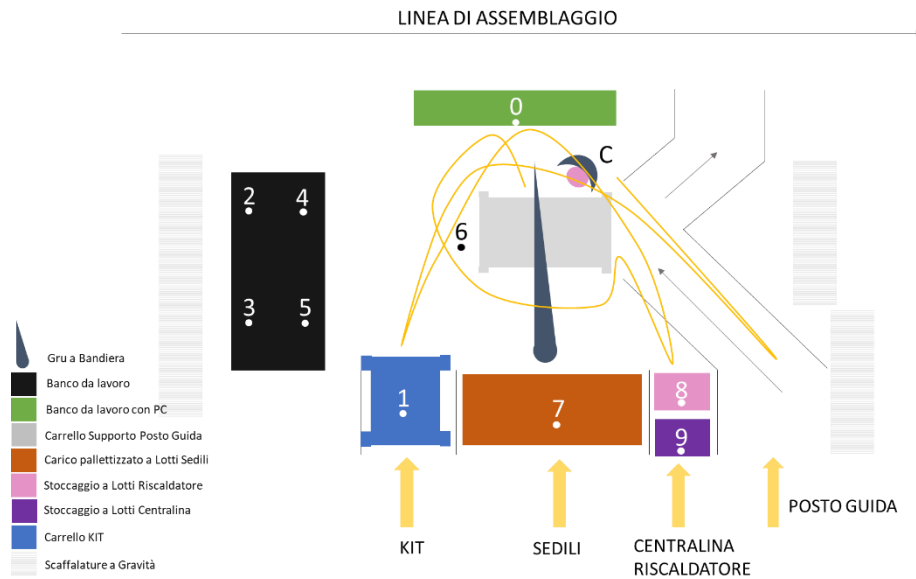
**Tabella 6.14** Suddivisione del tempo ciclo dell'operatore B in N.V.A.A e V.A.

Operatore B	92 minuti	
	N.V.A.A	V.A.
	57 min	35 min

**Tabella 6.15** Suddivisione N.V.A.A dell'operatore B per categorie d'azione

N.V.A.A.		
Movimentazione	Spostamenti (steps)	19 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	5 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	4 min
	Ricerca Materiale	16 min
Imballo /Disimballo	Imballo sedili e manipolatori	1,5 min
	Disimballo tubi idraulici	5 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto manipolatore /pedipolatore	1,5 min
	Rimozione tappi	2 min

<sup>129</sup> Per approfondimenti sul layout si rimanda al paragrafo 5.5



**Figura 6.18** Illustrazione dei movimenti dell'operatore C<sup>130</sup>

**Tabella 6.16** Suddivisione del tempo ciclo dell'operatore C in N.V.A.A e V.A.

Operatore C	75 minuti	
	N.V.A.A.	V.A.
	46 min	29 min

**Tabella 6.17** Suddivisione N.V.A.A dell'operatore C per categorie d'azione

N.V.A.A.		
Movimentazione	Spostamenti (steps)	23 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	0 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	2 min
	Ricerca Materiale	5 min
Imballo /Disimballo	Imballo sedili e manipolatori	0,5 min
	Disimballo tubi idraulici	1 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto posto guida	9,5 min
	Rimozione tappi	2 min

<sup>130</sup> Per approfondimenti sul layout si rimanda al paragrafo 5.5



## **6.3. ASSERVIMENTO LINEA**

In questo paragrafo, si esamina l'ultimo punto fondamentale nella progettazione di una linea di assemblaggio: l'asservimento in linea, che costituisce solo una piccola parte dell'intera logistica. Si farà menzione della classificazione dei materiali, la quale, sebbene importante per la gestione interna nei magazzini, influisce sull'asservimento diretto in linea senza approfondire ulteriormente. Inoltre, ci si concentrerà principalmente sull'analisi dei flussi logistici in linea.

### **6.3.1. AREA MODELLO**

Lo studio precedente condotto per l'analisi del lavoro, culminato nel diagramma di Pareto descritto nel sottoparagrafo 6.2.4, è strettamente correlato all'analisi relativa all'asservimento linea. Si conferma quindi che l'area modello<sup>131</sup> identificata nella precedente analisi del lavoro coincide con il sottogruppo SG02, il quale emerge come prioritario anche per l'asservimento linea, senza ripetere il diagramma di Pareto per evitare ridondanze.

### **6.3.2. FLUSSI LOGISTICI**

La classificazione dei differenti materiali nello Scenario AS IS era solamente una suddivisione tra componenti di tipo minuteria e tutti gli altri componenti. Non era presente una logica dietro la gestione ma si tramandava in base all'esperienza in sede. Si noti come componenti di grandi dimensioni o pesanti erano tutti gestiti a lotti fianco linea/stazioni di preassemblaggio creando, dunque, una situazione costituita da numerosi buffer all'esterno e all'interno dello stabilimento. Tale scelta, però, comportava una gestione push estrema e tanto spazio occupato nell'area relativa alla campata di riferimento della linea di assemblaggio. Logiche contrarie ai principi lean. Tale idea trova conferma nel prossimo diagramma a blocchi in Figura 6.19.

In Figura 6.20 si introduce il medesimo diagramma visto nel paragrafo 5.4 ma con focus sulla tipologia di asservimento presente nella condizione AS-IS. Ogni tipologia di flusso è identificata da una tonalità di colore differente tra sottogruppi e linea. La gestione JIT è di colore giallo, il JIS di colore verde, il kittaggio di colore rosso, di nero una gestione a lotti. È introdotta

---

<sup>131</sup> Per maggiori dettagli fare riferimento al paragrafo 3.1 "Area Modello"

la movimentazione per ogni flusso, suddivisa tra una movimentazione tramite carrello o una movimentazione tramite carrello elevatore.

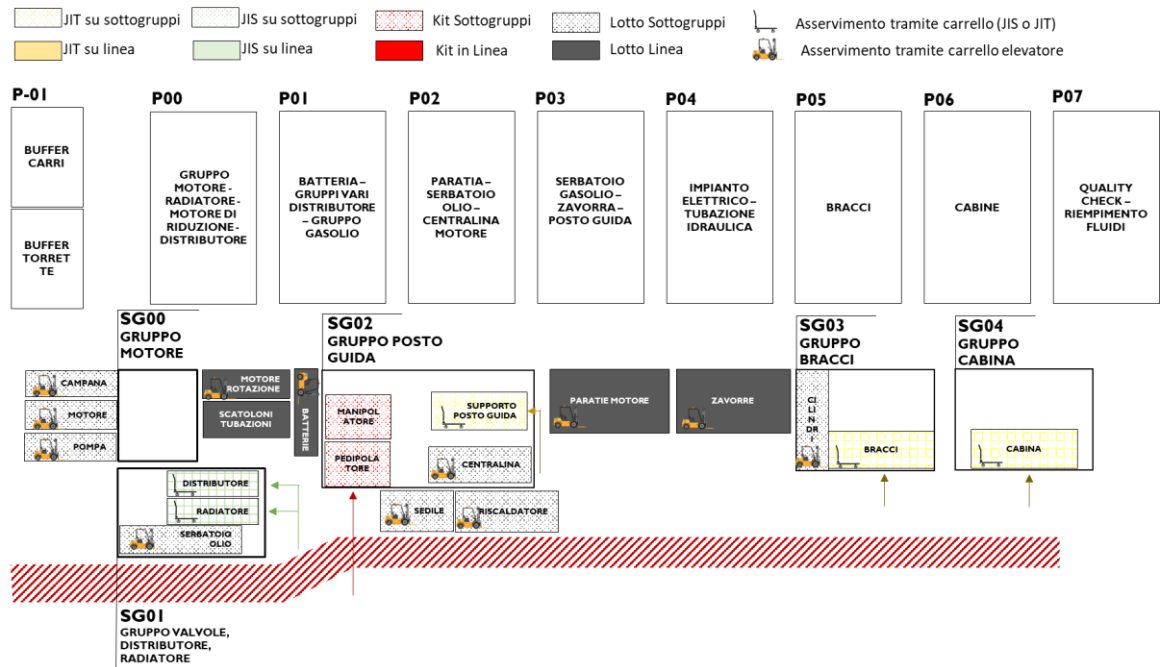


Figura 6.19 Diagramma a blocchi con focus sui flussi logistici

In questo diagramma a blocchi è possibile identificare immediatamente la tipologia di asservimento logistico attuale dei principali componenti nei sottogruppi o direttamente in linea. Si osservi come il gruppo motore (SG00) sia gestito interamente a lotti, posizionato accanto ai sottogruppi tramite l'uso di carrelli elevatori. I sottogruppi SG03 e SG04, a causa delle loro dimensioni, richiedono obbligatoriamente una gestione Just-In-Time (JIT). Tuttavia, nel sottogruppo SG03, i cilindri erano gestiti tramite lotti.

Il sottogruppo SG02 è stato precedentemente analizzato nel sottoparagrafo 5.5. L'asservimento in linea, ovvero l'asservimento di componenti che non richiedono prelavazioni, prevedeva la gestione a lotti dei motori di rotazione, degli scatoloni di tubazioni e delle batterie. Tuttavia, vi erano problemi significativi riguardo l'ingombro delle paratie e delle zavorre, che richiedevano una notevole quantità di spazio disponibile.

La minuteria, nella situazione AS IS, era gestita, anch'essa, tutta in linea e nei sottogruppi attraverso SAG<sup>132</sup> (scaffalature a gravità).

Basandosi sull'analisi effettuata nella Tabella 6.9, ora si focalizzano sui job elements relativi esclusivamente al prelievo dei materiali e degli strumenti. Pertanto, nella Tabella 6.1 sono dettagliati tutti i tempi di prelievo (Materiali e Strumenti), al fine di condurre un'analisi AS-IS sul lato dell'asservimento.

Concentrandosi esclusivamente su tali operazioni di prelievo, si è valutato quante di esse rientrano nella golden zone (Figura 6.20) per quanto riguarda l'area orizzontale e quante sono nella strike zone/point (Figura 6.21) per quanto riguarda l'estensione verticale. I risultati di questa valutazione sono stati rappresentati in un diagramma di Yamazumi di Figure 6.20 e 6.21.

**Tabella 6.18** Tempo di prelievo Materiali e Strumenti nelle differenti stazioni e sottogruppi

	Prelievo di Materiali e Strumenti [min]
STAZIONE S00	15
STAZIONE S01	19
STAZIONE S02	12
STAZIONE S03	28
STAZIONE S04	16
STAZIONE S05	9
STAZIONE S06	17
SOTTOGRUPPO SG00	11
SOTTOGRUPPO SG01	17
SOTTOGRUPPO SG02	30
SOTTOGRUPPO SG03	18
SOTTOGRUPPO SG04	8

---

<sup>132</sup> Paragrafo 4.4

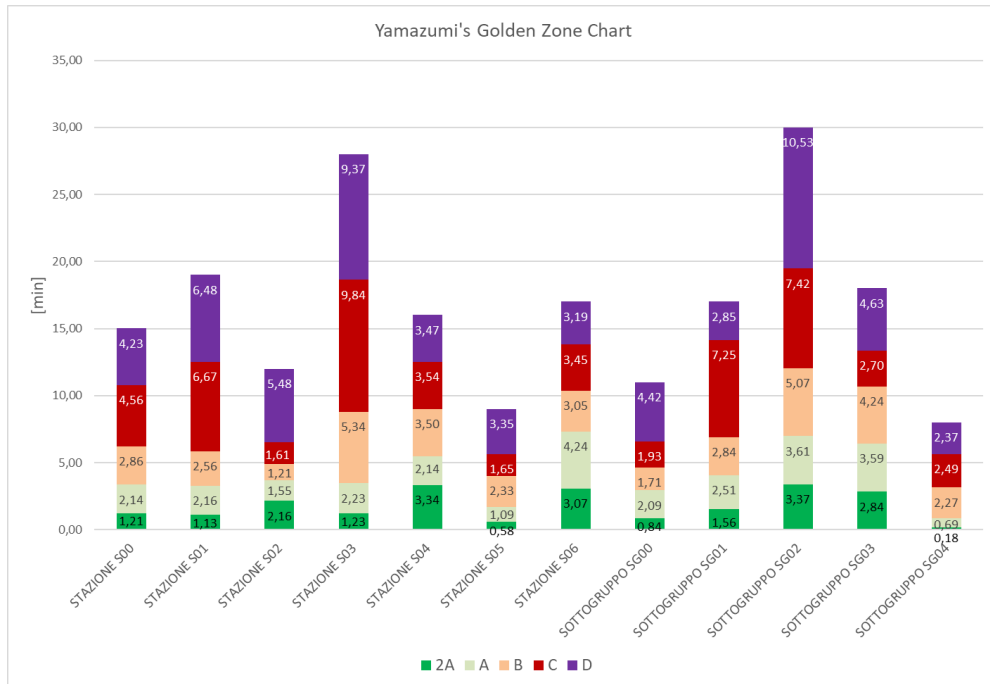


Figura 6.20 Yamazumi Chart delle attività basato sull'analisi della Golden Zone

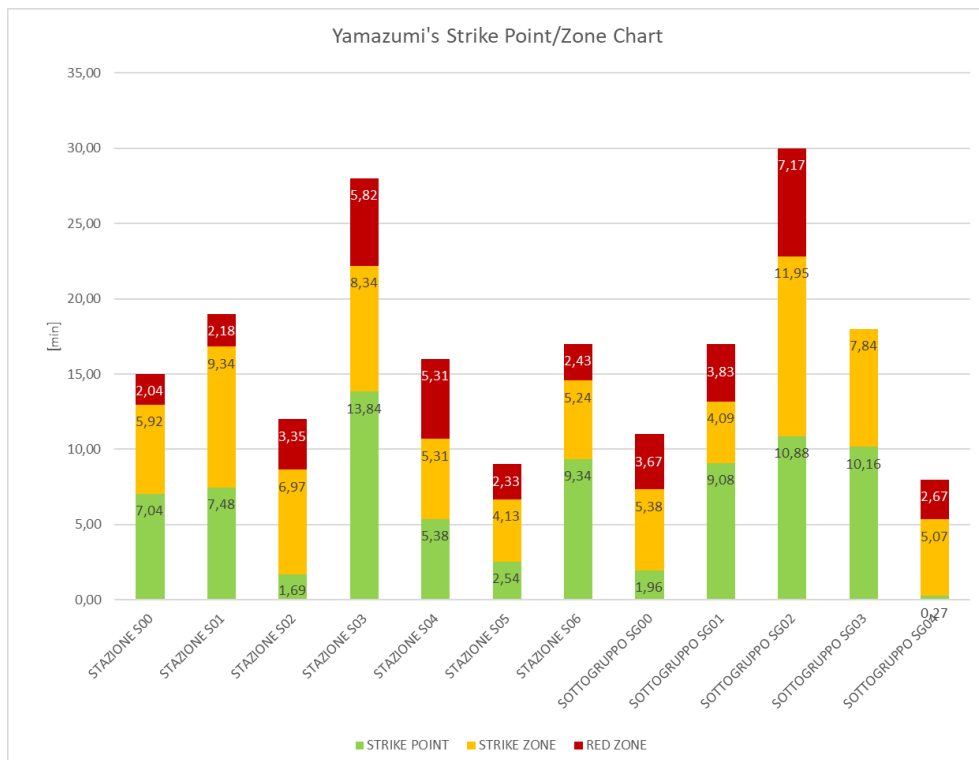


Figura 6.21 Yamazumi Chart delle attività basato sull'analisi della Strike Point/Zone

### 6.3.3. SOTTOGRUPPO SG02

Il layout AS-IS del sottogruppo SG02 comprende:

- Grandi banchi di lavoro con strumenti posizionati in varie parti del banco<sup>133</sup>.
- Scaffalature SAG posizionate lontano dalle aree di lavoro<sup>134</sup>.
- Kit situati lontano dalle postazioni<sup>135</sup>.

Questa configurazione comporta lunghi percorsi di spostamento.

Dunque, per quanto riguarda l'ingombro orizzontale (analisi golden zone), si riscontrano numerosi minuti spesi per il camminamento (zona d dell'analisi golden zone) o per la rotazione del corpo (zona c dell'analisi golden zone) durante il prelievo di materiali. Per il prelievo di strumentazione, invece, si riscontra l'impiego di molto tempo per l'estensione delle braccia (zona b) e per il camminamento (zona d) non essendo un'efficace distribuzione delle stesse. Si visualizza il banco di lavoro nello Scenario AS IS in Figura 6.2, notando come esso obblighi i camminamenti e le estensioni delle braccia per prelevare rispettivamente i materiali e la strumentazione.

Per quanto riguarda l'ingombro verticale (analisi strike point/strike zone), si impiegano pochi minuti in red zone per il prelievo di componenti come il sedile, la centralina e il riscaldatore (Figura 6.23), insieme ai componenti di tipo B situati nel ripiano inferiore del kit (Figura 6.24). Pochi minuti sono spesi anche per il prelievo di strumenti in strike zone, mentre si registra un notevole consumo di tempo per il prelievo in strike point.

Pertanto, l'ottimizzazione dovrebbe focalizzarsi principalmente sulle problematiche della golden zone e non tanto sulla strike zone, considerando che i veri problemi di prelievo, in termini di ingombro verticale, sono associati solo a alcuni componenti. Questo problema è condiviso anche con l'analisi di sicurezza.

---

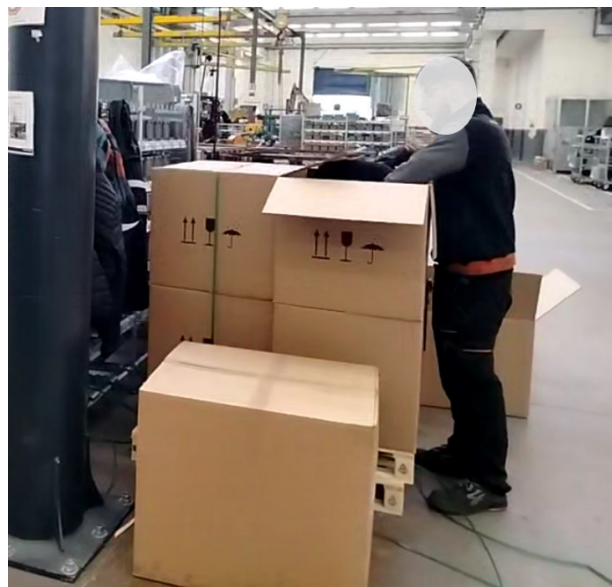
<sup>133</sup> Figura 6.23

<sup>134</sup> Figura 6.23

<sup>135</sup> Figura 6.24



**Figura 6.22** Banco di lavoro dispersivo, numerazione come indicato nel sottoparagrafo 5.5



**Figura 6.23** Prelievo sedili, centraline e riscaldatori



Componenti  
posizionati nel  
ripiano inferiore  
del carrello Kit.  
Scenario AS IS

**Figura 6.24** Carrello Kit. Scenario AS IS

## 7. PROGETTAZIONE OTTIMIZZATA SOTTOGRUPPO SG02

Dal capitolo precedente, è emerso che l'area che richiede prioritariamente un intervento è il sottogruppo SG02. Questa tesi si concentra sull'analisi di quest'area, esaminando come le tre aree di studio - sicurezza, analisi del lavoro ed asservimento linea- si integrino e come le soluzioni possano derivare dalla collaborazione tra i diversi professionisti aziendali. Di seguito, in Tabella 7.1, è presentata un'illustrazione che riassume le principali criticità evidenziate in ciascun paragrafo del capitolo 6, insieme alle soluzioni generiche che idealmente risolverebbero tali criticità.

**Tabella 7.1** Elenco delle criticità riscontrate nell'AS IS

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	SOLUZIONE/I
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	Utilizzo di attrezzi di sollevamento e carrelli JIT
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	Utilizzo di attrezzatura in grado di limitare l'impegno di polso, gomito e spalla
N.V.A.A.	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	SOLUZIONI
MOVIMENTAZIONE	Riduzione del camminamento	3	Creare postazioni di lavoro in golden zone
CONTROLLO	Riduzione di fasi di controllo tubi idraulici	4	Agire sulla prevenzione facilitando il riconoscimento dei tubi idraulici
RICERCA	riduzione ricerca strumenti di lavoro	5	Creare postazioni di lavoro organizzate
	Riduzione ricerca materiale dei punti di prelievo	6	Creare postazioni di lavoro organizzate
PREPARAZIONE	Riduzione tempi di preparazione macchina	7	Creare sistemi di aggancio/sgancio rapido
ASSERVIMENTO LINEA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	SOLUZIONI
GOLDEN ZONE	Riduzione camminamenti dovuti a posizione lontana di materiali e strumentazioni	8	Creare postazioni di lavoro in golden zone
STRIKE POINT	Riduzione di prelievi troppo bassi	9	Creare carrelli KIT tali da evitare prelievi in Red Zone

Ogni soluzione avrà un paragrafo dedicato e sarà utile su più fronti, sfruttando appieno le idee di tutti i collaboratori. Le implementazioni saranno spiegate in dettaglio, illustrando come ciascuna criticità sia stata risolta. Al termine di ogni paragrafo, verranno riassunte le criticità con i relativi codici e le azioni correttive adottate attraverso delle Tabelle.



Successivamente, nel capitolo 8, si analizzerà come queste implementazioni abbiano influenzato lo scenario AS IS, migliorando la linea di assemblaggio.

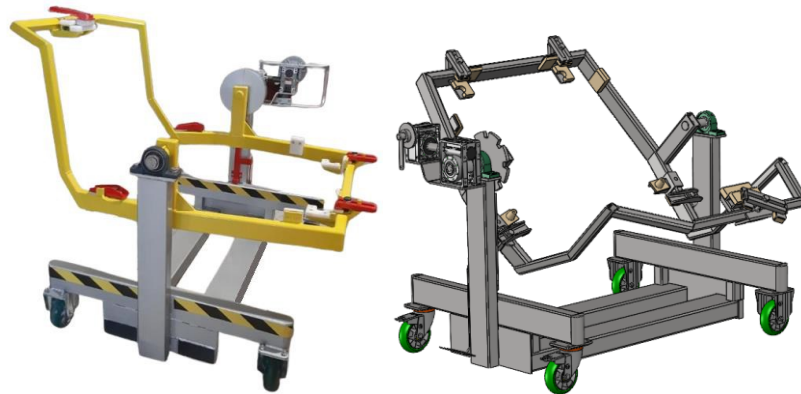
## 7.1. CARRELLO SUPPORTO POSTO GUIDA GIREVOLE

Nello Scenario AS IS, il carrello posto guida risulta essere rappresentato in grigio nell'illustrazione di Figura 5.18 nel paragrafo 5.5. Tale carrello risultava di altezza predefinita e necessitava di un'inclinazione per poterci lavorare al di sotto. L'inclinazione non poteva essere fatta automaticamente tramite un sistema interno al carrello ma risulta possibile solo ed esclusivamente tramite l'utilizzo della bandiera a gru, che nell'illustrazione di Figura 5.18 nel paragrafo 5.5 è di colore blu. La Figura 7.1 propone, a sinistra, la vista dall'alto di tale carrello e a destra la sua inclinazione possibile tramite fune e gru a bandiera.



**Figura 7.1** Scenario AS IS - A sinistra il carrello; A destra la sua inclinazione possibile solo con gru a bandiera

È stata quindi concepita l'idea di un carrello ribaltabile a 360°, che permetta di ridurre l'uso continuo della gru a bandiera e previene posture inadeguate di polso, gomito e spalle dell'operatore C durante le operazioni di premontaggio sul supporto posto guida. In Figura 7.2 si propone la geometria di tale carrello.

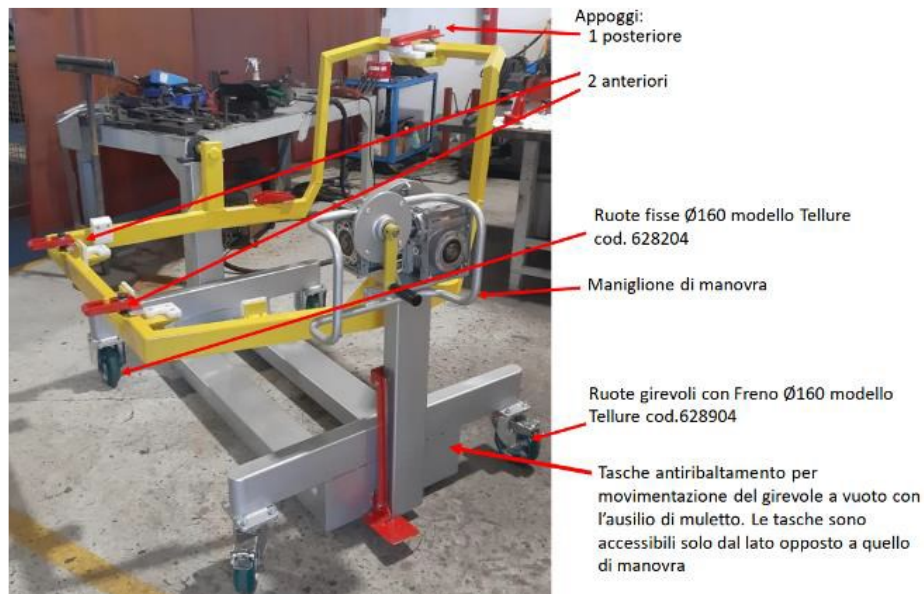


**Figura 7.2** A sinistra una foto reale del carrello girevole (TO BE); A destra una sua illustrazione 3d (TO BE)

La struttura (telaio di sostegno) è realizzata in tubolare d'acciaio, ed è sagomata in maniera tale da poter adagiare su di esso i posti guida in posizione orizzontale. Il bloccaggio avviene mediante 3 morsetti a vite. Il posto guida alloggiato ha la possibilità di fare una rotazione di 360° sull'asse orizzontale. Il carrello è equipaggiato per la movimentazione di n. 2 ruote fisse e n. 2 ruote pivotanti Ø160 mm con freno.

La Rotazione a 360 viene comandata manualmente mediante un volantino collegato a n.2 riduttori: il primo avente rapporto 1: 10 ed il secondo posizionato ortogonalmente al primo con rapporto 1:20. In Figura 7.3 e 7.4 si possono apprezzare i differenti componenti del carrello.

Oltre ai riduttori è presente una ruota dentata a 8 posizioni, collegata ad un azionamento a pedale per un ulteriore bloccaggio del girevole nella posizione desiderata (anche senza ruota dentata la rotazione risulta essere irreversibile).



**Figura 7.3** Scenario TO BE, Componenti del carrello girevole, pt.1



**Figura 7.4** Scenario TO BE, Componenti carrello girevole pt.2

Questa soluzione non solo consente l'uso libero della gru a bandiera per il sollevamento di ulteriori componenti, ma migliora anche il fattore "postura" secondo l'analisi OCRA per l'operatore C. Si approfondiranno tali aspetti nel capitolo 8.

Dunque, riassumendo, di seguito, in Tabella 7.2, sono riportate le criticità relative alla sicurezza dettate dal vecchio carrello e le azioni correttive introdotte dal carrello girevole del supporto posto guida nello scenario TO BE.

**Tabella 7.2** Azioni correttive del nuovo carrello girevole

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	Non utilizza la bandiera a gru consentendo di utilizzarla per ulteriori attrezzi di sollevamento
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	Azzerate le postura di schiena (spalla, gomito e mani) inadeguate

## 7.2. CARRELLO CENTRALINA E RISCALDATORE

Si ricorda che, nello Scenario AS IS, le centraline e i riscaldatori erano asserviti tramite carrello elevatore al di fuori del sottogruppo SG02.

L'idea era l'eliminazione totale delle posture che comportassero un prelievo da terra o a pochi centimetri da terra dei seguenti componenti:

- Centralina
- Riscaldatore

Era quindi necessario un carrello che evitasse tali posture. Considerando la semplice geometria dei componenti centralina e riscaldatore, è stato ideato un tubolare in grado di trasportare i due componenti JIT a un'altezza ergonomica di 100 cm. In Figura 7.5 e 7.6 sono presentati rispettivamente il vecchio scenario AS IS e la soluzione ottenuta con un carrello JIT. Si noti come lo Scenario AS IS comportasse la ricerca della centralina adeguata al veicolo in fase di assemblaggio (**criticità 6**) e, in molti casi, ad un prelievo in red zone (al di sotto delle ginocchia) per i contenitori appoggiati sul pavimento) (**criticità 9**).

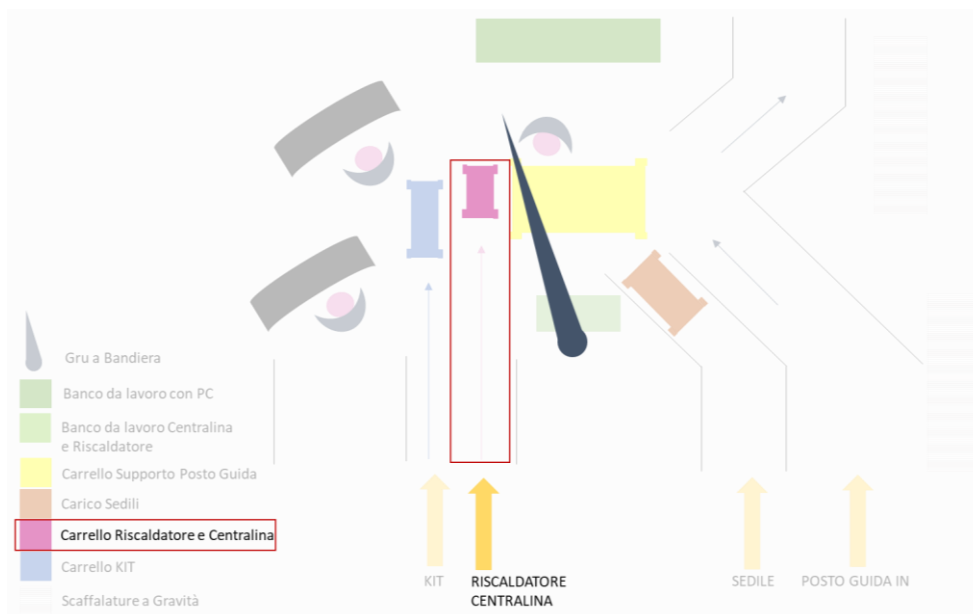


**Figura 7.5** Scenario AS IS, Prelievo Centralina e Riscaldatore



**Figura 7.6** Scenario TO BE, Carrello Centralina e Riscaldatore in JIT

Questa soluzione è risultata molto economica e immediata. Non sono stati scelti carrelli geometricamente perfetti perché il peso dei due componenti non è eccessivo e la loro stabilità è garantita dalla geometria piatta della loro base. La loro geometria e dimensione ha consentito di poter asservire tali componenti direttamente fianco postazione di lavoro (risolva **criticità 3** e **criticità 8**), come ben visibile in Figura 7.7. riducendo di gran lunga i tempi di camminamento.



**Figura 7.7** Asservimento tramite carrello Centralina e Riscaldatore

Riassumendo, di seguito, in Tabella 7.3, sono riportate le criticità relative alla sicurezza dello scenario AS IS e le azioni correttive introdotte dal carrello centralina e riscaldatore del supporto posto guida nello scenario TO BE.

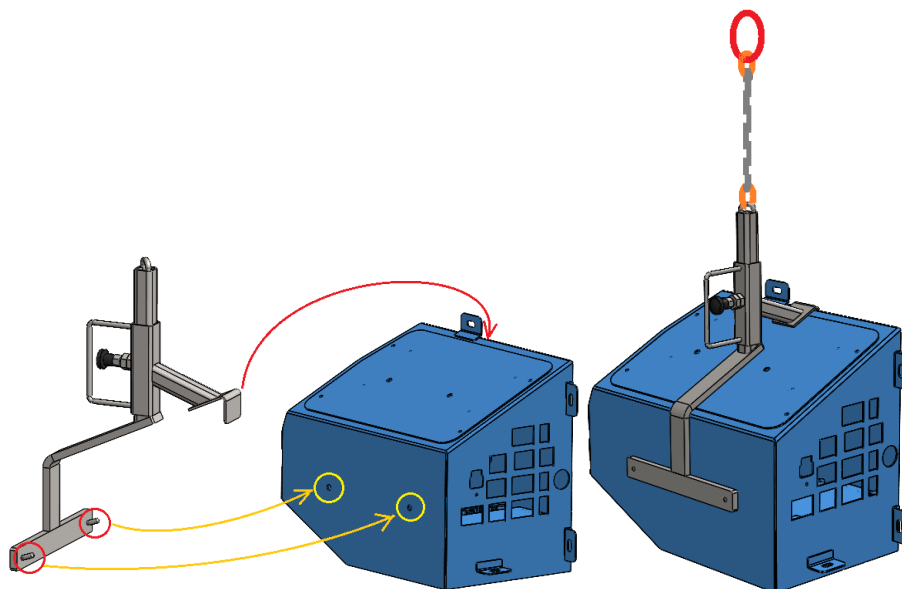
**Tabella 7.3** Azioni correttive del carrello Centralina e Riscaldatore

N.V.A.A.	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
MOVIMENTAZIONE	Camminamento	3	La leggerezza e la dimensione ristretta del carrello consentono di avvicinare il punto di prelievo all'operatore
CONTROLLO	Fasi di controllo tubi idraulici	4	/
RICERCA	Ricerca strumenti di lavoro	5	/
	Ricerca materiale dei punti di prelievo	6	Azzerata la ricerca delle centraline e dei riscaldatori corretti tra i contenitori pallettizzati presenti al di fuori dell'area di lavoro del sottogruppo SG02
PREPARAZIONE	Tempi elevati di preparazione macchina	7	/
ASSERVIMENTO LINEA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
GOLDEN ZONE	Camminamenti dovuti a posizione lontana di materiali e strumentazioni	8	La leggerezza e la dimensione ristretta del carrello consentono di avvicinare il punto di prelievo all'operatore entro i 400 mm
STRIKE POINT	Prelievi ad altezza ridotta (sotto le ginocchia)	9	Azzerato il prelievo del materiale in Red Zone (al di sotto delle ginocchia)

### 7.3. ATTREZZO DI SOLLEVAMENTO CENTRALINA

Dopo aver consentito l'uso libero della gru a bandiera si procede allo studio del sollevamento della centralina, precedentemente sollevata manualmente. L'obiettivo di ridurre l'indice LI (Analisi NIOSH) non può essere raggiunto ottimizzando i parametri per i componenti sollevati manualmente<sup>136</sup>. Per risolvere il problema alla radice, è necessario un intervento radicale, che preveda l'eliminazione dei sollevamenti manuali mediante l'uso di uno strumento apposito per il sollevamento dei componenti

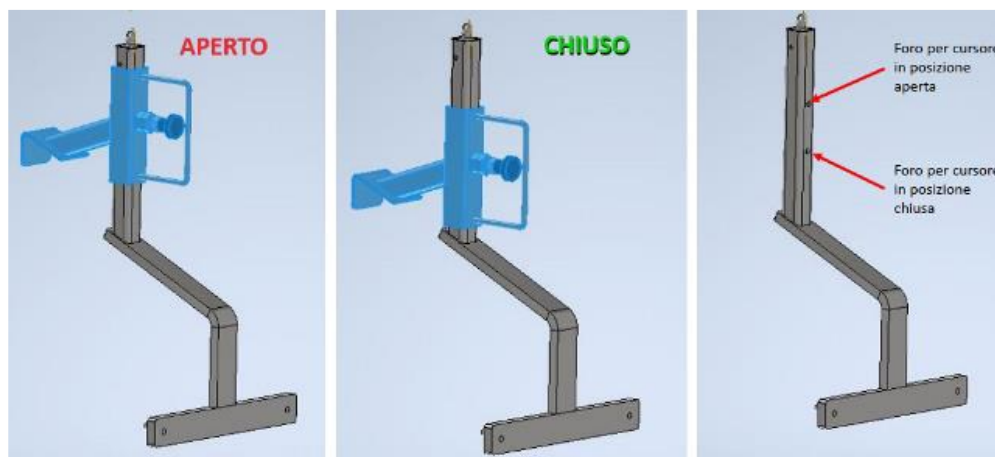
Il numero di centraline presenti nei vari modelli è 7. La varietà di tale famiglia di prodotto richiedeva un'analisi approfondita delle varie centraline. Si sono, dunque, sfruttate due caratteristiche comuni a tutte le centraline: i due fori e lo spigolo presente nella parte alta (Figura 7.8).



**Figura 7.8** Scenario TO BE, Attrezzo di sollevamento Centralina

Di seguito, in Figura 7.9, si riesce a notare con maggiore attenzione il sistema di apertura e chiusura presente in tale attrezzo di sollevamento.

<sup>136</sup> Per approfondimenti su tali parametri si rimanda al sottoparagrafo 2.4.3



**Figura 7.9** I due fori per apertura e chiusura del sistema di sollevamento Centralina

Le differenti fasi per poter utilizzare tale attrezzo sono le seguenti:

**FASE 1:** Con la centralina adagiata orizzontalmente sul piano di appoggio di un apposito carrello, l'operatore avvicina l'attrezzo in posizione **aperta**, procedendo quindi al centraggio dei **perni** in corrispondenza dei due **fori** presenti sulla carcassa della centralina.

**FASE 2:** L'operatore procede quindi a portare l'attrezzo in posizione di **chiuso** agendo sul pistoncino a molla; bloccato il cursore, procede al sollevamento della centralina.

**FASE 3:** L'operatore poggia la centralina sul piano di montaggio presente sul posto guida; poggiata la centralina stabilmente, posiziona le viti di fissaggio della stessa e prima di serrarle procede a svincolare l'attrezzo agendo sul pistoncino a molla.

In conclusione, di seguito, in Tabella 7.4, sono riportate le criticità relative alla sicurezza dello scenario AS IS (dove il sollevamento era manuale) e le azioni correttive introdotte dall'attrezzo di sollevamento della centralina nello scenario TO BE.

**Tabella 7.4** Azione Correttiva dell'attrezzo di sollevamento della Centralina

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	Azzera i sollevamenti manuali
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	/



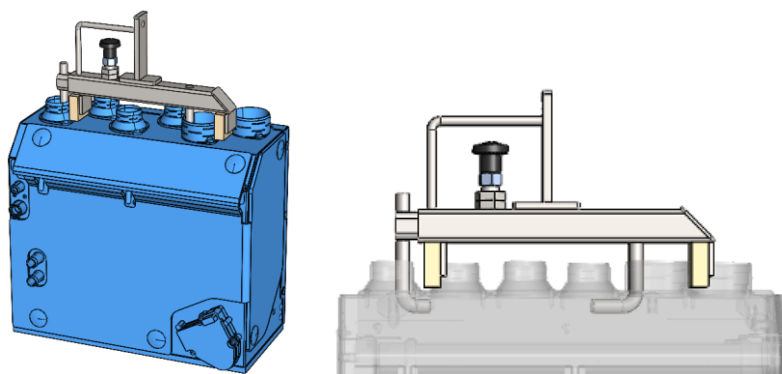
Attraverso tale attrezzo, si azzerano i sollevamenti manuali della centralina riducendo il valore LI derivante dall'analisi NIOSH.

Non si ha alcuna influenza, invece, sull'indice OCRA perché il sollevamento manuale della centralina non era considerato attività ripetitiva.

#### **7.4. ATTREZZO DI SOLLEVAMENTO RISCALDATORE**

Lo stesso ragionamento applicato all'attrezzo di sollevamento della centralina viene esteso al riscaldatore.

Il numero di centraline presenti nei vari modelli è 9. La varietà di tale famiglia di prodotto richiede un'analisi approfondita dei vari riscaldatori. Si sono, dunque, sfruttate due caratteristiche comuni a tutti i riscaldatori: i due bocchettoni presenti sulla carcassa del riscaldatore (Figura 7.10). In Figura 7.11, invece, si presenta una foto reale dell'attrezzo di sollevamento con l'indicazione di tutti i vari componenti.

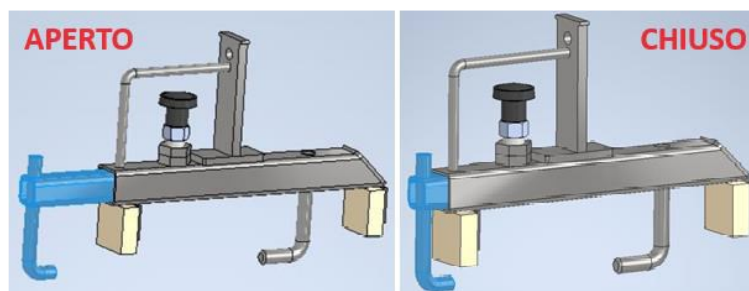


**Figura 7.10** Scenario TO BE, zoom sul funzionamento dell'attrezzo di sollevamento del Riscaldatore



**Figura 7.11** Scenario TO BE, Componenti dell'attrezzo di sollevamento Riscaldatore

Nella Figura 7.12 è dettagliato il sistema aperto-chiuso dell'attrezzo di sollevamento in questione.



**Figura 7.12** Scenario TO BE, focus sul sistema aperto-chiuso dell'attrezzo di sollevamento del Riscaldatore

Le differenti fasi per poter utilizzare tale attrezzo sono le seguenti:

**FASE 1:** con il riscaldatore adagiato orizzontalmente sul piano di appoggio di un apposito carrello, l'operatore avvicina l'attrezzo in posizione **aperta**, procedendo quindi al centraggio dei **ganci** in corrispondenza dei due **bocchettoni** presenti sulla carcassa del riscaldatore.

**FASE 2:** l'operatore procede quindi a portare l'attrezzo in posizione di **chiuso** agendo sul pistoncino a molla; bloccato il cursore, procede al sollevamento del riscaldatore.

**FASE 3:** l'operatore poggia il riscaldatore sul piano di montaggio presente sul posto guida; poggiato il riscaldatore stabilmente, procede a svincolare l'attrezzo agendo sul pistoncino a molla, seguendo poi le fasi di montaggio previste dal ciclo produttivo.

In Tabella 7.5 si riassumono le criticità riscontrate per la mancanza di un attrezzo di sollevamento del riscaldatore e si evidenziano le azioni correttive portate dal nuovo attrezzo di sollevamento al fine di eliminare alla radice i problemi di sollevamento evidenziati dall'analisi NIOSH.

**Tabella 7.5** Azioni correttive dell'attrezzo di sollevamento del riscaldatore

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	Azzera i sollevamenti manuali
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	/

## 7.5. CARRELLO SEDILE

Dopo l'introduzione del carrello centralina e riscaldatore era doveroso affrontare anche la criticità dettata dall'asservimento in contenitori pallettizzati dei sedili.

Per quanto riguarda il sedile, è stata implementata l'idea di asservirlo direttamente tramite un carrello tubolare prodotto internamente. L'operatore diretto preleva il carrello descritto nella Figura 7.13 dall'operatore indiretto, completo del supporto sedile (presente nella Figura 7.14 ma non nella Figura 7.13), per effettuare le necessarie lavorazioni prima del montaggio sul supporto posto guida. Nella Figura 7.13 è mostrato il carrello senza componenti sovrastanti. Si noti la presenza di minuteria direttamente nel ripiano inferiore del carrello, consentendo di lavorare in golden zone (**codice criticità 8**). Utilizzando un sistema di fasce, viene sollevato l'intero gruppo sedile e montato sul supporto posto guida (**codice criticità 1**). L'adozione di fasce e della gru a bandiera elimina completamente i sollevamenti manuali, contribuendo significativamente alla riduzione dell'indice LI secondo l'analisi NIOSH.

Questo carrello consente di evitare il prelievo del sedile nelle "red zone" (al di sotto delle ginocchia) (**codice criticità 9**), riduce notevolmente il movimento durante l'operazione di

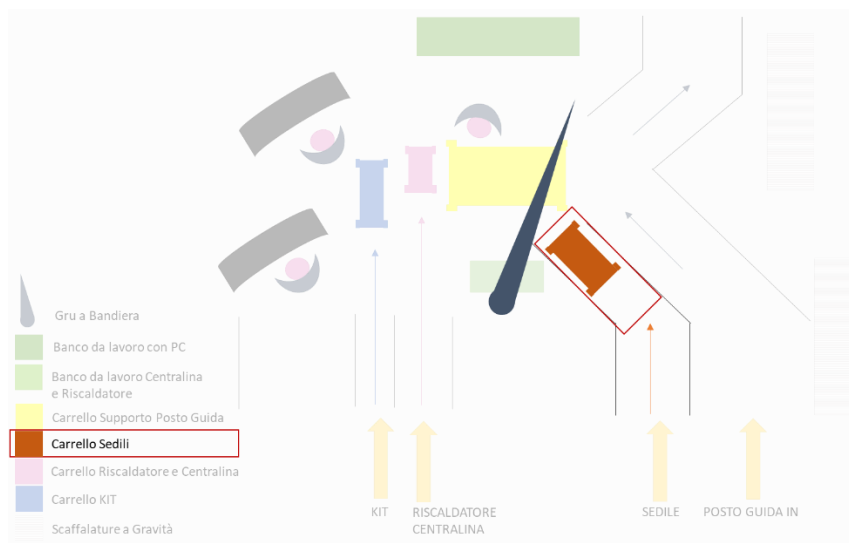
prelievo (**codice criticità 3** e **codice criticità 8**) e il tempo di ricerca del corretto sedile da montare (**codice criticità 6**). Come evidenziato nella Figura 7.15, grazie alle sue dimensioni ridotte e al sistema JIT, può essere facilmente posizionato e trasportato nelle vicinanze dell'area di lavoro del carrello del supporto posto guida.



**Figura 7.13** Scenario TO BE, Carrello "nudo" utilizzato per la movimentazione del sedile



**Figura 7.14** Sollevamento sedile tramite funi e gru a bandiera



**Figura 7.15** Asservimento carrello sedile

Di seguito, nella Tabella 7.6, sono riportate le criticità relative alla sicurezza, analisi del lavoro e asservimento linea dovute al precedente asservimento a lotti nello scenario AS IS e le azioni correttive introdotte dal carrello sedile nello scenario TO BE.

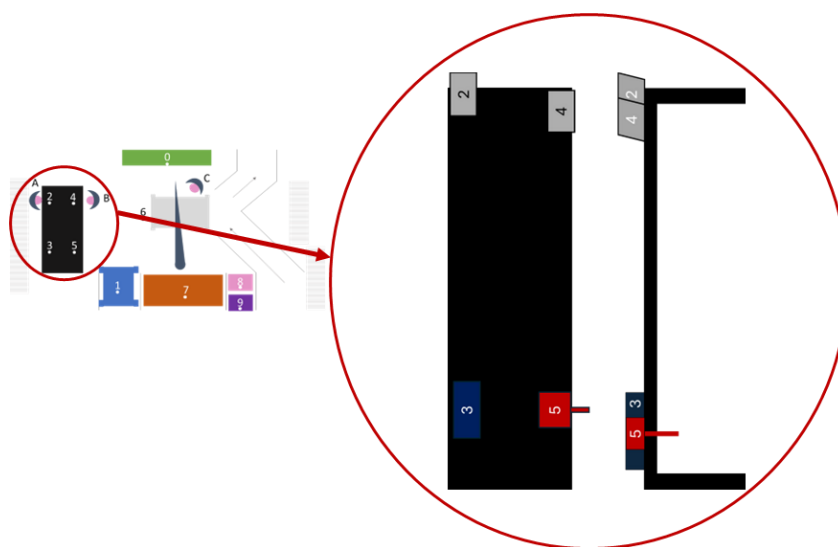
**Tabella 7.6** Azioni correttive tramite l'utilizzo del nuovo carrello sedile

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	Sistema di sollevamento tramite funi e gru a bandiera
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	/
N.V.A.A.	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
MOVIMENTAZIONE	Camminamento	3	La leggerezza e la dimensione ristretta del carrello consentono di avvicinare il punto di prelievo all'operatore
CONTROLLO	Fasi di controllo tubi idraulici	4	/
RICERCA	Ricerca strumenti di lavoro	5	/
	Ricerca materiale dei punti di prelievo	6	Azzerata la ricerca del sedile corretto tra i contenitori pallettizzati presenti al di fuori dell'area di lavoro del sottogruppo SG02
PREPARAZIONE	Tempi elevati di preparazione macchina	7	/
ASSERVIMENTO LINEA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
GOLDEN ZONE	Camminamenti dovuti a posizione lontana di materiali e strumentazioni	8	La leggerezza e la dimensione ristretta del carrello consentono di avvicinare il punto di prelievo all'operatore entro i 2000 mm
STRIKE POINT	Prelievi ad altezza ridotta (sotto le ginocchia)	9	Azzerato il prelievo del materiale in Red Zone (al di sotto delle ginocchia)

## 7.6. POSTAZIONI DI LAVORO

Nello Scenario AS IS, come riproposto nella Figura 7.16, era presente un banco di lavoro ingombrante caratterizzato dal posizionamento disordinato degli strumenti. Questo banco ospitava quattro postazioni di lavoro, ciascuna con una specifica utilità. Nelle prossime pagine verranno illustrate le differenze tra lo scenario AS IS e il TO BE attraverso immagini. Si ribadisce che, nello Scenario AS IS, le diverse postazioni erano le seguenti:

- la postazione 3 è utilizzata per i premontaggi sul manipolatore
- La postazione 5 è costituita da una morsa per il bloccaggio del manipolatore rispetto
- Le postazioni 2 e 4 sono identiche e sono utilizzate per l'assemblaggio del manipolatore sui supporti manipolatori.



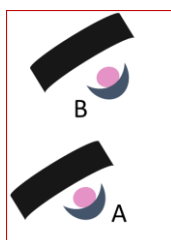
**Figura 7.16** Scenario AS IS, Banco di lavoro Operatori A e B

Di seguito, nella Tabella 7.7, sono riportate le criticità relative alla sicurezza, analisi del lavoro e asservimento linea evidenziate dal precedente banco di lavoro ingombrante e poco ergonomico (Scenario AS IS) e sono introdotte le azioni correttive previste dalla nuova postazione nello scenario TO BE.

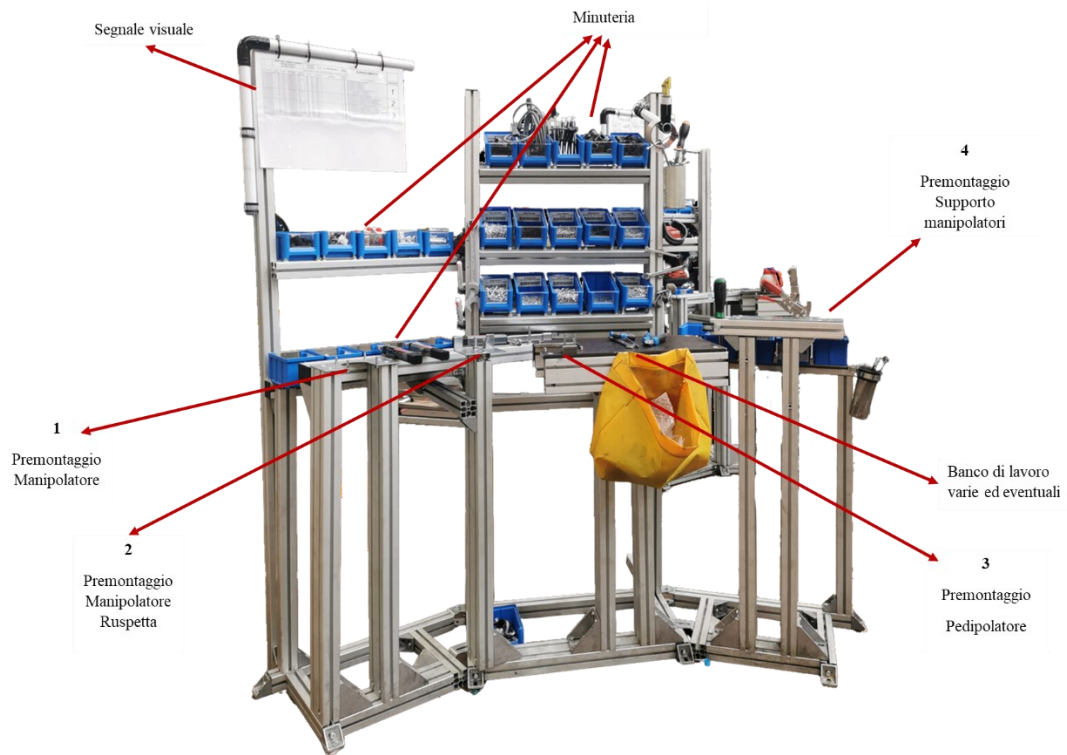
**Tabella 7.7** Azioni correttive tramite la creazione di nuove aree di lavoro

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	/
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	Sistemi di aggancio/sgancio rapido
N.V.A.A.	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
MOVIMENTAZIONE	Camminamento	3	Postazioni in perfetta Golden Zone
CONTROLLO	Fasi di controllo tubi idraulici	4	/
RICERCA	Ricerca strumenti di lavoro	5	Postazioni ottimizzate in perfetta Golden Zone con strumenti organizzati in posizioni strategiche
	Ricerca materiale dei punti di prelievo	6	/
PREPARAZIONE	Tempi elevati di preparazione macchina	7	Sistemi di aggancio/sgancio rapido che sostituiscono le precedenti morse e viti di serraggio
ASSERVIMENTO LINEA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	AZIONE CORRETTIVA
GOLDEN ZONE	Camminamenti dovuti a posizione lontana di materiali e strumentazioni	8	Postazioni in perfetta Golden Zone
STRIKE POINT	Prelievi ad altezza ridotta (sotto le ginocchia)	9	/

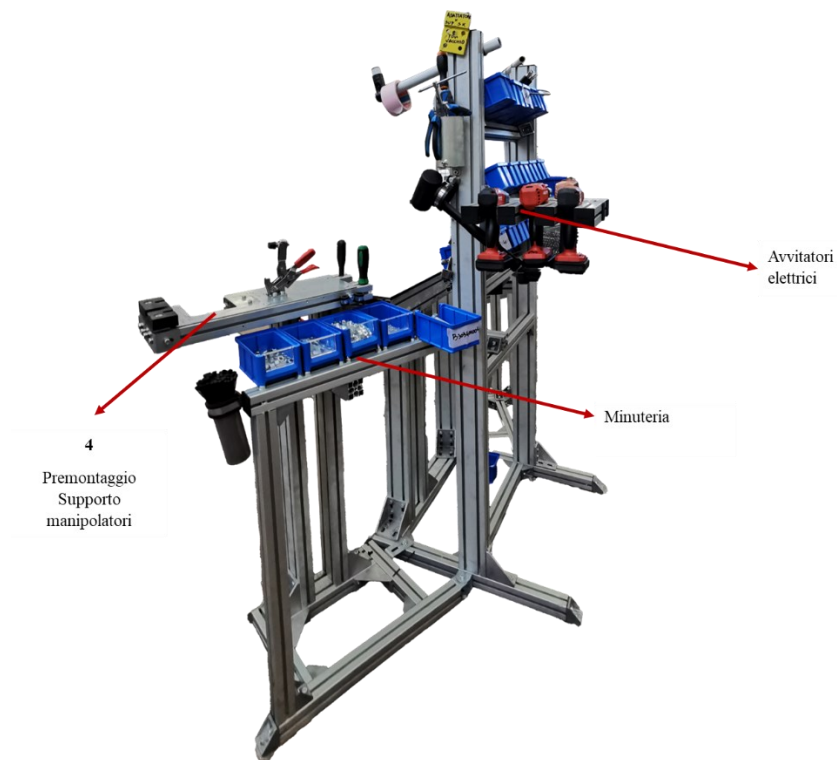
Nello Scenario TO BE, si è cercato di consolidare tutte le postazioni di lavoro precedentemente illustrate nella Figura 7.16 in una sola postazione ottimizzata nella "golden zone". La soluzione, presentata nelle Figure 7.18 e 7.19, è stata duplicata per rispecchiare la presenza delle due postazioni identiche (la n.2 e la n.4) utilizzate nello Scenario AS IS, dai due operatori (A e B) per il montaggio dei manipolatori sui supporti corrispondenti. Questo consente, nello Scenario TO BE, ai due operatori di lavorare contemporaneamente, aumentando così la versatilità dell'ambiente di lavoro. In Figura 7.17 si evidenzia la presenza delle due postazioni in modo schematicizzato.



**Figura 7.17** Scenario TO BE, postazioni duplicate



**Figura 7.18** Scenario TO BE, Fronte della postazione di lavoro



**Figura 7.19** Scenario TO BE, Retro della postazione di lavoro



In Figura 7.18 sono evidenziate, con dei numeri, le sotto postazioni presenti. Al fine di esaminare attentamente tutti i dettagli della postazione descritta nello scenario TO BE, l'analisi è stata suddivisa in quattro sottoparagrafi che seguono la numerazione della Figura 7.18, come segue:

7.6.1. Premontaggio Manipolatore

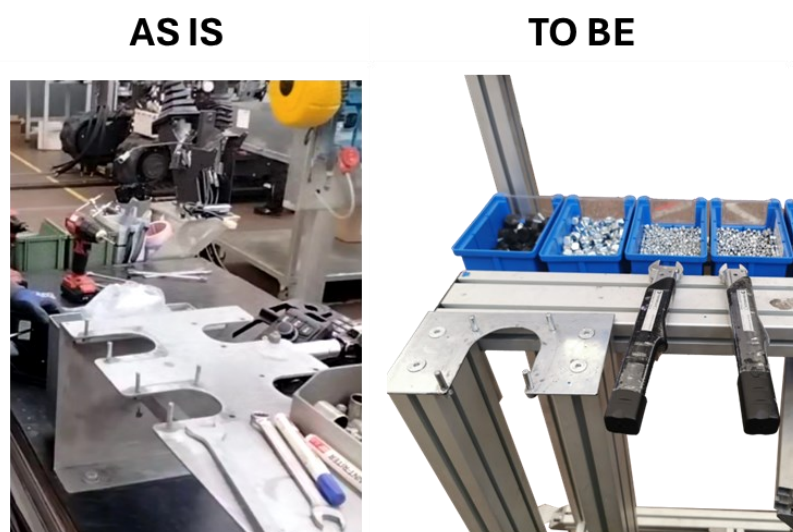
7.6.2. Premontaggio Manipolatore Ruspetta

7.6.3. Premontaggio Supporti Manipolatori

7.6.4. Premontaggio Pedipolatore

### **7.6.1. PREMONTAGGIO MANIPOLATORE**

Questa parte della postazione ha mantenuto la sua geometria invariata. In precedenza, nella postazione 3 vi erano due dime identiche per ospitare contemporaneamente due manipolatori, mentre ora ogni postazione è stata progettata con una sola geometria adatta per un solo manipolatore. In entrambi i casi si utilizza un sistema di aggancio/sgancio molto rapido. Nella Figura 7.20 è mostrata la differenza tra l'AS IS e il TO BE. In Figura 7.21 si mostra come la dima presente accoglie perfettamente il manipolatore attraverso l'utilizzo di due perni all'interno di due fori.



**Figura 7.20** Dima AS IS- Dima TO BE



**Figura 7.21** Scenario TO BE, Aggancio rapido manipolatore

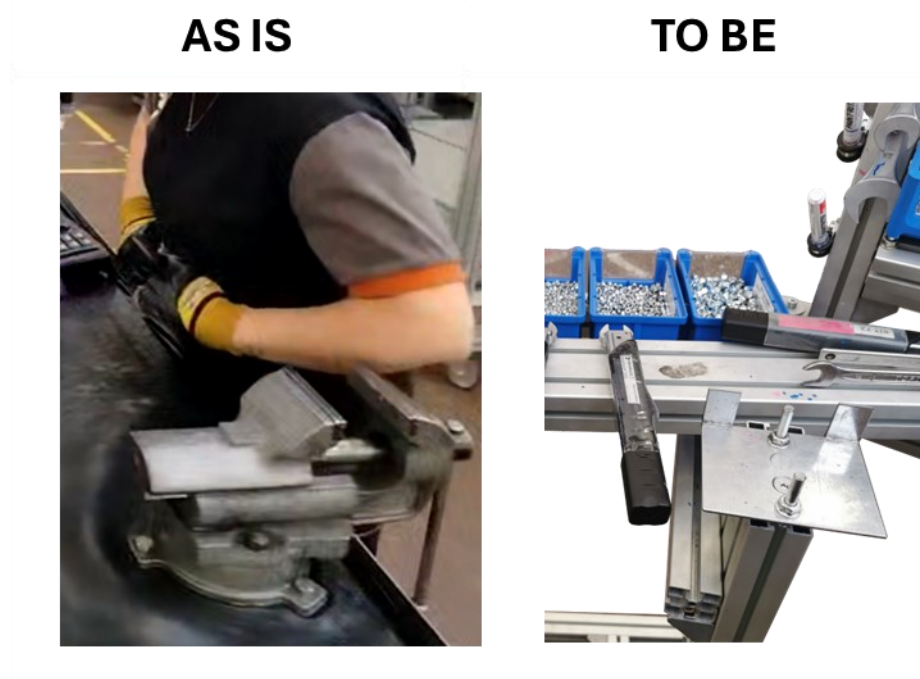
Nella panoramica della Figura 7.18, si osserva come tutta la minuteria utilizzata durante i preassemblaggi sia posizionata nella "golden zone" (**codice criticità 6**). Si nota inoltre che è stato previsto uno spazio adeguato alle chiavi dinamometriche, riducendo il rischio di smarrimento a causa dello spazio limitato. Inoltre, le chiavi hanno una probabilità minima di cadere, poiché rimangono attaccate al supporto tramite effetto calamita (**codice criticità 5**)

## **7.6.2. PREMONTAGGIO MANIPOLATORE RUSPETTA**

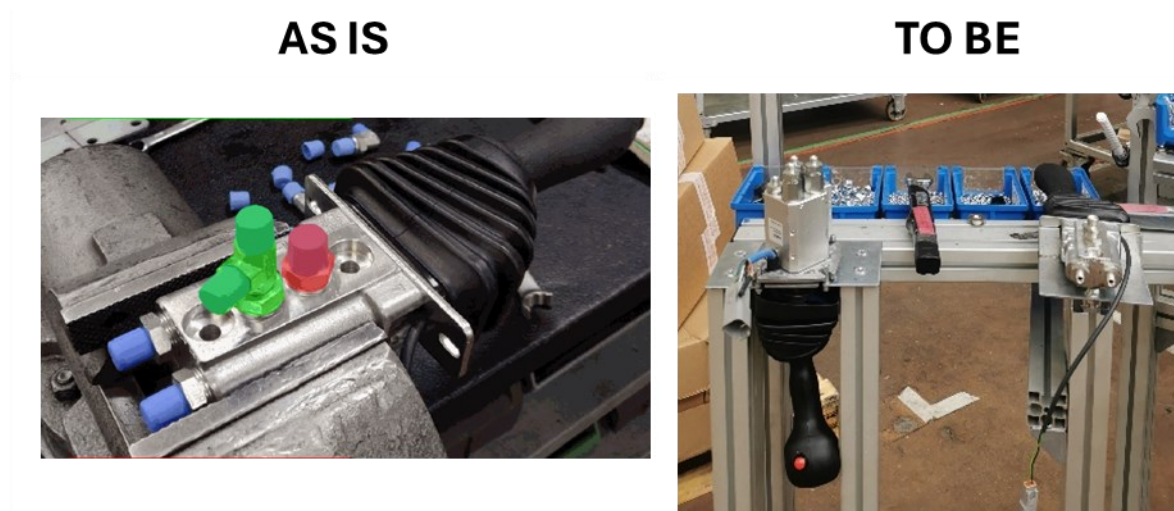
Il Manipolatore Ruspetta è un manipolatore aggiuntivo posto sulla destra del guidatore dell'escavatore, che deve essere montato sul supporto manipolatore DX insieme al classico manipolatore DX. Nello scenario AS IS, tale manipolatore veniva bloccato tramite una morsa per consentire le lavorazioni necessarie. Tuttavia, l'uso della morsa comportava un'eccessiva sollecitazione su gomito, polso e spalla (**codice criticità 2**), attività a non valore aggiunto dovuta all'apertura/chiusura della morsa (**codice criticità 7**) e possibili danneggiamenti al componente in alluminio.

L'obiettivo è stato la creazione di una geometria che permettesse un aggancio rapido per questo manipolatore, simile a quanto previsto per il manipolatore normale, come descritto nel precedente sottoparagrafo. Ora, invece di utilizzare una morsa che richiedeva l'apertura e la chiusura con il rischio di danneggiare il pezzo, è stata introdotta una dima. Questa dima

consente di fissare il pezzo semplicemente appoggiandolo, sfruttando la forma caratteristica dei componenti per mantenerli saldi in posizione. In Figura 7.22 e 7.23 si possono notare le differenze tra lo scenario AS IS e lo scenario TO BE, rispettivamente mostrando un confronto senza pezzo montato e con pezzo montato.



**Figura 7.22** Morsa AS IS – Dima TO BE



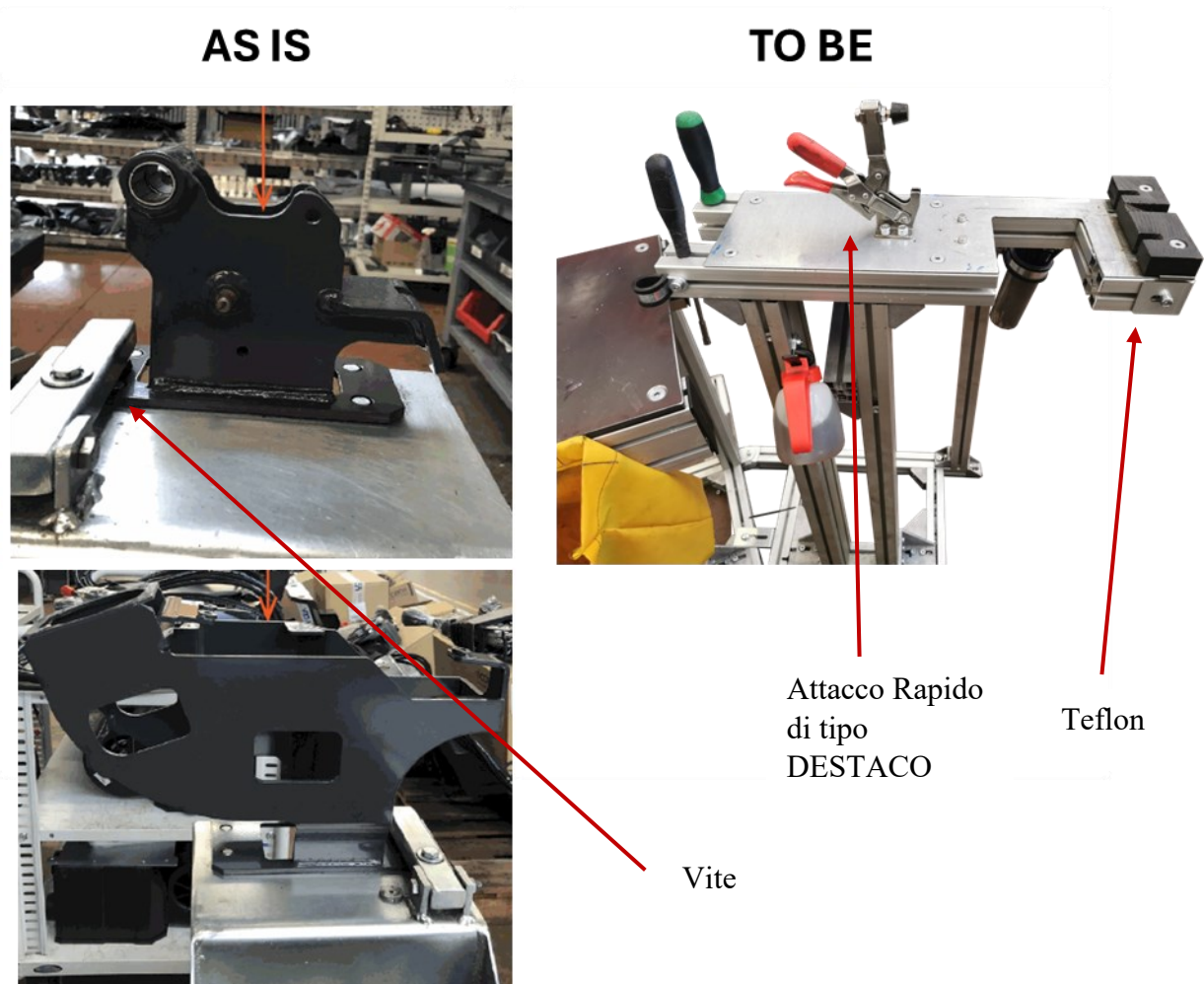
**Figura 7.23** Morsa AS IS- Dima TO BE con manipolatore Ruspetta agganciato

Questa dima è collocata accanto a quella descritta nel sottoparagrafo precedente. Anche in questo caso, si può notare come la minuteria e le chiavi dinamometriche siano posizionate perfettamente nella "golden zone" (**codice criticità 5 e codice criticità 6**).

### **7.6.3. PREMONTAGGIO SUPPORTI MANIPOLATORI**

I vincoli tecnologici illustrati in Figura 5.19 nel sottoparagrafo 5.5 mostrano come il montaggio dei manipolatori sui loro supporti (visibili nelle figure successive) rappresenti un passaggio successivo al premontaggio dei manipolatori, descritto nei sottoparagrafi 7.6.1 e 7.6.2. Nello Scenario AS IS, come visibile in Figura 7.24, il telaio del manipolatore viene fissato alla postazione di lavoro mediante una vite. Tale soluzione comporta una sollecitazione alle dita e al gomito al fine di avvitare e svitare tale vite (**codice criticità 2**), per il medesimo problema (preparazione attrezzo) è presente un N.V.A.A che comporta un costo aziendale (**codice criticità 7**). Il camminamento, considerato l'ingombro del banco di lavoro, è necessario per raggiungere tale postazione 4 (**codice criticità 3 e codice criticità 8**).

Nello Scenario TO BE, sempre visibile in Figura 7.24, l'area di lavoro è stata migliorata con l'integrazione di una parte in teflon per bloccare orizzontalmente il telaio e un attacco rapido tipo DESTACO per il bloccaggio verticale. La presenza di questo attacco rapido, posizionato accanto alle postazioni precedentemente citate, riduce dell'89% le attività a non valore aggiunto che in precedenza includevano la preparazione dell'attrezzo e i camminamenti. Questo consente inoltre di lavorare in maniera ergonomica con dita e gomito, comportando una riduzione dell'indice OCRA.



**Figura 7.24** Morsa AS IS-Attacco rapido tipo DESTACO TO BE nel premontaggio del supporto posto guida

#### 7.6.4. PREMONTAGGIO PEDIPOLATORE

Seguendo quanto descritto nel precedente sottoparagrafo, anche il pedipolatore, nello Scenario AS IS, veniva premontato utilizzando una morsa, per poi essere montato nel supporto del posto guida. L'uso della morsa, tuttavia, comportava un'eccessiva sollecitazione su gomito, polso e spalla evidenziata dall'analisi OCRA (**codice criticità 2**), attività a non valore aggiunto dovuta alla preparazione dell'attrezzatura e ai camminamenti tra le diverse postazioni del banco di lavoro (**codice criticità 7**), e possibili danneggiamenti al componente.

Nello Scenario TO BE, invece, è stata introdotta una dima che permette di fissare il pezzo semplicemente appoggiandolo, sfruttando la forma caratteristica dei componenti. La zona in cui si svolge questa operazione si trova sempre nella stessa postazione citata in Figura 7.17,

riducendo notevolmente i camminamenti e consentendo di lavorare interamente nella "golden zone". Si noti come, anche in questo caso, la minuteria e gli attrezzi sono posti fronte operatore, il che evita camminamenti per il prelievo di materiali e strumenti dispersi nel banco di lavoro precedente (**codice criticità 5** e **codice criticità 6**). In Figura 7.25 è illustrato il confronto tra lo scenario AS IS e lo scenario TO BE, mentre in Figura 7.26 è mostrata una foto di un operatore durante la fase di montaggio con il pedipolatore appoggiato sulla dima.



**Figura 7.25** Morsa AS IS- dima TO BE nel premontaggio del pedipolatore



**Figura 7.26** Pedipolatore in fase di montaggio sulla dima con geometria caratteristica del pezzo

## 7.7. CARRELLO KIT

Di seguito, nella Tabella 7.8, sono riportate le criticità relative alla sicurezza, attività a non valore aggiunto e asservimento linea e le azioni correttive introdotte dal nuovo carrello KIT nello scenario TO BE.

Il carrello KIT presente nello Scenario AS IS presentava numerosi problemi:

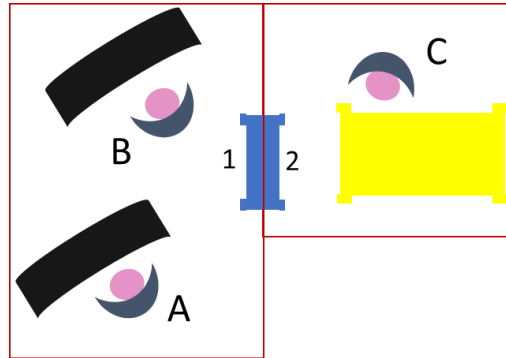
- Il suo ingombro impediva di avvicinarlo alle postazioni di lavoro, obbligando a un elevato numero di camminamenti per il prelievo dei componenti al suo interno (**codice criticità 3** e **codice criticità 8**).
- Costringeva l'operatore a prelevare i componenti con posture inadeguate e ripetitive (**codice criticità 2**), in particolare per i componenti situati nel ripiano inferiore, comportando operazioni in "red zone" (**codice criticità 9**).
- Il disordine presente nel carrello comportava un'attività a non valore aggiunto molto elevata per il riconoscimento dei componenti (**codice criticità 6**). Spesso l'operatore diretto chiedeva all'operatore indiretto la presenza di un componente specifico, causando perdite di tempo che potevano arrivare fino a mezz'ora.

Tutte queste criticità hanno trovato sollievo in un carrello KIT semplice ed economico ma molto efficace. L'efficacia è nell'evitare che l'operatore possa sbagliare. Si presenta in Figura 7.27 la differenza tra il precedente KIT e il nuovo.



Figura 7.27 Carrello KIT AS IS- Carrello KIT TO BE

Il carrello KIT è stato progettato con due lati distinti, visibili in Figura 7.28. Un lato è utilizzato dagli operatori A e B che lavorano principalmente nelle nuove postazioni di lavoro. L'altro lato è riservato all'operatore che lavora prevalentemente nella postazione del posto guida.

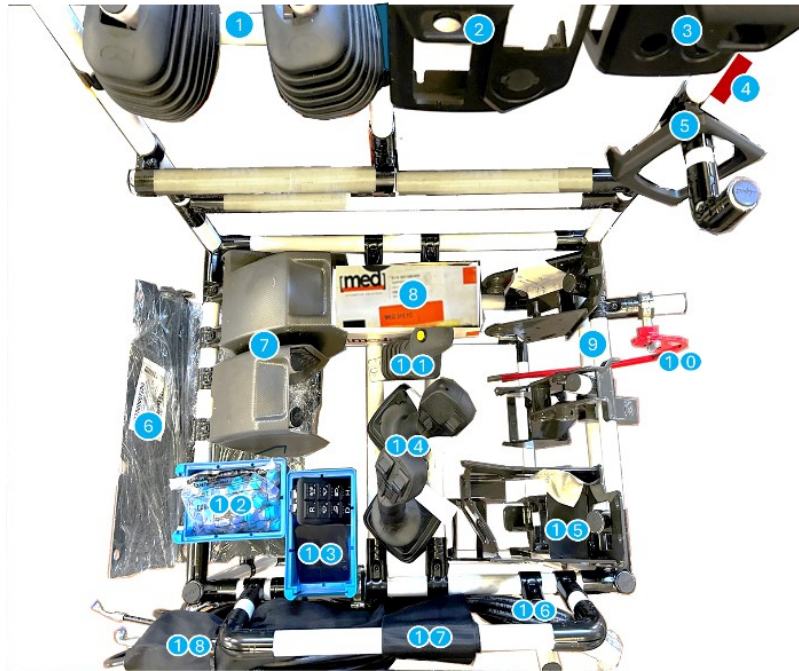


**Figura 7.28** Focus sull'asservimento differenziato dei due lati del carrello: il lato 1 dedicato agli operatori A e B, il lato 2 è riservato all'operatore C

Le Figure 7.29 e 7.30 illustrano la geometria del nuovo carrello KIT e i componenti su entrambi i lati. Si tratta di componenti di dimensioni medie o piccole e di valore non troppo elevato. Ogni componente ha una posizione fissa, mantenuta costante durante ogni asservimento in quest'area. Inoltre, nella parte superiore del carrello, su entrambi i lati, è presente un cartello visivo che descrive ai nuovi operatori i componenti nelle diverse posizioni.

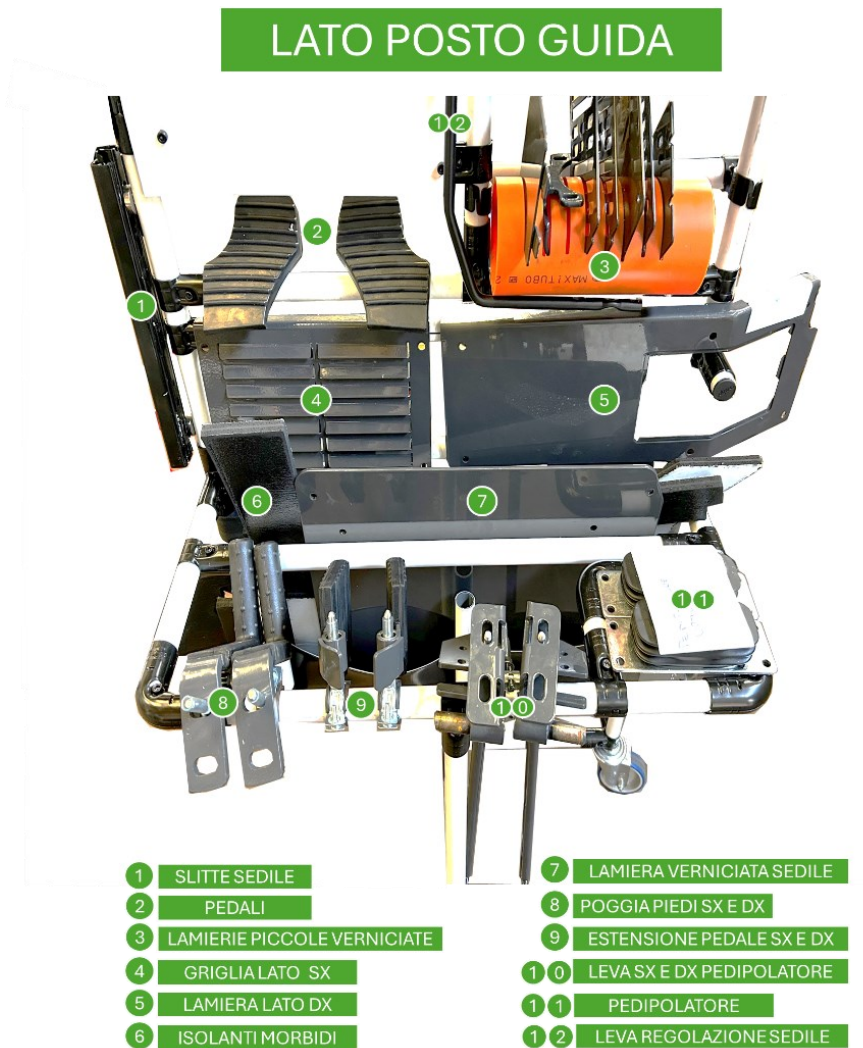


## LATO MANIPOLATORI



- |     |                               |     |                               |
|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|
| 1   | CUFFIE SX E DX (8/9TON)       | 1 1 | RUSPETTA                      |
| 2   | PLANCIA SX                    | 1 2 | KIT RACCORDI                  |
| 3   | PLANCIA DX                    | 1 3 | MINUTERIE                     |
| 4   | FERMO SICUREZZA ROSSO         | 1 4 | MANIPOLATORE SX E DX          |
| 5   | CORNICE PLASTICA MANIPOLATORE | 1 5 | TELAIO MANIPOLATORE FISSO     |
| 6   | LAMIERA VERNICIATA A L        | 1 6 | KIT TUBI CORTO                |
| 7   | COVER PLASTICA MANIP. SX E DX | 1 7 | CALZA COPRI TUBO              |
| 8   | MED                           | 1 8 | KIT TUBI MANIPOLATORE SX + DX |
| 9   | TELAIO MANIPOLATORE MOBILE    |     |                               |
| 1 0 | LEVA                          |     |                               |

**Figura 7.29** Scenario TO BE, Carrello KIT- lato postazione Manipolatori



**Figura 7.30** Scenario TO BE, Carrello KIT- lato postazione Posto Guida

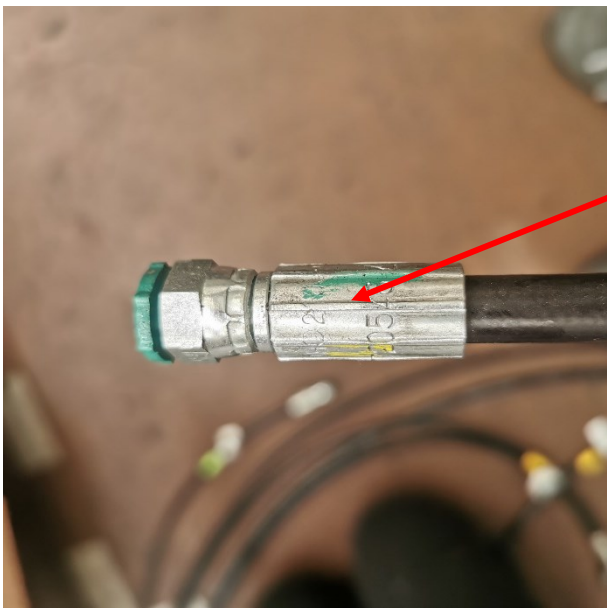
Il nuovo carrello occupa solo un quarto dello spazio rispetto al precedente, risultando quindi molto più facile da portare vicino alle postazioni di lavoro. Come si può notare in Figura 7.31, a differenza di quanto mostrato nell'illustrazione dello Scenario AS IS di Figura 5.18, il nuovo carrello può essere posizionato molto più vicino.



## 7.8. TUBI IDRAULICI

L'attività a non valore aggiunto riguardante la ricerca dei corretti tubi idraulici per ciascuna tipologia di attività svolta è, come visibile nel sottoparagrafo 6.2.4, molto rilevante. Infatti, i minuti spesi per il loro disimballo sono, per gli operatori A, B e C rispettivamente 2 minuti, 5 minuti e 1 minuto.

In precedenza, tali tubi idraulici erano asserviti in contenitori in modo disordinato. Il criterio per la scelta di tali tubi era il codice inciso in Figura 7.32.



Codice  
identificativo tubo  
idraulico, Scenario  
AS IS

**Figura 7.32** Scenario AS IS - Tubo idraulico

Il metodo di riconoscimento dei tubi comportava molti minuti spesi per il controllo degli stessi, al fine di montarli nella posizione corretta. Un errore in questo processo potrebbe generare gravi problemi di qualità. L'inversione dei tubi idraulici, infatti, potrebbe causare un funzionamento del veicolo completamente opposto rispetto a quanto progettato.

Era necessario trovare un'idea per ridurre il valore aggiunto di questa attività. Si è deciso di utilizzare:

- Targhette colorate
- Un'ulteriore targhetta bianca con un codice più facilmente riconoscibile

L'uso dei colori consente di rendere immediatamente riconoscibili i tubi idraulici agli operatori diretti. In caso di controllo randomico, le targhette bianche risultano molto più evidenti, facilitando l'identificazione di eventuali errori dovuti a disattenzione.

In Figura 7.33 si osserva la semplice implementazione, realizzata in collaborazione con il fornitore senza costi aggiuntivi, che rende la ricerca di tali tubi molto più immediata.



**Figura 7.33** Scenario TO BE, Tubo idraulico

Targhetta  
identificativa con  
codice

Targhetta  
identificativa  
colorata

## **8. ANALISI DELLE SOLUZIONI SG02**

Le ottimizzazioni descritte nel capitolo 7, dal punto di vista del Manufacturing, sono il risultato di un lavoro condiviso tra diversi reparti aziendali che hanno sistematicamente scambiato tutte le informazioni e conoscenze in loro possesso.

Queste ottimizzazioni sono state implementate nell'attuale linea di assemblaggio, ma si prevede di effettuare l'avvio della nuova linea in una campata differente entro settembre. Durante il periodo estivo, saranno migliorati la pavimentazione, il sistema di condizionamento, i sistemi di aspirazione e l'asservimento dei liquidi.

Successivamente alle implementazioni introdotte, sono state effettuate valutazioni analoghe a quelle svolte nello scenario AS IS, al fine di misurare l'impatto delle ottimizzazioni sulla sicurezza, sulle attività a non valore aggiunto e sull'asservimento della linea. Tali valutazioni sono presentate di seguito.

### **8.1. SICUREZZA**

Le ottimizzazioni hanno portato a un significativo miglioramento ergonomico, sia per quanto riguarda i sollevamenti che le attività ripetitive. Di seguito sono riportati i risultati ottenuti grazie alle soluzioni introdotte. Come menzionato nel capitolo 3, è impossibile confrontare direttamente eventi reali di sicurezza, poiché le nuove ottimizzazioni sono state introdotte solo da poche settimane. Pertanto, ci si baserà su analisi previsionali ergonomiche.

#### **8.1.1. ANALISI NIOSH**

Le ottimizzazioni previste nel capitolo 7 hanno portato a una notevole riduzione delle attività di sollevamento manuale dei carichi nel sottogruppo SG02. Nella Tabella 8.1 sono riassunte le criticità valutate nello scenario AS IS e tutti gli interventi/implementazioni messi/e in atto per ridurre i sollevamenti manuali, come evidenziato dall'analisi NIOSH.

**Tabella 8.1** Sommario implementazioni ergonomiche – Attività di sollevamento – Analisi NIOSH

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	IMPLEMENTAZIONI PER ELIMINARE CRITICITÀ
NIOSH	Sollevamenti e Movimentazioni di carichi manuali	1	7.3 Attrezzo di Sollevamento Centralina
			7.4 Attrezzo di sollevamento Riscaldatore
			7.5 Carrello Sedile con Funi e Gru a bandiera
			7.7 Carrello KIT

L'introduzione di attrezzi di sollevamento per i seguenti componenti, precedentemente sollevati manualmente:

- Centralina (paragrafo 7.3)
- Riscaldatore (paragrafo 7.4)
- Sedile (paragrafo 7.5)

ha consentito l'eliminazione di tutte le attività di sollevamento precedentemente esistenti (indicate con una "x" in Tabella 8.2).

Per un confronto diretto con i dati si faccia riferimento alla Tabella 6.3 presente nel sottoparagrafo 6.1.3.1.

**Tabella 8.2** Elenco componenti di peso maggiore di 3kg valutati nell'analisi NIOSH

DENOMINAZIONE	PESO [Kg]	N. SOLL. PER TURNO	M 20-45	M <20 o >45	F 20-45	F <20 o >45
Riscaldatore da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	16	4	1,7	2,1	2,1	2,8
Riscaldatore da Banco di lavoro a Posto Guida	17,1	4	1,2	1,23	1,23	1,63
Centralina da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	18	4	1,7	2,1	2,1	2,8
Centralina da Banco di lavoro a Posto Guida	18,4	4	1,2	1,47	1,47	1,95
Sedile da Carico Pallettizzato a Banco di lavoro	15	4	1,7	1,55	1,55	2,07
Sedile da Banco di lavoro a Posto Guida	15,8	4	1,2	1,35	1,35	1,79
Manipolatore SX da KIT a Banco di Lavoro	5,2	4	0,21	0,25	0,25	0,33
Manipolatore DX da KIT a Banco di Lavoro	5,6	4	0,22	0,24	0,24	0,31
Supporti Manipolatore DX da KIT a Banco di Lavoro	4,8	4	0,20	0,29	0,29	0,38
Gruppo Manipolatore DX da Banco di lavoro a Posto Guida	10,1	4	0,37	0,45	0,45	0,59
Gruppo di cavi	6	4	0,34	0,41	0,41	0,54
Supporto superiore e inferiore manipolatore SX da KIT a Banco di Lavoro	5,5	4	0,33	0,40	0,40	0,52
Gruppo Manipolatore DX da Banco di lavoro a Posto Guida	10,3	4	0,21	0,25	0,25	0,33
Piastra sotto sedile	5,4	4	0,22	0,24	0,24	0,31

Successivamente, gli altri componenti ancora sollevati manualmente sono elencati in Tabella 8.2 sotto la voce "DENOMINAZIONE". Tuttavia, il loro indice LI è diminuito rispetto allo Scenario AS IS, poiché il nuovo carrello KIT riduce i seguenti parametri:

- Altezza da terra delle mani all'inizio (o alla fine) del sollevamento (Fattore VM)
- Distanza Verticale di spostamento fra inizio e fine del sollevamento (Fattore DM)
- Distanza Orizzontale tra le mani e il punto di mezzo delle caviglie (Fattore HM)
- Dislocazione angolare del peso o torsione del tronco (Fattore AM)

E ricordando che:

$$Peso\ raccomandato = CP \times VM \times DM \times HM \times AM \times CM \times FM$$



$$LI = \frac{\text{Peso sollevato}}{\text{Peso raccomandato}}$$

Tale riduzione è chiaramente visibile dal confronto delle posture tra lo scenario AS IS e lo scenario TO BE nelle Figure 8.1 e 8.2.



**Figura 8.1** Scenario AS IS per il prelievo di componenti da carrello KIT



**Figura 8.2** Scenario TO BE per il prelievo di componenti dal nuovo carrello KIT

Si ottengono, infine, i nuovi risultati mostrati in Tabella 8.3.

**Tabella 8.3** Indice LI -Scenario TO BE

MANSIONI		M	M	F	F
		20-45	<20 o >45	20-45	<20 o >45
SOTTOGRUPPI					
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del posto guida	0,30	0,369	0,369	0,49

### 8.1.2. ANALISI OCRA

Le implementazioni previste nel capitolo 7 hanno portato a una riduzione notevole delle attività di sollecitazioni nella parte superiore del rachide dovuto ad attività ripetitive nel sottogruppo SG02. Si trovano nel sommario della Tabella 8.4 tutte le implementazioni realizzate per ridurre le attività ripetitive che sollecitano il rachide.

**Tabella 8.4** Sommario implementazioni ergonomiche - Attività ripetitive -Analisi OCRA

SICUREZZA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	IMPLEMENTAZIONI PER ELIMINARE CRITICITÀ
OCRA	Sollecitazioni polso, gomito e spalla di attività ripetitive	2	7.1 Carrello Girevole 7.6 Postazioni di lavoro

### Operatori A e B

L'introduzione delle nuove postazioni di lavoro descritte nel paragrafo 7.6 ha eliminato la necessità della morsa, che oltre a causare problemi di danneggiamento e attività a non valore aggiunto, comportava movimenti inadeguati di polso, gomito e spalla. L'utilizzo di chiavi dinamometriche al posto delle chiavi manuali ha contribuito a ridurre la forza necessaria per il serraggio a coppia delle varie valvole e tubi idraulici.

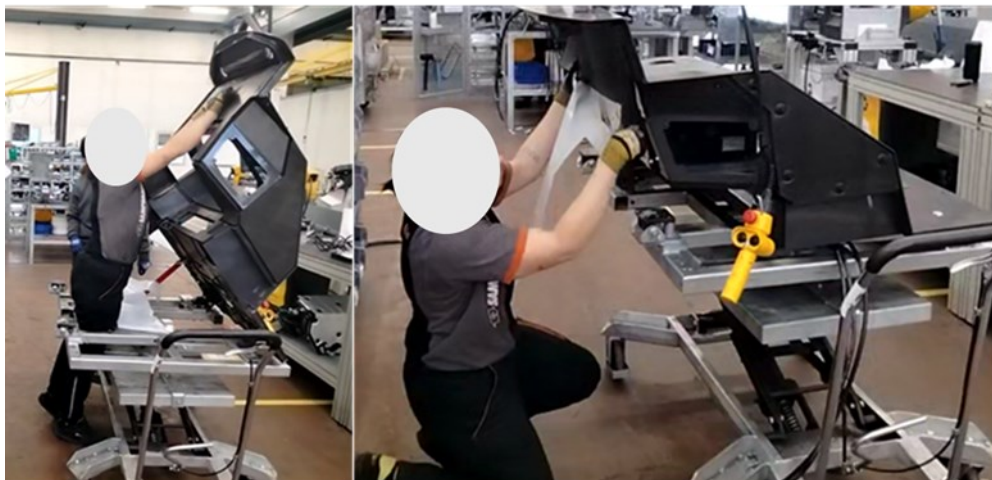
## Operatori B e C

L'introduzione del nuovo carrello girevole, descritto nel paragrafo 7.1, ha migliorato la postura degli operatori B e C durante i montaggi sul supporto sedile. La possibilità di ruotare il carrello a 360 gradi evita posture inadeguate di polso, gomito e spalla.

Ricordando che l'indice OCRA si calcola attraverso i seguenti parametri:

- Parametro "recupero"
- Parametro "frequenza"
- Parametro "forza"
- Parametro "postura"
- Parametro "complementari" (precedentemente pari a 0, quindi non ottimizzato)

Si è riusciti ad agire positivamente sulla postura e sulla forza applicata, riducendo significativamente gli indici OCRA di tali attività. Si noti, attraverso le Figure 8.3 e 8.4, la significativa differenza nella postura del rachide durante le lavorazioni sul supporto posto guida. Si evidenzia come le braccia non siano più utilizzate a livello delle spalle e come si evitino torsioni della schiena. Rimangono invariate alcune posizioni inadeguate delle mani.



**Figura 8.3** Postura Operatori B e C nello Scenario AS IS



**Figura 8.4** Postura Operatori B e C nello Scenario TO BE

In Tabella 8.5 sono evidenziati gli indici OCRA degli operatori A, B e C dopo l'implementazione delle soluzioni descritte. Per un confronto diretto con i dati AS IS si faccia riferimento alla Tabella 6.4 presente nel sottoparagrafo 6.1.3.1.

**Tabella 8.5** Dettaglio Indici OCRA per operatore del sottogruppo SG02

	Dettaglio	Durata [min]	% <sup>137</sup>	Arto DX	Arto SX
<b>A</b>	d. Premontaggio manipolatore SX; e. montaggio manipolatore SX su posto guida; f. passaggio dei cavi	84	33,47%	7	7,6
<b>B</b>	e. Premontaggio manipolatore DX, f. Montaggio manipolatore DX su posto guida; g. Premontaggio sedile, h. Premontaggio e Montaggio riscaldatore	92	36,65%	7,2	7,6
<b>C</b>	f. Preparazione posto guida; g. Applicazione dei fono assorbenti; h. Premontaggio e montaggio centralina; i. Passaggio dei cavi; j. Montaggio del sedile	75	29,88%	6,5	7

Tali risultati, valutati ponderatamente rispetto al minutaggio di ciascun operatore, sono rappresentati in Tabella 8.6.

**Tabella 8.6** Indice OCRA definitivo - Scenario TO BE- sottogruppo SG02

MANSIONI		LI ARTO DX	LI ARTO SX
<b>SOTTOGRUPPO</b>			
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del gruppo posto guida	6,9	7,42

<sup>137</sup> % minutaggio dell'operatore rispetto ai tempi ciclo complessivo del sottogruppo SG02

## 8.2. ANALISI DEL LAVORO

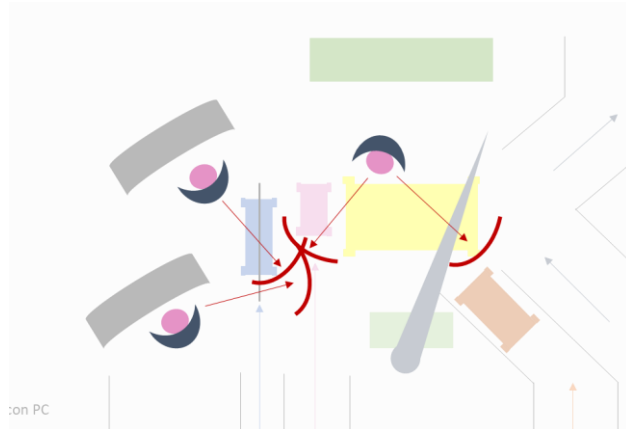
### 8.2.1. N.V.A.A.

Le implementazioni previste nel capitolo 7 hanno portato ad una riduzione notevole delle attività a non valore aggiunto presenti nel sottogruppo SG02. Si presentano, nel sommario di Tabella 8.7, tutte le criticità valutate nello scenario AS IS e le implementazioni messe in atto per la riduzione delle attività a non valore aggiunto attraverso le soluzioni messe in atto nel capitolo 7.

**Tabella 8.7** Sommario Implementazioni del cap. 7 per ridurre le attività a non valore aggiunto

N.V.A.A.	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	IMPLEMENTAZIONI PER ELIMINARE CRITICITÀ
MOVIMENTAZIONE	Camminamento	3	7.1. Carrello Supporto Posto Guida Girevole
			7.2. Carrello Centralina e Riscaldatore
			7.5 Carrello Sedile
			7.6 Postazioni di lavoro
CONTROLLO	Fasi di controllo tubi idraulici	4	7.8 Tubi Idraulici
RICERCA	Ricerca strumenti di lavoro	5	7.6 Postazioni di lavoro
	Ricerca materiale dei punti di prelievo	6	7.6 Postazioni di lavoro 7.7 Carrello KIT
PREPARAZIONE	Tempi elevati di preparazione macchina	7	7.6 Postazioni di lavoro

Parlando di movimentazione, si nota come nel nuovo layout il camminamento sia ridotto grazie all'asservimento dei materiali e della strumentazione. Le frecce in rosso nella Figura 8.5 indicano una distanza di circa 1 metro, sufficiente per accedere a quasi tutti i componenti e le strumentazioni necessarie.

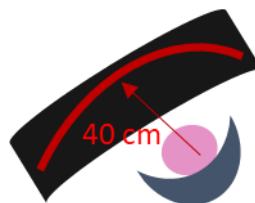


**Figura 8.5** Distanze nel nuovo layout del SG02

Le postazioni descritte nel paragrafo 7.6 sono invece polivalenti, in grado di:

- ridurre i tempi di inattività per il prelievo dei materiali di tipo minuteria;
- eliminare i camminamenti precedentemente necessari all'interno del banco di lavoro.

Si noti dalla Figura 8.6, infatti, che la distanza tra l'operatore e i punti più lontani di tali postazioni è di 40 cm, consentendo di prelevare qualunque componente e strumento semplicemente girando il corpo<sup>138</sup>.



**Figura 8.6** Scenario TO BE- Postazione di lavoro

Il controllo dei tubi idraulici, come menzionato nel paragrafo 7.8, è stato valutato e ha mostrato miglioramenti con l'utilizzo delle targhette colorate. Questa implementazione sarà

---

<sup>138</sup> Per ulteriori dettagli si rimanda alla specifica Figura 7.18, il cui contenuto non viene ripetuto qui per evitare duplicazioni.

ulteriormente valutata per identificare metodi che ottimizzino ulteriormente le tecniche al fine di ridurre i tempi di attività a non valore aggiunto.

Dopo cinque diverse rilevazioni dei tempi nello Scenario TO BE, si sono ottenute le Tabelle 8.8, 8.9 e 8.10 che confrontano i tempi delle attività non a valore aggiunto tra lo Scenario AS IS e lo Scenario TO BE per ogni operatore.

**Tabella 8.8** Confronto N.V.A.A Scenario AS IS- Scenario TO BE Operatore A

N.V.A.A.		Timing	
		AS IS	TO BE
Movimentazione	Spostamenti (steps)	15,5 min	5 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	8,5 min	3,5 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	4 min	0,5 min
	Ricerca Materiale	14 min	1 min
Imballo /Disimballo	Imballo sedili e manipolatori	1,5 min	1,5 min
	Disimballo tubi idraulici	2 min	0,5 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto manipolatore /pedipolatore	4 min	0 min
	Rimozione tappi	2,5 min	2,5 min
<b>Sommatoria</b>		<b>55 min</b>	<b>17,5 min</b>

**Tabella 8.9** Confronto N.V.A.A Scenario AS IS- Scenario TO BE Operatore B

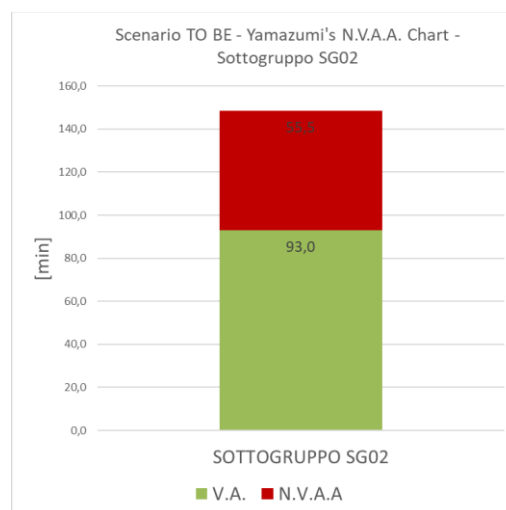
N.V.A.A.		Timing	
		AS IS	TO BE
Movimentazione	Spostamenti (steps)	19 min	7 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	5 min	2,5 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	4 min	0,5 min
	Ricerca Materiale	16 min	3 min
Imballo /Disimballo	Imballo sedili e manipolatori	1,5 min	1,5 min
	Disimballo tubi idraulici	5 min	1 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto manipolatore /pedipolatore	1,5 min	0 min
	Rimozione tappi	2 min	2 min
<b>Sommatoria</b>		<b>57 min</b>	<b>20,5 min</b>



**Tabella 8.10** Confronto N.V.A.A Scenario AS IS- Scenario TO BE Operatore C

N.V.A.A.		Timing	
		AS IS	TO BE
Movimentazione	Spostamenti (steps)	23 min	9 min
Controllo	Fasi di controllo e ispezione tubi idraulici	0 min	0 min
Compilazione Dati	Inserimento manuale dati nel MES	3 min	3 min
Ricerca	Ricerca strumenti su banco di lavoro	2 min	0 min
	Ricerca Materiale	5 min	1 min
Imballo /Disimballo	Imballo sedili e manipolatori	0,5 min	0,5 min
	Disimballo tubi idraulici	1 min	0 min
Preparazione	Preparazione Macchina per bloccare supporto posto guida	9,5 min	2 min
	Rimozione tappi	2 min	2 min
<b>Sommatoria</b>		<b>46 min</b>	<b>17,5 min</b>

Dopo aver sommato i tempi delle attività a non valore aggiunto di tutti e tre gli operatori, si è constatato che nel nuovo Scenario TO BE il tempo totale dedicato a queste attività è stato di 55,5 minuti<sup>139</sup>. Pertanto, grazie alle implementazioni introdotte, le attività a non valore aggiunto sono diminuite del 64.96%. È possibile osservare il diagramma a pile di Yamazumi relativo esclusivamente al sottogruppo SG02 nella Figura 8.6.



**Figura 8.7** Scenario TO BE -Yamazumi Chart- Sottogruppo SG02

<sup>139</sup> Per un confronto si rimanda alla Figura 6.15 del sottoparagrafo 6.2.4

## 8.2.2. BILANCIAMENTO LINEA

L'analisi condotta per il sottogruppo SG02 è stata estesa a tutta la linea di produzione, come riportato nella Figura 8.8. Si notano chiaramente, rispetto al diagramma di Yamazumi della Figura 6.15, la riduzione del minutaggio delle attività a non valore aggiunto su tutta la linea.

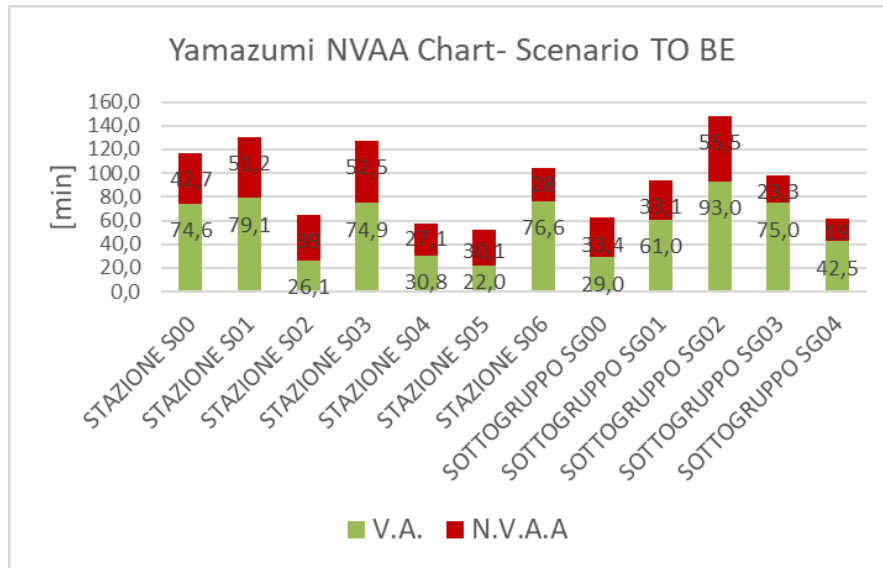


Figura 8.8 Scenario TO BE - Yamazumi N.V.A.A. Chart

Oltre alle evidenti riduzioni del minutaggio delle attività non a valore aggiunto, si osserva un notevole squilibrio tra le diverse stazioni e sottogruppi in termini di tempo ciclo. Per analizzare meglio queste tempistiche, vengono valutati i tempi ciclo di ogni operatore dopo la riduzione di molte attività non a valore aggiunto. Si riportano, in Figura 8.9 e in Figura 8.10, i tempi ciclo ridotti delle attività a non valore aggiunto di ogni operatore, considerando il numero degli operatori come nello Scenario AS IS.

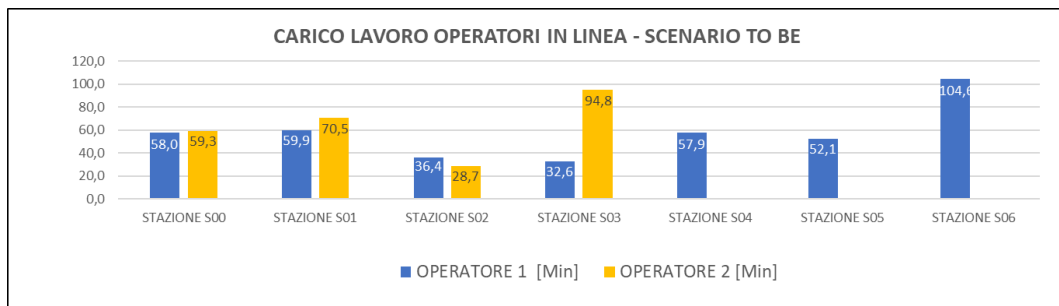
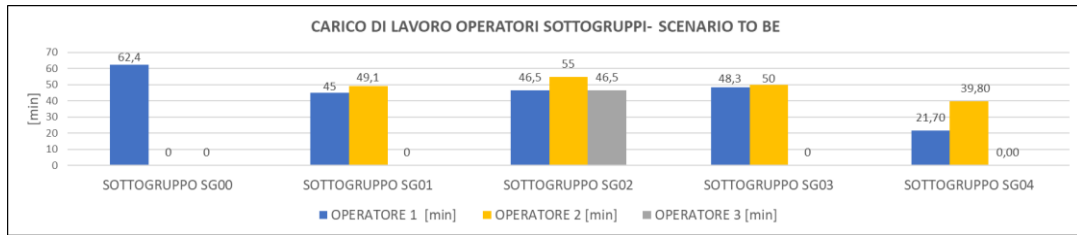


Figura 8.9 Carico di lavoro Operatori in Linea dopo la riduzione delle N.V.A.A.



**Figura 8.10** Carico di lavoro Operatori nei sottogruppi dopo la riduzione delle N.V.A.A.

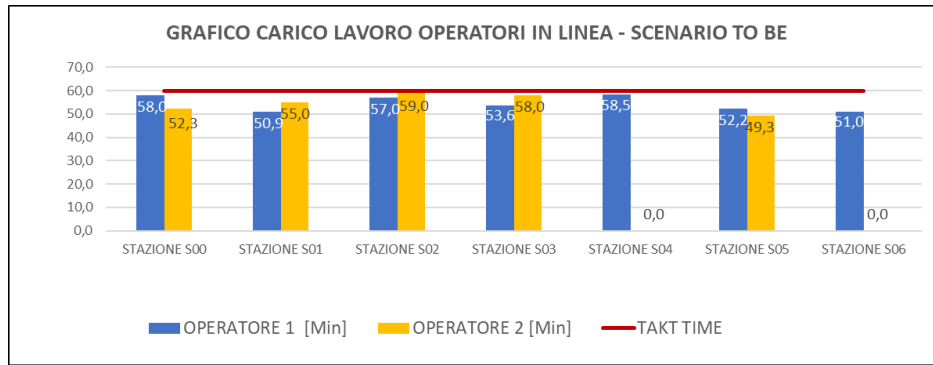
I tempi ciclo di ogni stazione sono stati significativamente ridotti grazie alle ottimizzazioni implementate. Ciò permette di esplorare possibilità ambiziose e valutare l'effettivo potenziale di aumento della produzione.

Considerando i nuovi trend di mercato, i team commerciali hanno suggerito di mirare a una produzione di 12 veicoli al giorno. Questo implica una produzione di 6 veicoli per turno su due turni, e 7,5 veicoli a turno considerando un'efficienza dell'80%.

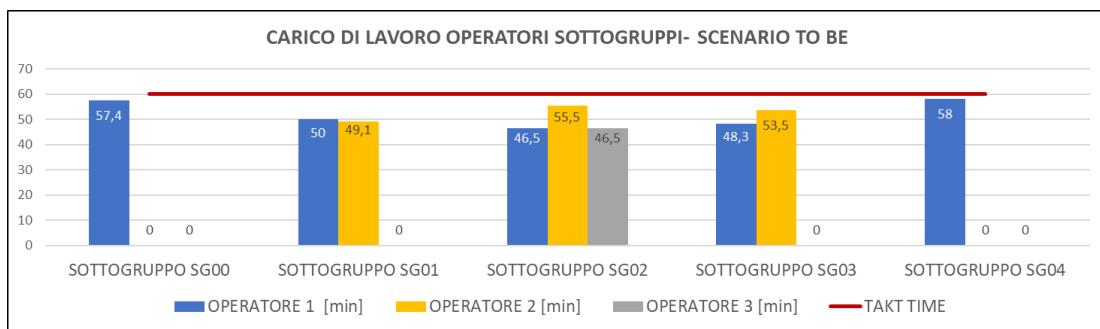
Il takt time con questa produzione sarebbe pari a:

$$Takt\ Time = \frac{F}{D} = \frac{\text{minuti di lavoro in linea per turno}}{\text{produzione richiesta per turno}} = \frac{450}{7.5} = 60\ \text{minuti}$$

Si noti nelle Figure 8.9 e 8.10 come, dopo aver ridotto le attività a non valore aggiunto, ci siano ancora alcuni operatori con tempo ciclo superiore al takt time richiesto. In particolare, nelle stazioni S01, S03 e S06, e anche nel sottogruppo SG00 si presenta la stessa situazione. L'obiettivo di aumentare la produzione a 12 veicoli al giorno implica la necessità di ridurre il tempo ciclo del bottleneck a 60 minuti. Questo risultato è stato fondamentale ed è stato ottenuto grazie al processo di bilanciamento delle operazioni, un aspetto cruciale possibile però solo dopo aver ridotto le attività a non valore aggiunto attraverso le implementazioni effettuate in tale tesi. Si rappresenta nelle Figure 8.11 e 8.12. il risultato del bilanciamento.



**Figura 8.11** Tempo Ciclo Operatori dopo il Bilanciamento Linea



**Figura 8.12** Tempo Ciclo Operatori dopo Bilanciamento Sottogruppi

Si noti come, sul lato della linea, si sia raggiunto il tempo ciclo bottleneck di 60 minuti grazie all'aggiunta di un operatore, precisamente nella stazione S05. Nei sottogruppi, invece, la riduzione delle attività non a valore aggiunto ha causato la diminuzione di un operatore, precisamente nel sottogruppo SG04.

La saturazione dopo il bilanciamento è evidenziata nelle Tabelle 8.11 e 8.12, rispettivamente per la linea e per i sottogruppi.

**Tabella 8.11** Saturazione operatori Linea - Scenario TO BE

SATURAZIONE	OPERATORE 1 (%)	OPERATORE 2 (%)	% SATURAZIONE MEDIA
STAZIONE S00	96,67	87,17	91,92
STAZIONE S01	84,78	91,67	88,22
STAZIONE S02	95,00	98,33	96,67
STAZIONE S03	89,33	96,67	93,00
STAZIONE S04	97,50	0,00	48,75
STAZIONE S05	87,00	82,17	84,58
STAZIONE S06	85,00	0,00	42,50

**Tabella 8.12** Saturazione operatori nei sottogruppi - Scenario TO BE

SATURAZIONE	OPERATORE 1 (%)	OPERATORE 2 (%)	OPERATORE 3 (%)	% SATURAZIONE MEDIA
SOTTOGRUPPO SG00	95,67	0,00	0,00	31,89
SOTTOGRUPPO SG01	83,33	81,83	0,00	55,06
SOTTOGRUPPO SG02	77,50	92,50	77,50	82,50
SOTTOGRUPPO SG03	80,50	89,17	0,00	56,56
SOTTOGRUPPO SG04	96,67	0,00	0,00	32,22

Le saturazioni non risultano eccessive. Dopo un periodo di assestamento, gli operatori diventeranno più veloci grazie alle nuove ottimizzazioni. Questo permetterà di rilevare nuovamente i tempi e potenzialmente ridurre il numero di operatori, saturando ulteriormente ogni stazione e sottogruppo.

Si valuta ora il costo macchina effettuando un confronto tra l'AS IS e il TO BE.

Il costo macchina in termini di tempistica è dunque il seguente:

$$\text{Costo Macchina} = T. \text{Ciclo Bottleneck} \times n^{\circ} \text{operatori diretti} \times \text{Costo} \frac{\text{Operatore}}{\text{minuto}}$$

Considerando 133 min il tempo ciclo bottleneck dello Scenario AS IS dalla Figura 6.12 nel sottoparagrafo 6.2.3. e 25\$/h il costo aziendale orario per ogni operatore (come visto nel sottoparagrafo 6.2.1) si ottiene:

$$\text{Costo Macchina AS IS} = 133 \text{ min} \times 20 \times 25 \frac{\$}{60 \text{ min}} = 1108 \$$$

Considerando, invece, dalla Figura 8.11, il tempo ciclo bottleneck pari a 59,87 min e 25\$/h il costo aziendale orario per ogni operatore (come visto nel sottoparagrafo 6.2.1) si ottiene:

$$\text{Costo Macchina TO BE} = 59 \text{ min} \times 20 \times 25 \frac{\$}{60 \text{ min}} = 491 \$$$

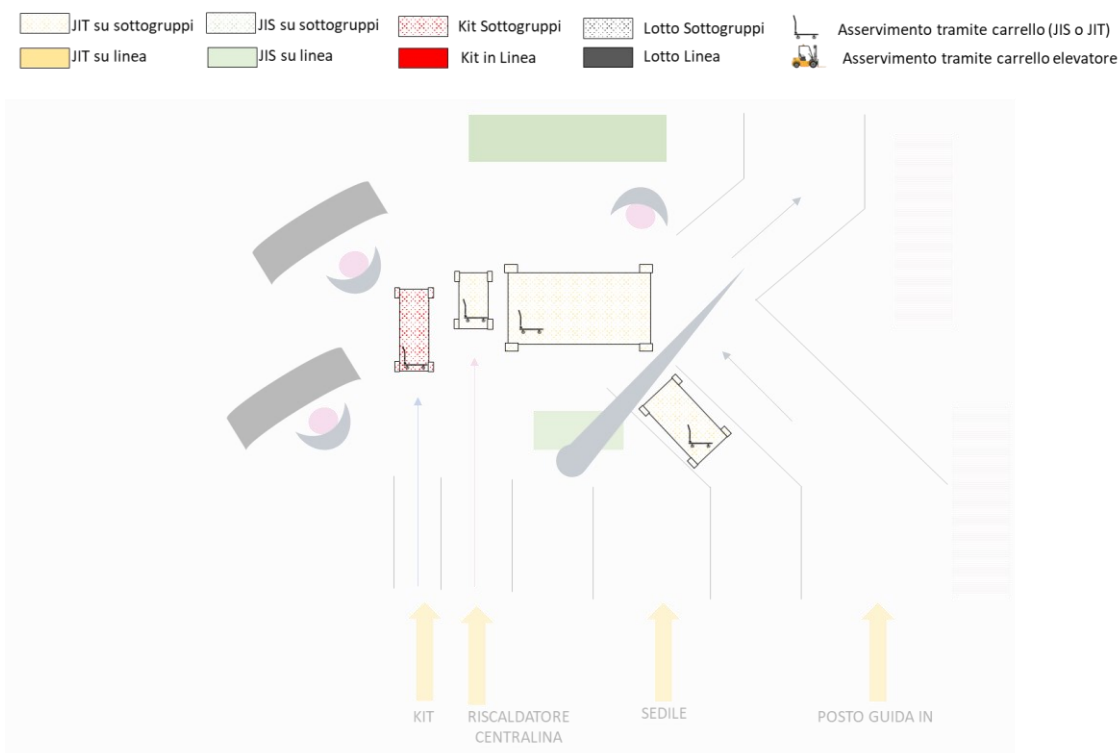
Quindi, il numero degli operai diretti rimane invariato, ma il costo macchina in termini di tempo si riduce di oltre la metà.

### **8.3. ASSERVIMENTO LINEA**

Le implementazioni previste nel capitolo 7 hanno portato ad un miglioramento dal punto di vista dell'asservimento logistico. Si vedrà come l'asservimento tramite lotti non è più utilizzato e di come l'asservimento dei materiali e della strumentazione sia quanto più possibile in un'area di lavoro totalmente ergonomica.

#### **8.3.1. FLUSSI LOGISTICI**

Di seguito, in Figura 8.13 si introduce l'asservimento nella soluzione TO BE.



**Figura 8.13** Scenario TO BE - Asservimento Materiali

Per un confronto diretto con lo Scenario AS IS si rimanda alla Figura 6.20. Si nota che il precedente KIT è stato sostituito con un nuovo carrello KIT, mantenendo però la stessa logica di asservimento.

È stato modificato il flusso logistico per il sedile, la centralina e il riscaldatore, i quali precedentemente erano gestiti a lotti e ora sono gestiti in JIT. È stata esclusa la scelta del JIS per motivi di spazio. Come descritto nel sottoparagrafo 4.2.2, sebbene il JIS sarebbe stato preferibile, è stata adottata una logica pull basata su un kanban senza cartellino, dove il carrello stesso funge da cartellino, orientandosi così verso il JIT che si è rivelato più idoneo.

Infatti, il takt time elevato consente l'uso di sistemi di chiamata materiali meno automatizzati. I carrelli sono fondamentali sia per la movimentazione che per la chiamata dei materiali. Per ogni tipologia di carrello, ne sono disponibili tre: uno in attesa, uno in lavorazione e uno vuoto, che segnala visivamente all'operatore indiretto la necessità di riempimento. Questo sistema consente di gestire la chiamata dei materiali in modo efficiente ed economico.

Inoltre, come evidenziato nella Figura 8.13, è stato eliminato l'utilizzo di carrelli elevatori, poiché sono stati identificati come potenziale causa di numerosi infortuni all'interno dello stabilimento.

### 8.3.2. GOLDEN ZONE E STRIKE POINT

Le implementazioni previste nel capitolo 7 hanno portato ad un aumento notevole di asservimenti nella golden zone (ingombro orizzontale) e negli strike point (ingombro verticale) presenti nel sottogruppo SG02. Si presentano, nel sommario della Tabella 8.13, tutte le criticità messe in luce dallo scenario AS IS e le implementazioni messe in atto nello scenario TO BE per l'aumento di prelievi in posizione ergonomicamente e logisticamente perfetta.

**Tabella 8.13** Sommario implementazioni asservimento sottogruppo SG02

ASSERVIMENTO LINEA	CRITICITÀ	CODICE CRITICITÀ	IMPLEMENTAZIONI PER ELIMINARE CRITICITÀ
GOLDEN ZONE	Camminamenti dovuti a posizione lontana di materiali e strumentazioni	8	7.2. Carrello Centralina e Riscaldatore
			7.5. Carrello Sedile
			7.6. Postazioni di Lavoro
			7.7. Carrello KIT
STRIKE POINT	Prelievi ad altezza ridotta (sotto le ginocchia)	9	7.2. Carrello Centralina e Riscaldatore
			7.5. Carrello Sedile
			7.7. Carrello KIT

Per quanto riguarda il nuovo carrello KIT, le Figure 8.1 e 8.2, già introdotte nell'analisi NIOSH di questo capitolo, sono cruciali anche per questo paragrafo. La loro ripetizione è essenziale poiché i miglioramenti apportati hanno avuto un impatto significativo su diversi aspetti.

Nella Figura 8.1, con il vecchio carrello KIT, l'operatore era costretto a prelevare dal ripiano inferiore del carrello a un'altezza inferiore a quella delle ginocchia, situazione che rientra completamente nella red zone. Con il nuovo carrello KIT, che varia in altezza da un minimo di 100 cm a un massimo di 120 cm, è possibile rimanere quasi sempre nell'area "strike point".

Come mostrato nella Figura 8.14, il carrello è posizionato accanto alle postazioni degli operatori A e B, consentendo loro di prelevare i componenti con una semplice rotazione. Questa



disposizione aiuta a evitare il camminamento e a ottenere un posizionamento ergonomico favorevole, rappresentato dal valore C nell'analisi.



**Figura 8.14** Scenario TO BE - Asservimento tramite Carrello KIT

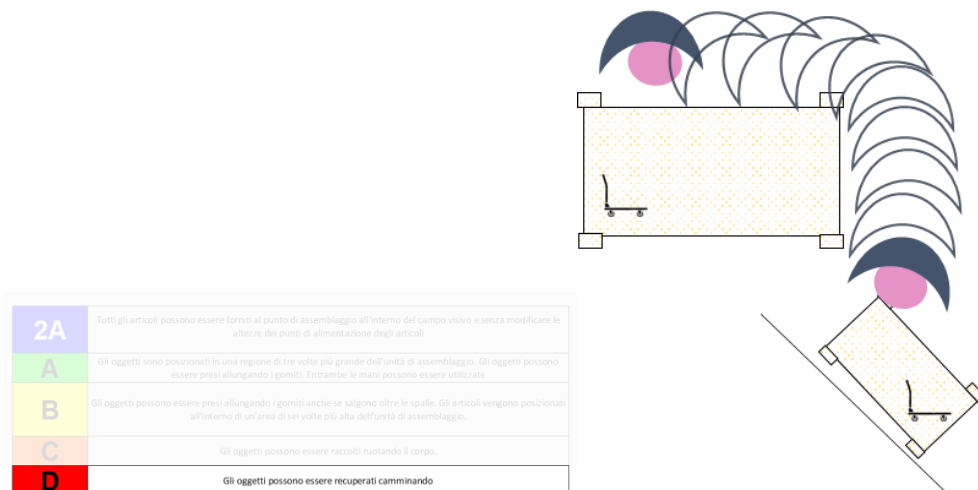
Il carrello del sedile (Figura 7.13) e il carrello della centralina e del riscaldatore (Figura 7.6) hanno portato a un significativo miglioramento dell'ergonomia durante il processo di prelievo. In precedenza, il prelievo richiedeva di raggiungere il componente a livello del ginocchio, talvolta persino fino a terra. Con i nuovi carrelli, entrambi progettati con un'altezza minima di 100 cm e massima di 120 cm per i componenti posizionati sopra, è possibile mantenere una postura ottimale, collocandosi nel "strike point" (cioè, tra l'altezza del gomito e quella della spalla).

Per quanto riguarda l'analisi della golden zone, la disposizione dei carrelli, come mostrato nella Figura 8.15, consente di rispettare il parametro C della golden zone per il carrello della centralina e del riscaldatore, eliminando la necessità di rientrare nel parametro D.



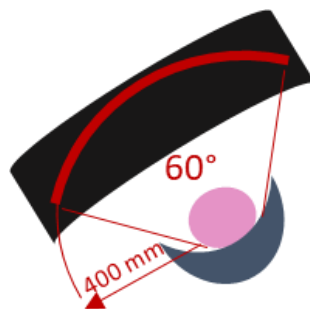
**Figura 8.15** Scenario TO BE - Asservimento Centralina e Riscaldatore

Mentre, per il carrello del sedile si rimane nel parametro D, ma con una significativa riduzione del numero di passi necessari, come visibile in Figura 8.16.



**Figura 8.16** Scenario TO BE - Asservimento Sedile

L'utilizzo delle nuove postazioni di lavoro descritte nel paragrafo 7.6 ha permesso agli operatori di rimanere costantemente nella "strike zone" e nella "golden zone". Come mostrato nella Figura 7.18, l'operatore ha a disposizione tutti i componenti e gli strumenti necessari per il premontaggio dei manipolatori, dei supporti dei manipolatori, dei pedipolatori e del manipolatore ruspetta, mantenendosi a una distanza di soli 40 cm, come illustrato nella Figura 8.6, di cui si ripropone un'illustrazione.



**Figura 8.17** Scenario TO BE - Golden Zone nelle postazioni di lavoro

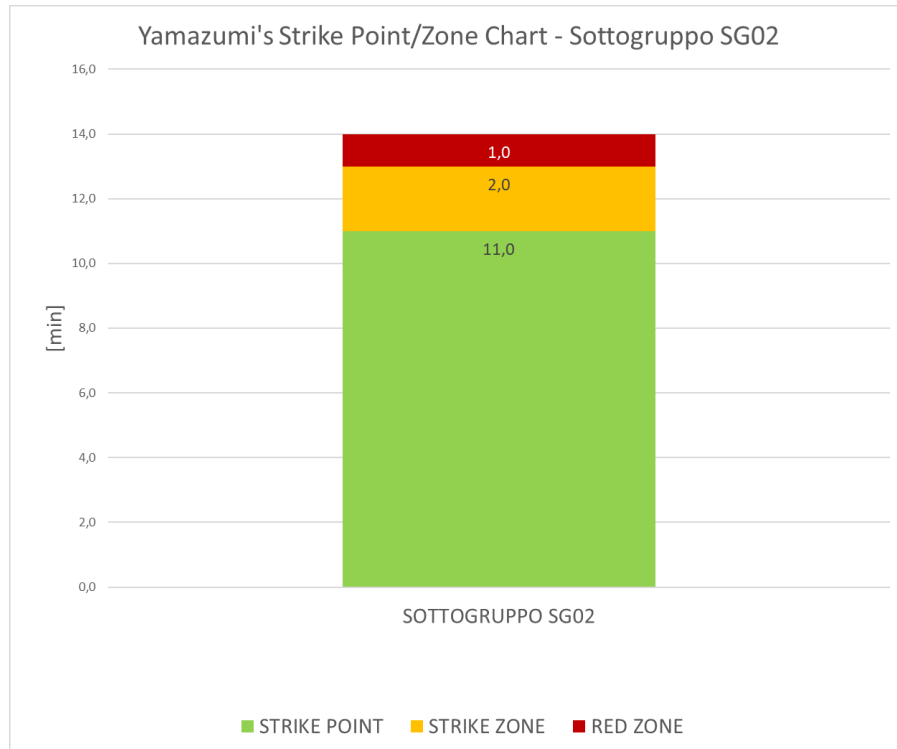
Effettuando le rilevazioni nello Scenario TO BE si è valutato come il tempo di prelievo materiali e strumenti sia drasticamente ridotto fino a 14 minuti (Tabella 8.14).

**Tabella 8.14** Tempo ciclo per il prelievo dei materiali e degli strumenti

	Prelievo di Materiali e Strumenti [min]
SOTTOGRUPPO SG02	14

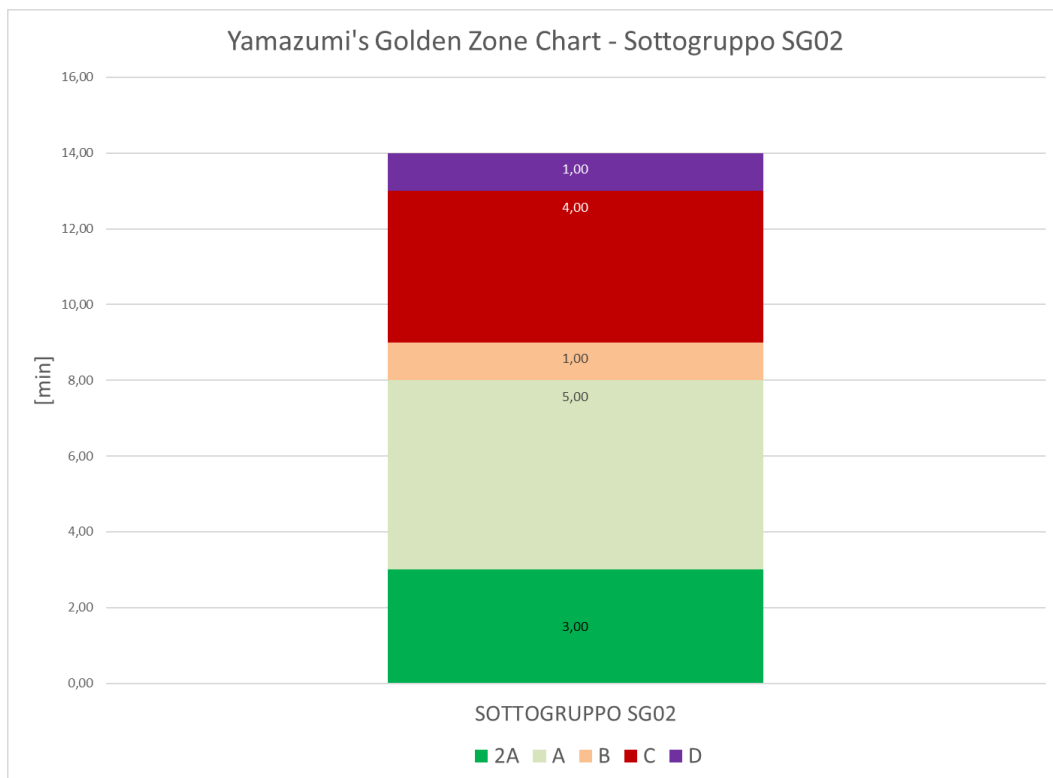
La riduzione del tempo di prelievo è stata del 46.67% rispetto allo Scenario AS IS.

Dopodiché, è stata nuovamente valutata tale tempistica attraverso l'analisi della Golden Zone e degli Strike Point, suddividendo i parametri. Di seguito, nelle Figure 8.18 e 8.19, è presente la nuova analisi degli Strike Point/Zone e della Golden Zone.



**Figura 8.18** Scenario TO BE - Diagramma di Yamazumi- Analisi Golden Zone - Sottogruppo SG02

Nell'attuale tempo rilevato, si prevede quasi un'assenza di prelievi in red zone, con solo un minuto speso per prelievi al di sotto delle ginocchia. Si prevedono invece 2 minuti di prelievi nell'area strike zone (tra il ginocchio e gli occhi) e ben 11 minuti di prelievi nell'area strike point (tra i gomiti e le spalle).



**Figura 8.19** Scenario TO BE -Diagramma di Yamazumi- Golden Zone - Sottogruppo SG02

Invece, nell'analisi dell'ingombro orizzontale un solo minuto, dei 14 di prelievo totali, è dedicato ai brevi spostamenti ancora presenti (principalmente per il prelievo del sedile). Quattro minuti sono ancora spesi per il prelievo in posizione C, che comporta movimenti del corpo, soprattutto per il prelievo di centralina e riscaldatore. La posizione B (allungamento dei gomiti, anche oltre le spalle) è ora praticamente assente, rappresentando solo un minuto. Le due aree ergonomicamente migliori, A e 2A, coprono più del 50% dei prelievi, grazie soprattutto alle nuove postazioni di lavoro e al carrello KIT.

## **9. CONCLUSIONI**

Il lavoro svolto è stato fondamentale per la progettazione di una linea di assemblaggio ereditata da un'azienda a conduzione familiare, con evidenti limiti. Migliorare le condizioni di questa linea era una necessità primaria. Questa tesi ha offerto una visione generale e dettagliata sui tre aspetti cruciali della progettazione: sicurezza, analisi del lavoro e logistica interna, valutando lo scenario AS IS, le ottimizzazioni e lo scenario TO BE.

Di seguito, vengono valutate le osservazioni sul lavoro di tesi svolto, i benefici, i limiti e gli sviluppi futuri. Poiché una valutazione completa della linea sarebbe stata troppo lunga, ci si è concentrati sulle analisi e i procedimenti utilizzati per arrivare alla soluzione TO BE dell'area modello, considerata di primaria importanza e urgenza in termini di sicurezza, analisi del lavoro e supporto logistico: il sottogruppo SG02.

### **9.1. OSSERVAZIONI SUL LAVORO DI TESI SVOLTO**

Si è esaminata inizialmente la parte ergonomica, valutando l'analisi NIOSH e l'analisi OCRA. La situazione AS IS secondo l'analisi NIOSH è riportata in Tabella 9.1, dove il colore rosso intenso indica un alto rischio, richiedendo le seguenti azioni (in accordo con la Tabella 2.9):

- 1) Le modifiche all'attività per ridurre il LI dovrebbero avere una priorità elevata.
- 2) Priorità per operatori maschi sotto i 20 anni e sopra i 45 anni, e per il genere femminile.

Era dunque necessario intervenire prioritariamente su questo aspetto. Le ottimizzazioni introdotte nel capitolo 7 hanno contribuito a ridurre notevolmente il parametro LI, ottenendo i valori riportati in Tabella 9.2. I risultati ottenuti sono stati significativi e hanno ricevuto una soddisfazione generale.

**Tabella 9.1** Scenario AS IS - Analisi NIOSH - Sottogruppo SG02

MANSIONI		M	M	F	F
		20-45	<20 o >45	20-45	<20 o >45
<b>SOTTOGRUPPI</b>					
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del posto guida	1,7	2,1	2,1	2,8

**Tabella 9.2** Scenario TO BE - Analisi NIOSH - Sottogruppo SG02

MANSIONI		M	M	F	F
		20-45	<20 o >45	20-45	<20 o >45
<b>SOTTOGRUPPI</b>					
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del posto guida	0,30	0,369	0,369	0,49

È stata effettuata, allo stesso modo, l'analisi OCRA riguardo alle sollecitazioni al rachide dovute ad attività ripetitive. Lo scenario AS IS, descritto in Tabella 9.3, mostrava un indice di rischio lieve per l'arto destro e un rischio incerto per l'arto sinistro. Anche in questo caso era necessario intervenire, ma a differenza dell'analisi NIOSH, l'intervento è stato più complesso.

L'obiettivo era ridurre le attività rischiose e le sollecitazioni. Tuttavia, alcune attività, come quelle di serraggio a coppia, sono risultate impossibili da eliminare. Si è quindi proceduto a sostituire le chiavi manuali con chiavi dinamometriche, che hanno ridotto leggermente la forza applicata. Il risultato, visibile in Tabella 9.4, è stato ottimo ma ancora migliorabile.

**Tabella 9.3** Scenario AS IS - Analisi OCRA - Sottogruppo SG02

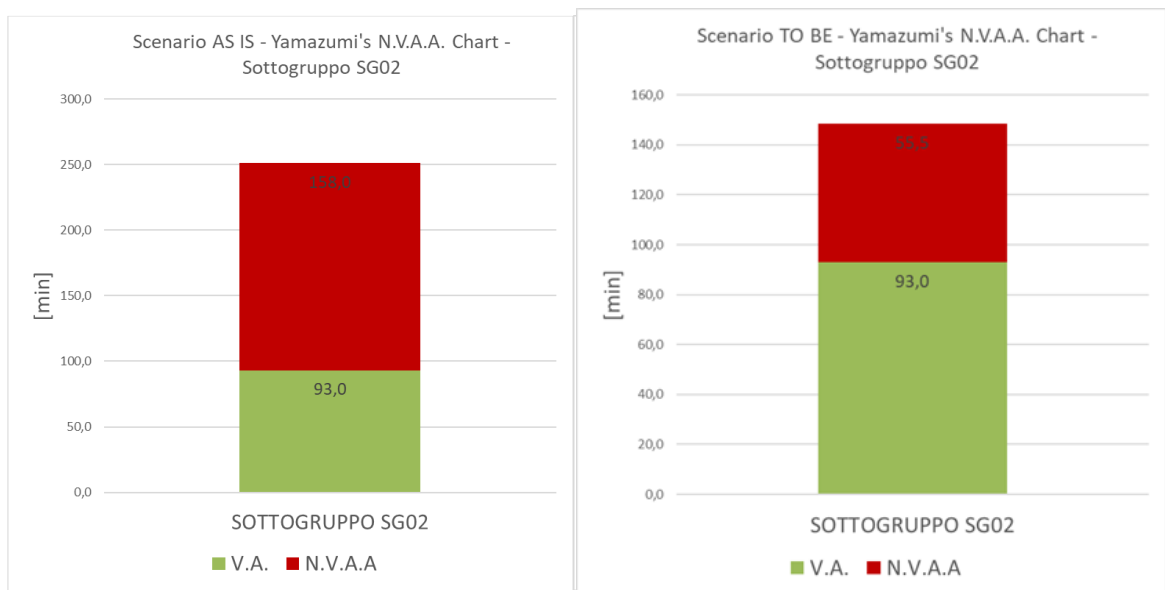
MANSIONI		ARTO DX	ARTO SX
<b>SOTTOGRUPPI</b>			
<b>SG02</b>	Addetto al premontaggio del gruppo posto guida	14,23	9,99

**Tabella 9.4** Scenario TO BE - Analisi OCRA - Sottogruppo SG02

MANSIONI		LI ARTO DX	LI ARTO SX
SOTTOGRUPPI			
SG02	Addetto al premontaggio del gruppo posto guida	6,9	7,42

La seconda fase ha riguardato l'analisi del lavoro. Da una prima valutazione dello scenario AS IS, è emerso che l'area modello corrispondeva a quella individuata dalla sicurezza, ovvero il sottogruppo SG02. Questa area modello è stata designata in base al costo generato da attività non a valore aggiunto.

In questa area sono stati valutati i minuti dedicati alle attività non a valore aggiunto per ciascun operatore, suddivisi in base alle categorie d'azione. Questo approccio ha permesso di intervenire specificamente su ciascuna categoria d'azione, migliorando la situazione iniziale. In Figura 9.1 si propone un confronto, **per singolo veicolo assemblato**, tra lo scenario AS IS e lo scenario TO BE, evidenziando una diminuzione del minutaggio dedicato alle attività non a valore aggiunto del 65,82%.



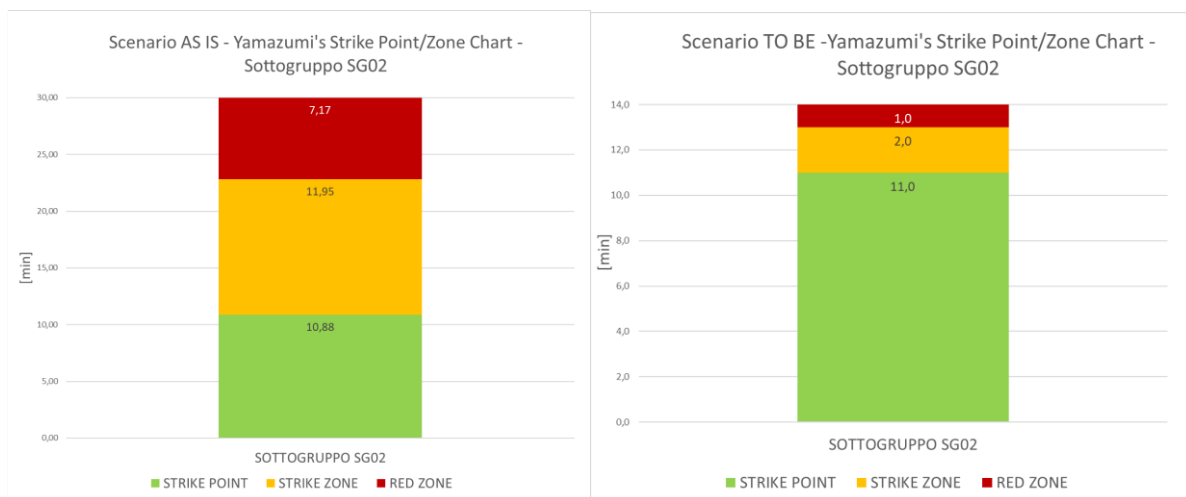
**Figura 9.1** Rilevazioni NVA - a sinistra lo Scenario AS IS; a destra lo Scenario TO BE



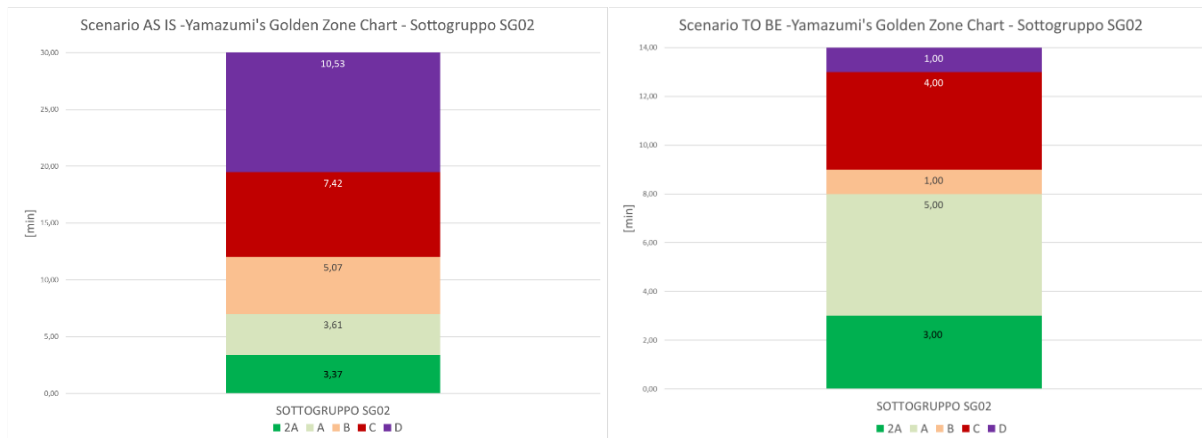
Per l'asservimento logistico in linea è stata utilizzata la stessa analisi dell'area modello. Questa area di studio conferma che il costo derivante da attività non a valore aggiunto comporta un input anche per essa. Il sottogruppo SG02, dunque, si conferma come area modello anche per l'asservimento logistico.

Nell'area modello, nello scenario AS IS, sono stati considerati i tempi di prelievo di materiali e strumentazione, valutando i minutaggi nelle zone golden e strike. Utilizzando le soluzioni descritte nel capitolo 7, sono state condotte le stesse analisi nello scenario TO BE. Nelle Figure 9.2 e 9.3 si evidenziano le differenze, principalmente in termini di riduzione del tempo di prelievo e successivamente in termini di aumento dei prelievi in condizioni ergonomicamente ottimali.

I tempi di prelievo di materiali e strumentazione, per il sottogruppo SG02, si riducono da 30 minuti a 14 minuti **per singolo veicolo assemblato**, ossia di oltre il 50%. I prelievi in strike zone passano al 78%, rispetto al precedente 36,27%. Lo stesso ragionamento può essere applicato ai prelievi totali in golden zone. Come visibile nella Figura 9.3, i prelievi in golden zone (parametro 2Ae A) nello scenario TO BE sono il 57%, rispetto al precedente 23,27%.



**Figura 9.2** Analisi Strike Point/Zone- a sinistra lo Scenario AS IS; a destra lo Scenario TO BE



**Figura 9.3** Analisi Golden Zone - a sinistra lo Scenario AS IS; a destra lo Scenario TO BE

## 9.2. BENEFICI DEL LAVORO DI TESI SVOLTO

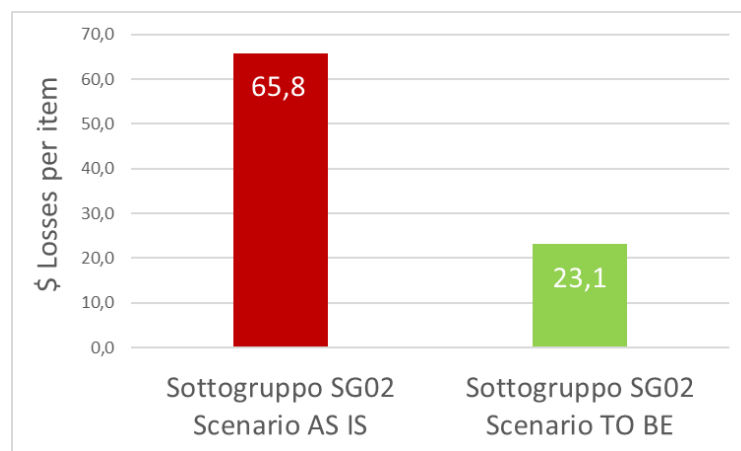
Il lavoro di tesi è stato fondamentale per ottenere valori ottimali ergonomici, ponendo la sicurezza come primo passo verso un ambiente di lavoro gradevole e sicuro all'interno dello stabilimento. La sicurezza degli operatori è stata la priorità assoluta, consentendo di prevenire infortuni e migliorare il benessere generale del personale. Dopo aver garantito un ambiente ergonomicamente sicuro, si è potuto affrontare l'analisi delle tempistiche e dei metodi utilizzati dagli operatori durante le fasi di assemblaggio.

Queste analisi dettagliate hanno permesso di identificare inefficienze e di sviluppare soluzioni mirate per ottimizzare i processi produttivi. Attraverso l'implementazione di nuove postazioni di lavoro, carrelli ergonomici e l'introduzione di pratiche di prelievo più efficienti, è stato possibile ridurre significativamente le attività non a valore aggiunto.

L'analisi delle tempistiche ha evidenziato come, riducendo i tempi morti e le operazioni inutili, si sia riusciti a migliorare il flusso di lavoro complessivo. Questo ha portato non solo a un aumento della produttività, ma anche a un notevole miglioramento del morale degli operatori, che ora possono lavorare in condizioni migliori e con minore affaticamento. La standardizzazione dei processi e l'adozione di nuove tecnologie hanno inoltre contribuito a ridurre la variabilità delle prestazioni, garantendo risultati più costanti e prevedibili.

La riduzione delle attività a non valore aggiunto, come illustrato nella Figura 9.1, ha portato a una significativa diminuzione, **per singolo veicolo assemblato**, dei costi inutili associati a tali

attività (N.V.A.A.). Nel sottogruppo SG02, nello Scenario AS IS, le attività a non valore aggiunto richiedevano 158 minuti per veicolo assemblato, come visto anche in Tabella 6.11. Nello Scenario TO BE, le attività non a valore aggiunto (N.V.A.A.) richiedono circa 55,5 minuti. Tradotto in termini economici, come visibile in Figura 9.4, nello scenario AS IS il costo di manodopera per N.V.A.A. risultava pari a 65,8 \$/item ( $\$ Losses = 158 \text{ min} \times \frac{25 \$}{60 \text{ min}}$ ) mentre, nello scenario TO BE, risulta pari a 23,1 \$. Si ottiene, dunque, una riduzione di circa 42,7 \$ per veicolo, pari a circa il 65%.



**Figura 9.4** Costo delle N.V.A.A. per singolo veicolo- Scenario AS IS vs Scenario TO BE

Con una visione generale, l'implementazione dei miglioramenti in tutte le stazioni e sottogruppi ha portato a una maggiore efficienza operativa, permettendo di incrementare la produzione fino a 12 veicoli al giorno, mantenendo al contempo i più elevati standard di qualità e sicurezza. Questo aumento della capacità produttiva non solo ha migliorato la competitività dell'azienda sul mercato, ma ha anche creato nuove opportunità per espandere la gamma di prodotti e servizi offerti.

Nello scenario AS IS, il costo macchina in termini di tempo era pari a:

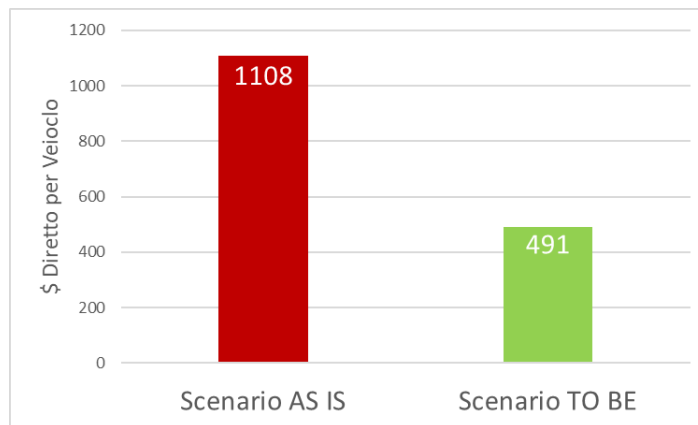
$$\text{Costo Veicolo AS IS} = 133 \text{ min} \times 20 \times 25 \frac{\$}{60 \text{ min}} = 1108 \$$$

Dove il tempo ciclo bottleneck era di 133 minuti, con 20 operatori diretti e un costo aziendale di 25\$/h per ciascun operatore. Questa configurazione permetteva di produrre circa 8 veicoli al giorno, suddivisi in due turni.

Mentre, nello scenario TO BE, il tempo ciclo bottleneck è ridotto a:

$$\text{Costo Veicolo TO BE} = 59 \text{ min} \times 20 \times 25 \frac{\$}{60 \text{ min}} = 491 \$$$

Ecco come tale differenza è rappresentata graficamente nella Figura 9.5.



**Figura 9.5** Costo della manodopera diretta per singolo veicolo- Scenario AS IS vs Scenario TO BE

Dove il tempo ciclo bottleneck è pari 59 minuti<sup>140</sup> dopo il bilanciamento mantenendo lo stesso numero di operatori dello scenario AS IS (20)

Una riduzione pari al 55,78 % per singolo veicolo assemblato.

Operando alla massima capacità produttiva, con 302 giorni lavorativi all'anno, si è progettata una linea capace di incrementare la produzione di circa **1200 veicoli annui**. Questo aumento genera un ricavo medio annuale di 84.000.000 \$, a seconda della tipologia dei veicoli venduti.

In sintesi, il lavoro di tesi ha avuto un impatto significativo e positivo su diversi aspetti dell'attività produttiva, dimostrando come l'attenzione all'ergonomia e alla sicurezza possa portare a benefici concreti e misurabili sia per i lavoratori che per l'azienda.

<sup>140</sup> Per maggiori dettagli si rimanda alla Figura 8.11 del sottoparagrafo 8.2.2

### **9.3. LIMITAZIONI DEL LAVORO DI TESI SVOLTO**

Una delle principali limitazioni del lavoro di tesi è stata la necessità di scartare diverse tecnologie avanzate a causa dei costi elevati. Sebbene siano state implementate molte soluzioni a basso costo, come i carrelli tubolari prodotti internamente, che si sono rivelate funzionali ed efficaci, è evidente che tecnologie più avanzate avrebbero potuto offrire prestazioni ancora migliori. Ad esempio, l'adozione di strumentazioni più sofisticate avrebbe potuto migliorare ulteriormente l'ergonomia e ridurre i rischi di infortuni. Nonostante i miglioramenti apportati, alcuni aspetti come la riduzione minima dei valori OCRA, dovuti a sollecitazioni ancora presenti sulle dita durante attività ripetitive, mostrano che c'è ancora spazio per ulteriori progressi. L'introduzione delle chiavi dinamometriche, sebbene utile, non è stata sufficiente per eliminare completamente le sollecitazioni sui gomiti. In futuro, si potrebbe considerare l'implementazione di strumenti come i "powered crow foot", che potrebbero ridurre significativamente gli sforzi sui gomiti durante le attività di serraggio.

L'analisi del lavoro ha identificato diverse attività che non è stato possibile ridurre ulteriormente, rappresentando una limitazione significativa. Tra queste, la compilazione manuale del MES, l'attività di protezione del sedile e dei manipolatori tramite plastica protettiva, e la rimozione dei tappi dai manipolatori, pedipolatori e manipolatori ruspetta sono attività che continuano a richiedere un notevole impiego di tempo. Ad esempio, la compilazione manuale del MES costa attualmente 9 minuti per veicolo assemblato, suddivisi tra i tre operatori. Una possibile soluzione futura potrebbe essere l'implementazione di sistemi di barcode, che eliminerebbero la necessità di compilazioni manuali al computer, aumentando così l'efficienza operativa. Anche altre attività manuali potrebbero essere automatizzate o semplificate ulteriormente con l'introduzione di tecnologie più avanzate, riducendo ulteriormente i tempi non a valore aggiunto.

Per quanto riguarda l'asservimento della linea, i risultati ottenuti sono stati eccellenti, migliorando significativamente l'efficienza e riducendo i tempi di camminamento per l'asservimento dei materiali e degli strumenti. Tuttavia, una limitazione persistente riguarda l'asservimento del sedile. Nonostante il suo avvicinamento rispetto al passato, continua a richiedere camminamenti che potrebbero essere ulteriormente ridotti. In futuro, potrebbe essere utile esplorare soluzioni logistiche più avanzate che riducano ulteriormente questi spostamenti,

come l'uso di sistemi di trasporto automatizzati o la riorganizzazione degli spazi di lavoro per minimizzare le distanze percorse dagli operatori. Migliorare l'asservimento del sedile contribuirebbe a ridurre ulteriormente i tempi non a valore aggiunto e a migliorare l'efficienza complessiva della linea di produzione.

#### **9.4. SVILUPPI FUTURI**

Il miglioramento della sicurezza ha creato un ambiente di lavoro più sereno e produttivo, dove gli operatori possono svolgere le loro attività con maggiore tranquillità. Questo risultato rappresenta una solida base per pianificare gli sviluppi futuri della linea di produzione.

Gli sviluppi futuri dipenderanno in larga misura dalla domanda di mercato. Qualora si verifichi un aumento delle richieste, sarà necessario intraprendere ulteriori azioni per ottimizzare la produzione. In particolare, se i reparti commerciali segnalassero un incremento significativo della domanda, si dovrà considerare la possibilità di ridurre ulteriormente il tempo ciclo del bottleneck o di bilanciare nuovamente le stazioni di lavoro.

Per ridurre il tempo ciclo del bottleneck, si potrebbe adottare l'introduzione di tecnologie più avanzate e l'automazione di alcune fasi del processo produttivo. Un'opzione potrebbe essere l'implementazione di sistemi di trasporto automatizzati o l'adozione di strumenti ergonomici e di alta precisione, come i "powered crow foot", per ridurre ulteriormente i tempi non a valore aggiunto e migliorare l'efficienza operativa.

Il bilanciamento delle stazioni di lavoro potrebbe richiedere un'analisi approfondita delle operazioni attuali per identificare ulteriori opportunità di miglioramento. Questo potrebbe comportare la redistribuzione delle attività tra gli operatori, l'ottimizzazione dei flussi di lavoro e l'introduzione di nuove postazioni che permettano di mantenere gli operatori costantemente nella "strike zone" e nella "golden zone".

In conclusione, il futuro sviluppo della linea di produzione sarà strettamente legato alle esigenze del mercato. Mantenere un ambiente di lavoro sicuro e ottimizzare continuamente i processi

produttivi saranno le chiavi per rispondere efficacemente alle variazioni della domanda, garantendo al contempo la sostenibilità e la competitività dell'azienda.

## **Bibliografia**

CNH, 2022, *CBS Knowledge Workbook*, CNH.

De Toni A., Panizzolo R., 2018, *Sistemi di Gestione della Produzione*, Isedi.

James P., Womack, D. T., 2008, *Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi*, Guerini Next.

Pareschi A., 2017, *Impianti industriali. Criteri di scelta, progettazione e realizzazione*, Esculapio.





## **Sitografia**

Centro Ergonomia, [www.centro-ergonomia.it](http://www.centro-ergonomia.it)

Inail, [www.inail.it](http://www.inail.it)