

# Università degli Studi di Padova

---

Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

**Tesi di laurea:**

**Ottimizzazione di uno stadio di linea mediante il “pick to light”**

Relatore  
Prof. Maurizio Faccio

Laureando  
Alberto Kehrer

---

Anno Accademico 2021/2022



# Indice

## Sommario

### **1. Introduzione ed analisi del problema**

1.1 Introduzione

1.2 Analisi del problema

1.3 Scelta del metodo di risoluzione del problema

### **2. Progettazione nuovo SAG**

2.1 Dimensionamento di massima

2.2 Disegno della bozza

2.3 Realizzazione distinta componenti e stima dei materiali utilizzati

### **3. Realizzazione SAG**

### **4. Gestione elettronica**

4.1 Gestione della linea di montaggio

4.2 Gestione del pick to light

### **5. Contestualizzazione del Toyotismo al caso in esame**

5.1 Definizione di Toyotismo e principali caratteristiche

5.2 Il Toyotismo ed il caso in esame

### **6. Limiti del modello proposto e possibili sviluppi**



## Sommario

Nel corso di questa tesi, verrà trattato ed analizzato un particolare problema riscontrato in un determinato stadio della linea di produzione numero 1 all'interno dell'azienda Carraro Drive Tech SPA.

Questa fabbrica è la sede principale del gruppo Carraro il quale si occupa della progettazione e produzione di assali e trasmissioni per trattori e macchine movimento terra.

Il problema riscontrato consiste nello svariato numero di montaggi errati di componenti in una stazione, dovuto alla similitudine dei vari particolari e dalla grande variazione di modelli da produrre all'interno della stessa linea.

I particolari simili pur avendo codici identificativi differenti vengono spesso confusi dall'operatore e selezionati erroneamente; per evitare questo problema si è quindi deciso di realizzare un nuovo SAG, con l'ausilio del sistema "pick to light", il quale mediante un led acceso in corrispondenza del componente da montare, permette istintivamente all'operatore di afferrare il componente adatto alla realizzazione di quel prodotto specifico.

La diretta conseguenza di questo sistema è un possibile aumento della produttività, dato che l'operatore non deve più impiegare parte del tempo a ragionare e confrontare i vari codici.

Va anche considerato che questo determinato metodo risulta tanto più vantaggioso quanto più aumenta la cadenza della linea, ed oltretutto è un sistema che permette il suo impiego in svariate applicazioni.



# Introduzione ed analisi del problema

## 1.1 Introduzione

All'interno della Carraro Drive Tech SPA, vi sono al momento 6 linee di montaggio ed una linea di verniciatura.

Le linee sono suddivise in 3 di produzione travi, ovvero assali rigidi per trattori e macchine movimento terra, una linea di produzione di travi speciali, una linea per la produzione di sistemi di trasmissione, una per l'assemblaggio di mozzi ruota ed una per l'assemblaggio di differenziali.

All'interno della linea 1, linea per la produzione di travi, vi è un SAG(scaffalatura costruita su misura, con lo scopo di riporre tutti i particolari da montare in ordine e nel modo più confortevole per l'operatore), dove sono stati localizzati svariati errori da parte dell'operatore.

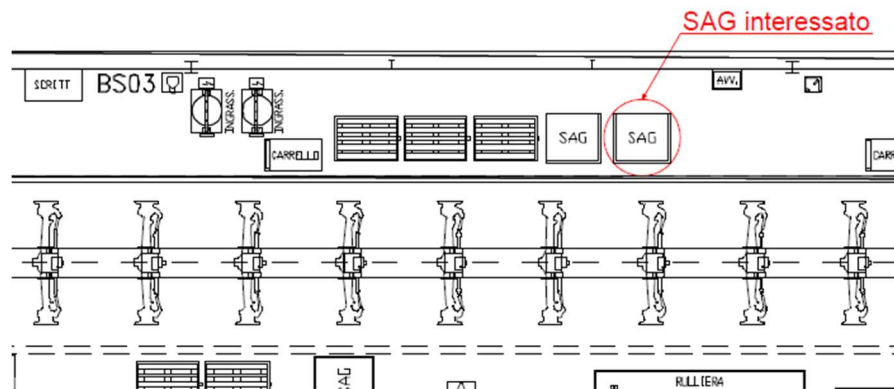


Figura 1 layout parziale linea 1

Questi errori sono stati riscontrati di un numero sensibilmente elevato con l'aumentare della cadenza della linea, portata a 156 assali al giorno al fronte della cadenza precedente pari a 130 assali al giorno.

Il montaggio scorretto delle componentistiche è stato subito notato dal controllo qualità dato che ogni linea di montaggio possiede un'area rodaggio, la quale consente di notare la maggior parte di errori che si possono effettuare in fase di montaggio.

Successivamente al rodaggio, quando vengono riscontrati problemi, questi pezzi vengono mandati in area ripristini dove sono smontati ed analizzati.

Grazie a questa fase è quindi possibile rintracciare e localizzare il collo di bottiglia della linea riscontrato con l'aumentare della cadenza.

## 1.2 Analisi del problema

Da segnalazione del reparto dei ripristini è stato quindi possibile, visionando l'assale e notando che il mozzo ruota era completamente bloccato (fig. 3), notare il problema causato da dei rasamenti di spessore e disegno differente montati erroneamente, rintracciare la postazione di lavoro problematica.



*Figura 2 montaggio corretto rasamento*



*Figura 3 montaggio errato rasamento*



### 1.3 Scelta del metodo di risoluzione del problema

In quanto gli errori riscontrati sono di un numero eccessivamente alto, non è quindi sufficiente migliorare la formazione dell'operatore, ma è necessario un intervento più sostanziale in quello stadio.

Si è quindi scelto di utilizzare il metodo "Pick to light", questo particolare sistema consiste nell'indicare mediante una lampadina i componenti da montare sull'assale. Si tratta quindi di un metodo intuitivo e rapido, grazie al quale l'operatore non deve più confrontare i codici dei vari particolari, ma viene indicato direttamente il particolare corretto.

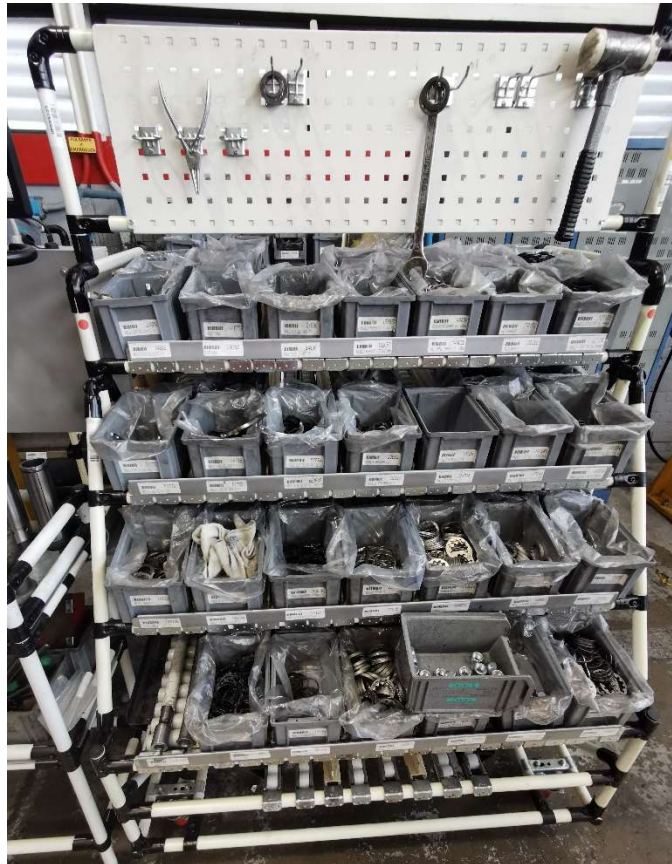
Questo sistema mi permette di ottenere un aumento del tasso di produttività quasi del doppio, ed una riduzione del margine d'errore molto vicino allo 0, per quanto riguarda almeno l'aspetto di selezione del componente corretto.



# Progettazione nuovo SAG

## 2.1 Dimensionamento di massima

Passiamo allora ad analizzare il SAG da sostituire così da avere una base di partenza per la progettazione di quello nuovo.



Dal SAG precedente possiamo subito notare che deve contenere 28 cassette con codici differenti, ciascuna delle quali misura: 15x20x12,5cm, e che il SAG ha un ingombro massimo consentito di 100x120cm, possiamo per adesso tralasciare la parte del pannello portautensili in quanto dipendente dal resto del SAG e dal materiale che vi viene riposto.

Per quanto riguarda l'altezza invece, per legge gli oggetti vanno riposti ad un'altezza minima da terra pari a 50cm per evitare problemi di schiena, ed invece per l'altezza massima va considerato che ogni operatore ha altezze differenti e di conseguenza bisogna fare in modo che chiunque sia messo in quella postazione abbia la possibilità di

raggiungere tutti particolari senza dover fare movimenti “strani”. Per questo motivo considero un'altezza massima del bordo delle scatole pari a 130/140cm da terra.

Sapendo che i tubi utilizzati per la realizzazione del SAG sono tubi cavi in metallo rivestiti in materiale plastico bianco con diametro esterno di 30mm, so che la dimensione utile per riporre le scatole all'interno del SAG equivale a:  $1200 - (2 * 30) = 1140mm$

Scatole per ogni fila possibili:  $\frac{1140}{150} = 7,6 \rightarrow 7$  scatole per ogni fila

Avendo allora 7 scatole per fila, di conseguenza, sono costretto a fare 4 file in tutto il SAG, alle quali viene poi aggiunta una fila per riporre le scatole vuote.

Ogni piano è composto da rulli e da divisori, che mi consentono di far arrivare le scatole in fronte all'operatore man mano che vengono sostituite, così anche da consentire al magazziniere di poter ricaricare il SAG da dietro e lasciare sempre il materiale necessario da poter tener fronte alla cadenza giornaliera e settimanale.

È necessario dare un'inclinazione ai rulli di modo da garantire l'avanzamento delle scatole, in questo caso scelgo di dare un'inclinazione media pari a circa 15°.

Lasciando un'po' di spazio tra una fila e l'altra scelgo di posizionare la prima a 55cm da terra e le successive a distanza di 20cm dalla precedente, considerando che ho 3cm di tubo, 12.5cm di scatola e lascio 4,5cm di aria tra il cielo della scatola ed il piano successivo.

piano	H iniziale	H finale
1	55	81
2	75	101
3	95	121
4	115	141

Dato che queste altezze sono tutte riferite al pavimento, ma il SAG poggia su ruote aventi altezza di 13cm riporto ora le altezze dei piani riferendomi alla base del SAG e non più al pavimento.

Piano	H iniziale	H finale
1	42	68
2	62	88
3	82	108
4	102	128

Il piano di ritorno delle scatole vuote non lo considero al momento dato che ha un'importanza marginale, e verrà inserito sotto il primo piano nello spazio utile rimanente, dandogli sempre un'inclinazione così da far arrivare le scatole nel retro del SAG e permettere ai magazzinieri di recuperarle nello stesso momento in cui ne portano di nuove.

Devo adesso fare in modo che l'operatore sia in grado di prelevare agevolmente tutti i componenti da ogni piano, e per garantire ciò realizzo dei piani sfalsati dal lato operatore.

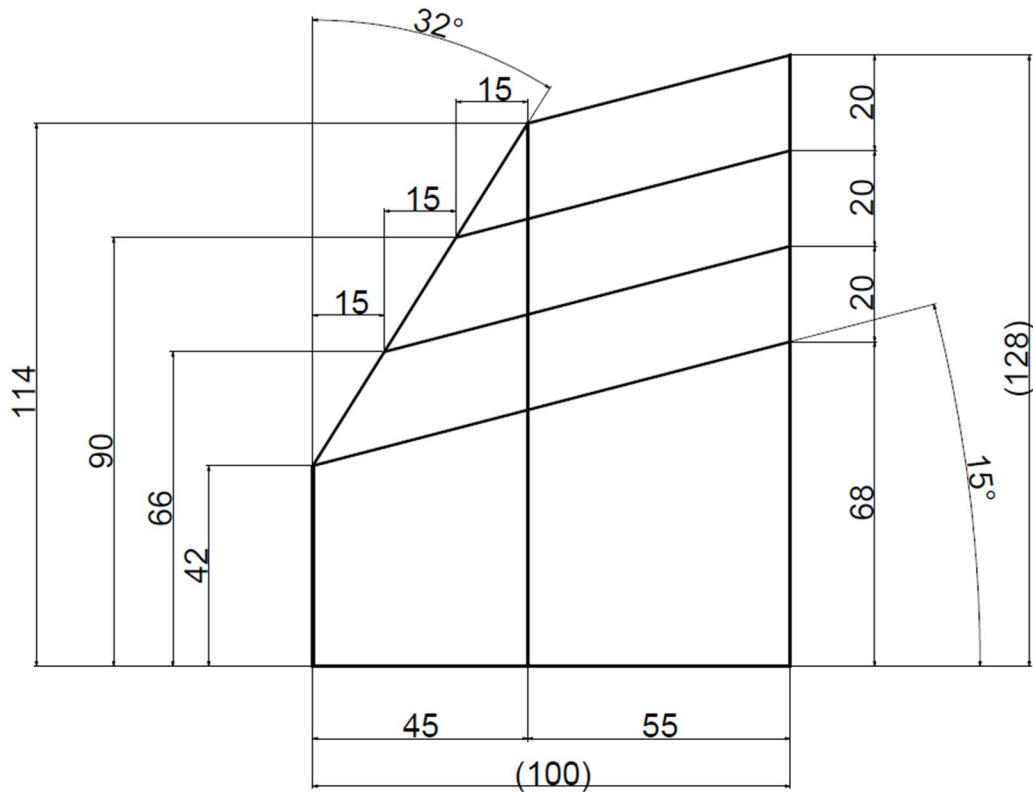
Scelgo quindi di far iniziare il 4° piano a 45cm di distanza dall'operatore, fino arrivare al 1° piano che inizia sul bordo limite del SAG, così da lasciare scoperto ogni piano precedente di 15cm, ovvero salendo con un'inclinazione di circa 32°.

Posso quindi ricalcolare le altezze d'inizio dei vari piani:

piano	H iniziale	H finale
1	42	68
2	66	88
3	90	108
4	113	128

## 2.2 Disegno della bozza

Dal dimensionamento di massima mi sono ricavato le varie misure ed altezze dei piani, che possono quindi venire rappresentate su disegno.

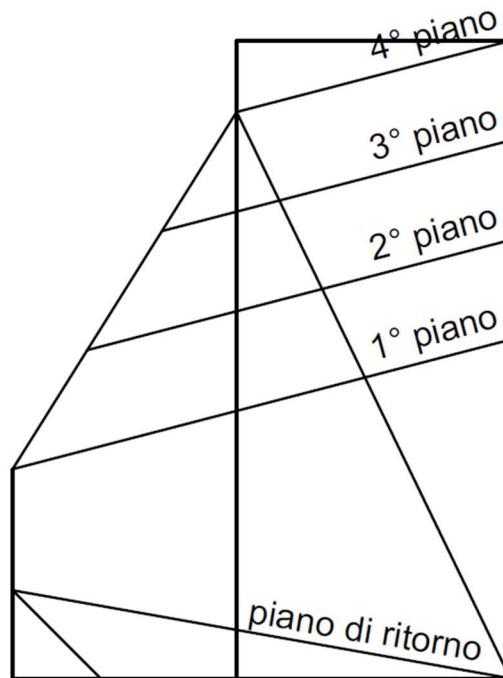


L'unica quota che manca in questa rappresentazione è la profondità che, come detto in precedenza, è pari a 120cm.

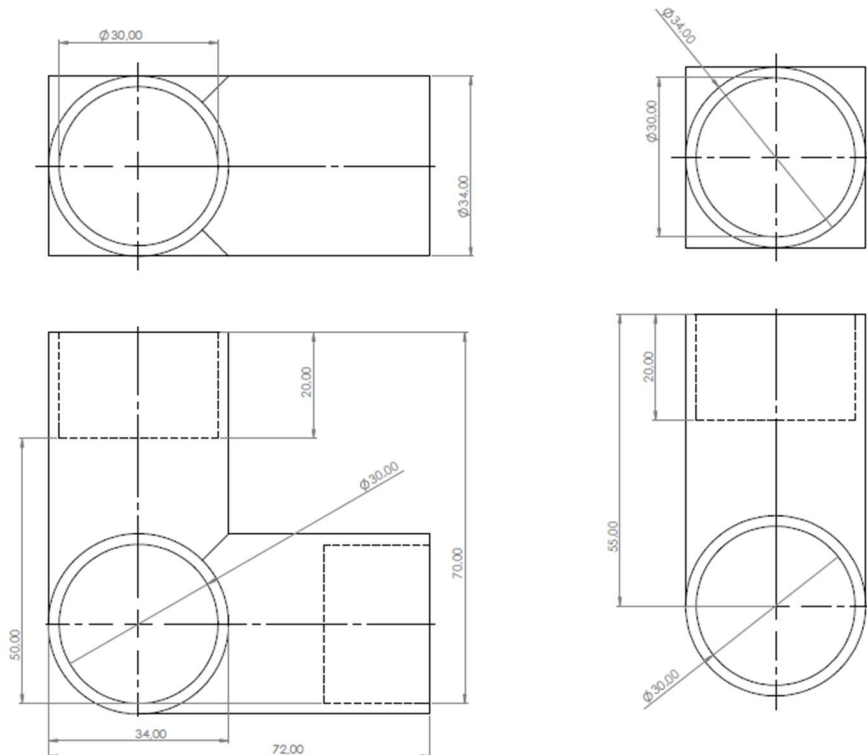
A questo punto è necessario fare qualche considerazione, sopra al SAG va poi apportato un pannello forato utilizzato per appendere gli attrezzi necessari per montare i particolari riposti nel SAG, per questo motivo devo lasciare dei tubi paralleli al suolo in cima allo stesso.

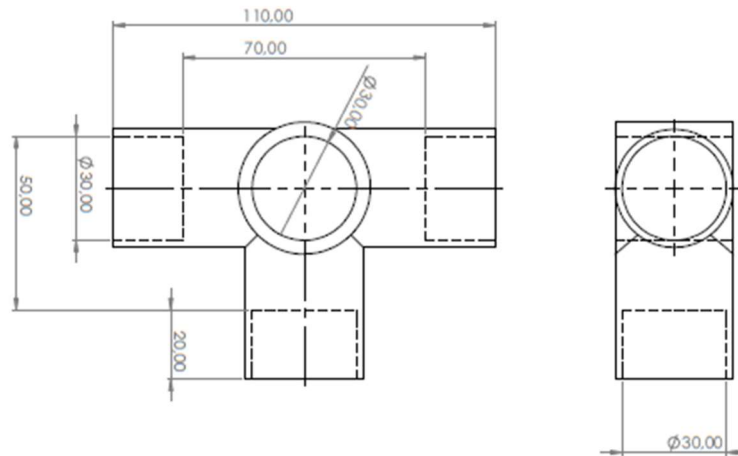
In quanto il SAG deve sopportare un determinato peso, variabile a seconda di quanto viene caricato, sono obbligato a mettere dei rinforzi alla struttura per renderla più robusta.

Per questi motivi la vista laterale cambia e diventa pari alla seguente:



Vanno ora considerati gli innesti, in quanto da essi dipendono le misure dei tubi da tagliare, di seguito ne riporto alcuni esempi:





### 2.3 Realizzazione distinta componenti e stima dei materiali utilizzati

Passo ora realizzare la distinta componenti così da raccogliere tutto il necessario per poter costruire il SAG.

Materiale necessario:

	RULLIERE		DIVISORI		BORDI LATERALI	
	LUNGHEZZA	QUANTITA'	LUNGHEZZA	QUANTITA'	LUNGHEZZA	QUANTITA'
	cm	pz.	cm	pz.	cm	pz.
4° piano	57	14	57	6	46	2
3° piano	72	14	72	6	61	2
2° piano	88	14	88	6	77	2
1° piano	103	14	103	6	92	2
ritorno	102	8	102	3	91	2
	TOTALE(m)	52,96	TOTALE(m)	22,26	TOTALE(m)	7,34
	n° barre(5m/barra)	11	n° barre(5m/barra)	5	n° barre(5m/barra)	2



TUBO	
LUNGHEZZA	QUANTITA'
cm	pz.
46,5	5
36,5	3
125	4
45	2
20	4
70	2
115	2
110	24
35	2
TOTALE(m)	40,92
n° barre(4m/barra)	11,00

INNESTI			
TIPOLOGIA	QUANTITA'	BULLONI NECESSARI	
	pz	bulloni/innesto	totale
I	44	1	44
L	6	2	12
X	1	2	2
L x ruote	4	2	8
T x ruote	2	3	6
I a 45°	8	1	8
X direzionale	2	4	8
I direzionale	4	2	8
Attacco rulliera	128		=
Attacco divisorio	54		96

-6 ruote:    2 fisse  
                   2 girevoli  
                   2 girevoli con il fermo

-pannello forato 110x30cm

Posso fare allora una stima del peso minimo, in quanto i componenti più pesanti sono i tubi, con un peso specifico pari a 1,20kg/m , dal quale posso ricavarmi un peso totale dei soli tubi pari a 49,1 kg.



## Realizzazione del SAG

Con la distinta componenti realizzata non mi rimane altro che tagliare con la sega a nastro tutti i tubi, i rulli, i divisori ed i bordi laterali nella misura indicata, facendo particolare attenzione ad evitare possibili sprechi di materiale.

Una volta tagliato il tutto posso procedere all'assemblaggio per arrivare alla seguente situazione



*Figura 4 SAG completato*

Come si vede dalla figura 4 sono già state fissate tutte le luci del sistema “pick to light” mediante 2 fascette da elettricista ciascuno, avendo cura che il cavo che collega tutti i led sia unico e che faccia il percorso più breve senza lasciare fronzoli che possano impigliarsi o dare fastidio.

A questo punto non rimane che situarlo nella sua posizione in linea di montaggio, caricarlo con i componenti necessari, scrivere i vari codici dei componenti nelle varie posizioni e passare alla fase successiva di gestione dell’ elettronica.

# Gestione elettronica

## 4.1 Gestione della linea di montaggio

Ogni modello di assale è definito secondo un codice specifico definito dall'azienda. All'interno della linea viene quindi identificato l'assale grazie al suo codice e da un sensore di posizione posto sul carrello porta assale. Grazie a questo ed alla conoscenza della velocità di avanzamento, ovvero la cadenza, è possibile conoscere a che punto della linea è situato l'assale e conseguentemente di fronte a quale stazione di lavoro si trova.

In ogni postazione è presente un computer collegato con i vari sensori di posizione dei vari assali, questo contiene, per ogni stazione di lavoro, le indicazioni di montaggio di tutti i componenti corrispondenti, così da fornire all'operaio un manuale dettagliato e specifico delle operazioni da svolgere per ogni tipologia di assale.

Sono quindi in grado per ogni trave differente di dare le indicazioni necessarie per i componenti da montare su ogni stadio dell'intera linea, organizzando così al meglio il lavoro di ogni operatore, lasciando a lui esclusivamente la parte di selezione delle componenti corrette, facendo combaciare i codici indicati dal monitor con quelli disponibili all'interno dei SAG, e la successiva parte di assemblaggio.

Purtroppo, come è stato esposto in questa trattazione, a cadenze elevate il primo compito risulta molto difficoltoso e fonte di svariati errori da parte dell'operatore.

## 4.2 Gestione del pick to light

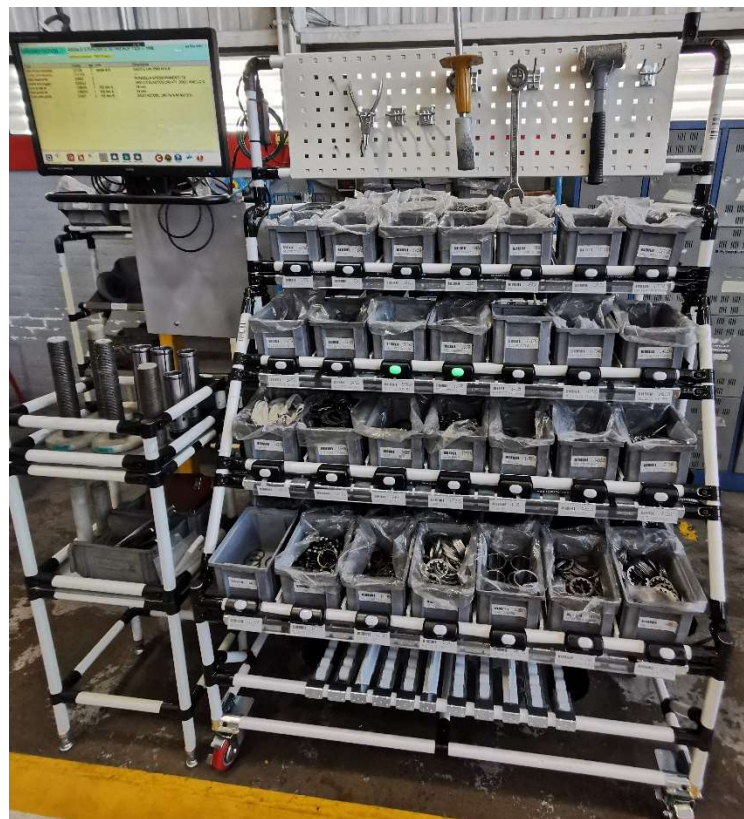
A questo punto è necessario impostare sulla centralina del sistema "pick to light" i vari codici delle componenti disponibili sul SAG.

Per fare ciò bisogna assegnare una posizione(distanza dalla centralina al led) alle varie luci ed un relativo numero indicativo. Per eseguire questa operazione utilizzo un programma proprio della centralina il quale mi chiede di dare conferma mediante un bottone su ogni led nell'ordine

scelto da me. In questo caso i led saranno dal numero 1 al numero 28, partendo dalla fine del filo di collegamento ed arrivando con la luce 28 nella posizione più prossima alla centralina.

Assegnata una posizione ad ogni led, va caricato sulla centralina un foglio Excel che contiene tutti i codici dei componenti presenti sul SAG su una colonna e sulla colonna a fianco la relativa posizione delle luci.

Ora non mi rimane che collegare la centralina del sistema al computer della postazione di lavoro, il quale conoscendo l'assale che si trova di fronte richiama in automatico le luci dei codici necessari da montare per quel trave.



*Figura 5 SAG in funzione*

## **Contestualizzazione del Toyotismo nel caso in esame**

### 5.1 Definizione di Toyotismo e principali caratteristiche

Il Toyotismo è un modello di produzione inventato dalla Toyota, basato sulla catena di montaggio. E' direzionato però nell'utilizzare le risorse necessarie nel modo più efficiente e produttivo possibile con l'obbiettivo finale di aumentare drasticamente la produttività.

Viene in questo caso rivalutato il ruolo dell'operaio, in quanto da esso dipende l'andamento dell'intera produzione. L' operaio è visto quindi come figura di grande automazione e flessibilità, con la possibilità di svolgere svariate mansioni, sempre con la premessa che la sua formazione specifica sia di ottimo livello.

Il modello del Toyotismo è alla ricerca continua del miglioramento e dell'innovazione in piccoli passi, e si pone la sfida di snellire la produzione sempre di più, fino al raggiungimento di una produzione "just in time", ovvero produrre nel momento stesso in cui arriva la domanda del prodotto nella quantità e qualità richiesta.

Consideriamo che al centro di questa filosofia, si trova il metodo delle 5S che è una procedura semplice per la gestione dell'ordine e della pulizia delle postazioni di lavoro e rappresenta il punto di partenza per ottimizzare le attività produttive e per il miglioramento continuo.

Gli obiettivi del modello di Toyota invece sono:

- Ridurre i sovraccarichi;
- Evitare le inconsistenze;
- Eliminare gli sprechi;
- Raggiungere risultati in un modo semplice;
- Ottenere flessibilità senza stress;

Grandi considerazioni sono state fatte in questo modello a proposito degli sprechi, chiamati anche “muda”, che possono essere allora classificati tutti in 7 principali categorie:

- Sovra-lavorazione, compiere più lavorazione del necessario;
- Sovra-produzione, produrre più di quanto richiesto;
- Ri-lavorazione, compiere più volte un processo o parte per eliminare errori a monte;
- Giacenza, il magazzino è visto come spreco di spazio;
- Intelletto, non utilizzare idee migliorative o capacità degli operatori;
- Movimento, spostamenti inutili.

Lo spreco maggiore però è la sovra-produzione in quanto genera a sua volta sprechi di giacenza e di movimento.

Questo modello però possiede anche degli aspetti negativi, come la creazione di disoccupazione, data dal minor numero di risorse umane necessarie; scarsità nel numero dei prodotti forniti data dai pochi esuberanti a magazzino; ed un'elevata sensibilità agli inconvenienti in produzione che portano a facili ritardi al cliente.

Si può quindi vedere che il fulcro del modello del Toyotismo è il miglioramento continuo, partendo sempre dal presupposto che tutto quello che è stato fatto fino ad ora è sempre migliorabile.

## 5.2 Il Toyotismo ed il caso in esame

Come si è letto nel paragrafo precedente questo modello è alla base dell'ottimizzazione di tutte le imprese moderne, il SAG realizzato durante questa lettura è pensato per intervenire su vari obiettivi e punti del Toyotismo, con lo scopo di migliorare sempre più ciò che è stato fatto fino ad ora.

Il SAG ha lo scopo principale di evitare gli sprechi, ottenere un'elevata flessibilità senza stress da parte dell'operatore e raggiungere risultati in modo semplice. Gli sprechi principali che ho nettamente ridotto in questo caso sono quindi le ri-lavorazioni.



Attraverso dei semplici segnali luminosi si riesce a snellire la linea di produzione e semplificarne notevolmente il compito dell'operatore. Facendo così l'operatore può pensare di più a compiere nel modo migliore la fase di montaggio. Inoltre, mi permette di poter intercambiare maggiormente gli operatori dato che le operazioni in quello stadio adesso sono semplificate.

La realizzazione di questo SAG rientra di conseguenza all'interno del piano di miglioramento che l'azienda realizza ogni anno con determinati obiettivi e punti da ottimizzare, così da poter ottenere il massimo dalle linee di produzione esistenti, aumentarne la cadenza e conseguentemente il fatturato dell'impresa, sempre più importante dato l'aumento delle materie prime e dell'energia riscontrato negli ultimi anni.



## **Limiti del modello e possibili sviluppi**

L'utilizzo del sistema "pick to light" risulta molto sfruttabile quando viene richiesta una determinata concentrazione da parte dell'operatore soprattutto nella fase di scelta di componentistiche o comunque dove l'operatore esegue anche la parte di selezione.

È però necessario che ci sia una non indifferente organizzazione elettronica di tutto il sistema, così da poter sfruttare al meglio questo metodo. Va sempre considerato però che tutto l'insieme elettronico deve funzionare al meglio, in quanto se succedessero problemi in fase di trasferimento delle informazioni ci sarebbero problemi non indifferenti successivamente.

Questo metodo rimane sempre e comunque limitato dall'operatore, in quanto può comunque sbagliare se esegue il suo lavoro senza una dovuta attenzione.

Allo stesso tempo però risulta molto versatile ed applicabile in svariati ambiti e circostanze, è molto utile in tutte quelle fasi dove un operatore deve selezionare un prodotto tra altri, come nel nostro caso o all'interno di magazzini

Il "pick to light" è sempre più vantaggioso tanto più sono elevati i numeri di prodotti tra cui selezionare e tanto più questa selezione viene richiesta di frequente.

Sistemi simili sono i più svariati, dove può non essere più utilizzata una luce per indicare il prodotto corretto, ma si apre lo sportello relativo al componente necessario, oppure si accende una luce dello stesso colore dell'attrezzo da utilizzare; in ogni caso consentono all'operatore di non commettere sbagli che potrebbe compiere molto più facilmente senza questo ausilio.