



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea di Ingegneria Gestionale

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Marzo 2023

# Analisi predittiva dei difetti di produzione nel settore automotive

Il caso Olsa S.p.a.

Relatori:

Prof. Galetto Maurizio

Prof. Genta Gianfranco

Prof. Verna Elisa

Candidati:

Nardulli Annalisa





## **SOMMARIO**

INTRODUZIONE.....	1
CAPITOLO 1 – Il contesto.....	2
1.1 Storia.....	2
1.2 Prodotti.....	4
1.3 Processo produttivo.....	7
1.3.1 Progettazione.....	8
1.3.2 Stampaggio.....	10
1.3.3 Metallizzazione.....	11
1.3.4 Assemblaggio.....	13
1.3.5 Magazzino.....	15
CAPITOLO 2 – LEAN MANUFACTURING.....	17
2.1 Lean Manufacturing.....	17
2.1.1 Value.....	19
2.1.2 Flow.....	20
2.1.3 Pull.....	21
2.2 Kaizen.....	21
2.2.1 Ciclo di Deming.....	24
2.3 Concetto di Qualità.....	28
2.4 Metodi di controllo qualità.....	34
2.4.1 Istogramma.....	41
2.4.2 Diagramma di Pareto.....	42
2.4.3 Strategie di gestione della qualità.....	45
CAPITOLO 3 – CASO STUDIO.....	47
3.1 Il prodotto: M182.....	47
3.1.1 Componenti.....	47
3.1.2 Layout della linea M182.....	49
3.2 Il Processo.....	50
3.2.1 Assunzioni.....	51

OP 05 .....	52
OP 10.....	55
OP 20.....	57
OP 30.....	58
OP 35.....	59
OP 40.....	60
GPI2.....	63
3.3 Piano sperimentale.....	64
3.3.1 Raccolta dei dati sperimentali.....	66
3.3.2 Metodologia di analisi dei dati .....	67
3.3.3 Analisi di regressione.....	71
CAPITOLO 4 – Analisi e discussione dei dati sperimentali.....	78
4.1 Analisi dei dati sperimentali.....	78
4.1.1 Test d’ipotesi .....	81
4.2 Analisi difettosità linea di assemblaggio .....	88
4.3 Analisi GP 12 .....	99
Conclusioni .....	107
Appendice .....	111
RIFERIMENTI.....	125



# INTRODUZIONE

In un mondo sempre più incentrato sull'industria 4.0, la qualità rappresenta uno dei fattori più significativi in termini di vantaggio competitivo.

Attualmente, le piccole e medie imprese ed in particolar modo le multinazionali, sono alla ricerca di nuove soluzioni innovative al fine di ridurre la presenza di scarti di produzione, riuscendo allo stesso tempo a non intaccare in alcun modo il tempo ciclo e fornendo un output di qualità elevata.

L'obiettivo dell'analisi presentate in questo elaborato è rappresentato dal voler mostrare una metodologia implementata con lo scopo di decretare preventivamente gli scarti di produzione. Tale approccio è stato sperimentato su una linea di assemblaggio di una azienda torinese produttrice di componenti per autoveicoli chiamata Olsa Magna S.p.A.

A seguito dell'esperienza di tirocinio condotta all'interno della medesima azienda, si è potuto osservare l'elevata percentuale di scarto decretata durante il processo produttivo. Da qui è nata l'esigenza di voler sperimentare un modello che puntasse alla riduzione di tale problematica.

Apparentemente potrebbe sembrare superfluo per una azienda operante principalmente sul mercato nazionale, puntare ad una produzione snella e priva di difettosità. Ma, è a seguito dell'acquisizione della piccola azienda a conduzione familiare da parte della multinazionale Magna International, che nacque l'esigenza di implementare metodologie che l'avvicinassero ad un contesto internazionale.

Nei vari capitoli verrà mostrato come sia stato organizzato il piano sperimentale, partendo dal contesto aziendale sino ad arrivare all'analisi dei risultati ottenuti.

.

# CAPITOLO 1 – IL CONTESTO

In questo primo capitolo verrà presentata una breve overview di quello che è il contesto aziendale in cui tale elaborato di tesi basa la sua ricerca. Oltre a descrivere come l'azienda sia diventata punto di riferimento nel settore automotive, verrà analizzato anche il processo produttivo.

## 1.1 Storia

L'azienda a conduzione familiare Olsa S.p.a., dall'acronimo "*Officina Lavorazione Stampaggio Accessori*", fu fondata nel 1947 a Rivoli, il cui business core era la fabbricazione di prodotti, prevalentemente in metallo, dediti al settore automotive.

The logo consists of the word "OLSA" in a bold, red, sans-serif font. The letters are thick and have a slightly irregular, hand-drawn appearance.

Figura 1.1 – Logo della Società

Con l'obiettivo di focalizzarsi nel diventare fornitore di fanali per le migliori case automobilistiche italiane, il gruppo decide di ampliare il proprio know-how attraverso il processo di stampaggio di materiale plastico. Affinché ciò potesse avvenire, si decise di riqualificare lo stabilimento, spostandolo nella sede di Moncalieri, ove è tutt'oggi presente.

Intorno al 1976, il management della società decise di espandere la produzione attraverso l'esportazione dei propri prodotti verso nuovi mercati, comportando una grande crescita in termini economici. Tale espansione di export verso nuovi paesi rese

necessario un riassetto del contesto aziendale e anche della missione della società. Infatti, l'azienda venne riconosciuta in campo internazionale come produttrice di luci interne, piccola fanaleria e fanali posteriori, portando ad un riadattamento dell'acronimo con cui viene denominato il gruppo in "Optical Lighting System Automotive"



Figura 1.2 – Logo della Società con nuovo acronimo

Forte dell'espansione, l'asset manageriale della società decide di investire nella realizzazione di nuovi stabilimenti produttivi prima in Brasile e Polonia e nei decenni successivi anche in Messico (stabilimento che si occupa di commercializzare e produrre fanali per il Nord America), Germania e anche l'avvio di una joint venture in Cina con cui si puntava a ricoprire il mercato asiatico.

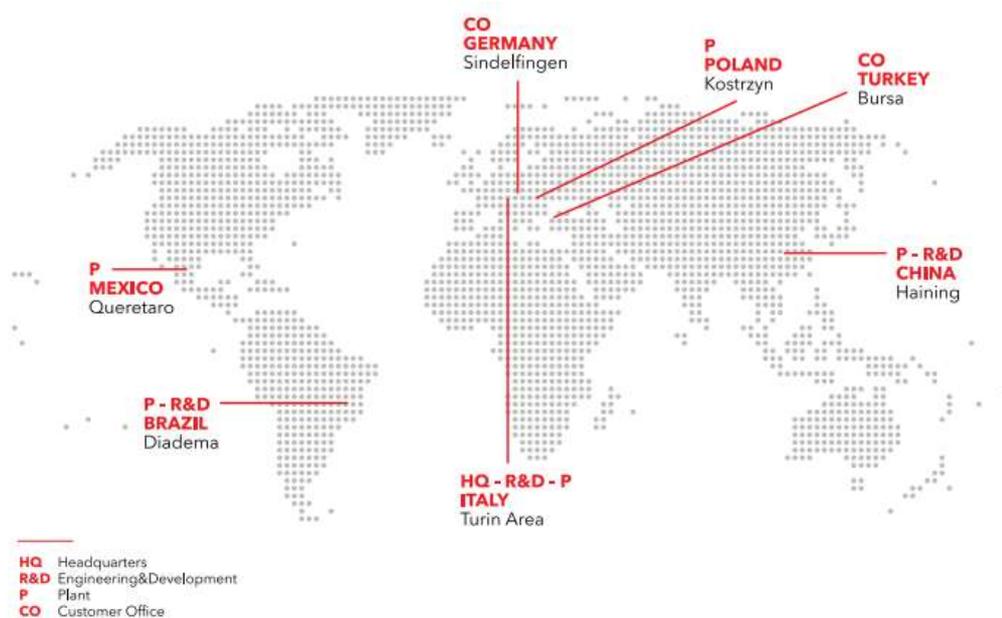


Figura 1.3 – Stabilimenti del gruppo

Intorno al primo decennio dell'ultimo secolo il gruppo Olsa, che oltre a contare ben oltre 1800 dipendenti in tutto il mondo, si impose come leader mondiale nella produzione di Lighting nel settore automotive, puntando ad ampliare la propria rete di clienti.

Nel 2018 l'azienda passa da un contesto familiare ad un assetto diverso. Difatti, nel novembre di quell'anno, Olsa viene acquistata dalla multinazionale canadese Magna International.

Magna International è una società che fonda il suo business core su tecnologie per la mobilità, per questo, ad oggi, rappresenta uno dei maggiori fornitori nel contesto automobilistico al mondo. Il potere competitivo della società Magna si basa sulla produzione e industrializzazione di esterni; strutture di carrozzeria; tecnologie di alimentazione e visione, fornendo in tal modo soluzioni diverse per i veicoli.

In particolar modo, l'asset Magna Lighting ha reso il gruppo leader globale nel design e development di sistemi di illuminazione di alta qualità, quali fari posteriori e piccole luci.

The logo consists of the word "OLSA" in a bold, grey, sans-serif font. To its right, the word "Parts" is written in a red, italicized, sans-serif font, enclosed within a red rectangular box.

a)

The logo features a stylized icon on the left, composed of three vertical bars of increasing height from left to right, topped with a small red circle. To the right of this icon, the word "MAGNA" is written in a bold, grey, sans-serif font.

b)

Figura 1.4 -Evoluzione del logo

## 1.2 Prodotti

A differenza degli albori della società, nei quali la produzione era incentrata sulla fabbricazione di piccoli componenti in metallo, adesso il core business dell'azienda, come visto in precedenza, si

basa sulla realizzazione di fanali posteriori, plafonerie e piccola fanaleria per diverse case automobilistiche.

Ad oggi l'azienda realizza diverse tipologie di prodotti quali:

- Fanali posteriori
- Plafoniere
- Piccola fanaleria, ossia fendinebbia, luce porta, luce targa, ecc..



Figura 1.5 – Esempi di fanali posteriori prodotti



Figura 1.6 – Esempi di Piccola fanaleria prodotta  
Nello specifico luce targa, catadiottro e fendinebbia



Figura 1.7 – Esempi di Plafoniere prodotte

Sebbene venga proposta una gamma di prodotti così differenziata, ciò che ha contribuito a rendere il Gruppo riconoscibile all'interno del settore automotive è rappresentato dall'asset della fanaleria posteriore, rendendolo principale fornitore delle grandi case automobilistiche mondiali. Questo traguardo è stato reso possibile grazie all'effort impiegato dall'azienda nell'industrializzazione, ricerca e sviluppo di tale gamma di prodotto, a differenza della small lighting, di natura meno complessa per cui non si è ritenuto necessario investire molto nella sua realizzazione.

Per l'azienda risulta essenziale poter presentare sul mercato prodotti di estrema qualità, difatti continua ad investire nella ricerca, puntando al miglioramento dei processi produttivi e scegliendo sempre materiali innovativi. Come, ad esempio, sostituendo le ormai obsolete lampade a bulbo, con le più innovative tecnologie LED, non solo per la plafonerie ma anche per i fanali, contribuendo ad un risparmio notevole in termini di consumo energetico del veicolo.

Producendo componenti di illuminazione essenziali per i veicoli, il gruppo, inoltre, risulta prestare particolarmente attenzione a quelle che sono le norme vigenti sulla sicurezza stradale, sia in ambito nazionale che internazionale. Nello specifico, parlando di fanali, elemento indispensabile per segnalare non solo la presenza di un'auto, ma soprattutto frenate o cambi di direzione, risulta essenziale produrre un prodotto che adoperi correttamente a tali funzionalità. Il focus di Olsa è rappresentato, per tali motivazioni, nel cercare di ottimizzare il confort visivo e la sicurezza del conducente.

Secondo la norma italiana, su ogni veicolo devono essere presenti, oltre ai fari anteriori, tipicamente luce fredda e bianca, anche dei fari nella parte posteriore, ossia fari di posizione,

retronebbia e stop, oltre alla presenza di una luce che renda visibile la targa dell'automobile in un raggio di almeno 20 metri.

Inoltre, la normativa europea, stabilisce le caratteristiche costruttive della fanaleria da possedere se si intende immettere sul mercato un veicolo. Per tali ragioni, ogni componente realizzato all'interno degli stabilimenti Olsa deve presentare l'indicazione ECE, conseguita solo una volta superati i controlli di omologazione. Tale acronimo deve essere accompagnato dal simbolo E, seguito dal numero associato al paese della comunità europea che richiede l'omologazione. Ad esempio, E1 si riferisce alla Germania o E3 all'Italia.

Industrializzando prodotti anche per il mercato americano, l'azienda è molto attenta anche nel costringere l'omologazione dei suoi prodotti anche per i contesti mondiali.

A livello di strategia aziendale, il gruppo risulta essere fortemente "Customer oriented", ossia pone particolare attenzione nel cercare di preservare quelle che sono le esigenze dei clienti. Per tali ragioni, si è pensato di implementare il reparto qualità in tutte le fasi di realizzazione del prodotto, dal momento in cui si avvia lo studio di fattibilità all'assemblaggio dello stesso in stabilimento, garantendo, anche, un ottimo servizio post-vendita sul prodotto. Tale attenzione l'ha portata ad intraprendere partnership con molte delle più importanti case automobilistiche, quali ad esempio Maserati o Porsche, riconosciute per l'estrema qualità dei loro veicoli.

### 1.3 Processo produttivo

Come già constatato precedentemente, la continua perseveranza nell'innovazione delle tecnologie adoperate ha

consentito al gruppo di ottenere una posizione di prestigio tra i Suppliers ricercati dalle aziende partner.

Il processo produttivo che consente di trasformare piccoli polimeri nel prodotto finale è articolato e prevede il coinvolgimento di differenti reparti, collocati anche in differenti stabilimenti. In particolare, le fasi di progettazione vengono eseguite nella sede di Rivoli, a differenza del sito in Moncalieri nel quale avviene la produzione del fanale.

### 1.3.1 Progettazione

Il Design del fanale è frutto di una stretta collaborazione tra i tecnici Olsa, situati nella loro sede di Rivoli, ed i progettisti delle case automobilistiche madri. Questa collaborazione è fondamentale, in quanto attraverso questa continua interazione vengono matematizzati i disegni CAD, funzionali per la realizzazione ed implementazione degli stampi utilizzati nel reparto di stampaggio. In seguito, si procede con la modellizzazione dei primi prototipi degli stampi, i quali vengono sottoposti ad una serie di test per validarne la geometria dello stesso.

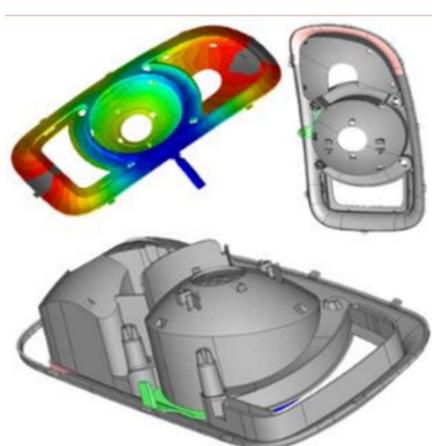


Figura 1.8- Esempio Disegno Cad

Nel processo di validazione dei parametri geometrici necessari per la realizzazione degli stampi, vengono effettuati test che riguardano il comportamento dello stesso in situazioni di shock termico, verifica di impermeabilità e assenza di malfunzionamenti elettrici. Solo quando questi check tecnici risultano in un esito positivo, si procede con il fornire le specifiche al fornitore selezionato che si occuperà della realizzazione dello stampo.

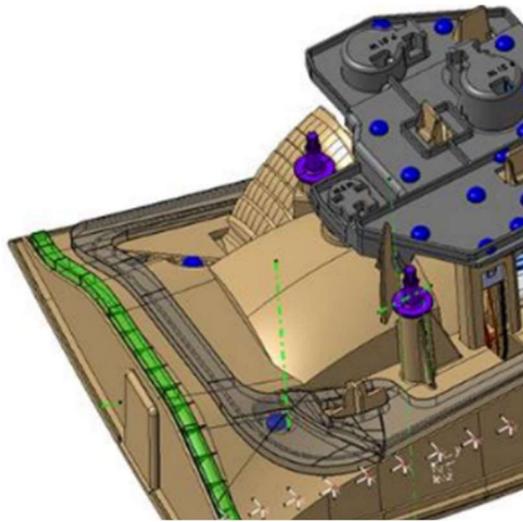


Figura 1.9 – Modellizzazione Cad



Figura 1.10 – Esempio di stampo

### 1.3.2 Stampaggio

A questo punto il processo produttivo si sposta nello stabilimento di Moncalieri. Nello specifico, la fase di stampaggio è comune ad ogni differente tipologia di prodotto realizzata all'interno dello stabilimento. L'elemento focale all'interno di tale reparto è rappresentato dalle presse ad iniezione per materiale plastico. Ciò che contraddistingue i vari macchinari e consente di classificarli è rappresentato da:

- Tonnellaggio. All'interno dello stabilimento i tonnellaggi variano da 70 a 1500. Tale differenziazione sancisce non solo una differenza in termini di dimensioni del macchinario stesso. Per piccoli tonnellaggi corrispondono componenti piccoli o pressoché estetici, quali luci targa, a differenza di tonnellaggi elevati tipicamente adoperati per stampaggio di lenti per fanali, per cui è richiesta estrema precisione e qualità di realizzazione
- Colori adoperati. Le presse vengono identificate anche in base a quanti differenti colori riescono ad iniettare per lo stampaggio dei componenti.



Figura 1.11 – Reparto Stampaggio

Anche se lo stabilimento ha a disposizione differenti tipologie di presse, il processo che consente la realizzazione del componente stampato è il medesimo. Nelle presse di questo tipo, tipicamente, il materiale plastico viene iniettato ad altissima pressione e temperatura in uno stampo.

All'inizio del processo di stampaggio, i granuli di polimero vengono immessi all'interno del cilindro della vite di alimentazione e plastificazione. Attraverso questa operazione, i granuli vengono riscaldati fino a raggiungere la temperatura di fusione. In seguito, la miscela così ottenuta viene iniettata nello stampo, ermeticamente sigillato e mantenuto ad elevatissime pressioni, fino a quando il polimero non ha raggiunto la sua solidificazione. In seguito ad un processo di raffreddamento, si procede con l'estrazione del componente.



Figura 1.12 – Cilindri in cui sono presenti i polimeri

### 1.3.3 Metallizzazione

Il passaggio in tale reparto non usuale per tutti i componenti, infatti solo alcuni di loro prevedono la metallizzazione di alcune parti.

Per processo di metallizzazione si intende il rivestire alcune superfici del componente con un sottilissimo strato, di circa pochi millimetri, di alluminio.

Tale fase svolge una funzione estetica oltre che funzionale per la realizzazione del fanale. Difatti la presenza di alcune parti interne metallizzate del faro posteriore dell'auto aiuta a disperdere in maniera omogenea i fasci luminosi, evitando pericoli di abbagliamento e consentendo una graduale diffusione della luce. Questo consente di realizzare un fanale che diffonda una luce intensa ma senza provocare disagi alla circolazione



Figura 1.13 – Esempio di componente laserizzato

Una volta terminati e superati quality check a seguito del processo di stampaggio, i pezzi vengono portati in magazzino e smistati. I lenti, poi, che devono completare il loro processo di realizzazione vengono portate all'interno del reparto di metallizzazione. Qui, i componenti vengono sistemati sulle cosiddette bilancelle vengono posizionate all'interno di una struttura stagna rotante, contenuta all'interno del macchinario denominato "Campana".

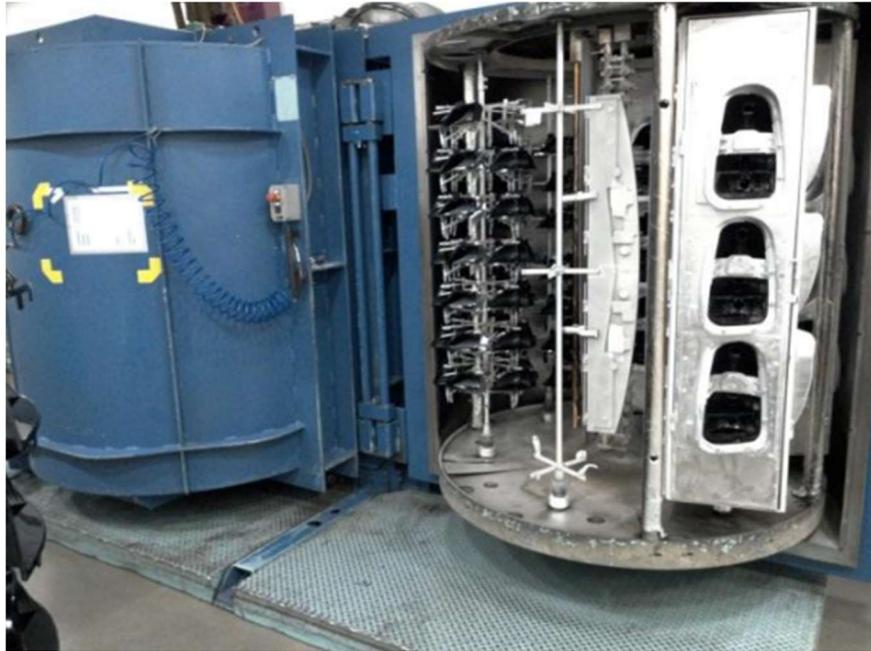


Figura 1.14 – Campane di metallizzazione

Affinché venga garantito che il film di alluminio attecchisca correttamente, è necessario creare un ambiente in condizioni di sottovuoto. Attraverso tale condizione e mediante la rotazione delle bilancelle, le particelle di alluminio vengono depositate in modo uniforme sulla superficie del pezzo, ottenendo così un effetto brillante ed omogeneo.

Questi primi due reparti descrivono la fase di riproduzione ed a seguito di tali operazioni, i pezzi vengono imballati e riposti in magazzino, ove rimangono in attesa della successiva fase assemblaggio.

#### 1.3.4 Assemblaggio

L'area più vasta all'interno dello stabilimento sito in Moncalieri è dedicata dal reparto di assemblaggio. Questo è reso indispensabile dalla suddivisione in diverse linee di montaggio, specifiche per ogni componente finale realizzato, come ad

esempio la linea M182 dedicata all'assemblaggio di un fanale per un grande cliente o linee dedicate a singole plafoniere. Ogni cliente detiene l'esclusiva per ogni singola catena di montaggio oltre ad essere aggiornata periodicamente sulle prestazioni e sulla qualità della stessa.

Ogni linea all'interno di tale reparto è costituita da macchinari equiparati da un livello di automazione differente, a seconda della complessità del componente e dall'esigenza di sottostare a rigidi tempi ciclo di produzione. Nonostante la presenza di robot, all'interno delle diverse linee di assemblaggio la presenza di operai risulta indispensabile, sia per la movimentazione di componenti da una stazione di lavoro all'altra e per effettuare controlli di qualità, che nella maggior parte dei casi rimangono visivi.



Figura 1.15 – Reparto Assemblaggio

In prossimità della linea, vengono posizionati dei buffer di imballaggio, in cui i fanali assemblati vengono riposti in attesa di

superare gli ultimi check e procedere con il deposito nel magazzino prodotti finiti. Prima di tale passaggio, ogni componente deve effettuare l'ultimo controllo, chiamato End of Line (EOL), ossia l'ultima stazione di lavoro della linea, in cui ogni fanale viene attentamente ispezionato sia dal punto di vista estetico sia attraverso prove di tipo funzionali quali fotometria e di tenuta.

### 1.3.5 Magazzino

In questa area dello stabilimento sono situati sia i prodotti imballati in attesa di essere spediti al cliente, ma anche i componenti semilavorati prima di essere smistati nelle linee di assemblaggio dedicate. Per differenziare queste due tipologie di componenti riposti in magazzino vengono utilizzati scatole di differenti colori ed imballi diversi.

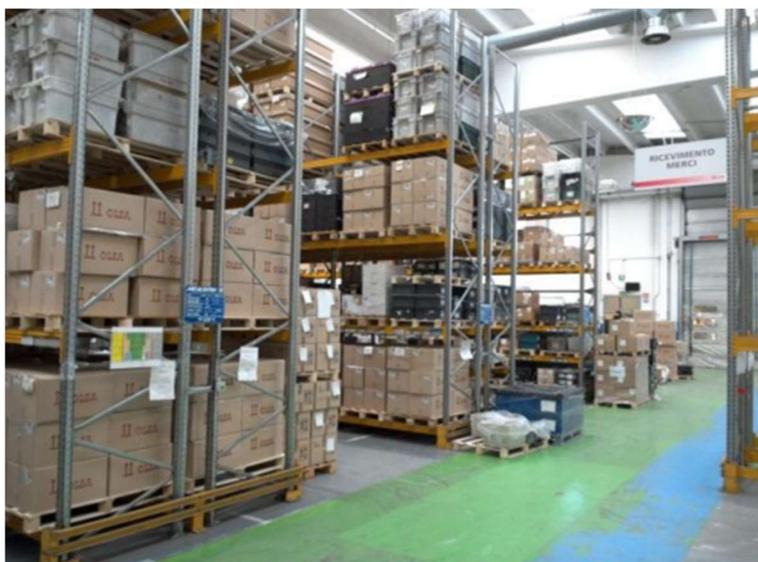


Figura 1.16 – Magazzino stoccaggio materie prime

Inoltre, vengono disposte delle aree di stoccaggio in cui vengono catalogati e controllati i prodotti provenienti da fornitori esterni, quali cablaggi, viti e sistemi di illuminazione, oltre ad una zona in cui vengono effettuati gli ultimi controlli.

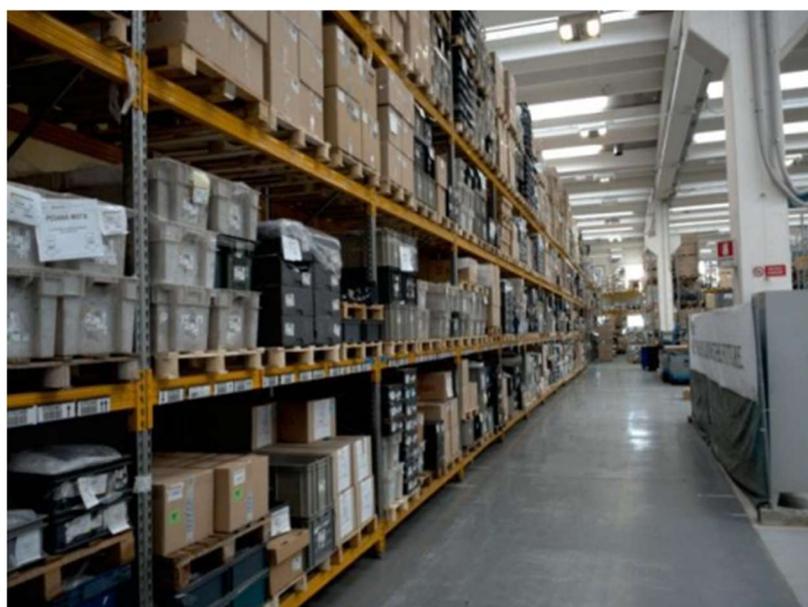


Figura 1.17- Magazzino stoccaggio prodotti finiti

## CAPITOLO 2 – LEAN MANUFACTURING

Nel corrente capitolo si descriveranno i punti chiave della filosofia Lean e gli strumenti ad essa connessi. In particolare, verranno descritte alcune metodologie utilizzate a supporto della produzione snella, presenti in letteratura, soffermandosi su quella che verrà poi utilizzata per le analisi descritte nei prossimi capitoli per lo svolgimento del lavoro.

### 2.1 Lean Manufacturing

Oggigiorno sempre più aziende decidono di sposare la filosofia cosiddetta della “produzione snella”. Il focus di tale cultura è quello di portare ad una massimizzazione, sia in termini di efficienza ma soprattutto di efficacia il prodotto realizzato. Attraverso l’adozione di tale metodologia, molte imprese operanti in vari settori, tra cui il manifatturiero, iniziano a focalizzarsi sulla continua ricerca del flusso del valore reale della produzione.

Tale cultura è stata idealizzata da due studiosi statunitensi che decisero di confrontare il processo produttivo utilizzato dalle grandi case automobilistiche del loro Paese con quello adoperato in Giappone. La scelta di analizzare le differenze di approccio proprio tra questi due Paesi non era casuale; infatti, è proprio nella nazione nipponica che si sviluppò tale cultura.

Agli inizi dei primi anni '50, il mercato automobilistico statunitense puntava alla produzione massiva su larga scala. Proprio per cercare di contrastare tale potere che i dirigenti di quella che poi diventerà TOYOTA svilupparono un nuovo sistema di produzione, che a differenza di quello occidentale, punta ad una produzione che minimizzi l'utilizzo delle risorse disponibili. Difatti nel manufacturing americano se da un lato la produzione di massa

favoriva il soddisfacimento della richiesta di mercato, dall'altro registrava un elevato numero di prodotti scartati.

Quello che in Giappone si inizia a diffondere sia l'idea di ridurre gli sprechi puntando ad annullarli. Con il termine MUDA, quindi, si intende tutti quegli elementi da eliminare per ricercare ciò che rappresenta il vero "valore" per il cliente finale.

Si parla, quindi, di:

- Riduzione della difettosità dei componenti realizzati;
- Minimizzare i magazzini, sia in termini di materie prime, ma soprattutto per quanto attiene i prodotti invenduti
- Analizzare i processi produttivi, eliminando le lavorazioni non funzionali alla realizzazione dei componenti;
- Annullare gli spostamenti non necessari
- Azzerare le attese tra le varie postazioni di lavoro.

L'applicazione di tale filosofia viene sintetizzata dall'implementazione di varie fasi, attuate in maniera ciclica.

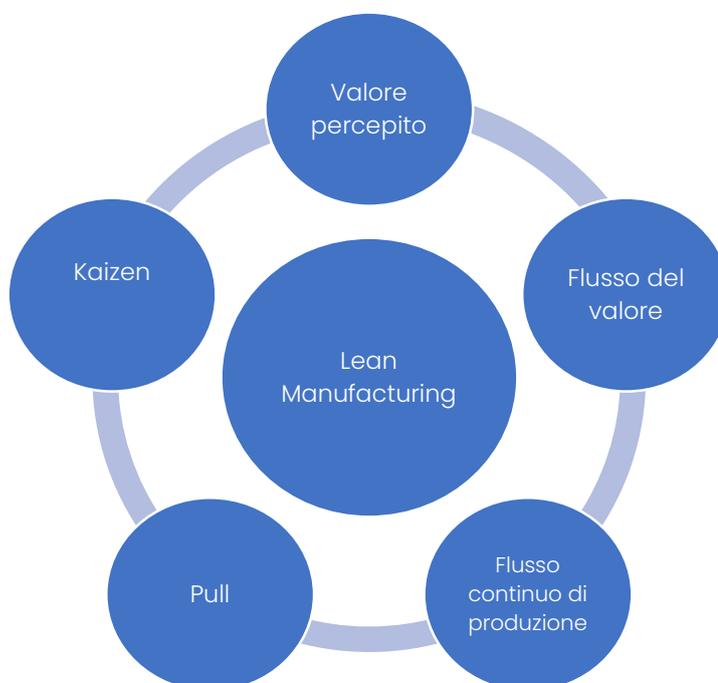


Figura 2.1 – Le fasi del Lean Manufacturing

## 2.1.1 Value

Per poter applicare la metodologia Lean in un contesto industriale, occorre partire dall'identificazione di ciò che crea valore all'interno del processo di realizzazione del prodotto. In altre parole, è necessario riuscire a perseverare nelle attività che permettono al cliente di essere disposto a pagare di più per possedere il prodotto.

Questo implica, che il focus dell'azienda diventa il cliente e il voler raggiungere la sua soddisfazione, in quanto, come già detto, il valore viene attribuito dal cliente finale, ossia da quanto sarebbe disposto ad investire, in termini di risorse economiche, per possedere tale prodotto.

Quello che accadeva precedentemente era la designazione di ogni area aziendale nell'operare verso il raggiungimento del proprio della generazione del valore, singolarmente e non considerando l'azienda nel suo insieme.

Attuando il pensiero snello, si passa alla valutazione del valore a livello generale di ogni asset aziendale. Questo consente di analizzare l'intero processo produttivo, dalla ricerca delle materie prime alla distribuzione del prodotto sul mercato, eliminando quei task che non sono fondamentali per la definizione del valore da parte del cliente.

Tale indagine pone l'attenzione sull'evidenziare le:

- Attività che creano valore, il cui costo, quindi, può essere trasferito sul cliente;
- Attività che non sono necessarie ma contribuiscono al valore. Parliamo di task essenziali quali la gestione degli ordini o ciò che porta al design del prodotto;

- Attività che non sono funzionali e non creano valore, per cui occorre eliminarle. Nella cultura giapponese vengono chiamate MUDA.

Si vede subito come per le aziende diventa fondamentale riuscire a identificare e concentrarsi sulle attività che effettivamente concorrono ad accrescere la percezione del valore da parte del cliente. Non bisogna dimenticare, che se il prodotto non è di valore per l'utente finale, quest'ultimo preferirà investire il suo guadagno su altro ed a rimetterci sarà l'azienda.

Per analizzare il processo, spesso si avvale di strumenti grafici, quali la Value Stream Map nella quale vengono mostrati i vari task enfatizzando la loro natura, ossia se siano funzionali o meno alla valorizzazione del prodotto.

## 2.1.2 Flow

Dopo aver selezionato le attività da eliminare, ossia quelle che non concorrono alla definizione del valore, risulta essenziale riorganizzare il flusso produttivo. L'identificazione ed estromissione di quei task che causano colli di bottiglia, se da un lato effettivamente si registra una riduzione sostanziale dei tempi d'attesa e buffer dall'altro rendono necessario un riassetamento del processo produttivo.

Le attività individuate come portatrici di valore per il cliente, devono poter progredire senza alcun tipo di impedimento. Per ottenere ciò, tutte le risorse utilizzate devono collaborare per il corretto fluire del processo, consentendo di ridurre i lead time; progettare layout funzionali e monitorare l'avanzamento della produzione.

Ovviamente, non solo le aziende che lavorano su linee produttive possono applicare tale filosofia, ma essa è abbastanza flessibile grazie alla facilità di applicazione.

### 2.1.3 Pull

Attuando una riduzione sostanziale del tempo adoperato per la realizzazione del prodotto, consente di spostare la logica produttiva da "push" ossia basata sulla pianificazione della produzione, ad una cosiddetta "pull", per cui il processo di realizzazione si avvia solo quando il cliente effettua l'ordine.

Questo cambiamento strategico diventa fondamentale, in quanto, condurre attività di valore secondo tempi e in modalità non coerenti con quelle che sono le esigenze del cliente comporta la realizzazione di prodotti che rappresentano dei *Muda*. Per cui la produzione Pull risulta efficace sia per l'individuazione dei reali bisogni del cliente, sia per l'efficacia di gestione delle risorse adoperate.

## 2.2 Kaizen

Non è sufficiente per le aziende riuscire ad individuare le azioni che contribuiscono alla creazione del valore percepito dal cliente, ma occorre perseverare nel raggiungimento del medesimo. Questo è reso possibile solo attraverso il confronto diretto con i competitors, attuando quello che viene definito "miglioramento continuo".

Il Focus principale per ogni Azienda, quindi, diviene il tentare di non perdere il vantaggio competitivo raggiunto attuando una continua analisi dei processi e sistemi volta all'eliminare completamente il *Muda*.

La cultura Kaizen si basa principalmente sul pensiero che “ogni cosa merita di essere migliorata”<sup>1</sup>. Tala filosofia è stata implementata in Giappone, dove a differenza delle metodologie utilizzate nella produzione occidentale, in cui il miglioramento viene attuato attraverso l’implementazione di attività drastiche, nel paese nipponico l’ottimizzazione dei processi viene vista come continua e graduale. Nell’ambito produttivo, l’applicazione del Kaizen implica che il miglioramento riguardi l’intera struttura aziendale. Per cui affinché si possa attuare tale filosofia diventa necessario che chiunque in azienda, dal manager a semplice operaio, debba impegnarsi verso il continuo progresso del processo.

Generalmente si pensa che quando si persevera con l’idea di migliorare continuamente introducendo l’innovazione, si debba necessariamente attuare cambiamenti radicali, trasformando quindi tutto il processo eseguito fino a quel momento. Ecco che emerge la sostanziale differenza tra applicazione della filosofia Kaizen e l’introduzione di innovazione nel processo, ovvero quest’ultima comporta progresso improvviso che verrà mantenuto sino all’introduzione di nuove innovazioni. Di contrasto, l’applicazione della cultura Kaizen prevede un cambiamento lento che riguardi tutti gli aspetti del processo aziendale

Come aveva commentato l’ideatore del termine Kaizen nel 1986, *«Al mondo ci sono troppi che insegnano come cambiare ma troppo pochi che sanno come fare»*<sup>2</sup>

per cui aveva delineato degli accorgimenti da considerare durante l’applicazione del metodo che consentono di migliorare le performance e la competitività:

---

<sup>1</sup> Fonte <https://www.leanthinking.it>

<sup>2</sup> Masaaki Imai, economista giapponese che ha coniato il termine nel 1986

- 1) Evitare di replicare soluzioni intraprese da altri. Spesso capita che il management aziendale decida di affidarsi ad una sorta di "copia e incolla" di attività da implementare rapidamente, ma la scelta di perseguire con tale cultura richiede un cambiamento aziendale generale e graduale;
- 2) Partire dal vertice aziendale. Uno degli errori più comuni risiede nel non rendere il top management parte attiva del miglioramento, non solo attraverso la loro partecipazione, ma dovrebbe guidare l'azienda riorganizzando gli asset verso questa cultura;
- 3) Dare responsabilità alla base. Molte volte erroneamente si pensa di non coinvolgere nel processo di miglioramento anche i livelli più bassi del processo, ignorando che il loro contributo potrebbe essere essenziale trovandosi a stretto contatto con le problematiche da risolvere;
- 4) Far leva sulla flessibilità e sulle dimensioni tipiche delle piccole e medie imprese. Per l'implementazione della filosofia giapponese non si intende trasferire modelli applicati su grandi aziende sulle pmi, ma al contrario è sinonimo di riconoscere quali aspetti possono risultare dei punti di forza per la crescita. «Piccole e medie imprese dovrebbero avere molte più possibilità di successo grazie alla loro struttura interna e all'allineamento più veloce in ogni area dell'azienda»
- 5) meno ristrutturazione finanziaria, più riorganizzazione operativa. Diviene necessario incentrare l'operato dell'azienda sul proprio know-how interno. «Ogni volta che la situazione diventa critica, la maggior parte delle

aziende sceglie una ristrutturazione finanziaria, mentre la riorganizzazione operativa è molto più importante»

A differenza delle metodologie esistenti, l'innovazione portata dal concetto Kaizen si basa sull'attuare dei cambiamenti monitorandone i risultati, apportando dei piccoli miglioramenti laddove il processo lo richieda, a seguito di misurazioni ed analisi.

Ogni qualvolta che si intende implementare un cambiamento, la filosofia Kaizen richiede:

- la formazione del team di lavoro sui concetti essenziali di Lean Manufacturing;
- incentivare sessioni di brainstorming per identificare aree da migliorare all'interno del processo produttivo;
- identificazione e successivamente creazione action plan di tutte quelle attività che consentono di apportare un cambiamento positivo, ma che presentino dei risultati misurabili ed osservabili;
- diffondere feedback dei risultati ottenuti

### 2.2.1 Ciclo di Deming

Per poter attuare la metodologia Kaizen all'interno di un contesto industriale si procede seguendo il cosiddetto ciclo di Deming o PDCA. Descrivendo tale ciclo, vengono identificati i passi essenziali per attuare la metodologia.

- Plan  
Attraverso tale fase si procede con l'individuazione di una problematica da risolvere o di un aspetto da migliorare. Per cui, in primo luogo vengono esplicitati chiaramente gli obiettivi di miglioramento che si intende ottenere; successivamente si procede con la raccolta dei dati necessari per studiarne il processo; viene, inoltre, effettuata una opportuna mappatura

dei processi, attraverso dei diagrammi di flusso individuando le cause radici e definendo gli interventi opportuni per la loro eliminazione. Infine, si procede con la pianificazione di quelle che sono le risorse necessarie per attuare tali interventi, identificando i gradi di responsabilità e le metriche per la misurazione degli eventuali miglioramenti. Per cui, con il primo passo denominato "Plan" si intende selezionare target di riferimento per il miglioramento.

- Do

Attraverso tale passo del ciclo, si procede con l'attuazione delle soluzioni schedate nella fase precedente. Quindi, ogni responsabile implementa delle azioni per un periodo di prova, verificando l'adeguatezza rispetto i target stabiliti.

Inizialmente si procede con analisi del tipo As-Is, funzionali per la raccolta di tutte le informazioni necessarie per comprendere la metodologia dell'intervento da attuare. Una volta raccolti tutti i dati necessari, vengono individuate le azioni di valore all'interno del processo individuandone anche quelle in cui risiedono il maggior contenuto di sprechi.

Per cui, con tale passo "Do" si vuole ottenere il target richiesto.

- Check

Una volta implementate le soluzioni, esse vengono verificate attraverso attenti check volti ad analizzare l'efficacia e le eventuali azioni fallimentari implementate. Per cui, si procede con l'individuare le cause dei problemi riscontrati in fase di controllo ed implementare le attività che permettano di superare tali criticità ed anomalie. Tale fase è focale per l'implementazione efficiente ed efficace della metodologia, in quanto si punta ad assicurare il consolidamento dei nuovi processi.

Con il "Check" si intende implementare controlli che puntino all'accertamento di ciò che comporti effettivamente un miglioramento nel processo.

- Act

Quando i processi superano le attività di Check, le nuove soluzioni vengono implementate diventando parte integrante del processo

La condivisione dei successi è fondamentale nella metodologia Kaizen per il miglioramento continuo, ecco perché si procede con l'incentivare tutti i reparti nell'attuare un nuovo processo di miglioramento. Il pensiero Kaizen, quindi, sprona alla ricerca del miglioramento e alla condivisione dei successi.

La fase "act" punta, quindi, alla standardizzazione dei processi eliminando quelli che erano gli errori e criticità identificate nei passi precedenti, cercando di rispettare i target stabiliti.

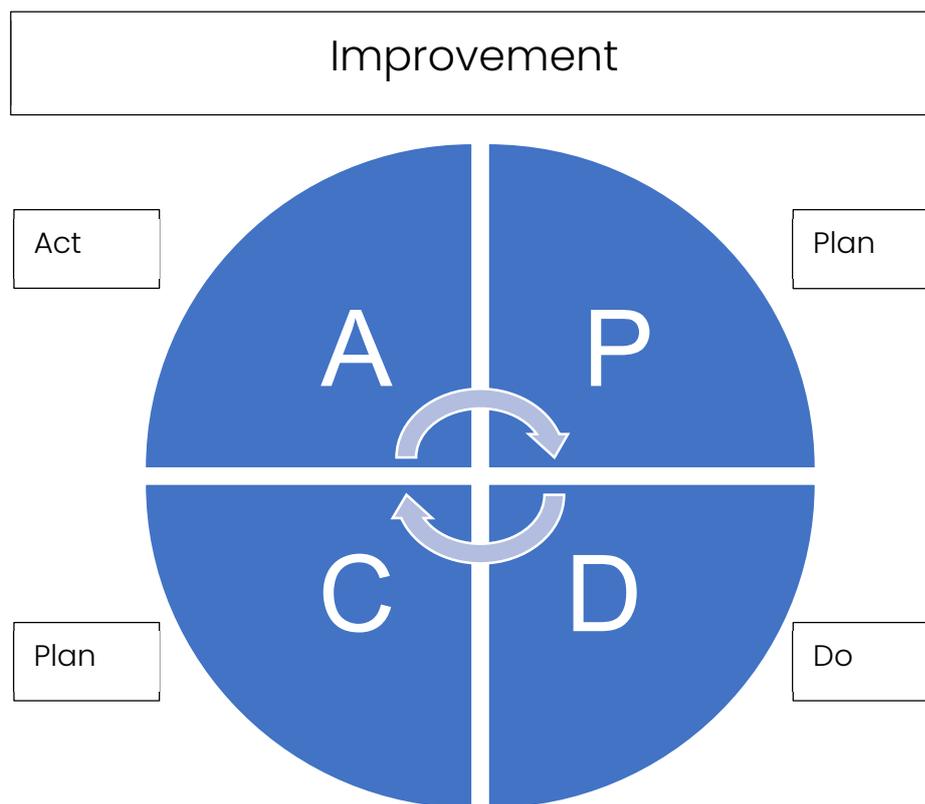


Figura 2.2 – Ciclo PDCA

La filosofia Kaizen può essere implementata in maniera differente a seconda delle esigenze e dalla tipologia di miglioramento ricercato.

Ciò che consente di rendere efficace l'attuazione di attività volte al miglioramento all'interno di un processo, risiede nel coinvolgere attivamente il lavoratore. Tale aspetto permette da un lato di rendere più efficienti e produttive le operazioni svolte e dall'altro di invogliare l'operatore a riprogettare il suo lavoro.

Inoltre, il miglioramento affinché possa essere implementato e incorporato rapidamente nel processo occorre innovare gli strumenti di lavoro. Affinché ciò avvenga, è possibile prevedere l'installazione di strumenti quali, ad esempio, poka-yoke. Quest'ultimi consentono di prevenire la creazione di difetti nel processo rendendo difficile l'errore umano. Molto spesso possono essere presenti come un insieme di fotocellule posti nei contenitori delle parti situati lungo una linea di assemblaggio per evitare che un componente passi alle lavorazioni successive seppur incompleto o non conforme. Un altro aspetto che consente di rendere efficace il cambiamento consiste nel rendere più ergonomico il layout dei macchinari consentendo di operare in maniera continua, evitando incidenti e ritardi.

In letteratura, sono presenti diversi studi che dimostrano l'efficacia di applicazioni di questo tipo in contesti industriali differenti. Nell'articolo pubblicato (Sunil Kumar, 2018) viene descritta come tali due filosofie possano essere implementate al meglio all'interno delle Piccole e medie imprese dell'India. Il focus del documento risiede nell'individuare le opportunità nascoste miglioramento continuo adottando la mappatura attraverso la VSM, durante la quale, sono state evidenziate delle criticità.

Attraverso l'analisi denominata "5-Why" gli studiosi sono riusciti ad identificare le cause radici di queste problematiche, in modo da poterle eliminare attraverso l'applicazione di soluzioni mediante la filosofia Kaizen. In particolare, è stata presa in considerazione una criticità, utilizzata la tecnica del brainstorming per controllare la variazione causata dalla progettazione non ortodossa dell'attrezzatura per il bloccaggio e lo sbloccaggio del prodotto della cassa, eliminando così le attività senza valore aggiunto eseguite dall'operatore su una fresatrice.

I dati ottenuti mostrano come i tempi di consegna e di rilavorazione si siano ridotti a seguito dell'intervento, ma soprattutto sia la produttività che la qualità del prodotto hanno registrato un ampio margine di incremento. «Lean-Kaizen offre una migliore possibilità per ogni individuo del settore di avere una mano nel raggiungimento degli obiettivi dell'organizzazione per ottenere progressi continui nella produttività e nella qualità del prodotto. Anche una buona comprensione del concetto di strumenti e tecniche snelli da parte delle PMI, la disponibilità e la motivazione dei dipendenti a identificare ed eliminare gli sprechi risultano deboli.»<sup>3</sup>

### 2.3 Concetto di Qualità

Il gradimento che l'utilizzatore finale di un prodotto e/o servizio, in un certo senso, esprime l'approccio che un'azienda decide di attuare in termini di qualità. Difatti, nel momento in cui il management aziendale decide di focalizzare la strategia sulla qualità del prodotto offerto, si vuole puntare ad ottenere " (UNI-Ente italiano di normazione)".

---

<sup>3</sup> Riferimento presente nell'articolo Sunil Kumar, 2018

Nasce, in tal senso, il concetto di qualità unificato per tutti gli ambiti e settori. Secondo la norma ISO 9000 del 2015, “la qualità è il grado in cui un insieme di caratteristiche intrinseche di un oggetto soddisfa i requisiti, ossia una esigenza<sup>4</sup>”

Oggigiorno il concetto di qualità è divenuto fondamentale nel contesto aziendale, in quanto si ripercuote sulle esigenze degli stakeholders definendo le caratteristiche per cui siano o meno disposti a possedere un determinato prodotto e/o servizio.

In seguito ai risultati ottenuti sul mercato giapponese, il concetto di qualità iniziò a diffondersi nel campo ingegneristico internazionale intorno ai primi anni degli anni '80. Questo ha comportato maggiore attenzione nei confronti dei consumatori verso prodotti di qualità elevata. Per cui, nel 1987 Garvin definì le 8 dimensioni della qualità. Esse rappresentano un elemento strategico funzionale per valutare le caratteristiche di qualità del prodotto o del servizio preso in esame. Si distinguono in:

- *Presentazione*: in riferimento alle caratteristiche operative primarie indicate dal produttore, viene valutato se il prodotto sia in grado o meno di adempiere alle funzioni richieste secondo determinate prestazioni. Se si prende in esame una automobile, si potrebbe far riferimento al ridotto consumo di carburante durante la guida o all'assenza di rumori fastidiosi nell'abitacolo. Nel rispettare determinate performance, ovviamente, il consumatore prediligerà un prodotto a scapito del suo concorrente meno performante.
- *Affidabilità*: intesa come l'attitudine di un prodotto o servizio di performare senza incappare in casi di guasto. con riferimento sempre ad un'automobile, vengono

---

<sup>4</sup> FONTE: ISO 9000:2015, punto 3.6.2

previste delle riparazioni occasionali durante il periodo d'uso del prodotto, ma se esse risultassero propagarsi ripetutamente ne farebbero risultare l'inaffidabilità dell'auto.

Tale caratteristica viene valutata considerando il tempo medio fra il primo evento di guasto ed i successivi; il tasso di errore ed il tempo medio entro il quale si presenta il primo caso di guasto.

L'affidabilità, quindi, diviene l'elemento principale che i consumatori considerano durante la scelta di un prodotto, in quanto viene valutata attraverso i costi di manutenzione ed i periodi di fermo.

- *Durata*: Garvin definisce tale caratteristica come la misura della vita di un prodotto, intesa in maniera del tutto differente dall'affidabilità.  
La durabilità misura la durata della vita di un prodotto e non deve essere confusa con l'affidabilità. Difatti viene descritta come "la quantità di utilizzo che si ottiene da un prodotto prima che si rompa e la sostituzione sia preferibile alla riparazione continua."
- *Manutenibilità*: molto spesso il consumatore basa la sua scelta sulla rapidità ed economicità legata alla riparabilità e manutenzione di un prodotto. Questo aspetto viene anche valutato anche in riferimento al tempo richiesto per il ripristino delle funzionalità.
- *Aspetti formali*: gli elementi che determinano l'estetica di un prodotto, quali la forma, il packaging o banalmente il

colore dello stesso, rappresentano caratteristiche tangibili, che influenzano le scelte dell'utente finale.

- *Funzionalità*: i consumatori conferiscono alta qualità a prodotti o servizi che presentano caratteristiche e prestazioni migliori rispetto alla concorrenza.
- *Livello di qualità percepita*: si fa riferimento alla reputazione che i consumatori attribuiscono alle aziende legata al concetto di qualità. Ovviamente è una misura del tutto soggettiva, ma viene influenzata dalle informazioni riguardanti i guasti e come l'acquirente viene assistito dalla stessa azienda a seguito di un caso di guasto.
- *Conformità alle normative*: molto spesso si attribuisce alta qualità ad un prodotto che presenta le medesime caratteristiche richieste in fase progettuali. Se ci si riferisce ad una autovettura, essa è costituita da diverse componenti per cui, se almeno una di esse non presenta le medesime caratteristiche previste in progettazione non è detto che vengano garantite le prestazioni previste



Figura 2.3 – Le 8 dimensioni della qualità definite da Gavin nel 1987

Si parla poi di assicurazione della qualità, come la necessità dell'azienda di organizzarsi secondo principi sani di qualità. Questa evidenza può essere fornita sia attraverso la certificazione, sia tramite una serie di documenti interni (es. manuale della qualità, procedure della qualità) che descrivono come viene prescritta la qualità a livello strategico.

Di contro, il concetto di qualità viene inteso come strumento per l'ottenimento di quel miglioramento continuo descritto nei paragrafi precedenti. Questo si concretizza attraverso due ambiti principali:

1. Operativo: in caso di errori riscontrati nei processi, mediante il miglioramento continuo si potrebbe cercare di eliminarli e si potrebbero introdurre attività ottimali volte alla riduzione delle fonti di malfunzionamento

2.Strategico: Investendo continuamente nello sviluppo di nuovi prodotti o servizi rendendoli sempre più attraenti agli occhi dei consumatori. In questo senso, va considerato il miglioramento continuo come il motore che spinge l'azienda ad essere sempre all'avanguardia nella realizzazione di prodotti.

Negli ultimi anni, il concetto di qualità è diventato un target da raggiungere estremamente importante in ogni ambito. Tale obiettivo è dettato non solo dai consumatori che sono in cerca di prodotti sempre più performanti, ma soprattutto dalle esigenze di un mercato che impone vincoli di qualità elevati. Questa continua ricerca di ottenere un prodotto o servizio di qualità sempre maggiore, si tramuta nella definizione di specifiche tecniche riguardanti sia le fasi di progettazione che quelle di realizzazione del prodotto stesso.

Diviene, quindi, essenziale definire quella che rappresenta la Qualità attesa, come l'aspettativa che l'utente finale ha dall'utilizzo del prodotto o servizio attraverso la soddisfazione dei propri bisogni. Indubbiamente rappresenta un valore soggettivo, che varia a seconda di chi usufruirà del servizio offerto. Ecco come, la ricerca attenta operata a livello strategico da parte del management delle aziende diventa fondamentale per individuare il mercato di riferimento su cui puntare.

Spesso tale aspetto viene confuso con quella che viene definita come Qualità percepita, delineata come la percezione che il

cliente possiede nella soddisfazione dei propri bisogni. Essa viene valutata in base alle caratteristiche possedute dal prodotto.

La qualità percepita può essere considerata come un parametro per valutare l'abilità dei progettisti di riuscire ad individuare i reali bisogni richiesti.

La Qualità progettata emerge dalle caratteristiche del prodotto delineate al termine dell'attività di progettazione. Sulla stessa lunghezza d'onda si definisce la Qualità offerta come la totalità di tutte le proprietà possedute dal prodotto al termine delle fasi del processo produttivo. Indubbiamente questi due aspetti possono risultare differenti in quanto durante la produzione si potrebbero registrare delle non conformità legate sia ad operazioni degli addetti ai lavori ma anche da esigenze strutturali che spingono a variare il design del prodotto.

## 2.4 Metodi di controllo qualità

Come si è visto nei paragrafi precedenti, uno degli aspetti più importanti che punti al miglioramento continuo vede la qualità come target da ricercare durante tutte le fasi di progettazione, produzione e vendita di un prodotto o servizio.

Nel contesto aziendale si persevera nell'ottenimento e raggiungimento della qualità in tutti i vari ambiti ad essa collegata. Ecco che una delle strategie gestionali che negli ultimi decenni viene implementata per tali scopi, si concretizza nella gestione della qualità totale o Total Quality Management (TQM).

L'attuazione di una strategia di questo tipo prevede, quindi, che il focus che deve essere necessariamente intrapreso e compreso ad ogni livello aziendale, riguarda proprio la valutazione della qualità e delle tecniche di miglioramento continuo. Il TQM viene visto come un processo nel quale vengono analizzati e valutati

tutti i fattori coinvolti nella realizzazione di un prodotto o servizio, soddisfacendo i target tecnici definiti a livello aziendale ma soprattutto le esigenze del cliente.

Tale approccio viene implementato attraverso la valutazione qualitativa di ogni singola fase del processo produttivo del prodotto ossia dal design, ricerca e valutazione dei materiali e stoccaggio degli stessi, alla produzione, collaudo e vendita dello stesso. Come si evince, diventa fondamentale ricercare le cause che comportano scarti, puntando all'analisi degli stessi e alla riduzione delle difettosità registrate.

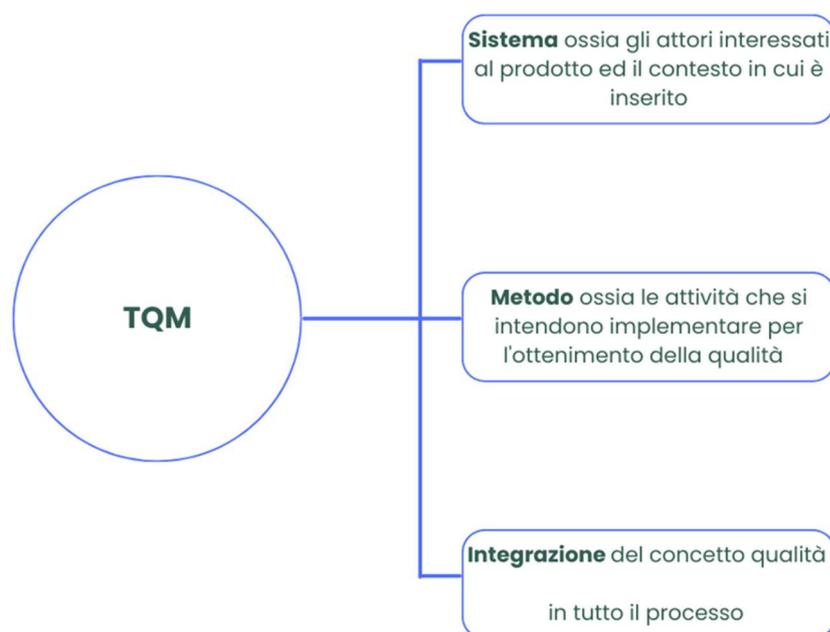


Figura 2.4 – Total Quality Management

La gestione totale della qualità si basa fundamentalmente su 6 pilastri:

1. Commitment: nell'implementazione del concetto di gestione della qualità a livello industriale si richiede l'impegno non solo da parte dei dipendenti ordinari, ma soprattutto dei vertici aziendali.

2. Culture: fondamentale risulta l'integrazione di processi che puntino ad educare il personale al concetto di qualità;
3. Continuous improvement: affinché si riesca ad attuare una gestione di qualità ottimale occorre comprendere che vi siano sempre dei margini di miglioramento;
4. Co-operation: risulta fondamentale che tutti gli attori coinvolti collaborino al raggiungimento di tali standard, ossia tutti gli stakeholder devono operare per questo obiettivo;
5. Customer focus: tale processo di gestione della qualità viene guidato dai reali bisogni che emergono dagli utilizzatori del prodotto o servizio;
6. Control: alla base di una gestione efficiente vi sono delle attività di controllo e monitoraggio ben collaudate che consentono di identificare le difettosità, analizzarle e prevenirle.



Figura 2.5 – I pilastri del TQM

Negli ultimi decenni il focus delle aziende produttrici si è spostato sulla gestione di attività strategiche che puntino alla qualità del prodotto o servizio offerto. Tali task riguardano maggiormente la formazione degli addetti ai lavori, la definizione di KPI per valutare gli output e il controllo periodico di tutte le fasi per valutarne eventuali irregolarità. Questo modo di agire consente di essere sempre focalizzati sulle problematiche che potrebbero emergere durante la fabbricazione, proponendo azioni mitigatorie da intraprendere.

L'effettuazione di check periodici, inoltre, permette di garantire che vengano soddisfatte le caratteristiche di produzione, favorendo la soddisfazione del cliente.

Le ispezioni rappresentano il metodo ottimale da seguire affinché venga garantita la gestione della qualità in ogni ambito,

riguardando sia check di tipo estetico, ossia visivo, sia di tipo funzionale e legati al processo. Affinché le ispezioni siano funzionali alla ricerca di eventuali irregolarità, devono prevedere alcuni aspetti fondamentali che ne garantiscono l'efficienza.

Nella valutazione della qualità di un prodotto si deve procedere con l'individuazione e separazione di componenti difettosi, ove presenti, così da poterne evitare che il prodotto difettoso finisca sul mercato. Inoltre, le analisi di ispezione dovrebbero essere presenti lungo ogni fase del flow di produzione poiché in caso contrario si potrebbero registrare output non conforme e perdite di risorse e materiali.

Si registrano diverse tipologie di ispezioni, determinate sia dall'ambito di utilizzo sia dal output che si vuole ottenere mediante controlli accurati:

- *check 100%*: le ispezioni di questo tipo consentono di effettuare analisi approfondite sul prodotto. Nell'attuazione di questa tipologia di check vengono eliminate con precisione ogni possibilità di registrare difettosità, in quanto si procede con l'analisi di ogni singola fase ed ogni componente prodotto. Essendo abbastanza dispendioso sia in termini di risorse che di tempo, tale tipologia di ispezione è preferibile adoperarla nelle produzioni di nicchia, quali beni di lusso e materiali preziosi e nella industria alimentare, così da impedirne il deterioramento delle carni.

Indubbiamente, affinché sia efficiente, si ritiene indispensabile reperire rapidamente di innumerevoli dati di produzione. Oggigiorno molti software gestionali consentono di agevolare la raccolta e classificazione di tali dati, rendendoli al tempo stesso facili da consultare e da comprendere da chiunque si trovi ad analizzarli.

- Check parziale: a differenza della tipologia precedente, in questo caso solo un campione degli output realizzati viene esaminato. In base all'esito delle analisi effettuate su tale campione, si stabilisce se accettare o rifiutare l'intero lotto di produzione. Spesso capita che se un set di produzione viene dichiarato non conforme, le aziende associno a check parziali anche ispezioni di tipo 100%, così da valutarne propriamente le cause di rifiuto. Rispetto alla tipologia precedente, questo controllo consente di risparmiare tempo e denaro, incentivando controlli a campione su tutte le fasi, dallo stoccaggio delle materie prime alla produzione e commercializzazione del prodotto o servizio.

L'output ottenuto dalle ispezioni condotte durante le fasi di produzione, risultano essenziali per la valutazione delle non conformità e dello studio delle eventuali azioni correttive da intraprendere. Attraverso l'analisi dei dati ottenuti è possibile comprendere e osservare l'intero processo, rivelando la presenza di eventuali modifiche da effettuare, migliorandone significativamente la qualità.

Per poter interpretare in maniera univoca i dati raccolti si adopera quello che viene indicato come controllo statistico della qualità, che si avvale di misure statistiche per poter decretare che gli standard di qualità vengano rispettati.

Gli obiettivi del controllo statistico della qualità vengono rappresentati in primo luogo dalla rapidità con il quale vengono individuati le possibili cause di non conformità ed in secondo luogo dal ridurre al minimo le percentuali di accadimento di tali cause.

Il controllo statistico può essere diviso in vari step, ossia:

1. **Analisi di accettazione:** una volta individuato il lotto da analizzare, si procede con la schedulazione dei vari test da effettuare che ne determinano il rispetto degli standard di qualità definiti in fase di progettazione. Fondamentale in analisi di questo tipo risulta essere la definizione della percentuale di prodotti difettosi accettata.
2. **Analisi di processo:** si procede monitorando i KPI principali che caratterizzano il processo produttivo in esame. Indubbiamente, l'utilizzo di grafici agevola la lettura di tale analisi, valutando se la produzione rispetti o meno determinati limiti di tolleranza delle difettosità dei prodotti.
3. **analisi delle misure correttive:** esaminando gli output ottenuti dalle analisi precedenti, è possibile valutare ed indagare sulle possibili cause di variabilità, esaminando le possibili misure correttive

Il controllo statistico si avvale di strumenti, denominati i "Magnifici 7" che aiutano a ridurre la variabilità del processo. In particolare, tra questi tools ritroviamo gli Istogrammi; Fogli di controllo; Grafici di Pareto; Diagrammi causa ed effetto; Diagrammi sulla concentrazione dei difetti; Grafici a dispersione e Carte di controllo. All'interno di questo elaborato ci si avvarrà dell'utilizzo solo di alcuni di essi.

## 2.4.1 Istogramma

L'istogramma è uno strumento grafico funzionale alla classificazione dei dati raccolti durante le analisi di accettazione. Tale grafico è in grado di mostrare le distribuzioni di frequenza della caratteristica analizzata.

L'uso adeguato di questa tipologia di diagramma è indicato quando è necessario visualizzare l'andamento della distribuzione dei dati, ossia se sia o meno di tipo normale. Inoltre, si predilige adoperare l'istogramma anche quando si vuole confrontare la verosimiglianza tra due processi differenti o se si vuole valutare, ad esempio, se l'andamento di un determinato parametro ha avuto rilevanti scostamenti nel corso del tempo. Tale grafico rappresenta una sintesi compatta dei dati, in cui il campo di variazione dei parametri analizzati è diviso in intervalli, denominati Classi.

Riassumendo, l'istogramma viene definito come la rappresentazione grafica di Classe e Frequenza. Quest'ultima è definita come il rapporto tra gli eventi positivi e il totale degli eventi analizzati.

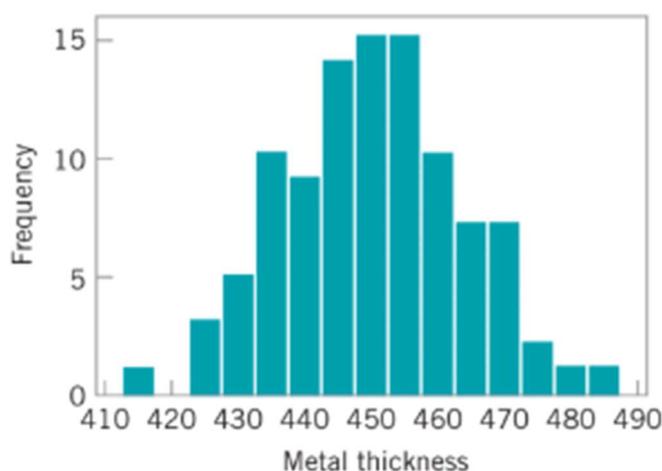


Figura 2.6 – Esempio di Istogramma

## 2.4.2 Diagramma di Pareto

Il diagramma di Pareto è uno strumento grafico principalmente adottato nelle produzioni snelle. Esso si presenta come la combinazione di un grafico a barre ed una curva di frequenza cumulativa.

L'importanza di questo grafico risiede nella possibilità di evidenziare le sostanziali differenze di un certo fenomeno visualizzandone i parametri rilevanti del sistema.

Il grafico, come detto precedentemente, è strutturato attraverso una serie di barre di altezze differenti ed ordinate dalla caratteristica con l'incidenza più alta a quella che registra la percentuale più bassa. Questo strumento diventa essenziale nelle attività di gestione della qualità in quanto consente di esaminare le diverse cause ed effetti osservati, individuandone una classifica di priorità di intervento. Per cui, dal diagramma emergono varie cause che possono incidere maggiormente o meno all'effetto considerato, ma diventa fondamentale implementare metodi di intervento su quelle con impatto maggiore.

Per la costruzione di questo strumento si procede attraverso vari step:

- dopo aver identificato l'evento difettoso da voler analizzare e ricercato le possibili cause che conducono a tale non conformità, i dati registrati durante il flow di produzione vengono raggruppati secondo la misura più opportuna.
- analizzando il diagramma è possibile visualizzare il difetto o la problematica tramite una barra, disposte in ordine decrescenti. Questa rappresentazione permette di evidenziare rapidamente su quali cause occorre concentrarsi in quanto maggiormente frequenti.

- come citato precedentemente, il diagramma di Pareto si completa con la presenza di una curva cumulata della percentuale di difettosità. Tale curva esprime la somma di tutte le percentuali di difetti evidenziate, considerando allo stesso tempo che l'ultima percentuale registrata sarà sempre del 100%. È doveroso sottolineare che tali cumulative indicano il beneficio percentuale che si otterrebbe se le cause con impatto maggiore venissero risolte. Nel momento in cui si evidenzia che la curva cumulata presenta tratti abbastanza ripidi, occorre necessariamente analizzare queste problematiche e risolvere, poiché esse hanno un effetto significativo sul processo. mentre, quando la cumulata descrive tratti in cui tende ad appiattirsi, non conviene concentrarsi sull'analizzare tali cause, in quanto la risoluzione di esse non consente di migliorare la situazione.

Durante l'analisi del diagramma di Pareto, ci si avvale dell'utilizzo del principio di Pareto. Tale regola afferma come solo il 20% delle cause evidenziate provochi l'80% dei difetti registrati.

È doveroso sottolineare come nel diagramma di Pareto individui le cause più frequenti che si sono manifestate nel processo considerato, che spesso non corrispondono con quelle essenziali al funzionamento del prodotto stesso.

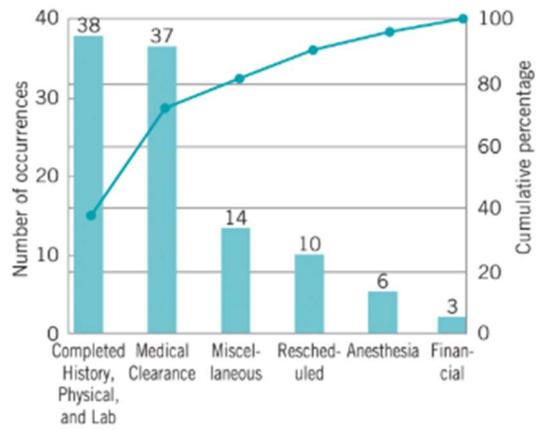
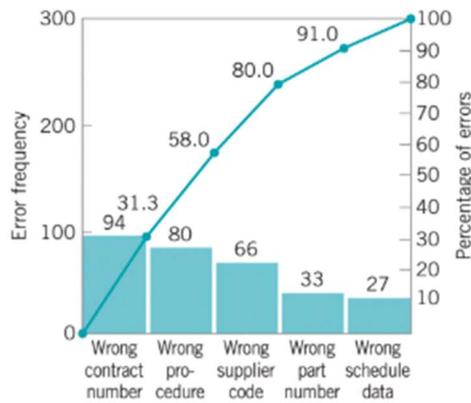
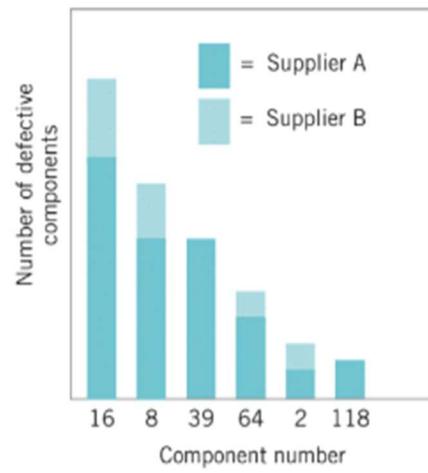
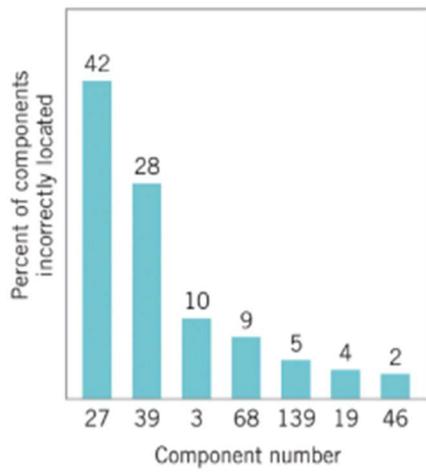


Figura 2.7. -Differenti Tipologie di Pareto

### 2.4.3 Strategie di gestione della qualità

L'implementazione di una corretta strategia di gestione della qualità si pone l'obiettivo di migliorare significativamente il processo produttivo analizzato, riducendo al minimo la possibilità di decretare difettosità durante le fasi di ispezione.

Se si pensa che ai processi di produzione attuale, in cui sono sempre più presenti fasi di assemblaggio assai complesse, il rischio che durante la produzione il numero di componenti difettosi tende a salire enormemente. Ecco come la progettazione di ispezioni di qualità assumono un ruolo strategico e di carattere competitivo, se si punta ad ottenere una posizione di leader sul mercato in materia di qualità. Affinché ciò avvenga, negli ultimi anni sono stati descritti diversi metodi che si pongono l'obiettivo di prevedere la presenza di difetti durante il processo produttivo di un prodotto o servizio. Molto spesso i vari approcci implementati risultano riferirsi a specifici ambiti di produzione o replicabili solo da figure professionali esperte. Per ovviare a tali problematiche, in letteratura sono state avanzate numerose metodologie con l'obiettivo di implementare metodi volti al miglioramento della qualità.

Per esempio, nell'articolo proposto da Verna et al. (2022), viene descritto un nuovo modello di individuazione preventiva delle difettosità di processo sulla base di considerazioni oggettive sul prodotto. Gli autori impostano la loro analisi confrontando due modelli differenti, avvalendosi dell'ausilio di un caso studio tra dei più significativi ed esplicativi presenti in letteratura.

All'interno dell'articolo si evince come nonostante entrambi gli approcci considerati riportino una relazione non-lineare tra complessità del prodotto e difettosità, l'applicazione del modello descritto dagli autori conduce ad avere previsioni più accurate.

Reputando che la valutazione della complessità strutturale possa essere stabilita mediante metodologie differenti, il lavoro proposto in questo articolo si propone di «sviluppare un nuovo approccio per prevedere i difetti di assemblaggio nel settore manifatturiero adottando un diverso paradigma di complessità che utilizzi solo una prospettiva oggettiva e che non dipenda dal campo di applicazione». (Verna, 2022)

La metodologia proposta, quindi, punta ad agevolare il lavoro dei progettisti in fase di design ed al tempo stesso ad ottenere stime sulla difettosità attesa abbastanza affidabili. Di contro, l'applicazione proposta di tale metodo evidenzia come esse garantisca buoni risultati solo su produzioni a basso volume, rendendo quindi necessaria l'implementazione di metodi affini adattabili meglio a produzione nettamente più ampie.

## CAPITOLO 3 – CASO STUDIO

In questo capitolo viene presentato il fulcro di questo elaborato. A seguito di una breve presentazione del componente oggetto del metodo descritto nei capitoli successivi, si procederà con la presentazione dell'analisi condotta all'interno dello stabilimento.

### 3.1 Il prodotto: M 182

L'azienda Olsa spa, come già indicato precedentemente, negli anni è riuscita a conquistare la fiducia di importanti case automobilistiche, grazie alla particolare attenzione e dedizione nel cercare di migliorare la qualità dei prodotti offerti al cliente.

Tra i vari fanali realizzati nello stabilimento di Moncalieri, in accordo con l'azienda si è optato di condurre l'analisi sul progetto pilota denominato M 182. La scelta di questo prodotto non è casuale, in quanto, essendo una linea di produzione in avviamento, per cui relativamente giovane, è stato possibile raccogliere sufficienti evidenze che hanno permesso di confrontare il numero e le caratteristiche dei difetti decretati nei primi mesi di produzione sino al momento di assetto e stabilizzazione del processo

#### 3.1.1 Componenti

La linea identificata dal codice alpha numerico M 182 è dedicata alla produzione del fanale dell'auto appartenente al progetto di rinnovamento del Maserati Grecale, sviluppato dalla casa automobilista a partire dal 2022.

Il fanale si compone di due parti, identificate con T 1, ossia l'elemento direttamente installato sulla carrozzeria dell'autovettura e T2 il componente posto sul portellone posteriore del veicolo, quindi componente mobile. Allegato [1] e [2] tabella dei componenti



Figura 3.1 – Esempio di fanale nelle componenti T2 (sulla sx) e T1 (sulla dx)

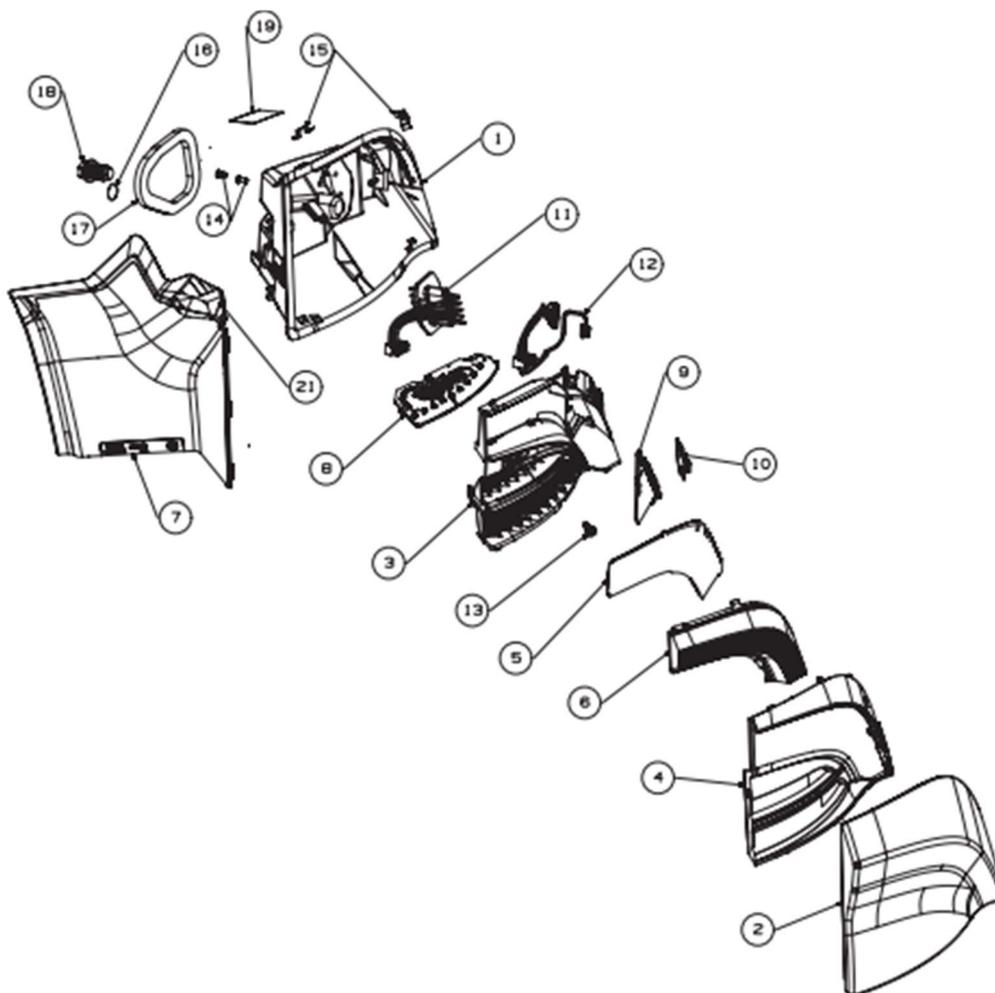


Figura 3.2 – Componente T1 esploso in tutte le sue parti

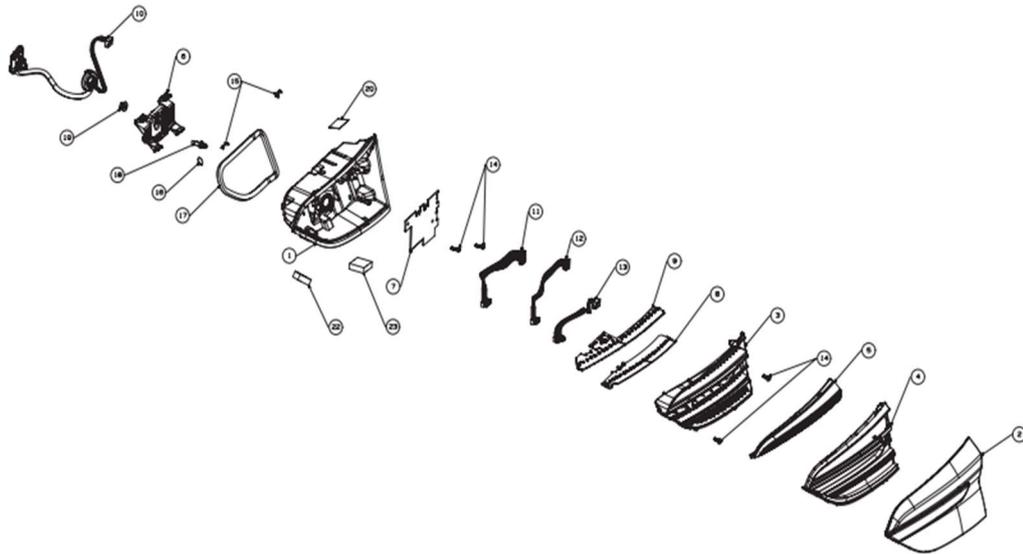


Figura 3.3 – Componente T2 esploso in tutte le sue componenti

Nei capitoli precedenti è stato descritto il processo produttivo che viene adoperato dall'azienda per la realizzazione dei loro prodotti. A tal riguardo, per quel che attiene la metodologia implementata all'interno di questo elaborato, si è deciso di concentrarsi unicamente sul processo di assemblaggio dei componenti, in quanto particolarmente complesso e delicato.

### 3.1.2 Layout della linea M182

Essendo una linea dedicata alla industrializzazione di un componente da volumi di produzione elevati, diviene doveroso riuscire a formalizzare un layout efficiente. Per layout si intende la disposizione planimetrica di tutte le risorse, materiali e non, necessarie per la realizzazione del componente. L'obiettivo principale dell'ottimizzazione di un layout produttivo risiede nella

massimizzazione della produttività rispettando gli standard qualitativi richiesti.

Per quanto attiene M182, la linea è stata progettata considerando che durante la produzione verranno assemblati sia il componente T1 che il T2. Risulta, quindi, necessario che la disposizione dei macchinari e degli spazi di lavoro siano distribuiti in maniera tale che le operazioni di cambio posaggi siano rese agevole e facilitata.

Le fasi di assemblaggio risultano essere speculari per i due pezzi. La linea si costituisce di 6 stazioni di lavoro, a seguito delle quali è disposta l'ultima workstation adoperata principalmente per i test di collaudo dei componenti.

Le stazioni sono collocate in sequenza rispetto all'ordinamento delle fasi di assemblaggio. Questa disposizione permette che ogni componente assemblato passi da una workstation all'altra, consentendo di ridurre il tempo ciclo progressivamente grazie all'esperienza degli operatori impiegati.

È doveroso sottolineare che in ogni stazione si prevede la presenza di un solo operatore, il quale si occuperà non solo delle attività previste ma anche di operazioni di check qualitativi.

In allegato [3] è possibile trovare il disegno cad della linea in cui vengono indicate anche le varie operazioni ed il verso del flusso di assemblaggio.

## 3.2 Il Processo

Il passaggio essenziale che consente di ottimizzare al meglio la metodologia proposta in questo elaborato, è rappresentato dall'analisi e organizzazione del processo considerato. Occorre quindi effettuare *un'analisi preliminare di processo*, ossia attività che inducono ad una conoscenza generale della struttura del

processo, prestando particolare attenzione a quelle fasi in cui vi è interazione con il cliente. Questa analisi consente di:

- Individuare le attività svolte durante il flow di assemblaggio;
- Individuare i vari attori che operano all'interno del processo;
- Definire la tipologia di interazione richiesta tra i vari soggetti;
- Definire la quantità di informazioni gestite

### 3.2.1 Assunzioni

Come già preannunciato all'interno di questo capitolo, durante l'attività di implementazione della procedura, si è deciso di focalizzarsi unicamente sulle fasi riguardanti il processo di assemblaggio. Le ragioni che hanno portato a tale scelta risiedono principalmente nella possibilità di analizzare varie tipologie di difetti durante tali fasi. Nello specifico, durante il processo di assemblaggio è stato possibile esaminare cause di difettosità legate non solo all'estetica del componente, ma anche dalle condizioni di lavoro dell'operatore, se fosse più o meno ergonomico nelle varie operazioni da lui svolte. Se si pensa, di contro, che durante le fasi di stampaggio e metallizzazione, le tipologie di scarto processate risultano essere legate unicamente ad impurità presenti sugli stampi o errate manovre di movimentazione da un'area di lavoro all'altra.

Inoltre, se si confrontano le varie fasi del processo di realizzazione del fanale all'interno dello stabilimento, è evidente come la complessità delle fasi di assemblaggio del componente consente di analizzare vari aspetti, quali l'interazione uomo-macchina, del tutto assente nelle fasi di metallizzazione e stampaggio. In particolar modo, quest'ultime due fasi vengono

condotte quasi completamente automatizzate e operate da robot.

Durante l'implementazione della metodologia proposta, quindi, si è stabilito di non considerare parte attiva del processo le fasi precedenti a quella di assemblaggio. In tal senso, tutti gli scarti decretati nelle fasi di stampaggio e metallizzazione non verranno analizzati successivamente.

Le attività svolte durante il processo di assemblaggio del componente T1 e T2 vengono suddivise in 7 workstation, 6 delle quali operative e l'ultima puramente di controllo. Ogni operazione processa un fanale alla volta.

#### **OP 05**

Questa è la prima workstation della linea di assemblaggio. Le attività affidate all'operatore riguardano prettamente check iniziali, necessari per le station successive. I prodotti una volta stampati e metallizzati, giungono in linea e sono pronti per essere assemblati.

Come per ogni stazione della linea, le operazioni da eseguire sul componente T1 e sul componente T2 potrebbero variare.

Per quel che attiene il pezzo T1, inizialmente si procede con il verificare la presenza dell'etichetta di identificazione e che essa sia facilmente leggibile dal sistema. Successivamente, si procede con il verificare che l'inserto M8 sia stato agganciato correttamente da parte del fornitore. A questo punto, l'operatore svolge le operazioni di assemblaggio tra il connettore ed il cablaggio della vettura, avvitando 2 viti dalla testa svasata. Infine, l'operatore verifica che tali operazioni siano state eseguite nel modo corretto. In figura sottostante viene mostrato l'output ottenuto al termine della OP 05.

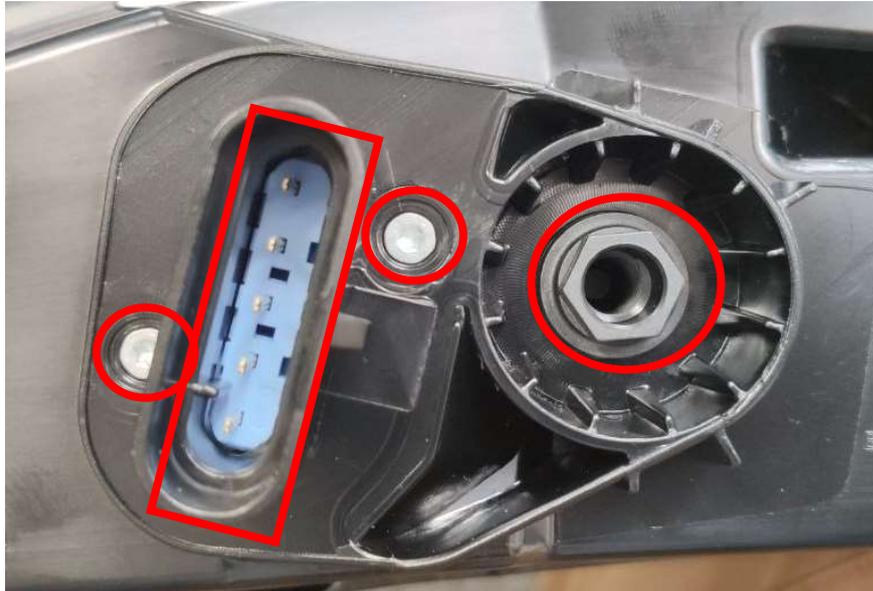


Figura 3.4 – Output check OP 05 per il componente T1

Per quanto riguarda il componente T2, le operazioni eseguite all'interno di questa workstation risultano essere leggermente diversificate rispetto al componente precedente.

Dopo aver verificato la presenza e la leggibilità dell'etichetta identificativa del componente, si procede con l'assemblaggio del tirante centrale, verificandone il corretto aggancio. In seguito, l'operatore esegue l'assemblaggio dei due cablaggi Turn/stop e del cablaggio Tail/Reverse/Fog sul PCB Motherboard. Una volta effettuati questi passaggi, si procede assemblando anche il cablaggio vettura sul PCB mediante l'utilizzo di viti.

Le operazioni in questa stazione di lavoro terminano con il verificare che tutti gli agganci siano stati eseguiti opportunamente. Di seguito è mostrato l'output di tali operazioni.



Figura 3.5 – Output check OP 05 per il componente T2

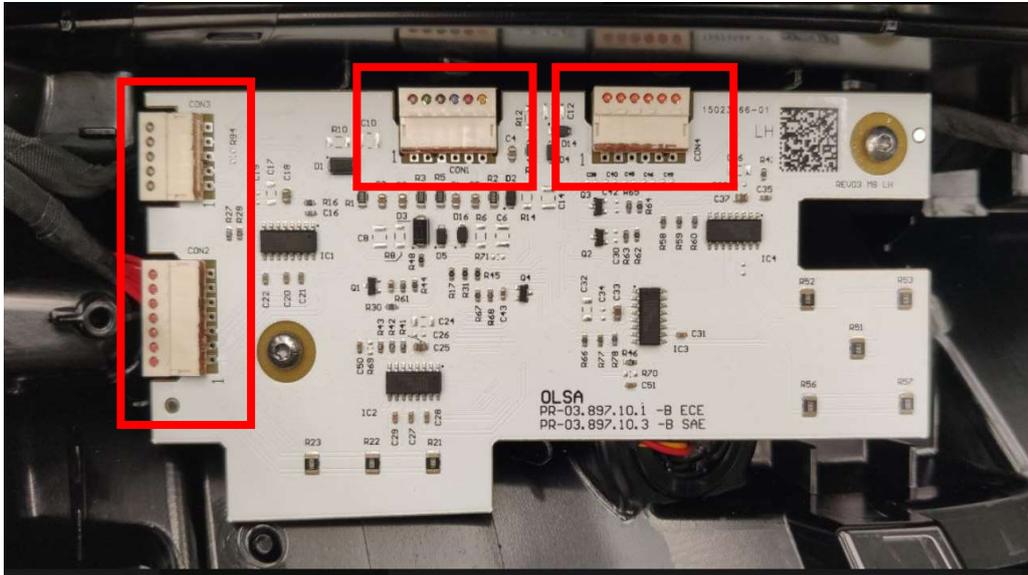


Figura 3.6 –Corretto assemblaggio cablaggi nell'OP 05 per il componente T2

## OP 10

Prima di iniziare con le attività che caratterizzano questa stazione, l'operatore deve effettuare il setup dei posaggi, necessari in questa fase. Quindi, si attesta la presenza dei posaggi dx e sx e se essi si riferiscono al componente da processare.

Ritornando al componente T1, in questa fase si procede assemblando la Guida luce al riflettore. Dopo averne verificato che l'aggancio sia avvenuto correttamente, il pezzo viene posizionato nel posaggio inferiore della macchina. A questo punto si procede assemblando il PCB Tail; PCB Stop/Turn e Pcb Sidemarker sulla guida luce. Questa operazione è molto delicata ed è necessario che l'operatore l'esegua nel modo corretto in quanto se i PCB venissero inseriti in modo non conforme, si potrebbe correre il rischio che i led subiscano danni irreparabili. In seguito, vengono eseguite manovre di aggancio del cablaggio interno e assemblando anche il cablaggio vettura con PCB interno. Dopo aver verificato che tutti i componenti siano stati agganciati nel modo corretto, si procede fissando il sottogruppo riflettore sul corpo saldandolo in piccoli punti. Affinché i due componenti siano fissati adeguatamente, l'operatore termina il suo lavoro con l'avvitatura di una vite.

Di seguito sono riportate alcune immagini che evidenziano alcune fasi salienti descritte in questa stazione per il componente T1.



Figura 3.7 – Output check OP 10 per il componente T1

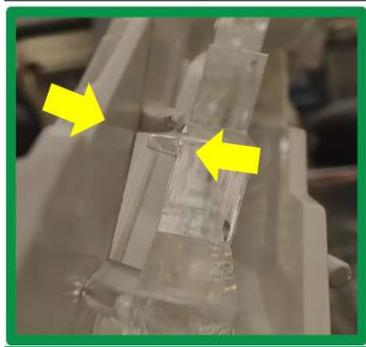


Figura 3.7 (a) – Corretto assemblaggio luce guida

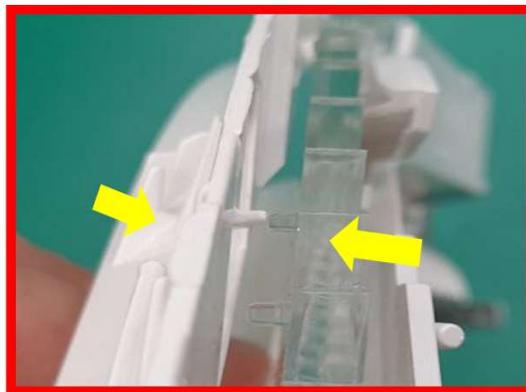


Figura 3.7 (b) – Errore di assemblaggio luce guida

Per il componente T2 gli step da eseguire sono pressoché speculari.

Una volta che i pezzi giungono in questa stazione, si procede con l'assemblare il PCB Turn/Reverse/Fog al riflettore. Dopo aver verificato il corretto aggancio si passa a montare il sottogruppo riflettore sul corpo, fissandolo attraverso l'avvitatura automatica.

Le operazioni da eseguire possono considerarsi concluse ed il pezzo può passare alla stazione successiva solo se supera il check finale che sancisce che tutto sia stato agganciato correttamente.

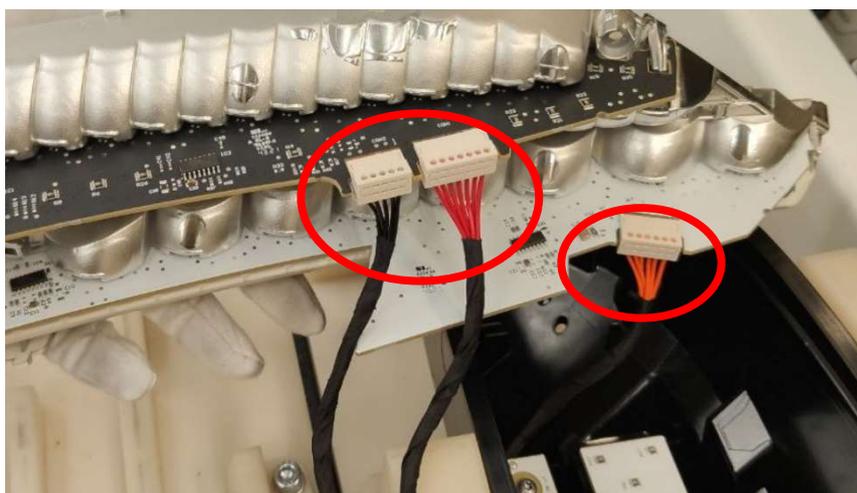


Figura 3.8– Corretto aggancio PCB nella OP10



Figura 3.9– Corretto aggancio componenti al termine OP10

## OP 20

Le attività svolte in questa workstation sono speculari sia per T1 che per T2.

Inizialmente si procede eseguendo un processo di saldatura ad ultrasuoni che vada a fissare il Bezel con il filtro Tail. Dopo aver verificato l'assenza di rotture o altri difetti estetici sulle parti saldate, Al termine viene applicato il bollino di stabilizzazione sul corpo.



Figura 3.10– Bollino di stabilizzazione applicato sul pezzo



Figura 3.11– T2 a seguito dell'operazione di saldatura in OP20

### OP 30

Le attività che vengono svolte in questa stazione di lavoro sono volte a preparare i componenti al precollaudo. Per questa ragione, le operazioni vengono svolte con le medesime procedure sia sul T1 che sul T2.

Inizialmente i componenti vengono posti sui posaggi che sono presenti sul banco della stazione e si procede con la rilevazione

dell'assorbimento elettrico di tutte le funzioni del fanale, verificando anche se i led presentino problemi di accensione o variazione nei loro colori. Vengono anche verificate la presenza delle scritte di omologazione sul Bezel, senza le quali il componente deve essere scartato. Infine, si procede pulendo il fanale attraverso un getto di aria ionizzata, evitando così la presenza di polveri sul Bezel prima del processo di saldatura.



Figura 3.12 –Banco di precollaudo in OP30

### OP 35

Questa workstation è essenziale per l'intero processo di assemblaggio del fanale, T1 o T2 che sia, in quanto viene eseguita l'operazione più delicata ossia la saldatura del componente finale.

La saldatura viene eseguita un pezzo alla volta, questo perché occorre verificare la corretta centratura della lente sul corpo, consentendo di avere un risultato ottimale.

In questo caso viene eseguita una saldatura a vibrazione della lente sul corpo preriscaldato, in quanto si vuole essere certi che la lente venga fissata al corpo e che non vi siano graffi o cricche.

Al termine del processo, un robot preleva i pezzi e li adagia su una bilancella immessa in un forno, consentendone la stabilizzazione dei componenti. Successivamente, il robot preleverà nuovamente i componenti dalla bilancella e li porrà su un nastro trasportatore per consentire al flow di produzione di continuare.



Figura 3.13 – Macchinario adoperato per il processo di saldatura OP35

#### **OP 40**

Per quanto attiene le attività svolte in questa workstation, esse riguardano principalmente operazioni di ultimi check visivi, ciò che la rende particolarmente interessante riguarda la gestione del lavoro uomo macchina. Infatti, in questo banco di lavoro è presente un robot che agevola il lavoro dell'operatore in quanto oltre ad eseguire operazioni che permettono di ultimare il

processo di assemblaggio, tale ausilio consente di effettuare gli ultimi check e tenere traccia dei risultati ottenuti.

Il componente TI viene trasferito dal forno di stabilizzazione in questa stazione di lavoro attraverso un nastro trasportatore. Durante questo passaggio il lavoro dell'operatore diventa essenziale, in quanto oltre ad attestare che il fanale non presenti rotture dovute al processo di saldatura e che il bollino di saldatura abbia effettivamente cambiato il colore (questo sancisce che il processo sia stato completato), esegue l'aggancio della paratia. A questo punto viene posizionata la membrana Gore sul posaggio di aspirazione e il robot, attraverso un sistema di ventose, aggancia il componente e premendolo sul posaggio fa aderire la guarnizione correttamente. In seguito all'applicazione di due film adesivi sul corpo da parte dell'operatore, la macchina aggancia nuovamente il fanale ed effettua check di conformità perlopiù estetici. Se viene attestata una non conformità, il macchinario è in grado di verificare la possibilità di rilavorare il componente, in caso contrario decreterà uno scarto di produzione. Se il pezzo viene dichiarato conforme procede verso il banco collaudo della stazione successiva.



Figura 3.14 (a) – Bollino di stabilizzazione prima del passaggio nel forno di stabilizzazione



Figura 3.14 (b) – Bollino di stabilizzazione in seguito al passaggio in forno di stabilizzazione



Figura 3.15 – Corretto posizionamento dei film adesivi sul fanale

Mentre, per quanto attiene il componente T2, le operazioni eseguite in questa workstation sono simili a quelle descritte per il T1, ma si rilevano alcune differenze. In particolare, a seguito dell'applicazione dei due film adesivi, si procede effettuando l'assemblaggio Spannpratze attraverso l'aggancio dado frangiato nel corpo tramite vite centrale. Dopo aver applicato 3 gommini nella parte inferiore, il processo procede in maniera analoga precedentemente descritto per il componente T1.

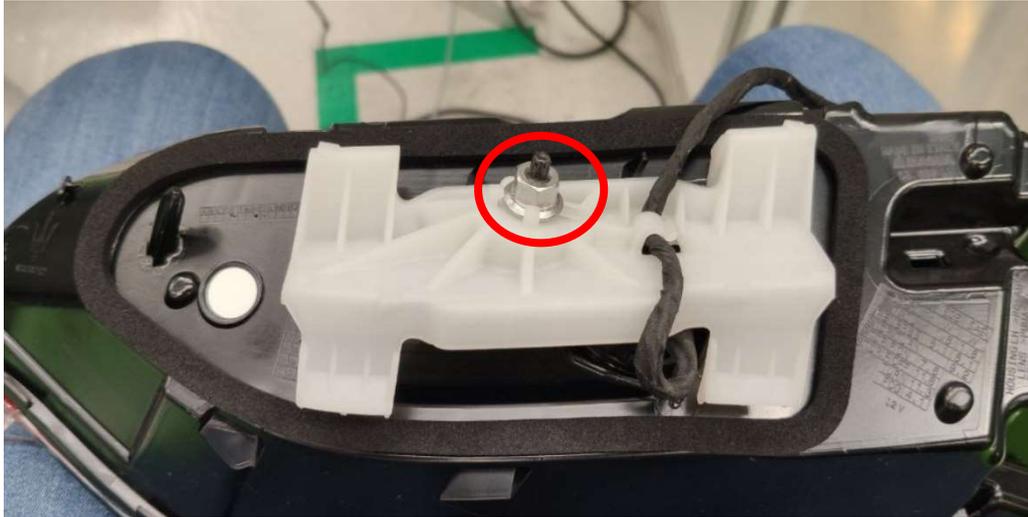


Figura 3.16 – corretto assemblaggio spanpratze mediante dado frangiato e vite centrale

## GPI2

Questa fase del processo è essenziale per la validazione del processo di assemblaggio. Tale banco viene normalmente denominato "End of Line". Tali operazioni vengono eseguite in modo automatico da una macchina. Infatti, l'operatore posiziona i fanali all'interno del macchinario, tipicamente il pezzo destro e sinistro del componente posto sotto osservazione, avviando il processo mediante un tasto di avvio.

La procedura di collaudo si compone delle seguenti verifiche, comuni per T1 e T2:

- Test di lettura conformità etichetta tracciabilità;
- Test presenza bollino termostatico;
- Test presenza membrane e guarnizioni;
- Collaudo tenuta;
- Collaudo led, valutandone colore ed intensità;
- Test di tenuta stagna;
- Test e collaudo di assorbimento elettrico di tutte le componenti presenti

- Verifica corretto posizionamento dell'etichetta con annessa corrispondenza tra codice aziendale, codice cliente

Assieme a questi check, a seconda del componente analizzato, vengono effettuati anche alcune verifiche specifiche per T1 e T2.

In particolar modo, ricordando che il componente T1 è fisso, ossia montato direttamente sull'autovettura. Questo comporta che il connettore veicolo risulta integrato al fanale, per cui diventa doveroso dover procedere con l'accertarsi che la non vi siano infiltrazione all'interno del fanale. A differenza del T2 che viene posizionato sul portellone posteriore della vettura, per cui risulta essere un componente mobile, rendendo necessario verificare in questo caso, che il connettore fuoriesca dal fanale.

### 3.3 Piano sperimentale

Come già citato in precedenza, in letteratura sono state presentate diverse metodologie di analisi e campionamento dei pezzi difettosi in vari settori industriali. Attraverso la descrizione della metodologia che verrà presentata in seguito, si vuole cercare di porre le basi per implementare nuove procedure la cui applicazione consenta di migliorare la qualità del prodotto percepita.

L'obiettivo di questo modello risiede nel voler prevedere il verificarsi di scarti durante le fasi di assemblaggio in produzioni ad alto volume di componenti prodotti.

Affinché la venga messo a punto del piano sperimentale possa essere efficiente, è necessario analizzare il processo di assemblaggio, comprendendo quali siano le fasi a più alto rischio di difettosità ed individuando correttamente gli attori coinvolti in tale processo.

Per tali motivazioni ci si avvale dell'ausilio di *Schede di processo*. Quest'ultime possono essere classificate come strumenti operativi in grado di rappresentare, mediante appositi simboli, un processo. Le ragioni che rendono tale tool efficace alla comprensione di processi anche molto complessi riguardano:

- L'estrema semplicità con cui tale grafico sia in grado di analizzare e comunicare i punti critici del processo, per cui sia necessario inserire indicatori utili funzionali per il monitoring delle fasi;
- La possibilità di poter comprendere facilmente se il processo sia stato progettato o meno in maniera ambigua, per esempio se il carico di lavoro sia concentrato su alcuni attori a discapito di altri.
- L'utilizzo di tale strumento nei contesti industriali permette anche di evidenziare quali siano le fasi che impattano maggiormente sul processo in termini di effort speso dagli attori.
- Ogni attività può essere considerata come un sottoprocesso da analizzare.

Questo tool si compone di 6 sezioni, a cui ne sono state aggiunte altre affinché fosse focalizzato sulla metodologia da implementare:

1. Fase: per semplicità in questa colonna della tabella sono indicate le workstation;
2. Descrizione operazione: in questa sezione viene descritta l'operazione elementare da svolgere;
3. Descrizione controllo: vengono espressi i controlli che vengono eseguiti in seguito ad alcune azioni;
4. Attore: si indica l'attore responsabile dell'esecuzione dell'azione o del controllo indicato;

5. Numero componente: tale parametro identifica a livello numerico la tipologia di componente che viene trattata in una operazione;
6. Tipologia di difetto generato: questa sezione viene completata solo in presenza di un controllo e non di una operazione ed esprime le possibili cause di difetto che si cerca di individuare durante i check;
7. Diagramma di flusso: viene mostrata in sequenza le connessioni e le movimentazioni di componente durante le fasi di assemblaggio da un attore all'altro
8. Pezzi scartati: si riporta il numero di pezzi scartati per ciascuna tipologia decretata in fase di check

FASE	DESCRIZIONE OPERAZIONE	DESCRIZIONE CONTROLLO	ATTORE	NUMERO COMPONENTE	TIPOLOGIA DI DIFETTO GENERATA	DIAGRAMMA DI FLUSSO		PEZZI SCARTATI
						OPERATORE	ROBOT	
OP 05								

Figura 3.17 – Layout scheda di processo utilizzata

In Appendice [4] sono mostrate le schede di processo realizzate per il componente T1 ed in Appendice [5] quella riguardante il T2.

### 3.3.1 Raccolta dei dati sperimentali

Prima di passare alla raccolta dei dati, è stato necessario schedare un piano di ordinamento dei dati volto alla comprensione delle varie cause di difettosità durante la produzione.

Inizialmente, occorre stabilire i periodi temporali di riferimento su cui condurre l'analisi. Tale scelta è basata su ragioni puramente

strutturali legata alla linea di prodotto considerata. Difatti, in accordo con l'azienda, si è preferito implementare il piano di campionamento basandolo su due mensilità particolari: Marzo ed Agosto 2022.

La preferenza su tali periodi non è casuale, in quanto avendo basato l'oggetto della metodologia su una linea in avviamento, Marzo risulta essere il primo periodo di produzione. È doveroso sottolineare che la produzione era stata avviata nei mesi precedenti, ma al solo scopo di decretare i tempi ciclo, settare i parametri macchina e formare gli operatori. Per cui, la scelta di considerare tale mensilità come parametro di confronto è stata ritenuta funzionale, soprattutto in ottica di valutazione del miglioramento continuo.

Per quanto attiene la decisione focalizzare l'intera analisi sui dati ad Agosto, si basa su ragioni che riguardano la maturità della linea. Infatti, l'azienda dopo vari mesi di monitoraggio, ha decretato la linea idonea alla produzione su vasti volumi. Accanto a tali ragioni puramente interne all'ambiente Olsa, va anche sottolineato come nel mese di Agosto, il cliente abbia richiesto sufficienti output prodotti in maniera tale da iniziare i test su strada del nuovo veicolo progettato, diventando così necessario settare al meglio tutti i processi e avviare la produzione.

### 3.3.2 Metodologia di analisi dei dati

Un'ulteriore considerazione da sottolineare riguarda le modalità di analisi adoperate durante le fasi di campionamento. Affinché i dati vengano raccolti e valutati in modo coerente, si è deciso di raggruppare i difetti decretati durante il processo puramente di assemblaggio da quelli riguardanti gli ultimi check effettuati nel GP12.

Per quanto attiene la mera raccolta dei dati, come già detto nei capitoli precedenti, essa si è basata sull'osservazione diretta delle fasi di assemblaggio durante la produzione nei periodi selezionati. Questa scelta è guidata dalla presenza di innumerevoli check visivi operati dagli operatori nelle varie stazioni di lavoro. Per cui per attuare una analisi sulle difettosità che fosse funzionale alla comprensione delle cause, si è ritenuto necessario procedere in questa maniera, al fine di poter investigare con l'operatore sulle ragioni che lo spingessero a scartare un componente, decretandolo come difettoso. Attraverso l'ausilio degli operatori di linea, quindi, è stato possibile classificare gli scarti di produzione secondo la causa scatenante e la workstation appartenente.

Nello specifico, le difettosità maggiormente decretate durante il processo di campionamento dei dati sono state:

- Assemblaggio sbagliato
- Applicazioni e/o guarnizioni assenti
- avvitature errate
- Graffi
- Corpi estranei
- Saldatura Ko
- Bezel + Tail filter montability KO
- Sbavature derivanti da processo di saldatura
- Mancato marchio omologazione
- Righe sul componente
- Pcb danneggiato
- mancata marcatura
- Cricche
- Rottura

Alcune tra queste sopracitate cause risultano essere comuni per entrambi i componenti assemblati, altre, invece, si riferiscono o

al componente T1 o al componente T2. L'analisi di tali problematiche è riservata al capitolo successivo.

Una volta completata la scheda di processo aggiungendo tali informazioni riguardanti le difettosità riscontrate tra le vari attività elementari, è stato possibile realizzare il diagramma di Pareto.

Come citato nel capitolo precedente, tale grafico viene costruito come strumento di analisi per la classificazione delle difettosità da studiare. Nello specifico, sono state creati 3 diversi diagrammi che si riferiscono agli scarti decretati sul componente T1; sul componente T2 ed infine l'ultimo grafico riguardante la stazione GP12. È doveroso aggiungere che i Pareto sono stati realizzati per entrambi i periodi considerati.

I diagrammi di Pareto, indipendentemente dalla tipologia del pezzo valutata, sono stati costruiti partendo dall'insieme di caratteristiche che hanno comportato una difettosità durante il processo e classificate sulla base del numero di componenti scartati, in ordine decrescente.

In unione a tale ordinamento, è stata delineata anche la curva cumulativa di frequenze. Con il termine frequenza cumulata si definisce, se "associata ad una modalità o a una classe di modalità, come il rapporto tra la sua frequenza cumulata (assoluta) e la somma di tutte le frequenze assolute presenti nel campione" <sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Definizione presente sul sito web <https://it.wikipedia.org> (consultato il 25/01/2023)

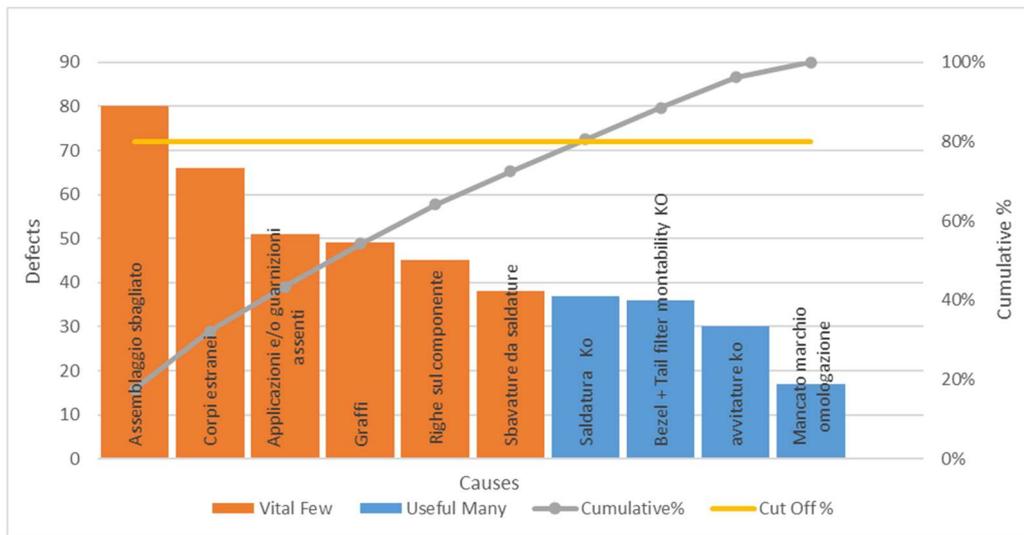


Figura 3.18 – Diagramma di Pareto riferito al componente T1

Nella figura 3.17 è mostrato un esempio di diagramma di Pareto realizzato durante il piano di campionamento. Come è possibile notare, oltre alla classificazione delle cause di difettosità decretate e classificate, viene rappresentata la curva cumulata in grigio. Particolare attenzione è posta sulla linea parallela all'asse delle ascisse, rappresenta il target di scarto. In ogni linea di prodotto dedicata, l'azienda fissa un livello soglia di scarto entro cui portare la produzione, affinché essa possa essere considerata accettabile. In particolare, per il progetto M182, gli ingegneri di produzione hanno stabilito che la percentuale di scarto debba sottostare all'80%.

Negli Allegati [6] [7] [8] è possibile ritrovare i Pareto realizzati per i componenti T1 e T2 e per l'ultima stazione GPI2, ordinati a seconda del periodo di riferimento, ossia mese di Agosto o di Marzo.

### 3.3.3 Analisi di regressione

Cercare di analizzare i dati raccolti durante le osservazioni dirette effettuate sulla linea di assemblaggio, si è rivelato un procedimento utile per cercare di derivare il comportamento che questi parametri assumono. Operando in queste modalità, quindi, è facile riuscire a stimare anche il comportamento futuro dei dati.

Se il focus delle analisi da condurre è la determinazione della relazione tra una coppia di variabili esaminate, ecco come diventa necessario avvalersi di analisi di regressione. Ipotizzando che la modellizzazione dei dati avvenga attraverso un andamento lineare, la regressione assume i connotati di una relazione lineare. In riferimento al modello che viene presentato in questo elaborato, si vuole valutare il comportamento delle difettosità dei componenti T1 e T2.

“La regressione lineare è una tecnica statistica che si utilizza per studiare la relazione tra due o più variabili.”<sup>6</sup> Tale relazione si basa sull'equazione della retta composta da:

- La variabile il cui valore si desidera prevedere viene denominata *dipendente*  $[Y]$
- La variabile in cui valore permette di prevedere il valore dell'altra viene identificata con *indipendente*  $[X]$
- Coefficiente che esprime l'intercetta della curva, la quale rappresenta il valor medio della variabile dipendente quando la variabile indipendente ha un valore pari a 0  $[\beta_0]$
- Coefficiente che indica la pendenza della curva, ossia come varia la variabile dipendente in corrispondenza di variazioni della variabile indipendente  $[\beta_1]$

---

<sup>6</sup> Definizione di Regressione presente nel <https://paolapozzolo.it/>

- L'errore casuale generato in  $Y$  in corrispondenza dell' $i$ -esima osservazione

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Lo strumento che consente di visualizzare i risultati dell'analisi condotta mediante l'analisi di regressione, è rappresentato dal diagramma di dispersione o scatter plot, in cui vengono visualizzati i valori della variabile dipendente sull'asse delle ordinate, mentre sull'ascissa quelli della variabile indipendente.

Per la costruzione di tale grafico ci si è avvalsi all'utilizzo del tool Minitab, un software statistico funzionale per analisi statistiche.

Eseguendo la costruzione del scatter plot durante la modellizzazione del modello, si è valutata se vi fossero della relazione tra il numero di difetti registrati in una singola workstation e il tempo effettivo della medesima, espresso in secondi.

La costruzione del modello di regressione avviene mediante una serie di passaggi. Inizialmente si procede visualizzando in una tabella in cui vengono visualizzati per ogni osservazione effettuata il valore delle due variabili  $X$  e  $Y$ .

Con riferimento alla creazione della regressione tra numero di difetti decretati e tempo effettivo, si è deciso di operare attraverso parametri adimensionali, quindi, per ogni singola osservazione si è valutata la relazione tra i coefficienti calcolati come:

- Parametro difetti: rapporto tra il numero dei pezzi scartati nella  $i$ -esima workstation e il numero totale dei pezzi controllati nel mese di agosto

- Parametro tempo: rapporto del tempo espresso in secondi ed il tempo dell'intera linea di assemblaggio

Operazione	Tempo Effettivo [s]	Parametro tempo	Difetti [-]	parametro difetti
OP 05	60	0.172413793	39	0.0039996
OP 10	80	0.229885057	126	0.0129218
OP 20	71	0.204022989	71	0.0072813
OP 30	31	0.08908046	33	0.0033843
OP 35	41	0.117816092	66	0.0067685
OP 40	65	0.186781609	74	0.007589
Totale tempo [s]	348	Totale pezzi esaminati	9751	

a)

Operazione	Tempo Effettivo [s]	parametro tempo	Difetti [-]	parametro difetti
OP 05	118	0.306493506	129	0.0132294
OP 10	60	0.155844156	91	0.0093324
OP 20	65	0.168831169	65	0.006666
OP 30	31	0.080519481	16	0.0016409
OP 35	41	0.106493506	62	0.0063583
OP 40	70	0.181818182	47	0.00482
Totale tempo	385	Totale pezzi esaminati	9751	

b)

Tabella 3.19 –Parametri utilizzati per la regressione T1 (a) e T2 (b)

L'obiettivo della creazione della regressione durante l'analisi è rappresentato dalla volontà di voler verificare se vi sia una correlazione tra i due parametri analizzati, nello specifico è stato considerato come variabile dipendente, il parametro dei difetti, mentre come variabile indipendente il parametro legato al tempo.

Per rendere la trattazione di semplice comprensione, verrà proposta l'analisi condotta sul componente T1, ma essa è stata applicata in ugual misura anche sul componente t2, i cui risultati verranno presentati alla fine del capitolo.

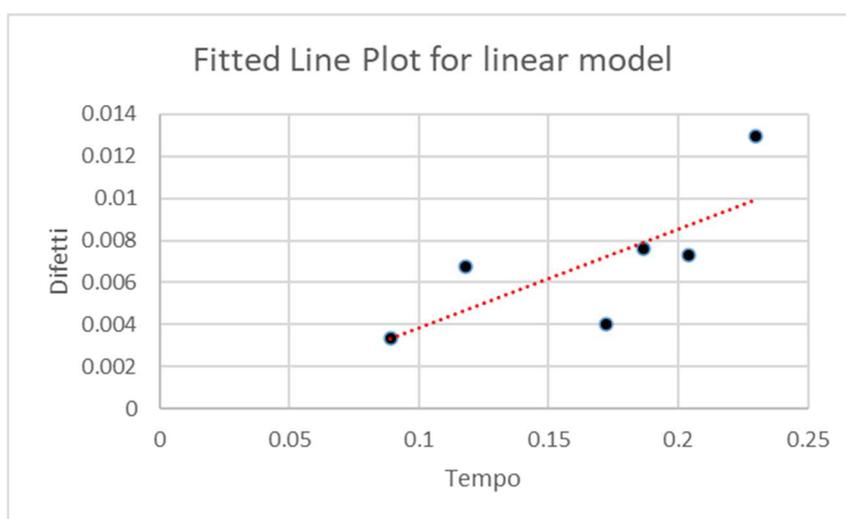


Figura 3.20 – Scatter plot ottenuto dall'analisi di regressione del componente T1

Analizzando l'output ottenuto dall'analisi di regressione del componente T1, è possibile evidenziare come l'equazione della retta di regressione viene espressa come:

$$D = -0.002346 + 0.060063 T$$

Affinché i risultati della regressione siano comprensibili, occorre valutare anche alcune misure di variabilità.

Il primo parametro che viene valutato è il **Coefficiente di determinazione** o  $R^2$ , utilizzato essenzialmente per l'analisi di regressione lineari, esprime una misura che consente di valutare se il modello di regressione utilizzato è funzionale nella previsione della variabile dipendente. Il valore di  $R^2$  risulta sempre compreso tra 0% e 100%. Per cui, con coefficiente di determinazione pari a 0 descrive che le variabili non spiegano

per nulla la variabilità della variabile dipendente intorno alla sua media. Al contrario, se  $R^2$  assume valore pari ad 1, esprime la che le variabili indipendenti riescono a spiegare completamente la variabilità di D (Difetti).

In particolare, considerando il componente T1, tale parametro assume un valore pari a 55.98%, questo risultato esprime che solo il 55.98% delle variabili dipendenti sono spiegati da variabili indipendenti.



Figura 3.21 – Analisi  $R^2$  per il componente T1 a seguito dell'analisi di regressione

Inoltre, l'output reso disponibile dal software Minitab consente di restituire anche una valutazione su quella che è la correlazione tra i due parametri. Quello che emerge è che per il componente T1 c'è correlazione tra il tempo delle singole workstation

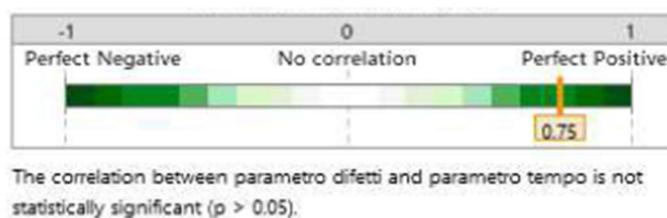


Figura 3.22 – Valutazione della correlazione dei parametri per T1

Come già preannunciato, la medesima analisi è stata condotta sulla regressione creata sui parametri di difetti e di tempo per il componente T2, di cui di seguito si propongono gli output ottenuti.

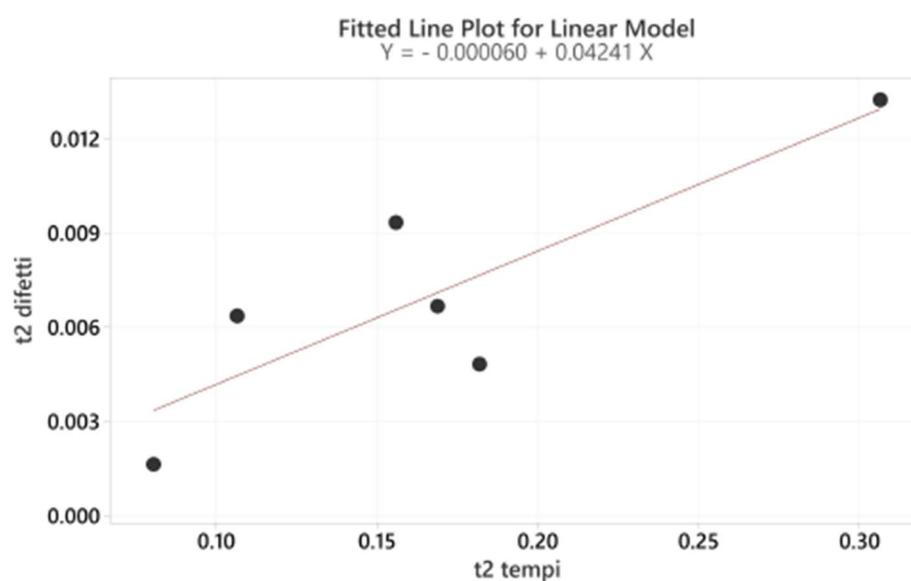


Figura 3.23 –Scatter plot ottenuto dall’analisi di regressione del componente T2

Per quanto riguarda T2 la curva di regressione presenta la seguente equazione: o  $R^2$

$$D = -0.000060 + 0.04241 T$$

Coefficiente di determinazione è possibile notare in figura 3.22 come esso esprime come oltre il 71% delle variabili dipendenti possono essere spiegate dalla variabile indipendente.

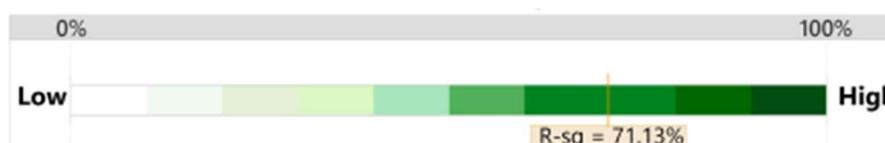


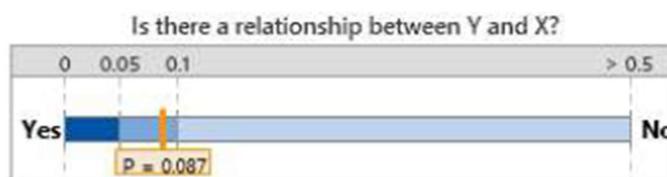
Figura 3.24 – Analisi  $R^2$  per il componente T2 a seguito dell’analisi di regressione

Inoltre, si evince anche come il parametro di correlazione sia positivo, come nel caso precedente. Questo implica che quando i tempi su ogni singola stazione di lavoro aumentano, si registreranno anche un aumento del numero di pezzi difettosi decretati durante le fasi del processo.

Infine, vengono proposti i risultati della regressione valutati secondo la possibilità che essi siano significativi, fissando un livello di significatività pari a  $\alpha=0.05$ . Quello che emerge è che mentre per il componente T2 i due parametri sono significativi, a differenza del componente T1 per cui risultano non estremamente significativi, in quanto livello di confidenza lievemente inferiore a 0.05



a)



b)

Figura 3.25– Output che esprime se i parametri sono significativi a) T2 e b) t2

## CAPITOLO 4 – ANALISI E DISCUSSIONE DEI DATI SPERIMENTALI

In questo capitolo sono presentati i risultati delle analisi condotte sul caso in esame. Dopo una breve presentazione dell'impostazione della metodologia applicata, sono discussi i risultati ottenuti.

### 4.1 Analisi dei dati sperimentali

Prima di procedere con la discussione dei risultati ottenuti, è opportuno descrivere gli strumenti utilizzati per analizzare i risultati osservati durante il monitoraggio della linea dell'M182 in azienda.

A seguito della compilazione della scheda di processo e della creazione dei diagrammi di Pareto, strumenti descritti nel capitolo precedente, si procede registrando i dati ottenuti riguardanti il valore degli scarti decretati durante il processo di assemblaggio. Nel caso specifico, i parametri vengono catalogati in una tabella, a seconda delle cause di difetto emerse e a seconda della workstation in cui sono stati evidenziati.

STAZIONE DI LAVORO	Assemblaggio sbagliato	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	avvitature ko	Graffi	Corpi estranei	Saldatura Ko	Bezel + Tail filter montability KO	Sbavature da saldature	Mancato marchio omologazione	Righe sul componente	SOMMA DIFETTI NELLE STAZIONI
OP 05	17		22								39
OP 10	46		13	16		9	36	6		26	126
OP 20	2			21	18	7		23		8	79
OP 30				10	23					3	33
OP 35		11			25	21		9			66
OP 40	15	40		2					17	8	74
TOTALE PER TIPOLOGIA	80	51	35	49	66	37	36	38	17	45	

Tabella 4.1- tabella riassuntiva degli scarti emersi dalla scheda di processo di TI

I dati vengono organizzati in tal modo sia per il componente T1 sia per il componente T2.

STAZIONE DI LAVORO	Assemblaggio sbagliato	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	awitature ko	Graffi	Corpi estranei	Saldatura Ko	Pcb KO	mancata marcatura	Cricche	Rottura	SOMMA DIFETTI NELLE STAZIONI
OP 05	20		9				50			50	129
OP 10	30		9	6	3				18	25	91
OP 20	31			23		11					65
OP 30								16			16
OP 35		12		18	9	17			6		62
OP 40	12	32	3								47
TOTALE PER TIPOLOGIA	93	44	21	47	12	28	50	16	24	75	

Tabella 4.2- tabella riassuntiva degli scarti emersi dalla scheda di processo di T2

A seguito della catalogazione dei dati raccolti secondo queste modalità, si esegue la valutazione di alcuni indici di posizione. Tali indici sono funzionali per riuscire a descrivere il fenomeno nella sua interezza. In particolar modo vengono valutati gli indici di media e mediana, sia considerando gli scarti decretati per ogni stazione di lavoro, sia rispetto le cause di difetto esaminate durante il processo.

- Media: pari al rapporto tra la sommatoria degli scarti decretati per ogni singola caratteristica considerata (che sia che si parli di OP sia di cause di scarto) ed il totale dei pezzi scartati.

$$Media = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Mediana: rappresenta l'indice di posizione il quale, dopo aver ordinato le osservazioni in ordine crescente, procede con il dividere le osservazioni in due gruppi di ugual numerosità.

se  $n$  è dispari, la mediana è l'intensità individuata dal posto centrale

$$\text{Mediana} = \frac{n + 1}{2}$$

se  $n$  è pari, la mediana è data dalla semisomma delle intensità individuate dai due posti centrali

$$\text{Mediana1} = \frac{n}{2} \quad \text{Mediana2} = \frac{n}{2} + 1$$

Affinché l'individuazione di tali indicatori risulti più precisa ed accurata, in unione a queste suddette valutazioni di indici, si affianca la valutazione della media pesata o ponderata. Tale valutazione viene eseguita come rapporto tra la sommatoria del prodotto tra la percentuale di difettosità ed il numero di scarto valutato per ogni singola caratteristica e la sommatoria dei componenti scartati.

$$\text{Media Ponderata} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i * p_i)}{p_i}$$

Oltre alla valutazione di questi indici, si ritiene opportuna anche la valutazione della deviazione standard e della varianza dei parametri. Le ragioni di tale decisione sono da riscontrare sulla possibilità di sintetizzare i valori raccolti non solo in maniera parziale, come avviene avvalendosi solamente degli indici di posizione.

- Varianza: espressa come la media degli scostamenti dalla media del campione analizzato
- Deviazione standard: la radice quadrata della varianza. In altre parole, essa viene definita anche come distanza di ogni singola osservazione dalla media

<b>T1</b>				
Media in base alla tipologia di difetto	45		Media in base alle stazioni di lavoro	76
mediana	42		mediana	73
deviazione standard	17.62		deviazione standard	42.16
media pesata	0.114		media pesata	0.210

Tabella 4.3 – Analisi degli indici per il componente T1

<b>T2</b>				
Media in base alla tipologia di difetto	41		Media in base alle stazioni di lavoro	68
mediana	36		mediana	64
deviazione standard	26.48		deviazione standard	38.57
media pesata	0.138		media pesata	0.147

Tabella 4.4 – Analisi degli indici per il componente T2

È opportuno ricordare che tali indici sono stati calcolati sulla base dei dati esaminati sul processo di produzione registrati nel mese di Agosto e non Marzo. La ragione di tale scelta riguarda prevalentemente il numero di campione esaminato e controllato maggiore rispetto al terzo mese dell'anno.

Come si può evincere dal confronto delle tabelle 4.3 e 4.4, in media gli scarti registrati in base alla tipologia per il componente T1 è pressoché la medesima del componente T2, a differenza della media valutata sulle workstation per T1 risulta essere maggiore di circa il 12% di T2.

#### 4.1.1 Test d'ipotesi

Il test di ipotesi è un tool statistico che consente di prendere una decisione statisticamente significativa, partendo dalla valutazione di una ipotesi statistica. Con il termine ipotesi statistica, si intende un'affermazione empirica per la quale si

vuole valutare la probabilità di ottenere il risultato preso in considerazione.

Affinché possa avviarsi il processo di verifica dell'ipotesi, occorre considerare l'ipotesi nulla, ossia porre un parametro della popolazione esaminata pari ad un valore. La verifica di questa verifica viene indicata con  $H_0$ .

Tipicamente, l'ipotesi  $H_0$  viene rappresentata la negazione di ciò che si vuole porre sotto investigazione. Ad essa viene contrapposta l'affermazione con l'ipotesi alternativa identificata tipicamente con  $H_1$ , ovvero l'ipotesi opposta ad  $H_0$ .

Per valutare l'ipotesi di partenza occorre valutare lo stimatore  $Z$ , il quale consente di identificare le regioni entro cui è possibile rifiutare o accettare l'ipotesi  $H_0$ .

Considerando il processo analizzato, si è stabilito che l'applicazione del test di ipotesi sulle proporzioni fosse la tipologia più affine alla natura delle variabili coinvolte.

Nello specifico, viene identificata con  $p$  la percentuale di produzione che possiede una determinata caratteristica da valutare attraverso i risultati di un campione bernoulliano di dimensione  $n$ .

Fissate le due ipotesi:

$$H_0: P = P_0$$

$$H_1: P \neq P_0$$

Considerando il livello di significatività  $\alpha$ , lo stimatore della statistica  $Z$  viene espresso come

$$Z = \frac{P - p_0}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}} \rightarrow Z_{calc} = \frac{\hat{P} - p_0}{\sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n}}}$$

Quando, però, si dispone di due campioni indipendenti di numerosità  $n_1$  e  $n_2$  l'ipotesi nulla da verificare è rappresentata dalla possibilità che i due campioni considerati presentino la medesima caratteristica:

$$H_0: P_1 = P_2$$

Ne consegue, che lo stimatore che ne consente la valutazione viene espresso mediante la seguente formulazione:

$$Z_{calc} = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2)}{\sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p}) \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Dove  $\hat{p}$  rappresenta nel caso esaminato, una stima della percentuale della difettosità.

I valori critici vengono fissati pari a  $\pm z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ , l'ipotesi  $H_0$  viene rifiutata quando  $|Z_{calc}| > z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ .

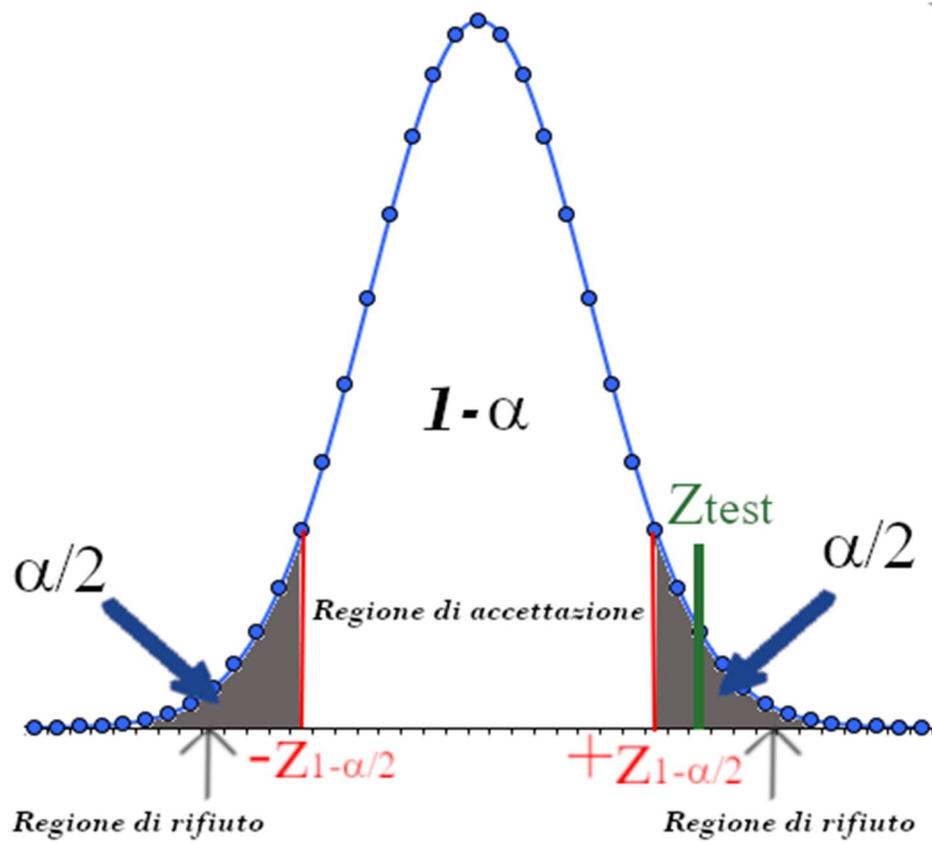


Figura 4.5 – Regioni teoriche di accettazione e rifiuto dell'ipotesi  $H_0$

Tipicamente accade che durante la valutazione dell'ipotesi nulla, è possibile commettere due tipi di errori:

- Errore di I tipo, lo si commette ogni qualvolta si rifiuta l'ipotesi nulla quando essa è vera.
- Errore di II tipo avviene quando si accetta l'ipotesi nulla quando in verità essa è falsa.

Si definisce, quindi, *Livello di significatività*  $\alpha$  la probabilità di commettere l'errore di I tipo, per cui minore sarà  $\alpha$  minore sarà la probabilità di incorrere nel suddetto errore.

	$H_0$ è vera	$H_0$ è falsa
Non rifiuto di $H_0$	<b>DECISIONE CORRETTA</b>	Errore di II tipo = $\beta$
Rifiuto di $H_0$	Errore di I tipo = $\alpha$	<b>DECISIONE CORRETTA</b> Potenza = $(1 - \beta)$

Figura 4.6 – Errori I tipo e II tipo

L'applicazione del test di ipotesi all'interno della valutazione delle difettosità durante il processo di assemblaggio è stata possibile attraverso la verifica della verosimiglianza tra le percentuali di difettosità registrate a Marzo ed Agosto, sia per il componente T1 che per il T2, ma allo stesso tempo, si è potuta valutare la percentuale di scarto tra il componente T1 e T2, vista l'estrema similarità del processo di assemblaggio.

In prima istanza si è pensato di valutare se il parametro di percentuale di difetti valutata nel mese di Agosto per T1 e T2 non fosse significativamente differente, fissato un livello di confidenza pari a  $\alpha = 0.05$ .

Mediante l'ausilio del tool Minitab, è stato possibile decretare come il parametro di percentuale di difetti decretati durante il processo di assemblaggio per i due componenti fosse differente. Di seguito vengono riportati gli output delle analisi condotte sul software.

Fissati i parametri del Gruppo 1 ossia T1 e Gruppo 2 inteso come T2

Statistics	Group 1	Group 2
Total number tested	9751	9751
Number of defectives	454	410
% Defective	4.66	4.2
95% CI	(4.25; 5.09)	(3.81; 4.62)

Figura 4.7 – Parametri impostati su Minitab prima di effettuare il test

Fissate le ipotesi:

$$H_0: P_1 = P_2$$

$$H_1: P_1 \neq P_2$$

Viene valutato il P-value e Z- value :

<b>Method</b>	<b>Z-Value</b>	<b>P-Value</b>
Normal approximation	1.53	0.126
Fisher's exact		0.135

Figura 4.8 – Valori P-value e Z-value

I risultati ottenuti, mostrano come non vi sia differenza significativa tra i due parametri. Infatti, è possibile notare come il valore Z-Value sia maggiore del valore P-value con livello di significatività fissato al 95%, per cui si accetta l'ipotesi nulla.

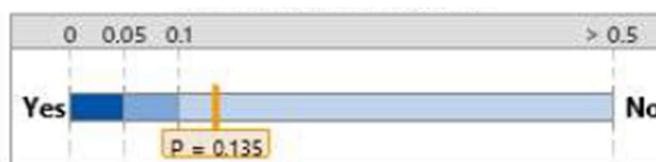


Figura 4.8 – Output Test Ipotesi % difetti T1 e T2

Per quanto attiene l'applicazione del test d'ipotesi confrontando la percentuale di scarto registrata ad agosto e a marzo per i due componenti, è possibile notare risultati differenti.

Osservando, in primis, il confronto tra i due periodi analizzati sul componente T1, quello che emerge dall'applicazione del test è che l'ipotesi nulla debba essere rigettata.

Statistics	Group 1	Group 2
Total number tested	9751	600
Number of defectives	454	269
% Defective	4.66	44.83
95% CI	(4.25; 5.09)	(40.81; 48.91)

Figura 4.9 – Parametri impostati su Minitab prima di effettuare il test

L'output registrato mostra come il P-value sia maggiore del Z-value valutato, per cui l'ipotesi nulla viene rigettata; quindi, la percentuale di difettosi decretata ad agosto (gruppo 1) è significativamente differente a quella decretata a marzo (gruppo 2)

Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	-37.47	0.000
Fisher's exact		0.000

Figura 4.10 – Valori P-value e Z-value T1

Allo stesso modo, anche per quanto attiene l'analisi sul componente T2, l'ipotesi nulla viene rigettata, per cui i parametri di % difetti tra i due periodi è significativamente differente.

Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	-17.88	0.000
Fisher's exact		0.000

Figura 4.10 – Valori P-value e Z-value T2

Quest'ultimi due risultati si potevano facilmente prevedere in quanto, la numerosità dei campioni confrontata era nettamente differente. È doveroso ricordare che nel mese di marzo i pezzi prodotti è di circa 16 volte inferiore a quella registrata nel mese di Agosto.

## 4.2 Analisi difettosità linea di assemblaggio

L'obiettivo che ha guidato l'analisi è stato il voler perseguire nell'implementazione di un modello che puntasse a prevedere il verificarsi di difettosità durante l'assemblaggio di componenti non banali.

A seguito della valutazione di parametri prettamente statistici, come quelli descritti nel capitolo precedente, si passa ad analizzare più dettagliatamente quelle che emergono come vere criticità lungo la linea di assemblaggio del componente M182.

Successivamente alla creazione delle tabelle 4.1 e 4.2, si procede valutando la percentuale di scarto determinata da ogni caratteristica durante il processo. Questo parametro viene calcolato analiticamente, come rapporto tra il numero di componenti scartati per una particolare causa di difettosità ed il numero complessivo di pezzi scartati nell'intero processo di assemblaggio. La medesima valutazione, oltre ad essere stimata sul componente T1 e sul componente T2, viene anche valutata su ogni workstation, al fine di individuare quale tra esse sia la più critica.

Osservando i risultati raccolti mediante la valutazione di tale stima, si può notare come, considerando unicamente le cause di difettosità, emerga che ciò che impatti maggiormente nella valutazione degli scarti, per entrambi i componenti, sia l'assemblaggio non conforme.

T1	Assemblaggio sbagliato	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	avitature ko	Graffi	Corpi estranei	Saldatura Ko	Bezel + Tail filter montability KO	Sbavature da saldature	Mancato marchio omologazione	Righe sul componente
% DIFETTI PER TIPOLOGIA	17.6%	11.2%	7.7%	10.8%	14.5%	8.1%	7.9%	8.4%	3.7%	9.9%

T2	Assemblaggio sbagliato	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	avitature ko	Graffi	Corpi estranei	Saldatura Ko	Pcb KO	mancata marcatura	Cricche	Rottura
% DIFETTI PER TIPOLOGIA	22.7%	10.7%	5.1%	11.5%	2.9%	6.8%	12.2%	3.9%	5.9%	18.3%

Tabella 4.11 – valutazione %difetti su ogni causa di difettosità

Come si può evincere, in Tabella 4.11 vengono evidenziate le percentuali di difetti scaturiti per una specifica causa maggiori del 12%. La scelta di quest'ultimo parametro, non è causale, in quanto rappresenta uno dei target aziendali a cui ogni linea di assemblaggio deve puntare. In questo caso specifico, durante la realizzazione del fanale, ogni fonte che comporti uno scarto debba essere sotto del 16%.

Dalla visual analysis condotta si può evidenziare come, per T2, la rottura del componente durante il processo, nel mese di agosto incida per il 18% sugli scarti totali decretati. Allo stesso modo, visualizzando i dati stimati per T1, si può desumere come la presenza di corpi estranei determini oltre il 14% di scarti.

<b>T1</b>	OP 05	OP 10	OP 20	OP 30	OP 35	OP 40
% difetti nelle OP	9%	33%	17%	8%	15%	18%

<b>T2</b>	OP 05	OP 10	OP 20	OP 30	OP 35	OP 40
% difetti nelle OP	31%	22%	16%	4%	15%	11%

Tabella 4.12 – valutazione %difetti in ogni stazione di lavoro

Osservando, invece, la percentuale di scarto per i due componenti registrata su ogni singola stazione di lavoro, si può notare come la OP20 è la stazione critica per entrambi i componenti, nello specifico in essa vengono decretati tra il 16-17% di scarto complessivo. Occorre, però, evidenziare come OP10 per il componente T1 rappresenti una stazione critica, poiché in essa vengono scartati il 33% dello scarto complessivo. La medesima stazione presenta, anche per T2 una percentuale di scarto maggiore al 15%, ma non inferiore rispetto alla percentuale esaminata sul T1.

Di seguito vengono riportati due grafici speculari ma allo stesso tempo differenti. In Figura 4.13, viene mostrata come si distribuiscono le varie cause di scarto nelle varie OP, per il

componente T1. La linea spezzata rappresenta la percentuale di scarto valutata su ogni fonte causa esaminata.

Come già evidenziato con gli output precedenti, la stazione OP10 per il componente T1 risulta essere critica, in quanto in essa vengono scartati componenti che presentano 7 delle 10 cause riscontrate nel processo esaminato.

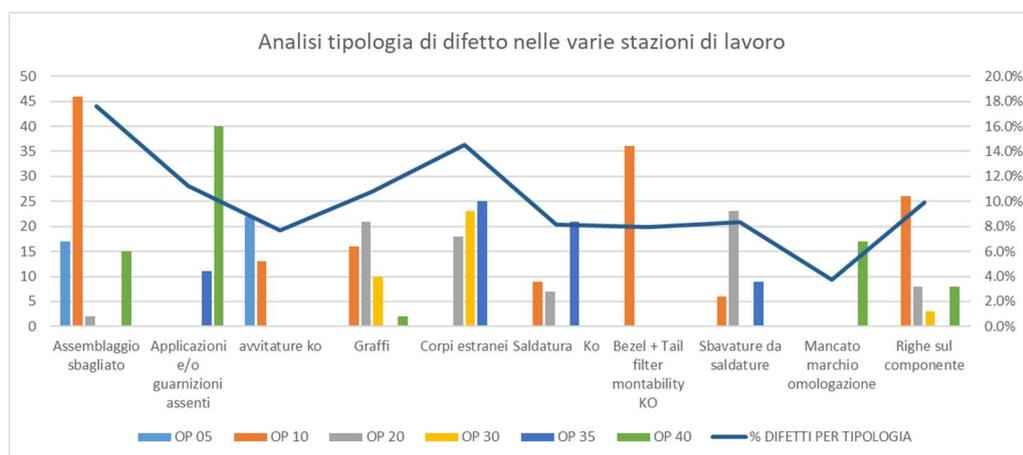


Figura 4.13 – valutazione delle tipologie di scarto valutato nelle varie workstation

In figura 4.14, invece, rappresentato come varia il numero di scarti registrati per ogni caratteristica di difettosità a seconda delle varie stazioni di lavoro, per T2. Anche in questo caso, emerge come la OP05 incida notevolmente sul totale degli scarti registrati, come mostrato in precedenza.

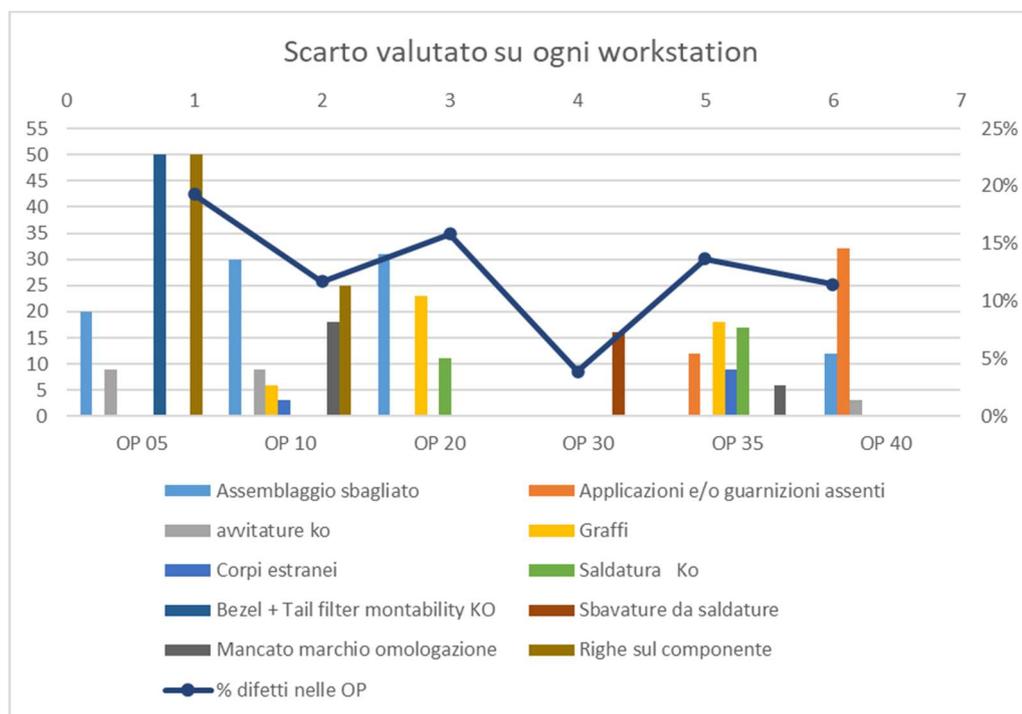


Figura 4.14 – valutazione scarto su ogni OP in funzione della tipologia di difetto

#### 4.2.1 Confronto tra T1 e T2

A seguito dell'applicazione e verifica mediante il test di ipotesi, è emerso come la difettosità nei due componenti sia significativamente simile. Occorre, quindi, comprendere i parametri entro cui i due processi siano effettivamente simili, in modo da poter avanzare delle azioni migliorative che vadano bene per entrambi.

In primo luogo, si procede confrontando le varie cause di scarto decretate in ogni stazione per entrambi i componenti.

Quello che emerge maggiormente è come il numero totale dei componenti scartati nelle varie OP registrati risulta essere sempre maggiore per il componente T1, ad eccezione della OP05, che, come detto, risulta critica per T2. Le ragioni di tale criticità risiedono nella complessità ed importanza delle azioni

svolte nella citata stazione di lavoro. Difatti, l'operatore esegue i primi agganci dei cablaggi, essenziali per il corretto funzionamento del fanale. Ecco, come, l'esecuzione forzata di tali operazioni rappresenta il principale fattore di criticità.

In figura 4.15 viene riassunta la suddetta analisi mediante l'ausilio di un grafico ed in appendice [9] è presente una tabella che mostra gli scarti registrati in ogni stazione per T1 e T2, distribuiti tra le varie cause di difettosità.

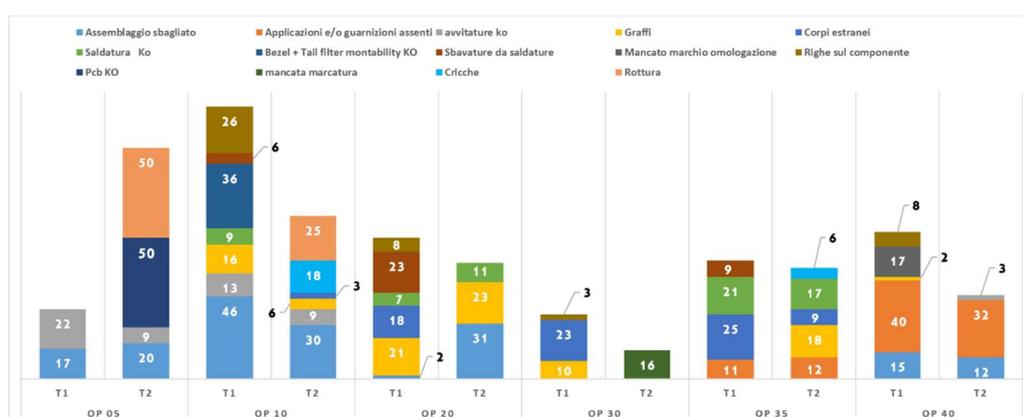


Figura 4.15 – confronto componenti scartati in ogni OP per T1 e T2

Confrontando i due processi di assemblaggio in parallelo, è emerso come alcune tipologie di difetto riscontrate sui due componenti fossero simili. In particolare, sono state identificate 6 cause comuni tra T1 e T2, ossia

- Assemblaggio sbagliato;
- Applicazioni e/o guarnizioni assenti;
- Avvitature ko;
- Graffi;
- Corpi estranei
- Saldatura ko

Si è pensato, quindi, di confrontare il numero di pezzi scartati per ognuna di queste 6 caratteristiche tra T1 e T2, valutandone se la

percentuale di difettosi fosse significativamente differente. Di seguito vengono mostrate gli output emersi più rilevanti e degni di nota.

Per quanto attiene alla caratteristica *Graffi* effettuando il test d'ipotesi basato sulle proporzioni emerge come le percentuali di difettosi per T1 e T2 risulta essere non significativamente differente, fissato un livello di confidenza pari a 0.05.

Statistics	Group 1	Group 2
Total number tested	9751	9751
Number of defectives	49	47
% Defective	0.5	0.48
95% CI	(0.37; 0.66)	(0.35; 0.64)

Figura 4.16 – Parametri settati su Minitab per effettuare il test



Figura 4.17 – Output Test Ipotesi % difetti T1 e T2 valutata su Graffi

Allo stesso modo, si riscontra che anche per le cause di scarto che riguardano le *avvitature*, *l'assemblaggio scorretto*, la *saldatura non conforme* ed *Applicazioni e/o guarnizioni assenti*, i test di ipotesi condotti dimostrano come le percentuali di difettosi valutate su ciascuna caratteristica e confrontata per i due componenti, risulta essere non significativamente differente. Ad eccezione della percentuale di scarto valutata su T1 e T2 che riguarda la presenza di corpi estranei sul fanale. Attraverso la verifica dell'ipotesi nulla sul software statistico, mostra come la percentuale di difettosi sia significativamente differente.

Statistics	Group 1	Group 2
Total number tested	9751	9751
Number of defectives	106	44
% Defective	1.09	0.45
95% CI	(0.89; 1.31)	(0.33; 0.61)

Figura 4.18 – Parametri settati su Minitab per effettuare il test



Figura 4.19 – Output Test Ipotesi % difetti T1 e T2 valutata su Corpi estranei

#### 4.2.2 Confronto Marzo vs Agosto

Un'ulteriore analisi è stata condotta valutando l'evoluzione degli scarti dal mese di Marzo al mese di Agosto. È bene ricordare che la scelta di confrontare questi due periodi non è banale, infatti il primo è significativo per le fasi di assestamento della linea di assemblaggio, a differenza il secondo, risulta essere funzionale per comprendere quali siano le principali cause di scarto durante la produzione su vasti volumi.

In primo luogo, è opportuno confrontare la porzione di scarto registrata durante la realizzazione del fanale in questo lasso di tempo considerato.

MARZO			AGOSTO		
	T1	T2		T1	T2
Pezzi controllati	600		Pezzi controllati	9751	
pezzi scartati	269	241	pezzi scartati	454	410
tasso di scarto	44.83%	40.17%	tasso di scarto	4.66%	4.20%

Tabella 4.20 – Confronto mese di Marzo e Agosto

Sulla base dei seguenti dati, è possibile evidenziare come il tasso di scarto nel mese di Marzo è quasi 10 volte maggiore quello che si riscontra ad Agosto, sebbene il numero di pezzi controllati nel primo periodo risulta nettamente inferiore alla numerosità del campione controllato ad Agosto.

Questo risultato risulta essere significativo, in quanto esprime come nel primo mese considerato, la linea è in fase di assestamento, per cui occorre valutare come settare i parametri dei vari macchinari in linea ed istruire gli operai ad azioni ergonomiche, al fine di consentire una corretta coesione e collaborazione uomo-macchina durante un turno di lavoro.

Tali considerazioni, inoltre, riflettono anche la scarsità dei componenti controllati nel mese di Marzo. Difatti, riferendosi ad una delle fasi più critiche della progettazione di una linea produttiva, in tal periodo non si era tanto interessati alla produzione, quanto a comprendere le criticità ed a vagliare piani di intervento da implementare, che consentissero di ridurre al minimo il rischio.

A differenza, del mese di Agosto in cui, come già citato nei capitoli precedenti, l'azienda ha ampliato enormemente le produzioni. È opportuno sottolineare come nonostante l'elevato numero di

pezzi controllati, si riesca a registrare percentuale di scarto inferiore al 5% sia sul componente T1 che su T2.

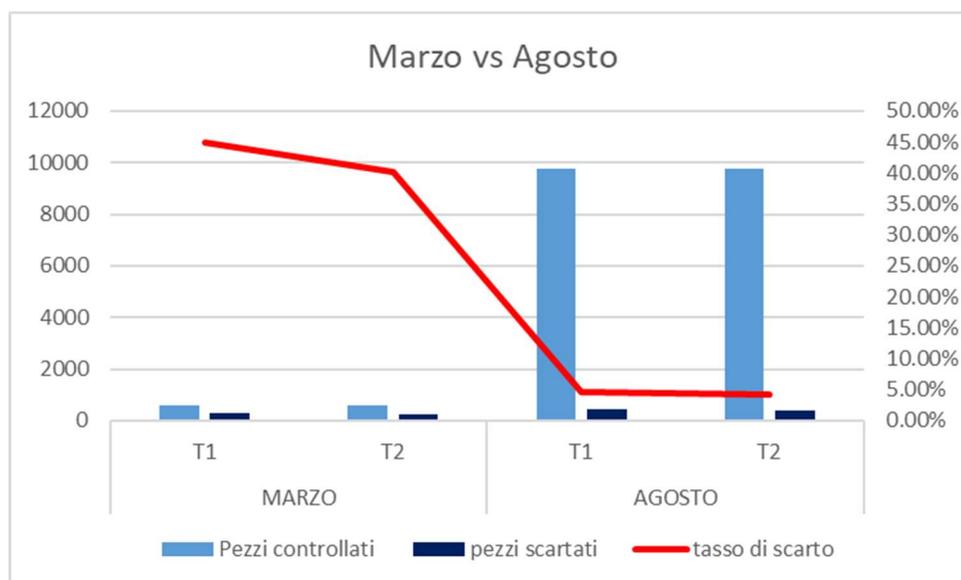


Tabella 4.21 – Visualizzazione grafica dell'andamento scarti nel mese di Marzo e Agosto

A seguito di valutazioni generali emerse dal confronto tra i due periodi, si è ritenuto opportuno analizzare se vi sia stato un decremento del tasso di difettosità tra Marzo ed Agosto su ogni causa radice analizzata durante il processo.

Effettuando test di ipotesi sulle proporzioni, emerge come effettivamente tutte le caratteristiche confrontate sui due periodi presentano una stima della percentuale di difetto significativamente diversa. Questo output non è inaspettato, basti pensare alla diversa numerosità del campione di pezzi controllati nel mese di Marzo e lo stesso nel mese di Agosto.

Di conseguenza, si è ritenuto più utile al fine dell'indagine, valutare le medesime caratteristiche osservando se sia stato

registrato un miglioramento dal punto di vista di prodotti scartati in base ad una determinata causa di guasto.

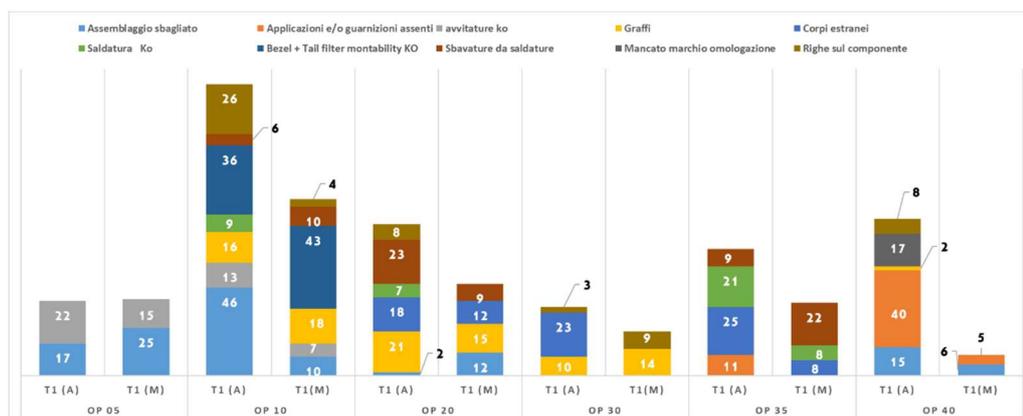


Grafico 4.21 – Analisi per ogni Workstation Marzo vs Agosto (T1)

Ponendo l'attenzione sulla valutazione del numero di pezzi scartati nelle due mensilità considerate per il componente T1, emerge come la stazione di lavoro considerata che registra il maggior numero di difetti non varia tra i due mesi, restando sempre la OP10. Inoltre, è possibile notare, osservando il grafico 4.21, come nell'ultima workstation si possa evidenziare un ribaltamento del Trend rispetto a Marzo. Infatti, nel mese di Agosto in questa OP vengono decretati un numero di difetti elevato, secondo solo alla stazione critica, ossia pari a 82 pezzi scartati, contro gli 11 componenti scartati nel mese di Marzo. Le ragioni di tale incremento, possono risiedere nell'accurata attenzione nella valutazione del fanale finito, poiché per ottenere l'omologazione, il fanale deve necessariamente garantire una tenuta impeccabile e per cui si è ritenuto opportuno implementare nuovi controlli e check che puntino a garantire un prodotto di qualità al cliente.

Osservando le cause di guasto più impattanti nel mese di Marzo, si può valutare come l'azienda in questi mesi si sia impegnata a ridurre la probabilità di registrare uno scarto collegato a quella causa radice, ad esempio implementando delle azioni correttive. Si consideri, ad esempio il montaggio non conforme del Bezel + Tail filter il quale è passato da una percentuale di scarto a marzo pari al 17% passando al solo 8% nel mese di Agosto, registrando una riduzione di quasi 5%.

Le medesime valutazioni sono state condotte anche sul componente T2.

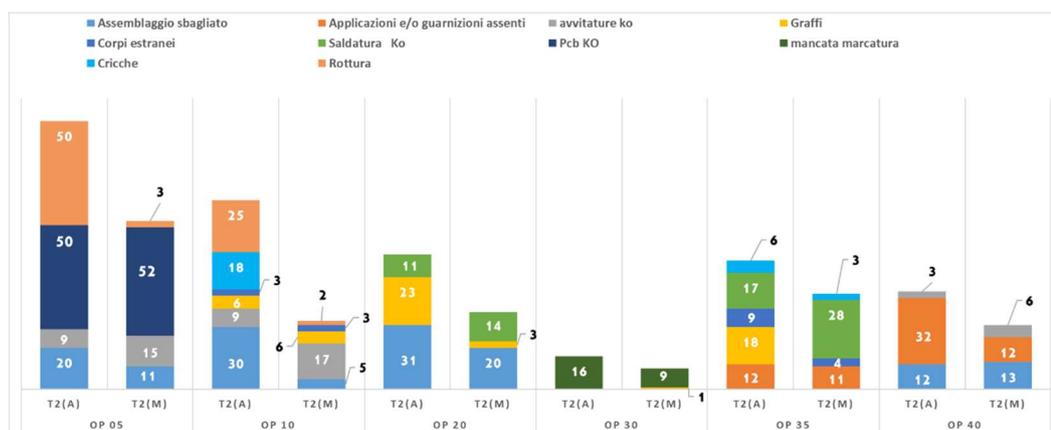


Grafico 4.22 – Analisi per ogni Workstation Marzo vs Agosto (T2)

A differenza del componente T1, su T2 l'andamento della distribuzione delle difettosità nelle varie workstation non sembra variare passando da Marzo al mese di Agosto. Per cui, la stazione più critica in cui si determinano il maggior numero di scarto è la OP05 per entrambe le mensilità considerate.

Anche per questo componente, come per il precedente, è possibile valutare su quale causa di difetto l'azienda ha deciso di intervenire con attività mirate, appunto, alla riduzione della stessa durante la produzione. Si fa riferimento, ad esempio, alla

saldatura non conforme, dove a seguito di un'attenta analisi sul processo stesso, si è verificato come i posaggi utilizzati inizialmente potessero essere sostituiti e migliorati. In questo modo, nel mese di Agosto si assiste ad una riduzione quasi dimezzata rispetto al tasso di scarto valutato nel mese di marzo.

### 4.3 Analisi GP 12

Le analisi denominate GP12, fanno riferimento all'ultima stazione di lavoro della linea, ossia la OP50. Come già preannunciato durante la descrizione del processo, durante le analisi GP12 vengono eseguiti i collaudi e i check finali, funzionali alla validazione del fanale.

A differenza dei check effettuati durante il processo di assemblaggio, quest'ultimi vengono processati da un macchinario e non dall'operatore. Quello che accade è che il fanale finito viene fissato attraverso ancoraggi ad un piatto rotante posizionato all'interno del macchinario, il quale, ruotando testa e collauda il componente. Durante queste operazioni, viene testata la tenuta del fanale, ossia verificando se l'ermeticità del componente sia conforme alle specifiche tecniche concesse nelle varie regolamentazioni internazionali. Inoltre, vengono anche effettuati check che esaminino se i led siano stati impiantati correttamente ma anche controlli sui valori di intensità della luce. Se a seguito del superamento con successo di tali verifiche tecniche, il fanale può essere decretato omologato e impiantato nelle vetture di tutto il mondo. Infine, prima di essere imballato e spedito al cliente, vengono effettuati gli ultimi controlli estetici eseguiti da operatori incaricati di ispezionare a fondo il componente.

Data la peculiarità di tale stazione di lavoro, l'azienda ha definito necessario analizzarla singolarmente, al fine di decretare quali difettosità vengono riscontrate da macchinario, sfuggendo in tal senso ai controlli effettuati a seguito di ogni attività durante l'assemblaggio del componente.

Per quanto attiene la classificazione e le verifiche condotte sui dati della stazione OP50, a differenza degli stessi condotti sulle stazioni precedenti, questi risultano essere nettamente più accurate. Le ragioni risiedono nella peculiarità del GP12, difatti esso è condotto in maniera automatizzata da una macchina, la quale è in grado di raccogliere molti più dati e parametri.

È stato possibile, quindi, riuscire a reperire uno storico dei dati di tale workstation, funzionale alla valutazione dell'evoluzione del processo di assemblaggio in termini di componenti controllati alla fine dello stesso.

È opportuno sottolineare che durante le analisi presentate in seguito, i parametri di riferimento non verranno più divisi per i componenti T1 e T2, ma si procederà nel valutare le prestazioni dell'OP50 considerando i dati complessivi, ossia si analizzano tali dati nella loro interezza.

Inoltre, un altro aspetto essenziale da evidenziare riguarda la numerosità del campione considerato. Essendo l'ultima fase del processo di assemblaggio, è evidente come i pezzi controllati siano nettamente minori rispetto alla sommatoria dei pezzi controllati durante la linea di assemblaggio per T1 e T2. È chiaro che durante l'assemblaggio vengono decretati difettosi alcuni componenti che se non possono essere rilavorati e recuperati, diventano degli scarti. Questo implica che i pezzi controllati nel GP12 risultino in percentuale inferiore rispetto a quelli controllati nello stesso periodo in linea.

Attraverso la storicizzazione dei dati, è stato possibile reperire l'andamento dei controlli eseguiti al termine del processo di assemblaggio nei mesi di Giugno, Luglio ed Agosto.

	settimane	prodotti	% scarto
Giugno	W22	1867	5.1%
	W23	2126	2.6%
	W24	3663	2.1%
	W25	2194	2.1%
	W26	3868	3.1%
Luglio	W27	4376	1.0%
	W28	2965	1.1%
	W29	2203	0.9%
	W30	2939	2.5%
Agosto	W31	4072	1.8%
	W32	3424	6.3%
	W33	899	5.0%
	W34	5191	2.5%
	W35	3965	2.8%

Grafico 4.23 – Prodotti controllati e percentuale di scarto in 3 mesi consecutivi

Analizzando i dati raccolti, è possibile avanzare ipotesi sull'andamento della produzione nei periodi considerati. È chiaro come a partire dalla settimana 23, il tasso di scarto registrato nei periodi successivi, si attesta al di sotto del 4%. Tale risultato, consente di poter affermare che attraverso opportune azioni correttive implementate nei vari check effettuati lungo la linea di assemblaggio, si è riusciti a scongiurare la possibilità di decretare difettosità in questa stazione di lavoro. Quando si parla di GP12, il target aziendale a cui si spera di giungere con la percentuale di scarto, si attesta in un intorno del 1%. È evidente come l'azienda fosse vicina al raggiungimento dell'obiettivo

prima del mese di Agosto, dove a causa dell'aumento della produzione, si registra un'inversione dei trend.

Occorre, inoltre, puntare l'attenzione sui dati registrati in settimana 33, dove seppur i pezzi controllati risultano inferiori a 1000, si registra che il 5% di essi sia non conforme. Tale risultato potrebbe essere legato al periodo di ferie estive, per cui la produzione è stata limitata ed eseguita da meno operatori di linea che si ritrovano a controllare più workstation.

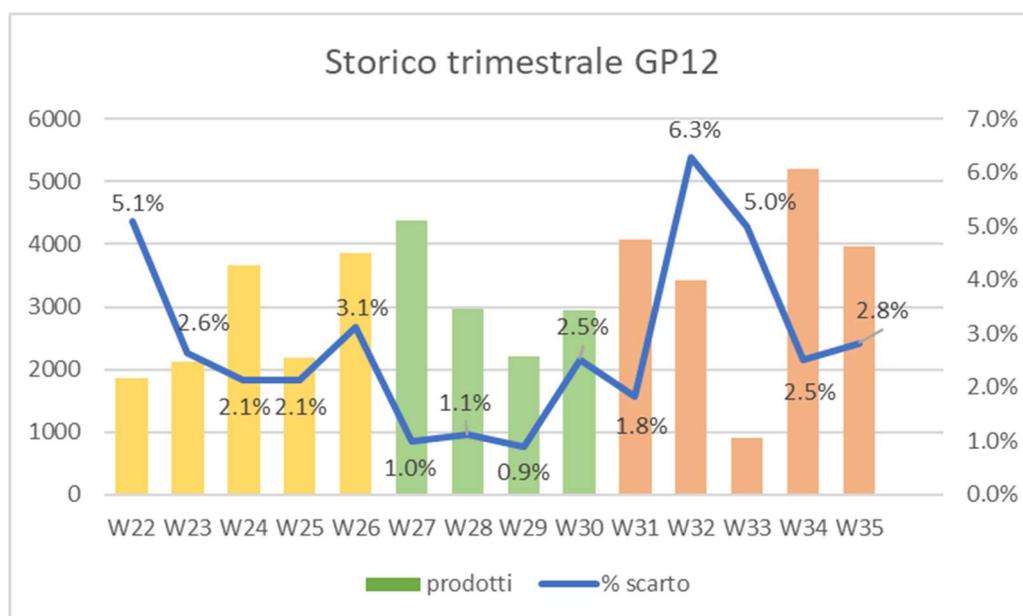


Grafico 4.24 – Andamento GP12 trimestrale

Come per le analisi condotte sulla linea di assemblaggio, è opportuno soffermarci anche per il GP12 sulla valutazione dell'andamento delle difettosità riscontrate nel mese di Agosto,

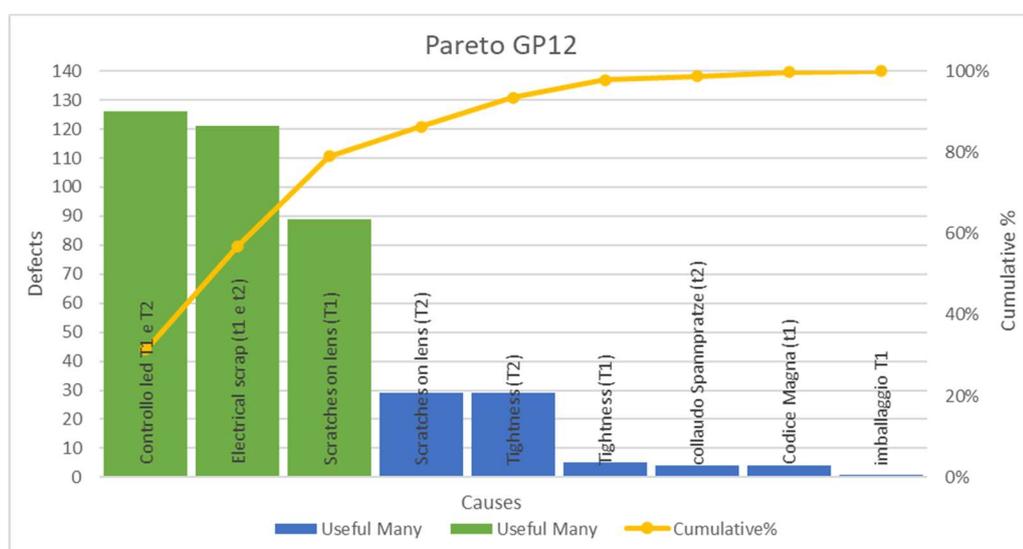


Grafico 4.25 – Pareto GP12 (Agosto)

Analizzando il diagramma di Pareto, è possibile evidenziare come siano state decretate 9 differenti cause di difettosità, di cui solo 3 hanno comportato oltre 50 fanali scartati. In particolar modo, occorre sottolineare come per le due cause più impattanti, il numero di difetti riscontrati è spalmato tra i due componenti. Di maggiore rilevanza, invece, risulta essere la terza caratteristica che comporta uno scarto 89 componenti decretati solo su T1. Quest'ultima rilevazione sancisce la necessità di intervenire attraverso l'implementazione di un piano di intervento che punti a minimizzare la presenza di graffi sulla lente del T1.

Al fine di comprendere maggiormente su quale dei due processi intervenire, ossia su quale componente vengano registrati maggiormente degli scarti a seguito dei collaudi del GP12, si è ritenuto opportuno spaccettare le cause di difettosità che impattano su entrambi i componenti, investigando su quale tra essi sia il più critico.

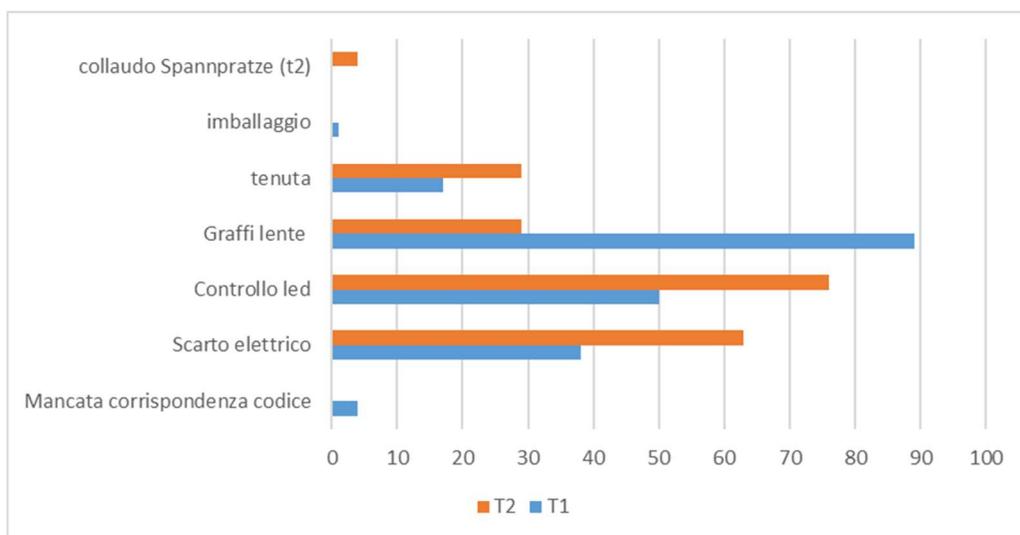


Grafico 4.25 – valutazione scarti sui due componenti

Analizzando il grafico 4.25 è possibile notare come le cause di difettosità decretate in questa fase che riguardano sia T1 che T2 siano ristrette a 4, ossia scarto elettrico, controllo led, tenuta e graffi sulla lente. È opportuno sottolineare, come quest'ultima caratteristica è possibile visualizzarla scorporata nel Pareto, poiché sul componente T1 il numero dei componenti scartati rappresenta un parametro rilevante ai fini delle azioni correttive da prevedere.

	Scarto elettrico	Controllo led	Graffi lente	tenuta
T1	38%	40%	75%	37%
T2	62%	60%	25%	63%

Grafico 4.25 – Percentuali di scarto valutato su T1 e T2

Quello che emerge è che per quanto riguarda scarti derivanti da collaudi, che sia di tenuta o che sia elettrico, il componente T2 sia critico rispetto al componente T2. Difatti, circa il 62% dei difetti registrati su ciascuna causa vengano decretati proprio sul componente T2. Tale riscontro potrebbe celare problematiche

legate alle operazioni di assemblaggio. Occorre quindi, valutare se sia il caso di apportare cambiamenti nelle attività di assemblaggio dei componenti o di implementare formazioni per i dipendenti, al fine di ridurre significativamente l'aumento degli scarti comportati da assemblaggio non conforme.

Come per le analisi condotte sulla linea di assemblaggio, anche per quest'ultima stazione di lavoro, si ha la possibilità di confrontare i due periodi più significativi della linea di assemblaggio, ossia il mese di avviamento con quello di inizializzazione verso la produzione su larga scala. Si parla, quindi, nello specifico del mese di Agosto e del mese di Marzo.

A seguito della realizzazione del diagramma di Pareto per il mese di Marzo, è stato possibile identificare le cause di scarto. Anche in questo caso, come nel caso precedente, si è considerato funzionale per la comprensione del processo, determinare quanti componenti T1 o T2 fossero stati scartati per ogni problematica riscontrata.

In questo modo, è stato possibile confrontare l'evoluzione dei due componenti nelle due mensilità considerate.

		Mancata corrispondenza codice	Scarto elettrico	Controllo led	Graffi lente	tenuta	imballaggio	collaudo Spannpratze (t2)
GP 12	T1 (A)	4	38	50	89	17	1	
	T1 (M)	12	27	20	40	20	1	
GP 12	T2 (A)		63	76	29	29		4
	T2 (M)		17	35	8	60		4

tabella 4.26- Confronto Marzo vs Agosto GP12

È evidente come le cause di difettosità più critiche siano le medesime per entrambi i componenti. Inoltre, dall'analisi emerge come i componenti scartati a causa della presenza di graffi sulla superficie siano incrementati notevolmente nel mese di Agosto. Infatti, per quanto attiene il componente T1 i pezzi difettosi che presentavano questa problematica registrati ad Agosto.

risultano essere più del doppio degli stessi registrati a Marzo. Allo stesso modo, anche per T2 i componenti scartati a causa dei graffi risultano essere pari a 29 ad Agosto e solo 8 a Marzo.

Di contro, si può notare come vi sia stato un miglioramento per quanto attiene i componenti che non superavano il collaudo di tenuta. Nello specifico per T2 si registra un decremento dei fanali scartati per tale ragione, infatti si passa da un valore di 60 pezzi a Marzo, a i soli 20 di Agosto. Questo potrebbe significare che siano state avviate azioni mitigatorie.

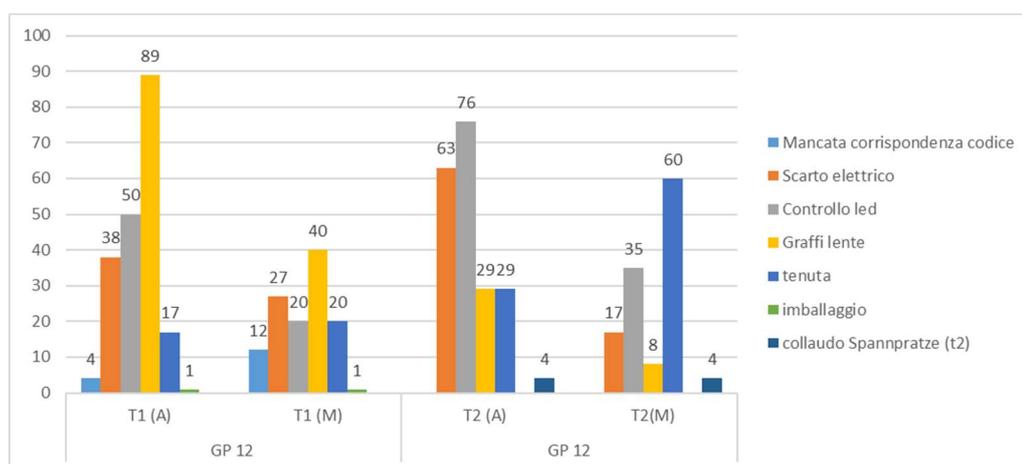


Grafico 4.27 – confronto GP12 Agosto vs Marzo

Quello che emerge, quindi, confrontando le due mensilità passando da Marzo ad Agosto, il tasso di guasto risulta essere aumentato. Le ragioni di tale risultato potrebbero riguardare l'incremento di controlli effettuati in questa fase del processo in vista della produzione su alti volumi. Si rammenti che in questa fase vengono eseguiti i collaudi essenziale all'omologazione del fanale.

## CONCLUSIONI

La ragione principale che ha guidato l'interno lavoro è stata quella di voler per perseguire nell'implementazione di una metodologia che puntasse alla riduzione preventiva degli scarti in produzione. Affinché tale obiettivo fosse raggiungibile, occorre ringraziare l'azienda per aver condiviso i dati raccolti e per aver concesso di osservare la linea M182 dal mese di Marzo al mese di Agosto.

All'interno di questo elaborato ci si è soffermati unicamente su una parte essenziale alla realizzazione di un fanale, ossia l'assemblaggio. Nel caso esaminato, tale sezione del processo risulta essere un caso particolare, in quanto vi è una stretta collaborazione ed interazione tra uomo – macchina. Le analisi sono state condotte principalmente confrontando due periodi peculiari. Come già detto, la scelta di queste due mensilità è stata funzionale per investigare l'evoluzione del processo produttivo.

La sperimentazione è stata condotta sul componente osservando nel dettaglio lo scarto prodotto durante la produzione del fanale, sia destro che sinistro, in ogni step di produzione. È doveroso ricordare che il fanale considerato si compone di due parti fondamentali, la sezione denominata T1 ossia quella parte posta sul portellone posteriore dell'autovettura e la sezione T2 fissata sulla carrozzeria del veicolo.

Le analisi sono state suddivise inizialmente verificando se vi siano correlazioni tra il numero di difetti decretati durante i periodi analizzati e i tempi ciclo effettivi di ciascuna stazione di lavoro. Dall'evidenza sperimentale risulta come per il componente T2 vi sia una effettiva correlazione tra l'aumento del

tempo effettivo di lavoro per ogni singola workstation e lo scarto registrato sulla medesima.

Successivamente si è deciso di confrontare le tipologie di difetti registrati sul componente T1 e T2 del fanale. Questo è stato reso possibile dall'estrema similarità del processo di assemblaggio delle due sezioni del fanale. A seguito di tali considerazioni, è stato possibile evidenziare come le principali cause di difettosità riscontrate fossero comuni sia sul T1 che sul T2. Questo risultato consente di poter intervenire e mitigare la possibilità di decretare uno tra questi difetti comuni.

Inoltre, si è visto come potesse essere utile all'implementazione del modello anche valutare se vi fossero eventuali analogie paragonando ed analizzando il processo di assemblaggio della linea in avviamento nel mese di Marzo e lo stesso valutato nel mese di Agosto.

Dai dati raccolti, emerge come apparentemente nel mese di Agosto si registri un aumento dei componenti scartati, ma occorre ricordare che questo mese corrisponde al periodo in cui l'azienda ha deciso di incrementare la sua produzione. Questo ha comportato il cambiamento dei ritmi di lavoro. Inoltre, sempre nello stesso periodo risultano intensificati i check eseguiti sul fanale, in vista dell'omologazione del prodotto, necessaria per il montaggio sul veicolo.

Dai risultati ottenuti da tale sperimentazione si può concludere, che per perseguire un miglioramento continuo all'interno di contesti dinamici di questo tipo, occorre investire risorse nell'implementazione di azioni correttive, volte ad evitare che alcune cause di difettosità riscontrate durante l'avviamento e progettazione della linea produttiva, si propaghino diventando fonte critica di difettosità.

Si ringrazia l'azienda Olsa Magna per essersi prestata alla metodologia consentendo di implementarla su una linea di prodotto. In particolar modo si ringraziano Ing. Paolo Pagano e Ing. Domenico Laguzza per la loro disponibilità e cortesia durante tale periodo.



# APPENDICE

## [1] Scheda componenti T2

N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	/	/	/
Tab./Cap.:	55231/01	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC+ABS 105.450			Spess.: 2.50
N. Dis. Form.:	03.898.01.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 1	Denom.: CORPO			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	ROSSO TRASPARENTE	INCOLORE	/	/
Tab./Cap.:	55228	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PMMA 90.16			Spess.: 4.50
N. Dis. Form.:	03.898.02.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 2	Denom.: TRASPARENTE			
N.P./Cap.:	/	MS.90006	/	/
Tratt.:	BIANCO	MET PF-AL	/	/
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Form.:	03.898.03.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 3	Denom.: RIFLETTORE TAIL/STOP/TURN			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	INCOLORE	/	/
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Form.:	03.898.04.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 4	Denom.: BEZEL 2K BLACK / INCOLORE			
N.P./Cap.:	/	MS.90006	/	/
Tratt.:	INCOLORE	MET PF-AL	/	/
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Form.:	03.898.07.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 5	Denom.: FILTRO TAIL			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	/	/	/
Tab./Cap.:	55234	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PA6 POLIMID B 30GB (PA.6+GB30)			Spess.: 2.50
N. Dis. Form.:	03.898.09.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 6	Denom.: ELEMENTO DI FISSAGGIO			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.:	03.898.10.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 7	Denom.: CIRCUITO MOTHERBOARD			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
Pos.: 8	Denom.: CIRCUITO TURN/STOP			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.:	03.898.12.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 9	Denom.: CIRCUITO TAIL/REVERSE/FOG			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.:	03.897.15.0	U.M.E. Form.:		Gest. Ricambi: NO

Pos.: 10	Denom.: CABLAGGIO TO BODY		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.: 03.897.16.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 11	Denom.: CABLAGGIO 7VIE MB-TURN/STOP		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.: 03.897.17.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 12	Denom.: CABLAGGIO 4VIE MB TURN/STOP		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.: 03.897.18.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 13	Denom.: CABLAGGIO 6VIE MB TAIL/REVERSE/FOG		
N.P./Cap.:	PS.50038		
Tratt.:	C8 SC2 ST		
Tab./Cap.: 52852	Classe: ACCIAI	Cap. Appl.:	
Mat.: R40			Spess.: /
N. Dis. Form.: 77.01.028.1	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 14	Denom.: VITE FISS.RIFLETTORE 3,5X12,7 Q.TA' 4		
N.P./Cap.:	9.55388/A		
Tratt.:	ADESIV.NITTO 5015E		
Tab./Cap.:	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: SILICONE			Spess.: 0.30
N. Dis. Form.: 03.573.13.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 15	Denom.: FILM ADESIVO 30X8 Q.TA 2		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Form.: 02.165.17.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 16	Denom.: MEMBRANA DI COMPENSAZIONE Q.TA 1		
N.P./Cap.:	MS.90075/A		
Tratt.:	ADESIVIZZATO		
Tab./Cap.:	Classe: GOMMA	Cap. Appl.: 9.55256/01A.7.	
Mat.: CC 110/SPAF150/HR DENSITA 80+/-25KG/M3			Spess.: 3.50
N. Dis. Form.: 03.898.19.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 17	Denom.: GUARNIZIONE EPDM		
N.P./Cap.:	PS.50031	/	/
Tratt.:	BONIFICA HRC 22/32	C8 CLEAR ST	/
Tab./Cap.:	Classe: ACCIAI	Cap. Appl.: 52805/02	
Mat.: ACCIAIO 2382			Spess.: /
N. Dis. Form.: 03.593.14.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 18	Denom.: TIRANTE		
N.P./Cap.:	PS.50038		
Tratt.:	C8 SC2 ST	DEIDR A	
Tab./Cap.: 52805/02	Classe: ACCIAI	Cap. Appl.:	
Mat.: R50 IND			Spess.: /
N. Dis. Form.: 03.552.30.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 19	Denom.: DADO		
Tab./Cap.: MS_90074	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: PET MAT 3M			Spess.: /
N. Dis. Form.: 47.898.00.1	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 20	Denom.: ETICHETTA		
Tab./Cap.: 9.55384/B	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: PE			Spess.: /
N. Dis. Form.: 80.31.000.3A	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	

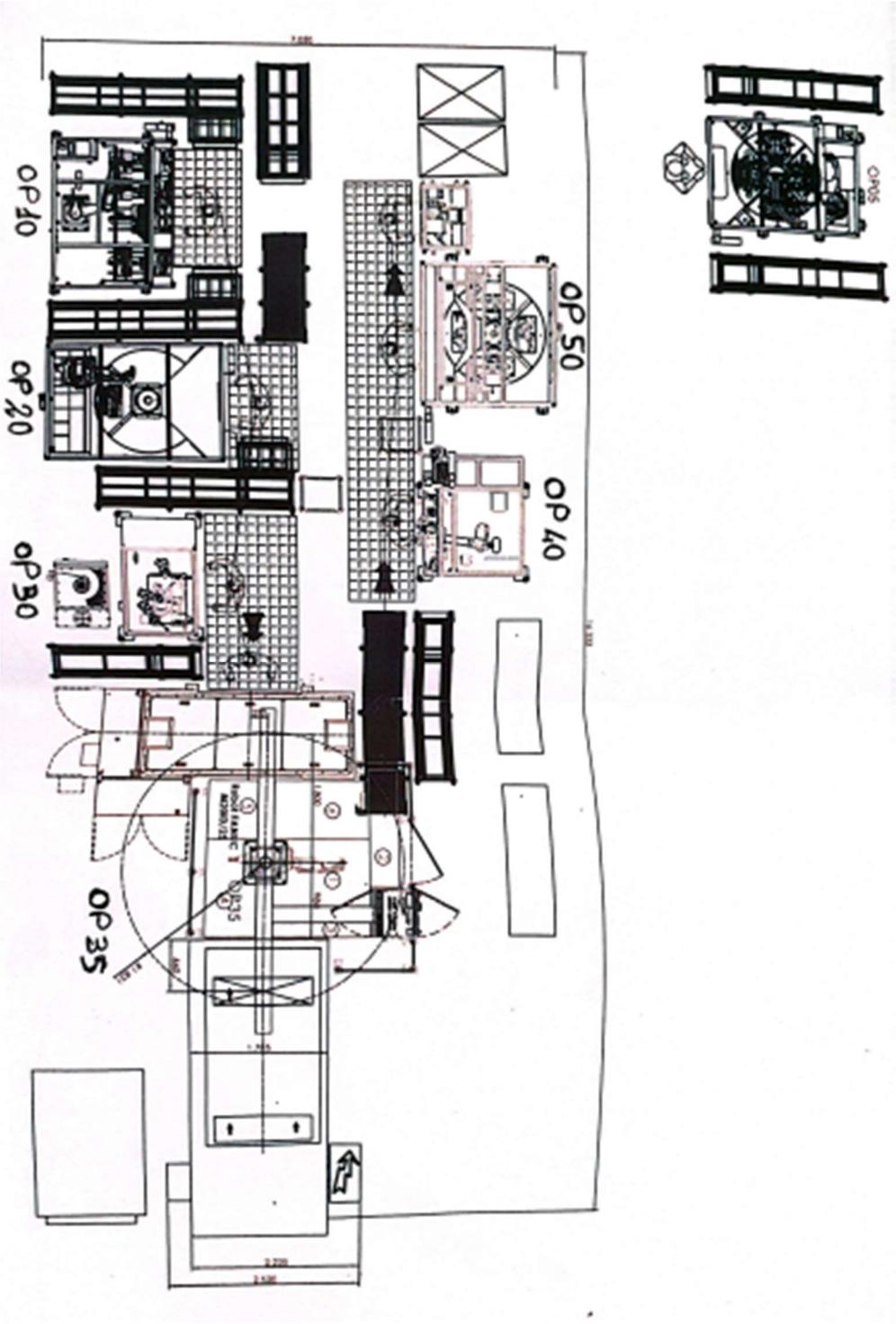
Pos.: 21	Denom.: FILM PROTETTIVO			
N.P./Cap.:	MS.90075 TYPE A	/	/	/
Tratt.:	ADESIVIZZATO	/	/	/
Tab./Cap.: /	Classe: GOMMA		Cap. Appl.: MS.90145 PART B	
Mat.: CC 110/SPAF 150/HR				Spess.: /
Pos.: 22	Denom.: ANTIVIBRATION GASKET 30X15X10			
N.P./Cap.:	MS.90075 TYPE A	/	/	/
Tratt.:	ADESIVIZZATO	/	/	/
Tab./Cap.: /	Classe: GOMMA		Cap. Appl.: MS.90145 PART B	
Mat.: CC 110/SPAF 150/HR				Spess.: /
Pos.: 23	Denom.: ANTIVIBRATION GASKET 30X30X10			

[2] Scheda componenti T1

N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	/	/	/
Tab./Cap.:	55231/01	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC+ABS 105.450			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.:	03.896.01.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 1	Denom.: CORPO			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	ROSSO TRASPARENTE	INCOLORE	/	/
Tab./Cap.:	55228	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PMMA 90.16			Spess.: 4.50
N. Dis. Forn.:	03.896.02.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 2	Denom.: TRASPARENTE			
N.P./Cap.:	/	MS.90006		
Tratt.:	BIANCO	MET PF-AL		
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.:	03.896.03.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 3	Denom.: RIFLETTORE TAIL/STOP/TURN			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	INCOLORE	/	/
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.:	03.896.04.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 4	Denom.: BEZEL 2K BLACK / INCOLORE			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	INCOLORE	/	/	/
MARCATURA RICICLAGGIO VED. NORMA 07416: >PMMA<				
Tab./Cap.:	55228	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PMMA 90.16			Spess.: 5.00
N. Dis. Forn.:	03.896.05.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 5	Denom.: GUIDA LUCE			
N.P./Cap.:	/	MS.90006		
Tratt.:	INCOLORE	MET PF-AL		
MARCATURA RICICLAGGIO VED. NORMA 07416: >PC<				
Tab./Cap.:	55231	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	PC 120.600			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.:	03.896.07.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 6	Denom.: FILTRO TAIL			
N.P./Cap.:	/	/	/	/
Tratt.:	NERO	/	/	/
Tab./Cap.:	55234	Classe: PLASTICI	Cap. Appl.:	
Mat.:	ABS 100.120			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.:	03.896.09.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 7	Denom.: COVER 2K			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.:	03.896.11.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO
Pos.: 8	Denom.: CIRCUITO STOP/TURN			
Tab./Cap.:		Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.:	P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.:	03.896.12.0	U.M.E. Forn.:		Gest. Ricambi: NO

Pos.: 9	Denom.: CIRCUITO TAIL		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 03.896.13.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 10	Denom.: CIRCUITO SIDEMARKER		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 03.873.09.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 11	Denom.: CABLAGGIO TO BODY		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 03.895.15.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 12	Denom.: CAB.STOP/TURN TAL TO TAIL/SIDEMARKER		
N.P./Cap.:	PS.50036		
Tratt.:	C8 SC2 ST		
Tab./Cap.: 52852	Classe: ACCIAI	Cap. Appl.:	
Mat.: R40			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 77.01.028.1	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 13	Denom.: VITE FISS. RIFLETTORE 3,5X12,7 Q.TA' 1		
N.P./Cap.:	PS.50036		
Tratt.:	C8 SC2 ST	DEIDR A	
Tab./Cap.: 52805	Classe: ACCIAI	Cap. Appl.:	
Mat.: C18B			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 77.05.001.1	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 14	Denom.: VITE FISSAGGIO CABLAGGIO 3X8 Q.TA 2		
N.P./Cap.:	9.55368/A		
Tratt.:	ADESIV.NITTO 5015E		
Tab./Cap.:	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: SILICONE			Spess.: 0.30
N. Dis. Forn.: 03.573.13.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 15	Denom.: FILM ADESIVO 30X8 Q.TA 2		
Tab./Cap.:	Classe:	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 02.165.17.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 16	Denom.: MEMBRANA DI COMPENSAZIONE Q.TA 2		
N.P./Cap.:	MS.90075/A		
Tratt.:	ADESIVIZZATO		
Tab./Cap.:	Classe: GOMMA	Cap. Appl.: 9.55256/01A.7.	
Mat.: CC 110/SPAF 150/HR			Spess.: 5.00
N. Dis. Forn.: 03.896.19.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 17	Denom.: GUARNIZIONE EPDM		
Tab./Cap.:	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: P.F.			Spess.: /
N. Dis. Forn.: 70.53.004.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 18	Denom.: INSERTO BOLLHOFF		
Tab./Cap.: MS_90074	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: PET MAT 3M			Spess.:
N. Dis. Forn.: 47.896.00.1	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 19	Denom.: ETICHETTA		
Tab./Cap.: 9.55364/B	Classe: ADESIVI	Cap. Appl.:	
Mat.: PE			Spess.:
N. Dis. Forn.: 80.31.000.3A	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 20	Denom.: FILM PROTETTIVO		
N.P./Cap.:	/	/	/
Tratt.:	NERO	/	/
Tab./Cap.: MS.DC.242	Classe: TPE	Cap. Appl.:	
Mat.: TPE THERM. K TC8MGZ (SEBS 80+/- 5SHA)			Spess.: 2.50
N. Dis. Forn.: 03.896.09.0	U.M.E. Forn.:	Gest. Ricambi: NO	
Pos.: 21	Denom.: COVER 2K PARTE FLESSIBILE		

[3] Layout linea



## [4] Scheda di Processo T1

FASE	DESCRIZIONE OPERAZIONE	DESCRIZIONE CONTROLLO	ATTORE	NUMERO COMPONENTI	TIPOLOGIA DI DIFETTO GENERATA	DIAGRAMMA DI FLUSSO		TIPOLOGIA CONTROLLI	PEZZI SCARTATI	totale scarti
						OPERATORE	ROBOT			
OP 05		Verificare presenza, leggibilità e correttezza dell'etichetta di identificazione	Operatore			Verificare presenza, leggibilità e correttezza dell'etichetta di		VISIVO		
		Verificare il corretto assemblaggio dell'inserto M8	Operatore			Verificare presenza e corretta avvitatura del BOLLINOZ		VISIVO + checking instruction	9 (avvitature scorrette)	9
	Assemblaggio connettore e cablaggio vettura (11)		Operatore	11		Assemblaggio del connettore e cablaggio vettura		checking instruction	17 (assemblaggio sbagliato)	17
		Verifica corretto assemblaggio connettore e cablaggio vettura (11)	Operatore	11		Verificare l'assemblaggio del connettore e cablaggio vettura		VISIVO + checking instruction		
		Verifica corretto assemblaggio di n° 2 Viti testa svasata (14)	Operatore	14		Assemblaggio dei n°2 Viti a Testa Svasata		checking instruction		
		Verifica corretto assemblaggio di n° 2 Viti testa svasata (14)	Operatore	14		Verificare corretto Assemblaggio dei n°2 Viti a Testa Svasata		VISIVO + checking instruction	13 (Avvitature ko)	13
OP 10	Assemblaggio guida luce (5) sul riflettore (3)		Operatore	3 - 5		Assemblaggio guida luce sul riflettore		checking instruction		
		Verificare estetica e corretto assemblaggio guida luce sul riflettore	Operatore		- assemblaggio avvenuto in maniera non conforme	Verifica estetica e corretto assemblaggio della guida luce sul riflettore		VISIVO + checking instruction	12 (assemblaggio sbagliato) 11 (Graffi) + 20 (righe componente)	43
	Assemblaggio PCB Tail (9), PCB Stop/Turn (8) e PCB Sidemarker (10)		Operatore	8 - 9 - 10		Assemblaggio PCB Tail, PCB Stop/Turn e PCB Side marker		checking instruction		
		Verificare il corretto assemblaggio PCB Tail (9), PCB Stop/Turn (8) e PCB Sidemarker (10)	Operatore	8 - 9 - 10	- rottura PCB - Rottura dentini - mancato	Verificare assemblaggio PCB Tail, PCB Stop/Turn e PCB Side marker		VISIVO + checking instruction	36 (Bezel + Tail Filter montability KO)	36
	Assemblaggio del cablaggio interno (11) mediante aggancio			11		Assemblaggio del cablaggio interno mediante aggancio		checking instruction		
		Verificare corretto aggancio del cablaggio interno (11)	Operatore	11	- cablaggio agganciato scorrettamente - rottura cablaggio	Verificare corretto aggancio interno		VISIVO + checking instruction	34 (Assemblaggio sbagliato)	34
		Verificare corretto aggancio del cablaggio vettura col PCB interno	Operatore		- Le alette di aggancio devono essere inserite correttamente	Verificare corretto aggancio del cablaggio vettura		VISIVO + checking instruction		
	Assemblaggio sottogruppo riflettore sul corpo Attraverso operazione di saldatura automatica		Operatore			Assemblaggio attraverso operazione di saldatura automatica		checking instruction	9 (Saldatura ko) + 6 (Sbavature da saldature)	15
	Assemblaggio sottogruppo riflettore sul corpo verificando la corretta avvitatura n°1 vite (13)		Operatore	13		Avvitatura sottogruppo riflettore sul corpo di n°1 vite		checking instruction		
		Verificare corretto assemblaggio sottogruppo riflettore sul corpo verificando la corretta avvitatura n°1 vite (13)	Operatore	13	- Avvitatura avvenuta in maniera errata - assenza avvitatura sul componente	Verificare corretta avvitatura sottogruppo riflettore sul corpo di n°1		VISIVO + checking instruction	13 (Avvitatur scorrette) - 5 (Graffi) - 6 (righe componente)	24
OP 20	Saldatura ultrasuoni tra Bezel (4) e Filtro Tail (6)		Operatore	4 - 6		Saldatura ad ultrasuoni tra Bezel e Filtro		checking instruction		
					DIFETTI ESTETICI: - PUNTI - ALONI - RIGHE - COMPONENTE DANNEGGIATO	Verificare processo			7 (Saldatura ko) - 21 (graffi) - 18 (corpi estranei) - 23 (Sbavature da saldature) - 8 (righe componente)	77
		Verificare corretto assemblaggio del sottogruppo bezel e verificare l'assenza di rotture e difetti estetici	Operatore	4 - 6	- Aggancio non conforme	Verificare corretto assemblaggio		VISIVO + checking instruction	2 (assemblaggio scartato)	2
	Applicazione bollino stabilizzazione su corpo		Operatore			Applicazione bollino stabilizzazione		checking instruction		

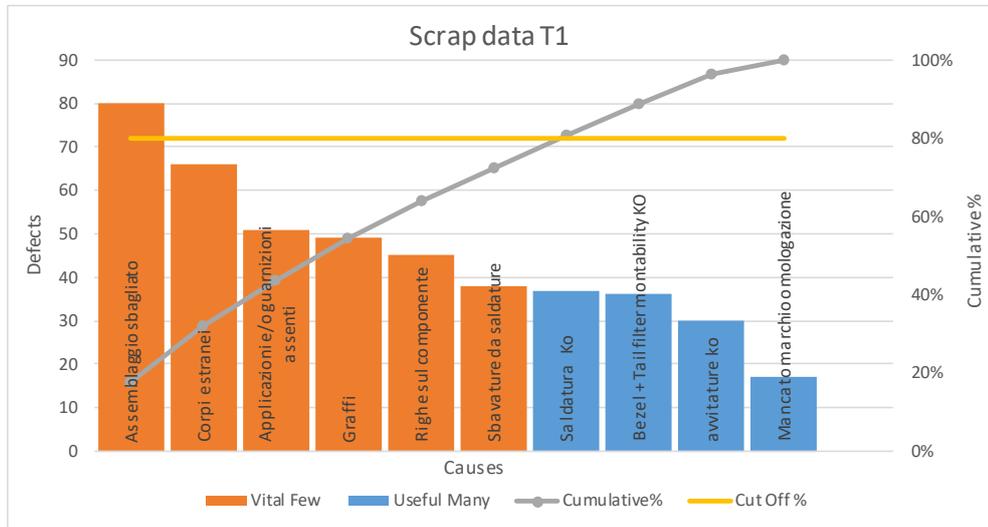
OP 30	Verifica corretta pulizia Housing e Outer Lens	Operatore		- presenza di bave o cricche da saldatura - Presenza di righe sull'area metallizzata - Presenza di imperfezioni da laserizzazione - Linee di fusso - Sbavature	Verifica corretta pulizia		Visivo	10 (Graffie) + 23 (Corpi estranei) - 3 (righe componente)	36
	Verificare corretto posizionamento del sottogruppo prima di saldare	Operatore			Posizionamento bollino stabilizzazione		checking instruction		
OP 35	Processo di saldatura componente	Robot				Processo di saldatura del componente			
	Verificare presenza e colore bollino di stabilizzazione	Operatore		- Assenza bollino - colore bollino non conforme alla stabilizzazione	Verificare presenza e colore bollino di stabilizzazione		Visivo	11 (Applicazioni e/o guarnizioni assenti)	11
	Verificare assenza righe impurità sfondi aloni o rotture su fanale saldato	Operatore		- presenza di rotture - cricche o aloni provocati da saldatura	Controllo estetico verificando assenza di impurità e/o rotture		Visivo	21 (Saldatura ko) + 25 (corpi estranei) +9 (Sbavature da saldatura)	55
OP 40	Posizionamento n°1 Membrana Gore sul corpo (16)	Operatore	16		posizionamento di numero 1 Membrana Gore sul corpo		checking instruction		
	Verificare presenza e posizionamento di n°1 Membrana sul corpo (16)	Operatore	16	- Membrana posizionata scorrettamente - Assenza di membrana	Verificare corretto posizionamento Membrana Gore		Visivo	18 (Applicazioni e/o guarnizioni assenti)	18
	Posizionamento guarnizione connettore nel corpo (17)	Operatore	17		posizionamento guarnizione connettore nel corpo		checking instruction		
	verifica presenza e corretto posizionamento guarnizione sul corpo	Operatore	17	- Assenza guarnizione - Guarnizione posizionata in modo scorretto	Verifica corretto posizionamento guarnizione connettore nel corpo		Visivo	6 (Applicazioni e/o guarnizioni assenti)	6
	Inserimento e posizionamento n° 2 film adesivi sul corpo (15)	Operatore	15		posizionamento di numero 2 film adesivi sul corpo		checking instruction		
	Verifica presenza e corretto posizionamento di n°2 film adesivi sul corpo	Operatore	15	- film adesivi posizionati in modo scorretto	verificare corretto posizionamento di numero 2 film adesivi sul corpo		Visivo	16 (Applicazioni e/o guarnizioni assenti)	16
OP 50	Assemblaggio paratia sul corpo (1)	Operatore	1		Assemblaggio paratia al corpo		checking instruction		
	Verificare corretto assemblaggio paratia sul corpo	Operatore	1	- Assemblaggio non conforme	Verifica corretto assemblaggio paratia al corpo		Visivo	15 (assemblaggio sbagliato) 2 (Graffi) - 8 (righe)	25
	Controllo marcatura di Omologazione paratia VISIVO con annesso controllo estetico	Operatore		- Mancata corrispondenza	Controllo marcatura di Omologazione paratia		Visivo	17 (mancata marcatura)	17
OP 50	Collaudo etichetta rintracciabilità (18)	Automatic Check				corrispondenza tra codice Magna, codice Cliente e verificare correttezza esponente	check Automatico	4 (Mancata corrispondenza)	4
	Controllo elettrico Assorbimento	Automatic Check				Verificare corretto assorbimento elettrico	check Automatico	58 (controllo GP12 scarto elettrico)	58
	Controllo colore e intensità led	Automatic Check				Controllo intensità colore led	check Automatico	50 (Controllo GP12 collaudio)	50
	Collaudo tenuta	Automatic Check				Prova di tenuta	check Automatico	17 (tenuta)	17
	Controllo marcatura di Omologazione paratia VISIVO con annesso controllo estetico	Automatic Check				Controllo marcatura di Omologazione paratia	check Automatico		
	Collaudo allineamento PIN	Automatic Check				Collaudo allineamento PIN	check Automatico		
	Collaudo posizione BOLLHOFF	Automatic Check				Collaudo posizione Bollhoff	check Automatico		
	collaudo bollino stabilizzazione	Automatic Check				Collaudo bollino stabilizzazione	check Automatico		
	Verifica specifica estetica	Operatore				verifica specifiche estetiche	Visivo	89 (scarti estetici GP12)	89
	verifica conformità pellicola	Operatore				Controllo conformità pellicola	Visivo		
	Verifica corretto posizionamento dell'etichetta con annessa corrispondenza tra codice aziendale, codice cliente	Operatore				Verificare corretto posizionamento etichetta	Visivo		
	Verificare conformità di imballaggio	Operatore				Verificare conformità imballaggio	Visivo	imballaggio	1

## [5] Scheda di Processo T2

FASE	DESCRIZIONE OPERAZIONE	DESCRIZIONE CONTROLLO	ATTORE	NUMERO COMPONENTE	TIPOLOGIA DIFETTO GENERATA	DIAGRAMMA DI FLUSSO		TIPOLOGIA CONTROLLO	PEZZI SCARTATI	totale scarti
						OPERATORE	ROBOT			
OP 05	Assemblaggio dei tirante centrale (18)		Operatore	18		Assemblaggio tirante		checking instruction		
	Verifica corretto assemblaggio del tirante centrale		Operatore	18	Tirante non assemblato scorrettamente	Verifica corretto assemblaggio tirante		visivo	20 (assemblaggio KO)	20
	Assemblaggio di cablaggi (n° 2 turn/stop (11 e 12) + n° 1 Tail/Reverse/Fog (13)) su PCB Motherboard		Operatore	11 - 12 - 13		Assemblaggio Cablaggi		checking instruction		
	Verifica corretto assemblaggio dei cablaggi		Operatore	11 - 12 - 13	Cablaggi assemblati scorrettamente assenza cablaggi	Verifica corretto assemblaggio cablaggi		visivo	19 (rottura) - 25 (pcb rotti)	44
	Assemblaggio di cablaggio vettura (10)		Operatore	10		Assemblaggio cablaggio a vettura		checking instruction		
	Assemblaggio di cablaggio vettura (10)		Operatore	10	Cablaggi assemblati scorrettamente assenza cablaggi	Verifica corretto assemblaggio		visivo	13 (rottura) - 17 (pcb rotto)	30
	Assemblaggio di cablaggio vettura (10) nella PCB (7) Motherboard mediante l'utilizzo di viti (14)		Operatore	10 - 7 - 14		Assemblaggio cablaggi mediante utilizzo di viti		checking instruction		
	Verificare corretto assemblaggio di cablaggio vettura (10) nella PCB (7) Motherboard mediante l'utilizzo di viti (14)		Operatore	10 - 7 - 14	Cablaggi assemblati scorrettamente assenza cablaggi che sono tranciati dalle viti	Verificare corretto assemblaggio cablaggi mediante l'utilizzo di viti		visivo	18 (rottura) - 8 (pcb rotto) - 9 (avvitatura mancata)	35
Verificare presenza, leggibilità e correttezza dell'etichetta di identificazione del corpo (20)		Operatore	20		Verificare presenza leggibilità e corrispondenza etichetta		visivo			
OP 10	Assemblaggio PCB Turn/Stop (8), PCB Tail/Reverse/Fog (9) nel riflettore (3)		Operatore	8 - 9 - 3		Assemblaggio Connettori sul riflettore		checking instruction		
	Verificare il corretto assemblaggio PCB Turn/Stop (8), PCB Tail/Reverse/Fog (9) nel riflettore (3)		Operatore	8 - 9 - 3	Cablaggi assemblati scorrettamente assenza cablaggi - Connettori inseriti invertendo le posizioni riconoscibili mediante colori	Verifica corretto assemblaggio tirante		visivo	25 (rottura) + 2 (cricche)	27
	Assemblaggio sottogruppo riflettore su corpo (1)		Operatore	1		Assemblaggio sottogruppo riflettore		checking instruction		
	Verificare corretto assemblaggio sottogruppo riflettore su corpo (1)		Operatore	1	Mancato assemblaggio	Verifica corretto assemblaggio sottogruppo mediante n° 4 Click		visivo	4 (assemblaggio KO) - 16 (Cricche) + 3 (corpi estranei)	23
	Avvitatura mediante <u>avvitatore automatico</u> del sottogruppo riflettore sul corpo attraverso Viti (14)		Operatore	14		Avvitatura con ausilio avvitatore automatico		checking instruction		
	Verifica corretta avvitatura sottogruppo riflettore sul corpo		Operatore	14	Assenza viti inserite in modo scorretto	Verifica corretto assemblaggio tirante		visivo	26 (assemblaggio KO) - 6 (graffi) - 9 (avvitature mancate)	41
OP 20	<u>Saldatura ad ultrasuoni</u> Bezel (4) e Filtro Tail (5)		Operatore	4 - 5		Processo di saldatura ad ultrasuoni		checking instruction		
	Verifica assenza di rotture e difetti estetici post saldatura		Operatore		Presenza rotture cricche, bave	Verifica componente in seguito processo saldatura		visivo	11 (saldatura KO)	11
	Verifica scritte di omologazione su bezel con metodologia 4 eyes		Operatore		Presenza rotture cricche, bave	Verifica corretto assemblaggio tirante		visivo	18 (assemblaggio KO)	18
	verifica corretto aggancio del sottogruppo ai bezel (4)		Operatore	4	Aggancio scorretto	Verifica corretto Aggancio del sottogruppo		visivo	13 (assemblaggio KO) - 23 (graffi)	36
	Applicazione bollino di stabilizzazione su corpo		Operatore			Posizionamento Bollino stabilizzazione		checking instruction		

OP 30		Verifica corretto posizionamento sottogruppo prima di procedere con la saldatura	Operatore			Verificare posizionamento sottogruppo		visivo		
		Controllo marcatura di Omologazione Bezel VISIVO	Operatore			Controllo marcatura omologazione		visivo	16 mancata marcatura	16
		Verifica corretta pulizia Outer lens	Operatore			Verificare pulizia		visivo		
OP 35		Processo di saldatura componente	Robot					Processo di saldatura del componente		
		Verifica assenza righe impurità sfondi aloni o rotture su fanale saldato	Operatore		Presenza rotture, cricche, bave di saldatura Sfondi	Verificare assenza difetti estetici a seguito di saldatura		visivo	18 (graffi)+17 (saldatura) + 6 (cricche) + 9 (corp estranei)	50
		Verificare presenza e colore bollino di stabilizzazione	Operatore		assenza bollino Colore di stabilizzazione	Verificare presenza bollino stabilizzazione		visivo	12 (applicazione mancata bollini e/o guarnizioni)	12
OP 40		Posizionamento di n°1 Membrane Gore (16) sul corpo	Operatore	16		Posizionamento membrana		checking instruction		
		Verifica presenza corretto posizionamento di n°1 Membrane Gore (16) sul corpo	Operatore	16	membrana posizionata scorrettamente	Verifica posizionamento membrana		visivo	8 (applicazione mancata bollini e/o guarnizioni)	8
		Posizionamento guarnizione (17) connettore nel corpo	Operatore	17		Posizionamento guarnizione		checking instruction		
		Verifica corretto posizionamento guarnizione (17) connettore nel corpo	Operatore	17	membrana posizionata scorrettamente	Verifica corretto posizionamento guarnizione		visivo	21 (applicazione mancata bollini e/o guarnizioni)	21
		Applicazione di n°2 film adesivi (15) sul corpo	Operatore	15		Applicazione film adesivi		checking instruction		
		Verifica presenza e corretto posizionamento di n°2 film adesivi (15) sul corpo	Operatore	15		Verifica presenza film		visivo		
		Assemblaggio sparnpratzte con dado frangiato nel corpo tramite vite centrale (19)	Operatore	19		Assemblaggio dado sul corpo		checking instruction		
		Verifica corretto assemblaggio sparnpratzte con dado (19) frangiato nel corpo tramite vite centrale	Operatore	19	posizionamento scorretto	Verificare assemblaggio		visivo	12 (assemblaggio KO) - 3 (avvitatura mancata)	15
		assemblaggio gommini x3 nella parte inferiore del corpo (22-23)	Operatore	22 - 23		Assemblaggio gommini		checking instruction		
		Verifica corretto assemblaggio gommini x3 nella parte inferiore del corpo (22-23)	Operatore			Verificare corretto posizionamento gommini		visivo	3 (applicazione mancata bollini e/o guarnizioni)	3
OP 50		Collaudo etichetta rintracciabilità (2)	Automatic Check			Collaudo etichetta		check Automatico	4 (gp12)	4
		Collaudo posizionamento sparnpratzte	Automatic Check			Collaudo Sparnpratzte		check Automatico		
		collaudo tenuta	Automatic Check			Collaudo tenuta		check Automatico	29	29
		Controllo elettrico Assorbimento	Automatic Check			Controllo elettrico		check Automatico	63 (controllo GP12 scarico elettrico)	63
		Controllo led	Automatic Check			Controllo led		check Automatico	76 (Controllo GP12 collaudo)	76
		Collaudo colore e intensità	Automatic Check			Collaudo colore e intensità		check Automatico		
		Collaudo allineamento PIN	Automatic Check			Collaudo PIN		check Automatico		
		Controllo marcatura di Omologazione	Automatic Check			Controllo marcatura		check Automatico		
		Collaudo bollino stabilizzazione	Automatic Check			Controllo bollino		check Automatico		
		Collaudo presenza pad e membrane GORE	Automatic Check			Collaudo membrana e pad		check Automatico		
		Verifica specifica estetica	Operatore			Verifica estetica		visivo	29 (scarti estetici GP12)	29
		Verifica Conformità pellicola	Operatore			Verifica conformità pellicola		visivo		
		Verifica corretto posizionamento dell'etichetta, corrispondenza tra codice Azienda, codice cliente e verificare correttezza esponente di modifica	Operatore			Verifica corretto posizionamento etichetta		visivo		
	Verifica conformità imballaggio	Operatore			Verifica conformità imballaggio		visivo			

[6] Pareto T1



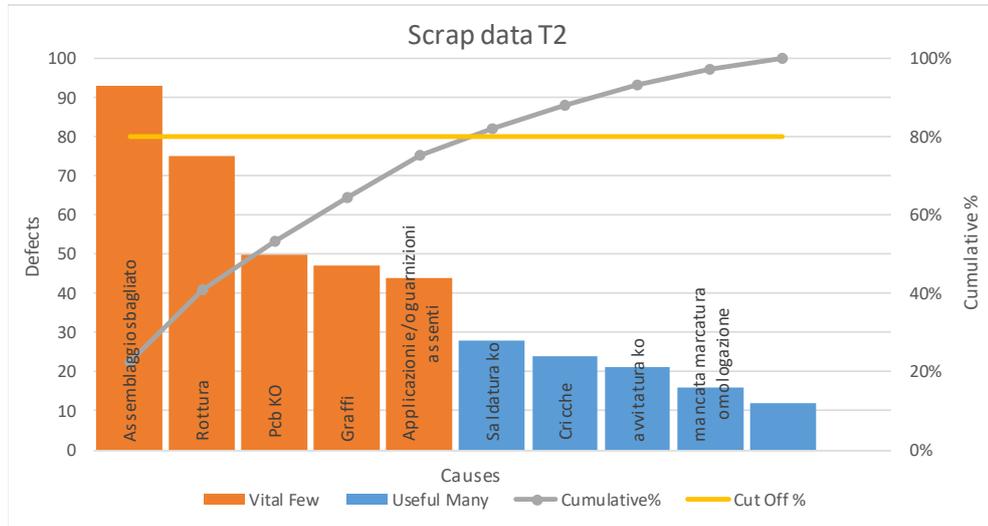
The first 6 Causes cover 72% of the Total Defects

Total parts controlled: 9751  
 Scrap rate percentage: 4.66%

#	Causes	Defects	Cumulative%
1	Assemblaggio sbagliato	80	17.6%
2	Corpi estranei	66	32.2%
3	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	51	43.4%
4	Graffi	49	54.2%
5	Righe sul componente	45	64.1%
6	Sbavature da saldature	38	72.5%
7	Saldatura Ko	37	80.6%
8	Bezel + Tail filter montability KO	36	88.5%
9	avitature ko	35	96.3%
10	Mancato marchio omologazione	17	100.0%

Insert new rows above this line

[7] Pareto T2



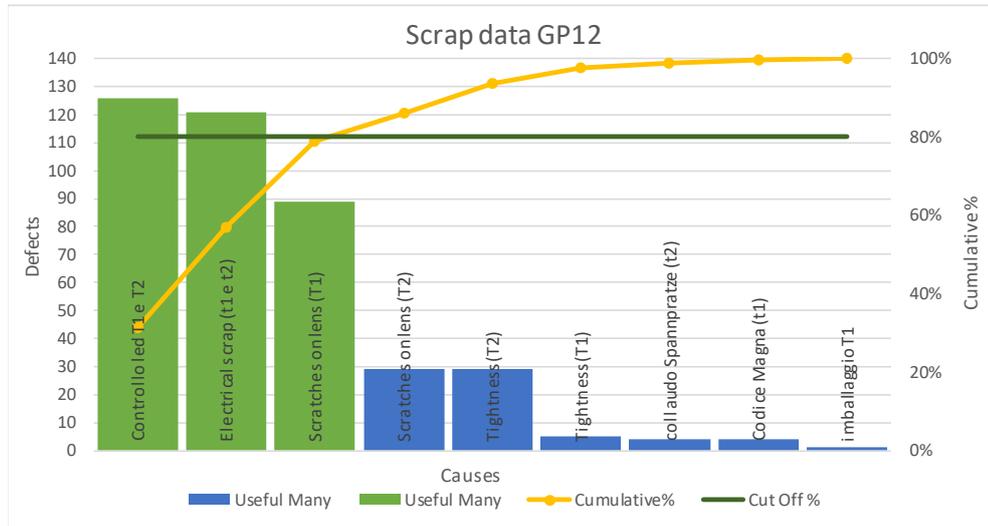
The first 5 Causes cover 75% of the Total Defects

Total parts controlled: 9751  
 Scrap rate percentage: 4.20%

#	Causes	Defects	Cumulative%
1	Assemblaggio sbagliato	93	22.7%
2	Rottura	75	41.0%
3	Pcb KO	50	53.2%
4	Graffi	47	64.6%
5	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	44	75.4%
6	Saldatura ko	28	82.2%
7	Cricche	24	88.0%
8	avitatura ko	21	93.2%
9	mancata marcatura omologazione	16	97.1%
10	Corpi estranei	12	100.0%

Insert new rows above this line

[8] Pareto GPI2



The first 3 Causes cover 79% of the Total Defects

Total parts controlled: 17552  
 Scrap rate percentage: 2.28%

#	Causes	Defects	Cumulative%
1	Controllo led T1 e T2	126	31.5%
2	Electrical scrap (t1 e t2)	101	56.8%
3	Scratches on lens (T1)	89	79.0%
4	Scratches on lens (T2)	29	86.3%
5	Tightness (T2)	29	93.5%
6	Tightness (T1)	17	97.8%
7	collaudo Spannpratze (t2)	4	98.8%
8	Codice Magna (t1)	4	99.8%
9	imballaggio T1	1	100.0%

Insert new rows above this line

[9] Scarti registrati per T1 e T2

		Assemblaggio sbagliato	Applicazioni e/o guarnizioni assenti	avvitature ko	Graffi	Corpi estranei	Saldatura Ko	Bezel + Tail filter montabilità KO
OP 05	T1 (A)	17		22				
	T2(A)	20		9				
OP 10	T1 (A)	46		13	16		9	36
	T2(A)	30		9	6	3		
OP 20	T1 (A)	2			21	18	7	
	T2(A)	31			23		11	
OP 30	T1 (A)				10	23		
	T2(A)							
OP 35	T1 (A)		11			25	21	
	T2(A)		12		18	9	17	
OP 40	T1 (A)	15	40		2			
	T2(A)	12	32	3				
		Sbavature da saldature	Mancato marchio omologazione	Righe sul componente	Pcb KO	mancata marcatura	Cricche	Rottura
OP 05	T1 (A)							
	T2(A)				50			50
OP 10	T1 (A)	6		26				
	T2(A)						18	25
OP 20	T1 (A)	23		8				
	T2(A)							
OP 30	T1 (A)			3				
	T2(A)					16		
OP 35	T1 (A)	9						
	T2(A)						6	
OP 40	T1 (A)		17	8				
	T2(A)							

## RIFERIMENTI

- mpastudio. (2018, ottobre 6). *Kaizen. Le cinque regole (Corriere Innovazione)*.  
Tratto da <https://www.mpastudio.it/le-cinque-regole-kaizen-corriere-innovazione/>
- Bonfiglioli Consulting Srl. *Lean World Class*. Tratto da Kaizen:  
<https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/kaizen/>
- Headvisor s.r.l.. *I 6 fondamenti (6C) del TQM*. Tratto da Headvisor- Business Process Reengineering: <https://www.headvisor.it/i-6-fondamenti-del-tqm-total-quality-management>
- Headvisor srl. *Kaizen*. Tratto da headvisor- Business Process Reengineering: <https://www.headvisor.it/le-4-fasi-kaizen-del-miglioramento-continuo>
- HumanWare. *Ciclo PDCA e miglioramento della qualità*. Tratto da Project Management Center: <https://www.humanwareonline.com/project-management/chi-siamo/>
- KAIZEN: LA METODOLOGIA**. Tratto da QualitiAmo:  
<https://www.qualitiamo.com/miglioramento/kaizen/metodologia.html>
- Levi, V. Test di ipotesi sulle proporzioni. In *Metodi statistici per la sperimentazione* (p. 239-240).
- Massacesi, G. *I principi della Lean Production*. Tratto da Opta:  
<https://www.opta.it/operations-management/lean-production/principi-lean-production>
- McGraw - Hill. (2005). Il miglioramento della qualità nel moderno ambiente produttivo. In D. C. Montgomery, *Controllo statistico della qualità* (p. 1-33).
- Sunil Kumar, A. D. (2018, febbraio 5). Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise. *Journal of Engineering, Design and Technology*, p. Vol. 16 No. 1, pp. 143-16.
- UNI- Ente italiano di normazione. UNI 9000. 2015.
- Verna, E., Genta, G., Galetto, M., and Franceschini, F. (2022), Defect prediction for assembled products: a novel model based on the structural complexity paradigm, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120(5-6): 3405-3426..
- Vicario Grazia, & Raffaello Levi. (2008). Test ipotesi proporzioni. In *Metodi Statistici per la sperimentazione* (p. 239-240).

