

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.A. 2021/2022



**Politecnico  
di Torino**

*Tesi di Laurea Magistrale*

## **OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO QUALITA'**

**Caso Studio TE Connectivity**

**Relatore accademico**

Maurizio Galetto

**Relatore aziendale**

Gabriele Terrone

**Candidato**

Nicola Simona

Sessione di Laurea Aprile 2022



# **INDICE**

<b>ACRONIMI .....</b>	<b>1</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>2</b>
<b>INDICE DELLE TABELLE .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. INTRODUZIONE COMPAGNIA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Overview generale .....	7
2.2. Storia aziendale .....	8
2.3. Segmenti di business .....	9
2.4. Sede a Collegno .....	10
<b>3. DALLE NORMATIVE AL MIGLIORAMENTO CONTINUO .....</b>	<b>13</b>
3.1. Certificazioni .....	13
3.2. Metodo per la risoluzione di reclami interni ed esterni .....	16
3.2.1. Reclami esterni da clienti verso TE Connectivity .....	16
3.2.2. Reclami interni tra i processi in TE Connectivity .....	19
3.2.3. Reclami esterni da TE Connectivity verso i fornitori .....	20
3.3. Six Sigma .....	21
3.4. Lean Manufacturing .....	24
3.4.1. <i>TEOA</i> .....	25
3.4.1.1. Valutazione processo di trasformazione .....	26
3.4.1.2. Built in Quality .....	30
3.4.1.2.1. Mistake proofing .....	32
3.4.1.2.2. Problem solving .....	33
3.4.1.3. Valutazione dei risultati .....	35

<b>4. APPLICAZIONE DEL MIGLIORAMENTO CONTINUO .....</b>	<b>38</b>
4.1. Value Stream Map (VSM) .....	38
4.2. Strumenti di misura .....	40
4.2.1. Metodo di selezione degli strumenti di misura .....	42
4.2.1.1. L'MSA di tipo 1 .....	43
4.2.1.2. Caso applicativo MSA di tipo 1 .....	44
4.2.1.3. L'MSA di tipo 2 .....	46
4.3. Industria 4.0 .....	47
4.3.1. TE Connectivity come una fabbrica digitale .....	51
4.3.2. Digitalizzazione del processo statistico di controllo in TE .....	53
4.3.2.1. Run Chart .....	53
4.3.2.2. IM-R Chart .....	54
<b>5. ANALISI DI UN CASO APPLICATIVO .....</b>	<b>58</b>
5.1. Individuazione della famiglia di prodotto .....	59
5.2. Analisi reparto di assemblaggio .....	60
5.3. Quality Inspection Plan nel reparto Moulding .....	65
5.4. Analisi raccolta dati qualitativi nel reparto Moulding .....	68
5.5. Interviste alle figure professionali nel reparto Moulding .....	70
5.6. Formato QIP digitale .....	72
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>75</b>
<b>7. SITOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>
<b>8. ALLEGATO A .....</b>	<b>81</b>
<b>9. ALLEGATO B .....</b>	<b>82</b>
<b>10. ALLEGATO C .....</b>	<b>83</b>
<b>11. ALLEGATO D .....</b>	<b>84</b>

## **ACRONIMI**

<b><i>TE Connectivity:</i></b>	Tyco Electronics Connectivity
<b><i>CEO:</i></b>	Chief Executive Officer
<b><i>ISO:</i></b>	International Organization for Standardization
<b><i>IATF:</i></b>	International Automotive Task Force
<b><i>TECHS:</i></b>	Tyco Electronics Complaint Handling System
<b><i>SAP:</i></b>	Sistemi, Applicazioni e Prodotti nell'elaborazione dati
<b><i>DMAIC:</i></b>	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
<b><i>TEOA:</i></b>	Tyco Electronic Operating Advantage
<b><i>VSM:</i></b>	Value Stream Map
<b><i>QCPC:</i></b>	Quality Control Process Charts
<b><i>MSA:</i></b>	Measure System Analysis
<b><i>IoT:</i></b>	Internet of Things
<b><i>QIP:</i></b>	Quality Inspection Plan
<b><i>I-MR:</i></b>	Individual Moving Range
<b><i>LC:</i></b>	Linea Centrale
<b><i>LCS:</i></b>	Limite di Controllo Superiore
<b><i>LCI:</i></b>	Limite di Controllo Inferiore
<b><i>MR:</i></b>	Moving Range

## **INDICE DELLE FIGURE**

<b>Figura 2.1</b> - Stabilimento TE Connectivity a Collegno .....	8
<b>Figura 2.2</b> - Esempio di un connettore Multifitting Mark II a sinistra e di un terminale MAG-MATE a destra .....	10
<b>Figura 2.3</b> - Flusso di processo TE Connectivity a Collegno .....	12
<b>Figura 3.1</b> - Mancanza materiale connettore Duoplug .....	18
<b>Figura 3.2</b> - Deformazione terminale connettore Multifitting .....	18
<b>Figura 3.3</b> - Contatto deformato .....	19
<b>Figura 3.4</b> - Area in cui si segrega il materiale oggetto di risalita .....	20
<b>Figura 3.5</b> - TEOA House .....	26
<b>Figura 3.6</b> - Esempio di QCPC .....	30
<b>Figure 3.7</b> - Built in Quality .....	31
<b>Figura 3.8</b> - Strumenti per facilitare il problem solving .....	34
<b>Figura 3.9</b> - Processo di escalation per implementare il problem solving .....	34
<b>Figura 3.10</b> - Star Rate .....	35
<b>Figura 4.1</b> – OGP presente in azienda .....	41
<b>Figura 4.2</b> - Esempio di gauge e del suo utilizzo .....	41
<b>Figura 4.3</b> - Esempio di microscopio digitale del produttore Tagarno, presente in azienda .....	42
<b>Figura 4.4</b> - Grafico Minitab, campo di tolleranza 0.2 mm .....	44

<b>Figura 4.5</b> - Grafico Minitab, campo di tolleranza 0.12 mm .....	45
<b>Figura 4.6</b> - Livelli Industria 4.0 in TE Connectivity .....	49
<b>Figura 4.7</b> - Processo digitalizzato raccolta dati in TE Connectivity .....	52
<b>Figura 4.8</b> - Template dei sistemi in TE Connectivity .....	53
<b>Figura 4.9</b> - Esempio di Run Chart prodotta in tempo reale .....	54
<b>Figura 4.10</b> - Schematizzazione di una carta di controllo .....	55
<b>Figura 4.11</b> - Esempio di I-MR Chart prodotto in tempo reale .....	57
<b>Figura 5.1</b> - Macchina assemblaggio .....	60
<b>Figura 5.2</b> - Diagramma di Pareto riportante sull'asse delle ascisse le stazioni del processo di assemblaggio e sulle ordinate i valori del QCPC Ratio .....	62
<b>Figura 5.3</b> - Diagramma di Ishikawa .....	64
<b>Figura 5.4</b> - QIP cartaceo, famiglia Multifitting, reparto moulding .....	67
<b>Figura 5.5</b> - Matrice controlli, figure, postazione, reparto .....	68
<b>Figura 5.6</b> - Interfaccia del monitor .....	73
<b>Figura 5.7</b> - Esempio di un elenco di ispezioni da effettuare nel caso di un line inspector .....	74

## **INDICE DELLE TABELLE**

<i>Tabella 5.1</i> - Percentuali di costi e reclami riportate dalla VSM .....	59
<i>Tabella 5.2</i> - Conteggio fermi macchina suddivisi per stazione .....	62
<i>Tabella 5.3</i> - Risultati interviste attrezzisti .....	70
<i>Tabella 5.4</i> - Risultati interviste operatori .....	71
<i>Tabella 5.5</i> - Risultati interviste line inspector .....	71
<i>Tabella 5.6</i> - Risultati interviste capituono e set up man .....	71

# 1. INTRODUZIONE

L'elaborato è basato su un'esperienza curricolare che ho svolto presso la TE Connectivity, azienda situata a Collegno. La mia permanenza ha avuto il fine di aiutare il reparto qualità nella riorganizzazione dei documenti durante i primi tre mesi del tirocinio. Nel periodo successivo al tirocinio, ho avuto modo di interagire con il reparto di miglioramento continuo e di indagare sulle attuali metodologie implementate all'interno della TE Connectivity che le permettono di continuare ad essere leader nel settore della componentistica elettrica.

Il presente lavoro di tesi si pone l'obiettivo di introdurre la digitalizzazione dei piani di ispezione e controllo nei reparti produttivi, trasformando l'approccio da reattivo a proattivo per la prevenzione delle difettosità, illustrando i passi seguiti per identificare l'area da cui partire.

Oltre all'introduzione, la tesi si articola in cinque capitoli. Il secondo capitolo illustra le caratteristiche della società TE Connectivity, partendo da brevi cenni storici per poi continuare con una descrizione dei settori di business in cui opera, concludendosi con un approfondimento sulla sede dislocata a Collegno.

Il terzo capitolo introduce le principali metodologie utilizzate all'interno dell'azienda. Dopo una descrizione delle certificazioni in possesso della TE Connectivity, si illustrano il metodo *Six Sigma* e la *Lean Manufacturing*. Il primo indica un programma di gestione della qualità basato sul controllo dello scarto quadratico medio con lo scopo di portare la qualità dei prodotti ad un determinato livello, favorevole al consumatore. Invece, con la descrizione della *Lean Manufacturing* si introduce il modello TEOA, sviluppato nel 2008 dalla società di consulenza McKinsey per creare una cultura aziendale mirata a migliorare le performance in termini di consegne, qualità e costi.

Il quarto capitolo introduce un approccio pratico. Si illustra, tramite la *Value Stream Map* (VSM), il flusso di processo produttivo, individuando gli obiettivi futuri che si prefigge l'azienda. Successivamente si presenta il metodo adottato in TE Connectivity per la selezione di uno strumento di misura, affiancandolo con un caso applicativo. Si termina con l'introduzione dell'Industria 4.0, descrivendo le piattaforme digitali presenti e le carte di controllo elaborate digitalmente nel reparto assemblaggio.

Nel quinto capitolo si illustra lo studio eseguito con lo scopo di individuare l'area da cui iniziare a introdurre la postazione digitale per la raccolta delle misure, in sostituzione dei documenti cartacei utilizzati attualmente per i piani di ispezione.

Nella conclusione, si descrivono i passi futuri per consolidare l'approccio digitale alla qualità.

## **2. INTRODUZIONE COMPAGNIA**

In questo capitolo si descrive l'azienda ospitante del progetto di tesi trattato in questo elaborato. In particolare, si inserisce una panoramica sulla società, per poi analizzarne i segmenti a cui sono destinati i prodotti realizzati, concludendo con un focus mirato sulla sede dislocata a Collegno.

### **2.1. Overview generale**

TE Connectivity è una società svizzero-statunitense che progetta e realizza dispositivi di connessione e sensori per diversi tipi di settori tra cui il settore automobilistico, aerospaziale, della difesa, sanitario, petrolifero, energetico, ma anche per quello dei sistemi di comunicazione dei dati e dei dispositivi di consumo.

TE Connectivity fa parte di Tyco International Ltd., una società multinazionale con sede legale in Svizzera e sede operativa a Berwyn (Pennsylvania, Stati Uniti d'America) e a Schaffhausen (Cantone Sciaffusa, Svizzera). Ha una forza lavoro globale di circa 80.000 dipendenti, tra cui più di 7.500 laureati in ingegneria. La capitalizzazione di mercato di TE Connectivity è di \$47,348 miliardi ed il fatturato annuo è stato di \$14,923 miliardi nell'esercizio 2021. [1] [2]

Ha 31 sedi distribuite in Asia, Europa, Medio Oriente, Africa, Nord e Sud America e serve clienti in 140 paesi. Possiede sette stabilimenti produttivi nel mondo ed uno di questi è situato a Collegno (Città metropolitana di Torino). Nella figura 2.1 è riportata una fotografia dall'alto dello stabilimento piemontese.



Figura 2.1 - Stabilimento TE Connectivity a Collegno

## 2.2. Storia aziendale

Tyco International fu fondata da Arthur J. Rosenberg nel 1960, focalizzando l'interesse principalmente su sperimentazioni per il governo degli Stati Uniti d'America negli ambiti privati. Due anni dopo, il focus si spostò sulle ricerche sui materiali ad alta tecnologia e su prodotti per la conservazione dell'energia.

Tra il 1999 ed il 2001, il management si focalizzò su una politica aggressiva di crescita, basata sull'acquisizione di diverse aziende. Tra le molteplici aziende inglobate, nel 1999 acquisì l'AMP che assieme a Siemens e Raychem costituivano le maggiori realtà industriali in quegli anni. L'*Aircraft and Marine Products* (AMP) venne fondata nel 1941 da Uncas A. Whitaker per la produzione di connettori elettrici senza uso di saldatura.

A fronte di tutte le acquisizioni realizzate, nel 2002 Tyco incorse in significative perdite. Più tardi, l'azienda fu coinvolta in uno scandalo finanziario per abuso d'ufficio e frode fiscale da parte del CEO e dei suoi amministratori delegati. Nel 2003 introdusse una guida alla condotta etica, migliorando in tal modo la *governance* aziendale: la guida è stata prodotta per consigliare i dipendenti sulle procedure corrette e in modo da evitare comportamenti non etici. Ancora ad oggi, tutti i dipendenti devono seguire un breve corso di etica annualmente.

Successivamente, il fatturato tornò a crescere e i debiti a calare, ma la società e il *board* di amministrazione decisero a luglio del 2007 di separare Tyco in tre società distinte:

- Covidien Ltd.
- Tyco Electronics Ltd., la quale nel 2011 prese il nome di TE Connectivity Ltd.
- Tyco International Ltd. [1][3]

### **2.3. Segmenti di business**

TE Connectivity è organizzata attraverso tre principali segmenti di business:

- **Soluzioni di comunicazione**

Il segmento delle soluzioni di comunicazione di TE Connectivity fornisce componenti elettronici per elettrodomestici, ad esempio prodotti per lavatrici, frigoriferi, condizionatori d'aria, lavastoviglie, elettrodomestici da cucina, scaldabagni e forni a microonde.

- **Soluzioni di trasporto**

Le principali *business unit* per questo segmento sono la fornitura di connessioni e sensori per il settore automobilistico e per il settore del trasporto commerciale.

Per quanto concerne il settore automobilistico, i prodotti della società vengono usati nella carrozzeria e nel telaio, andando a fornire informazioni per il conducente e per i sistemi di sicurezza.

- **Soluzioni industriali**

Le più importanti *business unit* di questo segmento, tra cui l'ambito industriale, medico, aerospaziale, della difesa, della marina e quello

energetico, utilizzano i prodotti TE Connectivity principalmente per la generazione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Ad esempio, nell'automazione della produzione, i prodotti TE sono destinati alla robotica, alla comunicazione industriale e alla distribuzione dell'energia. Per il settore dell'edilizia intelligente, invece, la connettività TE fornisce prodotti intelligenti che vengono utilizzati per collegare illuminazione, ascensori, scale mobili e sicurezza. In ultimo, si riporta l'esempio del settore della difesa in cui i principali prodotti riguardano le interconnessioni elettroniche per l'aviazione militare, la marina e i veicoli terrestri, compresi i sistemi di guerra elettronici e spaziali. [4]

## 2.4. Sede di Collegno

Lo stabilimento di Collegno è dedicato alla progettazione e produzione di connettori, principalmente per il settore automobilistico e degli elettrodomestici. Si riportano in figura 2.2 degli esempi di prodotti realizzati in questo stabilimento.

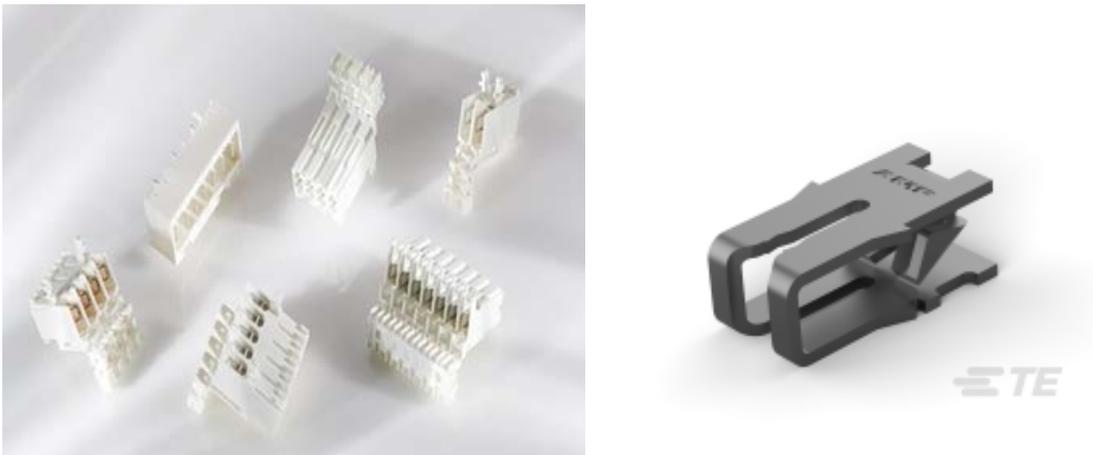


Figura 2.2 - Esempio di un connettore Multifitting Mark II a sinistra e di un terminale MAG-MATE a destra

Il *plant* impiega un personale di circa 250 persone, suddivise tra area produzione, ingegneria manifatturiera, qualità, logistica, sicurezza e gestione dell'impianto, R&S, HR e acquisti.

I reparti produttivi sono organizzati seguendo un layout a processo, in cui le macchine sono raggruppate in reparti in base al tipo di lavorazione che eseguono.

Andando ad analizzare il processo produttivo, nel seguente elenco puntato si riportano i reparti presenti a Collegno:

- **Stamping:** 26 presse dedicate allo stampaggio della parte metallica dei connettori, detta terminale. Le materie prime entrano nel processo sotto forma di bobine in ottone, acciaio o bronzo fosforoso per poi essere stampate ed uscire sotto forma di terminali su bobina.
- **Plating:** 4 linee di trattamenti galvanici nelle quali si effettua la stagnatura o la doratura dei terminali grezzi per fornire le necessarie proprietà di conducibilità elettrica al prodotto finito. Non tutti i terminali necessitano di questa lavorazione.
- **Moulding:** 42 presse a iniezione automatiche, dedicate al processo di pressofusione di polimeri plastici, lavorano sui tre turni ricevendo il materiale sotto forma di resine plastiche e generando in output la parte plastica dei connettori, detta *housing*.
- **Assembly:** 21 macchine automatiche eseguono l'inserimento del terminale metallico all'interno del rispettivo *housing*, realizzando in tal modo il connettore finale.

Nella figura 2.3 si schematizza il processo produttivo dello stabilimento piemontese, il quale verrà approfondito nell'analisi della *Value Stream Map* nel paragrafo 4.1.

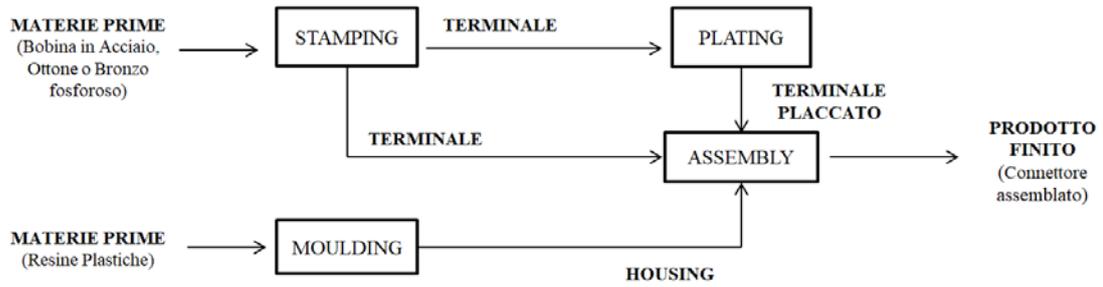


Figura 2.3 - Flusso di processo TE Connectivity a Collegno

Sia i terminali che gli *housing* possono, oltre che essere utilizzati come componenti per l'assemblaggio dei connettori finali, essere venduti ai clienti come prodotti finiti. [5]

### **3. DALLE NORMATIVE AL MIGLIORAMENTO CONTINUO**

Nel seguente capitolo sono introdotte le due metodologie cardine implementate all'interno di TE Connectivity in ambito qualitativo, ovvero il *Six Sigma* e la *Lean Manufacturing*. Sono inoltre presentate le certificazioni in ambito di gestione della qualità possedute dall'azienda e il metodo adottato per la gestione dei reclami, interni ed esterni.

#### **3.1. Certificazioni**

L'azienda ospitante il progetto di tesi, può vantare il possesso di due certificazioni: ISO 9001 e IATF 16949.

Le norme della serie ISO 9000 sono state definite dall'*International Organization for Standardization* per delineare i requisiti per i sistemi di gestione della qualità all'interno delle aziende. In particolare, la ISO 9001 è una normativa volta al miglioramento continuo e costante della società, con l'obiettivo di ottimizzare la struttura organizzativa. Si tratta di una scelta strategica per le imprese che vogliono incrementare la propria produzione, abbattere i costi, diventare più competitive sul mercato e aumentare la fidelizzazione del cliente.

Tale certificazione deve essere richiesta ad un ente certificatore, avvalendosi in parallelo, qualora l'azienda da certificare non abbia un ente interno di qualità, di una società di consulenza specializzata nella creazione e gestione dei sistemi di gestione della qualità. Ha durata triennale, ma può essere rinnovata, ed annualmente viene verificata la sua effettiva implementazione tramite una visita in azienda da parte dell'ente certificatore. [6]

La ISO/TS16949 è una norma relativa all'applicazione nel settore *automotive*; tuttavia, è decaduta nel 2016 ed è stata sostituita dalla prima edizione della IATF 16949. Quest'ultima definisce i requisiti generali di sistema specifici per le aziende che progettano e producono un prodotto destinato al settore automobilistico. All'interno di TE Connectivity la certificazione IATF 16949 è stata rinnovata a maggio 2021. [7]

Le norme si differenziano l'una dall'altra per l'aggiunta di requisiti da osservare, tuttavia presentano degli standard comuni minimi da soddisfare. Questi sono:

- **Tenuta sotto controllo dei documenti.**
- **Tenuta sotto controllo delle registrazioni.**
- **Conduzione di audit interni.**

La società ha un piano triennale suddiviso in trimestri in cui sono pianificati gli audit da effettuare. La conduzione di un audit si può suddividere in quattro fasi:

- *Fase preparatoria* in cui si prepara il piano, che deve contenere informazioni circa il luogo, la durata, la data e gli strumenti da utilizzare.
- *Fase di conduzione in campo*. In essa si conduce una riunione di apertura: questo è il primo contatto tra il gruppo di audit e i rappresentanti del processo sotto audit. Successivamente si raccolgono le evidenze, processo realizzabile effettuando interviste, osservando le attività ed esaminando i documenti. L'auditor poi conduce una riunione di chiusura con lo scopo di presentare i risultati, chiarire i dubbi e risolvere le divergenze sorte. Si evidenziano, inoltre, i tempi e le modalità delle azioni correttive da perseguire.

- *Fase di stesura del rapporto.* Tale rapporto deve includere l'identificazione del cliente, l'identificazione dell'auditor e del personale sottoposto ad audit, il luogo e la data delle attività svolte, le evidenze e le conclusioni. È di competenza e responsabilità dell'auditor il completamento di tale documentazione.
  - *Follow up di problemi o miglioramenti rilevati.* Riferire le aree non conformi del processo non basta, per ottenere un effettivo miglioramento del processo è necessario comprendere le cause che hanno portato alla non conformità ed intraprendere opportune azioni correttive. Le azioni correttive, e la successiva verifica della loro attuazione ed efficacia, dovrebbero essere completate entro il periodo di tempo concordato con l'auditor.
- **Tenuta sotto controllo del prodotto non conforme.** Tale argomento è trattato nel paragrafo 3.2, nel quale si descrivono i principali difetti riscontrati nei reparti produttivi e il metodo di gestione implementato a seguito del ricevimento di reclami.
  - **Implementazione di azioni correttive,** le quali si attuano a seguito dell'identificazione delle non conformità per evitare il ripetersi in futuro della stessa anomalia.
  - **Implementazione di azioni preventive** in modo da impedire il verificarsi di possibili non conformità ancora non avvenute.

## **3.2. Metodo per la risoluzione di reclami interni ed esterni**

### **3.2.1. Reclami esterni da clienti verso TE Connectivity**

L'ottenimento di una produzione il più possibile esente da difetti può essere associato all'analisi dei reclami. In TE Connectivity vengono gestiti i problemi derivanti sia dall'esterno, quali le segnalazioni o i reclami clienti, sia internamente, attraverso le non conformità riscontrate durante i processi produttivi. L'8D è lo strumento utilizzato per la gestione.

L'8D per il *problem solving* è una metodologia ideata dalla Ford volta al miglioramento dei processi. È strutturata in otto discipline e si basa sul sinergismo del team. Tale strumento è usato per identificare, correggere ed eliminare la ricorrenza dei problemi di qualità. [8]

È un approccio standardizzato per l'analisi approfondita di un problema e si traduce in un'elevata qualità di indagine e risoluzione, in modo da riacquistare un alto livello di soddisfazione del cliente con la risposta datagli in tempi rapidi.

TE Connectivity mantiene un contatto diretto con il cliente attraverso un portale in cui vengono inserite le segnalazioni. Il portale si chiama TECHS (*Tyco Electronics Complaint Handling System*) e registra pertanto tutti i reclami cliente, rintracciabili attraverso un numero di *request*. Una volta che la segnalazione del cliente (*request*) è inserita in TECHS, inizia l'attività di analisi e riscontro attraverso l'8D.

Lo strumento 8D si concretizza in otto step da seguire per poter risolvere il problema:

- **D1: Organizzare e pianificare**

Se necessario, si crea un team con numerosità da 4 a 6 persone, il cui compito è definire lo scopo, l'obiettivo e la portata del progetto. Si raccolgono dati inerenti alla produzione, alle vendite, agli impiegati e ai clienti tramite

sondaggi, feedback o consultando report che potrebbero stabilire l'esistenza del problema in una determinata area.

▪ **D2: Descrivere il problema o l'opportunità**

Per poter descrivere il problema riscontrato è necessario rispondere alle seguenti domande: che cosa, dove, quando, quanto e l'impatto generato. È possibile corredare tali risposte con immagini.

▪ **D3: Contenere il problema**

Tale fase ha l'obiettivo di contenere il problema. Come prima azione bisogna capire l'impatto che si ha sul cliente, successivamente se il difetto è presente anche all'interno della produzione e, infine, se coinvolge altre spedizioni.

Si possono creare azioni provvisorie, che non producano effetti avversi sulla capacità del processo. Per poterle attuare, è necessario assegnare responsabilità e stabilire le tempistiche. Successivamente è fondamentale monitorare quelle messe in atto.

▪ **D4: Identificare e verificare le cause radice del problema**

Si identificano le cause che spiegano il motivo per cui si è verificato il problema. Per capire la causa alla radice del problema ci si avvale di strumenti quali il diagramma di Ishikawa (utilizzato nel paragrafo 5.2) e il 5Whys.

▪ **D5: Sviluppare un piano di implementazione delle azioni correttive scelte**

Si indicano le azioni correttive che si intende portare avanti per risolvere le occorrenze e le sistematicità, indicando la figura responsabile, la data prevista per l'attuazione e la data effettiva di implementazione.

▪ **D6: Implementare e verificare le azioni correttive**

Si implementano le azioni correttive scelte e se ne valuta l'efficacia.

- **D7: Prevenire la ricorrenza**

Si estende l'azione correttiva anche a prodotti simili, ove necessario.

- **D8: Celebrare e comunicare il successo**

Tale report viene inviato e discusso con il cliente.

L'individuare le cause di origine, nell'analisi di una segnalazione, comporta anche un'analisi di responsabilità: nel caso in cui la difettosità non è afferente ai processi e alle attività svolte in TE Connectivity, il reclamo non è ufficializzato. Ciò comporta comunque un riscontro al cliente in cui si segnalano le cause accertate al di fuori della responsabilità di TE ed il processo si chiude con la fase D4.

Le principali difettosità che vengono riscontrate dal cliente, ed ufficializzate, sono principalmente dovute a:

- Problematiche di mancanza di materiale legate al processo di stampaggio plastica, si riporta un esempio nella figura 3.1.

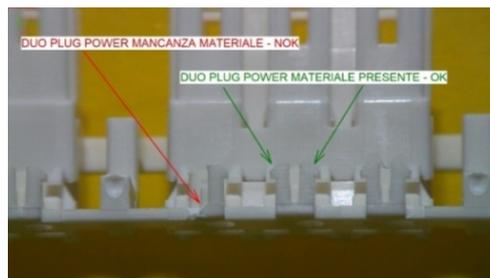


Figura 3.1 - Mancanza materiale connettore Duoplug

- Deformazioni relative al processo trancia nel reparto *stamping* come nell'esempio riportato in figura 3.2.



Figura 3.2 - Deformazione terminale connettore Multifitting

- Contatti deformati al termine del processo di assemblaggio, si veda la figura 3.3.

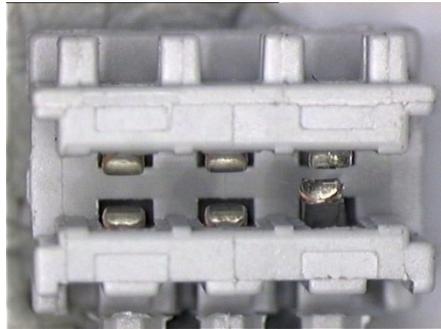


Figura 3.3 - Contatto deformato

### 3.2.2. Reclami interni tra i processi in TE Connectivity

Oltre ai reclami derivanti dall'esterno, si presentano anche reclami interni, riscontrati durante le fasi di produzione. Anche in questo caso il metodo di gestione è l'8D. Un esempio tipico sono *housing* difettosi prodotti dal reparto di stampaggio plastica (*moulding*) che sono poi segnalati dal reparto *assembly*. Tale casistica sarà approfondita nell'analisi realizzata nel paragrafo 5.2.

Durante la fase di contenimento (D3), per evitare la diffusione di ulteriori difetti, la TE Connectivity applica un processo denominato risalita. Con quest'ultimo termine si intende l'ispezione a ritroso di un difetto fino a trovare il primo pezzo di scarto prodotto. Individuato il primo pezzo difettoso, si blocca il materiale a bordo macchina, a magazzino, nei *distributor center* e, in casi estremi, attraverso campagne di richiamo oppure con *quality alert* ai clienti.

Il materiale oggetto di risalita viene segregato in apposite aree non accessibili alla produzione; generalmente queste aree sono colorate in rosso (si veda la figura 3.4).



Figura 3.4 - Area in cui si segrega il materiale oggetto di risalita

All'inizio del processo di risalita, in seguito al riscontro del difetto, gli operatori controllano i parametri macchina ed eseguono un controllo dimensionale in modo da validare la ripartenza della produzione.

Per quanto riguarda invece l'eventuale materiale difettoso già stoccato a magazzino o inviato presso i *distributor centers*, attraverso le funzioni di rintracciabilità, viene anch'esso segregato e, pertanto, segnalato sul database aziendale attraverso le applicazioni funzionali di SAP, in attesa di essere selezionato e analizzato.

### **3.2.3. Reclami esterni da TE Connectivity verso i fornitori**

Le materie prime in entrata nello stabilimento di Collegno sono:

- Resine plastiche.
- Bandelle metalliche.
- Imballaggi.

Sono presenti degli *incoming inspectors* che verificano la documentazione e la conformità del materiale in entrata. Quest'ultimo può essere accettato, e quindi immagazzinato, oppure segregato con relativa procedura di contestazione ai fornitori.

Le principali difettosità che vengono riscontrate risultano essere:

- Resine plastiche la cui composizione chimica non è conforme ai requisiti.
- Non conformità dimensionali ed errori di imballaggio per i materiali metallici.
- Materiale di imballaggio non a specifica.

Queste problematiche sono intercettate in fase di set up in produzione, tramite gli effetti sul prodotto finito o direttamente nella fase di ingresso in magazzino della materia prima. Anche i reclami verso i fornitori sono gestiti attraverso la piattaforma TECHS e, pertanto, anche i fornitori redigono una reportistica 8D che viene discussa con i tecnici di TE Connectivity.

### **3.3. Six Sigma**

I problemi che hanno caratteristiche complesse, per i quali non è sufficiente un approccio di *problem solving* di primo livello conducibile attraverso i team di officina (si prenda a riferimento, ad esempio, il processo di risalita), necessitano di maggiori analisi e approfondimenti attraverso un processo di *escalation*. La metodologia utilizzata in quest'ambito è il *Six Sigma*.

Il metodo 8D è un approccio reattivo, cioè non si attua fin tanto che non si presenta un reclamo da parte del cliente. Il *Six Sigma*, invece, adottando un approccio proattivo, riesce a completare e integrare l'8D poiché cerca di prevenire la generazione di difetti e quindi l'eventuale insoddisfazione del cliente.

Il metodo *Six Sigma* nasce in Motorola nel 1987, in seguito all'implementazione di una serie di attività di miglioramento della qualità iniziate nel 1981. Negli anni

successivi, Motorola condivise l'utilizzo della metodologia con i propri fornitori e, successivamente, con altre realtà industriali. Nell'arco di un decennio, le più importanti aziende americane, incluso il servizio postale di Stato, implementarono iniziative *Six Sigma*. TE Connectivity adottò tale metodologia nel 2003.

Il *Six Sigma* è una strategia operativa consolidata per misurare, analizzare e migliorare i risultati in termini di eccellenza operativa, aumentando in tal modo le performance qualitative dell'azienda e, di conseguenza, anche la soddisfazione del cliente.

La metodologia, attraverso l'ausilio di strumenti prettamente statistici e di ricerca operativa, guida l'ottimizzazione dei processi manifatturieri, attraverso la riduzione della loro variabilità.

La teoria afferma che l'obiettivo da raggiungere è quello di avere sei deviazioni standard tra il limite superiore di specifica e il centro della produzione e altrettanto tra questo e il limite inferiore. In altre parole, la produzione deve avere come obiettivo una deviazione standard non superiore a un dodicesimo dell'intervallo di specifica. Nel caso si ottenga tale risultato, nel processo si riscontreranno solamente 3.4 difetti per ogni milione e di conseguenza il 99.9997% della produzione non presenterà difetti. [9]

La cura dei progetti basati sul *Six Sigma* è affidata a figure professionali certificate di livello alto e medio alto (*Black Belt* e *Green Belt*). La loro formazione si basa su corsi di qualificazione, ai quali poi segue un *follow up* che consiste in un esame e nel completamento di un certo numero di progetti per ottenerne la certificazione.

L'approccio *Six Sigma operation* è basato su cinque fasi definite dall'acronimo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) che consistono in:

- **DEFINE.** Lo scopo è definire l'ambito del progetto, i processi interessati, il team di risorse coinvolte ed una stima dei benefici economici potenzialmente ottenibili dai miglioramenti che il progetto si prefigge di ottenere.

In questa prima fase si redige il *project charter* ovvero un documento contenente la descrizione del problema da analizzare, l'individuazione del cliente (interno o esterno), l'individuazione degli obiettivi da perseguire e si inseriscono gli indicatori di processo da misurare (CTQ). I *Critical To Quality* (CTQ) sono valori critici per la qualità che devono essere raggiunti dal prodotto/processo per soddisfare le esigenze del cliente.

- **MEASURE.** L'obiettivo principale di questa fase è raccogliere i dati che caratterizzano il processo in analisi, al fine di individuare le opportunità di miglioramento. Si pianifica dunque una raccolta dei dati necessari alla comprensione del problema, si verifica l'attendibilità dei dati e si interpretano attraverso strumenti statistici (ad esempio nel caso di campioni, si verifica la significatività e la rappresentanza degli stessi).
- **ANALYZE.** L'obiettivo è identificare le cause alla radice del problema e quantificarne l'influenza sui valori CTQ. È quindi necessario trovare le correlazioni fra variabili, trovare i legami di causa-effetto e focalizzare il problema sulle cause anziché sui sintomi.
- **IMPROVE.** A fronte dei risultati ottenuti nella fase precedente, vengono identificate e implementate le azioni correttive.
- **CONTROL.** Si verifica l'efficacia delle soluzioni implementate, assicurandosi che gli obiettivi siano stati raggiunti. Si implementa, inoltre, un piano di controllo per il mantenimento delle prestazioni nel lungo periodo e si standardizza il metodo introdotto, qualora se ne sia dimostrata l'efficacia. In ultimo, si verifica l'applicabilità e l'eventuale estensione delle soluzioni trovate anche ad altre aree aziendali. [10][11]

### 3.4. Lean Manufacturing

Il metodo *Six Sigma* è in grado di andare a ridurre la variabilità del processo, tuttavia non è sufficiente come metodo di gestione per rendere l'azienda efficiente e migliorare la produttività. Per tale motivo, al *Six Sigma*, TE Connectivity affianca l'implementazione della *Lean Manufacturing*.

Il *Lean Thinking* è un approccio mentale in cui, basandosi sull'eliminazione degli sprechi, tutto viene progettato e realizzato con lo scopo di risultare efficace ed efficiente, andando a coinvolgere ogni elemento all'interno dell'azienda. Deriva dal *Toyota Production System* (TPS), un modello di produzione nato intorno agli anni Cinquanta presso la Toyota, grazie al lavoro dell'ingegnere Taiichi Ōhno.

L'ambito in cui è maggiormente applicato è quello della produzione. La produzione snella (*Lean Production*) è un insieme di principi, metodi e tecniche per la gestione dei processi operativi, che mira ad aumentare il valore finale attraverso la riduzione degli sprechi. [12]

La trasformazione in un'azienda *Lean* richiede il coinvolgimento attivo di tutti i livelli dell'organizzazione e crea un ambiente di lavoro positivo, in cui i dipendenti sono responsabilizzati e si sostengono a vicenda nel perseguire gli obiettivi, in modo anche da superarli attraverso il miglioramento continuo.

Negli anni, molte aziende hanno implementato la filosofia *Lean* aderendo a consorzi, *lean academy* o sviluppando un modello proprio di *Lean Manufacturing*. È questo il caso di TE Connectivity, che applica il *Lean* attraverso un proprio modello denominato TEOA (*Tyco Electronic Operating Advantage*).

### 3.4.1. TEOA

TE Connectivity, attraverso il TEOA, ha strutturato il proprio processo di miglioramento continuo creando una cultura aziendale mirata a migliorare la soddisfazione del cliente e le proprie performance in termini di consegne, qualità e costi.

Per affrontare un mercato globale sempre più esigente, TE Connectivity, nel 2008, ha incaricato la società di consulenza McKinsey di sviluppare il TEOA. Sono stati quindi messi a punto una serie di tools di comprovato successo, seguendo un programma di formazione e un approccio di tipo *learning by doing*. Ogni stabilimento produttivo viene valutato in funzione del grado di maturità acquisito nell'applicazione e nel far propria la metodologia *Lean*. La valutazione è autocertificata su base mensile valutando le metriche illustrate nel paragrafo 3.4.1.3 e, al raggiungimento dei requisiti propri di un determinato livello, viene ufficialmente certificata tramite una sessione di audit da parte di un ente interno. I livelli di certificazione sono contraddistinti dall'assegnazione di un numero di stelle che varia da un minimo di 1 a un massimo di 5.

Nel successivo paragrafo è inserita una rappresentazione grafica (figura 3.5) del modello creato nel 2008, attraverso la quale è possibile elencare gli strumenti utilizzati dalla TE Connectivity in ambito di *Lean Manufacturing*.

### 3.4.1.1. Valutazione processo di trasformazione

Il processo di trasformazione è raffigurato dalla TEOA House riportata nella figura 3.5.

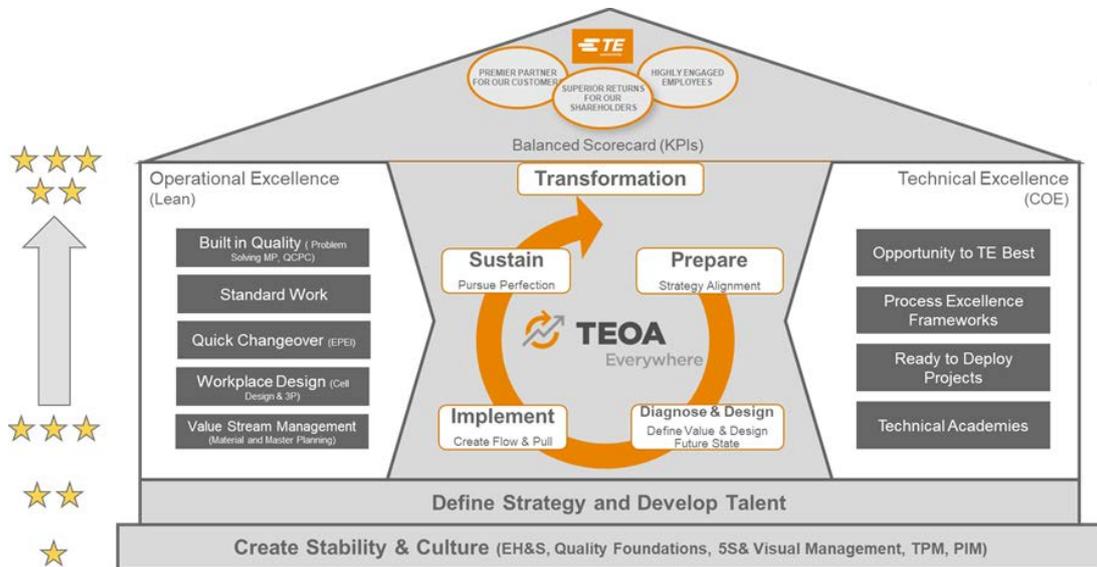


Figura 3.5 - TEOA House

Attraverso l'immagine di una casa, viene compendiato un processo che ha per fondamento la creazione di solide basi culturali attraverso l'utilizzo di strumenti fondamentali quali il 5S, il *Visual Management*, il TPM, la definizione di una strategia di breve, medio e lungo termine ed il coinvolgimento del personale.

I cinque strumenti presenti alla base (presentati nel dettaglio nell'elenco puntato qua di seguito, descrivendo il modo con cui l'azienda li utilizza) risultano, quindi, essere fondamentali e di impiego generale, mentre l'uso degli altri è relativo ad un piano di trasformazione che, a partire dall'individuazione di un'area pilota, viene progressivamente esteso all'intero contesto aziendale. Per poter dunque raggiungere la prima stella, i tools applicabili sono:

- **EH&S** (*Environment, Health and Safety*). La politica per l'ambiente, la salute e la sicurezza è un quadro normativo che comprende

l'identificazione degli standard di produzione dell'azienda, con particolare attenzione alle condizioni del luogo di lavoro in termini di sicurezza e salvaguardia dell'ambiente. I principali punti di interesse sono quindi la prevenzione dei vari rischi professionali e il rispetto delle norme ambientali, sanitarie e di sicurezza. [13]

- **5S** è un approccio strutturato per l'organizzazione del posto di lavoro e l'ottimizzazione del processo. Si tratta di cinque fasi (separare, riordinare, pulire, standardizzare e sostenere) in sequenza logica che partono dalla selezione ed eliminazione delle cose non necessarie, per poi proseguire attraverso un riordino degli strumenti e degli oggetti, fino ad arrivare ad una definizione delle regole di mantenimento e pulizia e, di conseguenza, alla realizzazione di uno standard operativo che dovrà essere sostenuto nel tempo.
- **PIM** (*Process Improvement Management*) viene utilizzato per guidare una cultura di miglioramento continuo attraverso l'uso di alcuni strumenti chiave quali:
  - *Leader Standard Work*. Rappresentano un elenco di attività di base da svolgere con cadenza giornaliera, settimanale o mensile con l'ottica di raggiungere i risultati attesi.
  - *Strumenti visivi*. Si utilizzano, ad esempio, cruscotti aziendali. Questi offrono al personale che opera in azienda la possibilità di individuare immediatamente l'andamento delle prestazioni ed eventualmente passare ad azioni correttive nel caso in cui le performance effettive non stiano raggiungendo i livelli attesi.
  - *Disciplina e responsabilità giornaliere* gestite attraverso riunioni con cadenza fissa, nelle quali si discute delle questioni individuate nel processo e delle azioni correttive da implementare nel breve termine, assegnandole a persone e/o enti specifici.

- **QUALITY FOUNDATION** dove si utilizzano gli strumenti principali di gestione di qualità, in particolare implementando quelli richiesti dalle certificazioni ISO 9001 e IATF 16949, indicati nel paragrafo 3.1.
- **TPM** (*Total Productive Maintenance*) è un programma che mira alla massimizzazione del tempo disponibile di tutte le macchine e di tutti gli strumenti al minor costo totale di ciclo vita, prevenendone i fermi e le spese di riparazione per guasto.

Il sistema TPM utilizza un approccio strutturato su tre livelli di attività:

- *1° livello, manutenzione autonoma.* Si esegue su frequenza almeno giornaliera. Sono attività di pulizia che consentono di tenere le attrezzature in buone condizioni e di condurre una semplice attività ispettiva in cui è possibile riscontrare delle macro-anomalie.
- *2° livello, manutenzione predittiva.* Attività che viene richiesta in seguito alla conduzione delle attività di primo livello o al riscontro di anomalie originate durante il funzionamento della macchina come perdite d'olio, rumorosità, anomala movimentazione degli organi. Tale manutenzione è su segnalazione/richiesta.
- *3° livello, manutenzione preventiva.* Manutenzione da tagliando, pianificata trimestralmente o annualmente ed ha l'obiettivo di mantenere in efficienza la funzionalità delle attrezzature e dell'impianto come previsto dai manuali di manutenzione.

Proseguendo verso l'alto nella figura 3.5, il livello di 2 stelle è raggiungibile attraverso i piani di strategia aziendale ed un'accorta politica di coinvolgimento del personale.

Prima di raggiungere il livello di eccellenza, e quindi posizionarsi sul tetto della TEOA House, si devono ottenere i punteggi da 3 a 5 stelle, per i quali è possibile sfruttare il *know-how* del personale, i centri di eccellenza e la *Value Stream Map*

(VSM). Il contenuto della casa, identificato tramite la parte centrale, è suddiviso in tre aree che riguardano:

- Gli strumenti per raggiungere l'eccellenza tecnica.
- Gli strumenti derivanti dalla metodologia *Lean* per raggiungere un'eccellenza operativa che consente di intraprendere il processo di trasformazione descritto nel punto successivo. Uno di questi strumenti è descritto nel dettaglio nel paragrafo 3.4.1.2.
- Il processo di trasformazione che si sviluppa attraverso quattro fasi:
  - **PREPARE** in cui si effettuano dei rilievi e si raccolgono i dati per caratterizzare lo stato attuale.
  - **DIAGNOSE & DESIGN** a seguito delle quali si identifica lo stato attuale, la visione futura e gli obiettivi che si vogliono raggiungere. Questa fase si completa con la *Value Stream Map*, versione attuale e futura. La VSM è il primo strumento che consente di condurre un'analisi del valore strutturata sui flussi di processo, di informazioni e di materiale. È indispensabile per individuare le aree con un impatto significativo per iniziare il processo di trasformazione vero e proprio. La VSM del sito di Collegno è inserita nell'allegato A e verrà descritta approfonditamente nel successivo capitolo, paragrafo 4.1.
  - **IMPLEMENT** dove si realizza ciò che si vuole trasformare secondo la situazione futura descritta dalla VSM.
  - **SUSTAIN**. A seguito dell'implementazione è necessario controllare che siano applicate correttamente le azioni previste in modo da definire gli step successivi.

### 3.4.1.2. Built in quality

Per poter raggiungere un'eccellenza operativa, uno degli strumenti che utilizza TE Connectivity è l'approccio denominato *Built in Quality* con cui si identificano le aree di miglioramento a livello qualitativo. Il *Built in Quality* è composto dai seguenti tre tools:

- **Quality Control Process Charts (QCPC).** È un approccio che serve per caratterizzare e assegnare una priorità ai problemi ricorrenti. Il risultato del QCPC è un diagramma di Pareto e fornisce un'indicazione sull'impatto generato da ogni singolo problema (si veda l'esempio raffigurato nella figura 3.6). Tramite tale diagramma è possibile osservare il numero di volte e le frequenze con cui si presenta l'anomalia; in tal modo è possibile identificare le priorità su cui andare ad attuare un processo di miglioramento. Per un approfondimento si rimanda al capitolo 5.

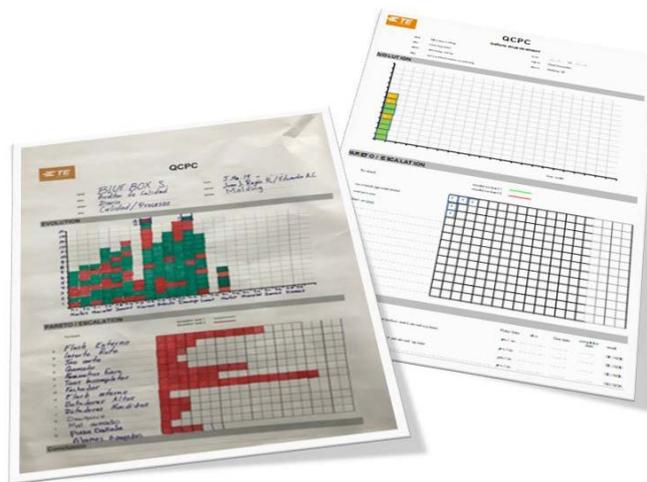


Figura 3.6 - Esempio di QCPC

- **Mistake Proofing.** È uno strumento di *improvement* e controllo applicabile su qualunque attività. In Giappone prende il nome di *poka yoke* e la sua funzione è quella di prevenire l'errore, in modo da evitare che si origini scarto o difettosità.

- **Problem Solving.** Riguarda l'approccio e gli strumenti che si decide di adottare per la risoluzione dei problemi.

Questi tre tools messi assieme servono a creare un sistema di qualità evolvendo da uno scenario reattivo a uno proattivo. Come illustrato nella figura 3.7, il sistema qualitativo aziendale diviene più maturo e performante nel momento in cui risulta essere proattivo. Si parte da un sistema reattivo tramite la fase di *Fast Response* che permette di attuare delle azioni di contenimento dopo aver ricercato le cause di origine del problema che si è presentato, tramite strumenti quali il 5Whys e il diagramma di Ishikawa. In seguito, si adotta una soluzione definitiva che può non coincidere con le azioni precedentemente implementate. La fase successiva risulta essere più strumentale ed è quella del *problem solving*. Grazie al QCPC, invece, l'azienda si avvicina ad una fase proattiva: si identificano i problemi a maggior impatto e, sui più prioritari, è attivato un processo di miglioramento. In questa fase si utilizzano strumenti più complessi dal punto di vista matematico e statistico. Successivamente, sfruttando il *mistake proofing*, è possibile progettare qualche strumento specifico rendendo il sistema proattivo: si tratta di realizzazioni semplici, che possono intervenire nello stadio di progettazione o concezione di un componente o di un processo; si immagina che un connettore venga disegnato adattandolo alla macchina su cui dovrà essere realizzato.



Figure 3.7 - Built in Quality

#### 3.4.1.2.1. *Mistake Proofing*

Approfondendo gli ultimi due tools dell'approccio *Built in Quality*, il *mistake proofing* è caratterizzato dalle seguenti tre fasi:

- ***Consapevolezza.*** È una fase che non porta a risultati concreti, bensì conduce all'essere consapevoli della possibilità che un errore si presenti. È necessario dunque creare un sistema di comunicazione del rischio potenziale e una pianificazione delle fasi per poter scoprire e intercettare l'anomalia.
- ***Capacità di riconoscere gli errori.*** Tale fase consente l'intercettazione dell'errore in modo da scartare il componente difettoso prima che avvenga la consegna al cliente. Tuttavia, non evita costi di qualità poiché una volta intercettato il difetto, il componente può essere rilavorato oppure scartato e, dunque, si ha uno spreco di risorse in termini di tempo e materiali.
- ***Capacità di prevenire l'errore.*** La prevenzione consente di non commettere errori già dal primo tentativo. È la fase a maggior valore aggiunto, poiché evitando al problema di presentarsi si evitano attività a nessun valore aggiunto che determinerebbero sprechi e costi.

Per quanto concerne l'implementazione, essa segue tale processo:

- ***Preparazione.*** Mette insieme attività di ricerca e raccolta dei dati inerenti le varie situazioni, nonché attività di *benchmarking* per la raccolta di informazioni sulle potenziali soluzioni di maggior successo.
- ***Diagnosi e design.*** Si caratterizza tramite una fase di analisi dei dati disponibili e relativa prioritizzazione. Viene così descritta una situazione attuale in cui sono chiaramente identificate le aree a maggior impatto in cui l'approccio può risultare determinante. Il risultato di questa fase è l'identificazione dei potenziali Kaizen.
- ***Implementazione.*** Si tratta di mettere in opera quanto definito nella fase precedente.

- **Sostenere.** In questa fase si comunicano ai vari livelli i successi raggiunti e si attua un processo di monitoraggio e controllo. Si utilizza il QCPC che dovrà evidenziare un cambio ponderato dei problemi caratterizzati nella fase iniziale.

Di seguito si elencano alcuni dei benefici che il *mistake proofing* porta all'azienda:

- Supporto efficace per la qualità a zero difetti.
- Elimina sorgenti di spreco ed ha un impatto positivo in termini di qualità, sicurezza, produttività e *delivery*.
- Aiuta a sviluppare e aggiornare gli standard per quanto riguarda le attività anti errore.
- Offre elevati livelli di qualità e fornisce strumenti di verifica degli errori di progettazione che permettono a TE Connectivity di distinguersi come leader tecnologico sul mercato.

#### 3.4.1.2.2. *Problem Solving*

Il *problem solving* è l'atto di definire un problema, determinarne la causa, identificare, dare priorità e selezionare alternative per una soluzione, andando poi a implementare quella ritenuta più adatta, in modo da raggiungere le performance desiderate, evitando sprechi e difetti.

Nel grafico riportato nella figura 3.8, si possono osservare alcuni degli strumenti e delle metodologie utilizzate per l'implementazione del *problem solving*.



Figura 3.8 - Strumenti per facilitare il problem solving

Per implementare il *problem solving*, è necessario innanzitutto capire il contesto di attuazione ed è possibile seguire un processo di *escalation*. Il primo scalino della figura 3.9, di tipo “stop & fix”, è costituito da un elevato coinvolgimento del personale e sfrutta l’esperienza maturata sul lavoro. Nel caso non fosse sufficiente la sola conoscenza, è possibile chiedere ausilio ad esperti ovvero persone che hanno già avuto un’esperienza tecnica specifica, sia teorica che pratica. Il passo successivo si basa su approcci più accademici, quali ad esempio il *Six Sigma*, in cui crescono il numero di variabili in gioco e di conseguenza anche la complessità. In ambito aziendale generalmente vengono maggiormente applicati questi primi tre scalini.

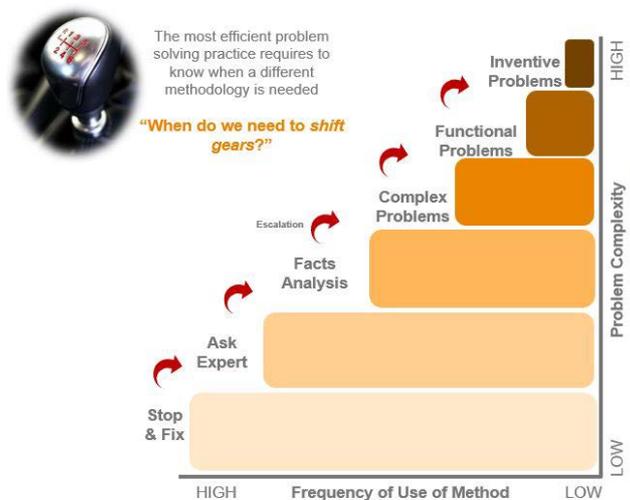


Figura 3.9 - Processo di escalation per implementare il problem solving

### 3.4.1.3. Valutazione dei risultati

Nella figura 3.10 sono riportate cinque metriche i cui valori definiscono i diversi livelli che devono essere raggiunti e mantenuti per poter conseguire un determinato livello di *star rate* (da 2 a 5).

	★★ Understand document baseline	★★★ Improvement on baseline	★★★★ Closing gap towards world class	★★★★★ Performance world class and maintained
<b>TRIR / LTRIR</b>	Document baseline	TRIR < 0.75 LTRIR < 0.38	TRIR < 0.5 LTRIR < 0.25	TRIR < 0.25 LTRIR < 0.13
<b>Customer Complaints per Shipments PPM</b>	Document baseline	<1500 ppm	<200 ppm	<5 ppm
<b>On-time Delivery (STR)</b>	Document baseline	OTD > 80%	OTD > 85%	OTD > 95%
<b>Total Productivity Improvement</b>	Document baseline	3%	4%	5%
<b>Plant Inventory Turns</b>	Document baseline	12	18	24
<b>Total Inventory Turns (Optional Metric)</b>	Document baseline	9	12	18

Figura 3.10 - Star Rate

Il grado di competitività acquisita viene quindi misurato attraverso delle metriche che valutano i risultati raggiunti in termini di sicurezza, qualità, consegna e costi. Nel dettaglio:

- **SICUREZZA**

L'obiettivo è quello di ottenere un ambiente di lavoro sicuro a zero infortuni (TRIR pari a zero).

Tale metrica la si misura attraverso l'indice TRIR (*Total Recordable Incident Rate*) che rappresenta il tasso di infortuni registrati in un determinato periodo, il quale segue l'evoluzione dell'anno fiscale.

$$TRIR = \frac{\text{Numero di infortuni accaduti}}{\text{Totale delle ore di presenza}} * 200.000$$

- **QUALITA'**

La metrica di qualità viene fondamentalemente valutata in base ai reclami confermati (per i quali la responsabilità è effettivamente dovuta ai processi produttivi) rispetto al totale delle linee di prodotto spedite. Questa valutazione è più severa in quanto non fa riferimento alla totalità dei pezzi prodotti, ma al complesso di una singola spedizione. Tale indice deve tendere a zero per essere ottimale.

$$PPM = \frac{\text{Numero di reclami confermati}}{\text{Numero totale di linee spedite}} * 10^6$$

- **CONSEGNA**

La puntualità delle consegne è misurata attraverso l'indice *Ship To Request*.

$$STR = \frac{\text{Numero di linee consegnate puntuali}}{\text{Numero totale di linee spedite}}$$

L'obiettivo è di tendere al 100% dei prodotti consegnati in linea con le scadenze richieste, definite *due date*.

È ammesso un intervallo tra i cinque e i tre giorni antecedenti la data fissata per la consegna (*due date*); tutto ciò che esula da questo intervallo non è considerato puntuale in quanto difetta di troppo anticipo o di ritardo.

- **COSTI**

Nell'ambito dei costi, vengono considerati:

- La **produttività** valutata tramite tale relazione:

$$\frac{\text{Costi sostenuti in } t \text{ per produrre lo stesso volume } x}{\text{Costi sostenuti in } t - 1 \text{ per produrre un volume } x}$$

Si valuta il costo per produrre la stessa quantità di prodotto al confronto di quanto speso in un periodo precedente. Se l'azienda è

competitiva in termini di produttività, per medesimi volumi i costi sostenuti dovranno essere in calo.

- **L'indice di rotazione del magazzino.**

## **4. APPLICAZIONE DEL MIGLIORAMENTO CONTINUO**

A seguito dell'introduzione sui due metodi cardine, il *Six Sigma* e la *Lean Manufacturing*, implementati all'interno di TE Connectivity, di seguito si sviluppano alcune applicazioni volte al miglioramento continuo.

In particolare, tramite la *Value Stream Map* si identificano i principali *stakeholders* del processo produttivo e si individuano i possibili miglioramenti attuabili. Nel paragrafo 4.2 si indicano alcuni degli strumenti di misura presenti in produzione, utilizzati per effettuare i controlli richiesti nei piani di ispezione (argomento approfondito nel capitolo 5), e si descrive il processo seguito dall'azienda per la selezione di un nuovo strumento di misura, con, in aggiunta, un esempio applicativo. In ultimo, si introduce il concetto di Industria 4.0 e quindi di fabbrica digitale, obiettivo che si prefigge l'azienda.

### **4.1. Value Stream Map**

La *Value Stream Map* (VSM) è una rappresentazione grafica del flusso di valore del prodotto creato dall'azienda. Per la sua creazione si parte dai clienti e dal prodotto finito, ripercorrendo l'intero flusso di processi, informazioni e movimentazione dei materiali, fino ad arrivare ai fornitori di materie prime. Attraverso tale strumento risulta semplice individuare le aree di maggior impatto in termini di spreco e di non valore aggiunto.

La *Current State Map* costituisce la rappresentazione della situazione analizzata così come si presenta nella situazione attuale: è dunque una raffigurazione fedele della realtà. Il passaggio successivo è la creazione della

*Future State Map* il cui obiettivo è rappresentare lo scenario futuro contenente soluzioni migliorative. Essendo un *living document* deve essere aggiornato periodicamente.

Nell'allegato A è riportata la *Current State Map* del sito di Collegno, nella quale sono raffigurati in alto a destra i clienti, i quali si suddividono in due macro-gruppi:

- Clienti locali.
- Clienti internazionali dislocati in Nord America, in Asia (A-P, *Asia Pacific*), in Europa, in Medio Oriente e in Africa (EMEA è un acronimo per *Europe, Middle Est, Africa*).

Per servire i clienti, lo stabilimento si appoggia alla catena distributiva di TE Connectivity, denominata TESOG. Tale struttura si articola con un polo centrale in Germania e diversi altri centri distributivi sparsi in tutta Europa e nel mondo. In alcuni casi, invece, l'impianto di produzione di Collegno consegna i suoi prodotti finiti direttamente ai clienti.

Nella parte centrale, invece, sono raffigurati i quattro reparti accompagnati da data box in cui sono indicati i relativi parametri produttivi. Tali reparti vengono riforniti dalle seguenti tipologie di fornitori:

- Fornitori di metalli quali le bandelle di ottone, bronzo fosforoso e acciaio.
- Fornitori di elettrodi e sali per i processi galvanici.
- Fornitori di resine plastiche per la realizzazione degli *housing* nel reparto *moulding*.
- Fornitori di materiale da imballaggio.

In ultimo, il nodo centrale dei flussi informativi è rappresentato dal sistema SAP e da altri strumenti applicativi ed è raffigurato nella parte centrale in alto.

Il flusso produttivo è di tipo *push*, dettato dunque da previsioni di vendita e spinto dalla produzione a valle. Un obiettivo di trasformazione è quello di ottenere un processo *pull* con la presenza di scorte controllate, implementando il Kanban laddove fattibile e altre strategie logistiche per quei prodotti/componenti che invece non hanno un andamento molto prevedibile. Altro obiettivo che si pone l'azienda TE Connectivity è di consolidare la digitalizzazione, argomento affrontato nel paragrafo 4.3 e nel capitolo 5. [5]

## 4.2. Strumenti di misura

A supporto dei piani di ispezione e controllo della produzione (argomento approfondito nel paragrafo 5.3), nei reparti sono presenti gli strumenti, di seguito descritti, per effettuare prove di grandezze fisiche e misurazioni dimensionali:

- **Bilancino termico** utilizzato per la misura della perdita del contenuto di umidità in modo da verificare la stabilità di forma e dimensione di alcuni componenti plastici (ad esempio per quelli in nylon).
- **Dinamometro** per la misura della forza di ritenzione dei contatti. La forza di ritenzione è un termine tecnico indicante la forza necessaria per separare le due parti (terminale e *housing*).
- **Proiettori di profili e calibri** per i rilievi dimensionali diretti.

Il proiettore di profili è un apparecchio ad amplificazione ottica usato per eseguire misure bidimensionali di precisione al centesimo di millimetro (cioè 10  $\mu\text{m}$ ).

In aggiunta ai proiettori di profili, sono presenti strumenti più evoluti da laboratorio quali l'OGP riportato nella figura 4.1. Si tratta di un macchinario di misura di tipo ottico a coordinate in cui una tavola portapezzo si muove lungo le due direzioni degli assi X e Y e una riga ottica ne determina la misura una volta compiuta la traslazione sulle parti da misurare.

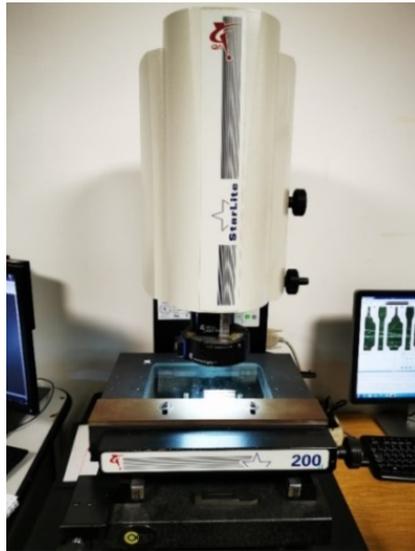


Figura 4.1 – OGP presente in azienda

I *Gauges*, o calibri, sono utilizzati nei controlli per attributi; sono della tipologia passa-non passa cioè strumenti di misurazione meccanici utilizzati per controllare l'effettiva esecuzione e la correttezza della lavorazione, in virtù del passaggio o meno nella parte di componente da ispezionare. Se ne riporta un esempio in figura 4.2. [14]



Figura 4.2 - Esempio di gauge e del suo utilizzo

- **Microscopi digitali** per facilitare i controlli visivi di piccoli componenti. Se ne riporta un esempio in figura 4.3.

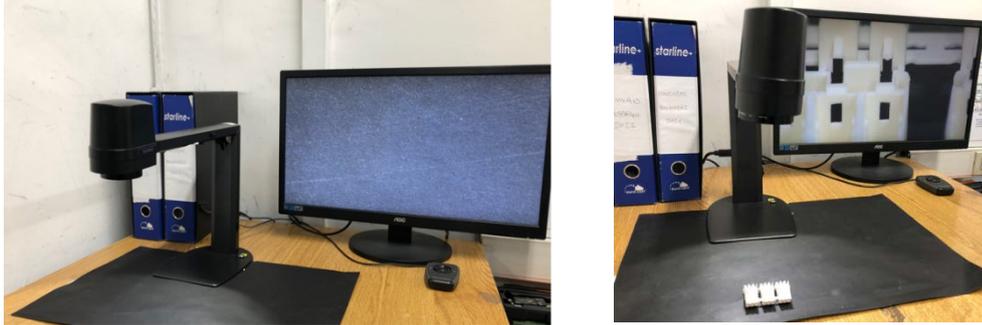


Figura 4.3 - Esempio di microscopio digitale del produttore Tagarno, presente in azienda

Laddove è realizzabile, nei processi produttivi le macchine sono equipaggiate di strumenti di controllo integrato quali telecamere, sensori e varie attrezzature per il rilievo diretto di determinate grandezze in modo da poter riconoscere in automatico i pezzi difettosi e quindi scartarli.

#### **4.2.1. Metodo di selezione degli strumenti di misura**

La selezione di uno strumento di misura si articola in una sequenza di passi in cui si verificano alcune delle caratteristiche che uno strumento dovrebbe avere.

Come primo passo è necessario verificare che la risoluzione dello strumento sia al massimo pari al 5% del campo di tolleranza totale della quota da misurare. La risoluzione rappresenta la minima variazione della grandezza in esame che produce una variazione apprezzabile dallo strumento di misura.

Successivamente si effettua un'analisi del sistema di misurazione (MSA, *Measure System Analysis*). L'MSA è strutturato in tre livelli; in questa analisi si prendono in considerazione i primi due. Per la selezione di uno strumento di misura si procede quindi con l'esecuzione dell'MSA di tipo 1, il quale viene utilizzato per valutare le prestazioni dello strumento in termini di ripetibilità e accuratezza; in caso il risultato sia positivo, si procede con l'MSA di tipo 2, il quale considera l'influenza dell'operatore. [15]

#### 4.2.1.1. L'MSA di tipo 1

Lo studio di tipo 1 viene utilizzato per valutare l'adeguatezza dello strumento rispetto alle due caratteristiche metrologiche di accuratezza e ripetibilità strumentali. L'accuratezza indica quanto il risultato della misura di una grandezza si avvicina al valore vero. La ripetibilità è il grado di concordanza tra i risultati di successive misurazioni dello stesso misurando, effettuate nelle stesse condizioni di misura.

Per eseguire l'MSA di tipo 1, devono essere effettuate da un operatore 50 misurazioni consecutive del campione selezionato e lo strumento di misura non può essere regolato durante l'esecuzione delle misure. Inoltre, il campione deve essere posizionato e orientato in modo costante per effettuare le misurazioni sempre nella stessa zona.

Il valore di riferimento da inserire, per poter creare i grafici usati a supporto della decisione, riporta il valore della misura derivante da uno strumento ad alta precisione (strumento da laboratorio) e viene indicato con  $x_{master}$ .

Per poter analizzare il risultato, si osservano i valori di  $C_g$  e  $C_{gk}$  ottenuti utilizzando Minitab, un software specifico per gli studi e le elaborazioni statistiche. La condizione necessaria è che  $C_g$  e  $C_{gk}$  siano superiori o pari a 1.33 e che la percentuale di variabilità sia inferiore al 15%.

$C_g$  definisce la corretta ripetibilità e  $C_{gk}$  l'accuratezza del sistema di misura e sono esprimibili tramite le seguenti formule:

$$C_g = \frac{0.2 * tolleranza}{6\sigma_{strumento}} \quad C_{gk} = \frac{0.1 * tolleranza - |\bar{x}_{strumento} - x_{master}|}{3\sigma_{strumento}}$$

in cui si utilizza il campo di tolleranza della caratteristica (Limite di Tolleranza Superiore – Limite di Tolleranza Inferiore).  $\bar{x}_{strumento}$  e  $\sigma_{strumento}$  sono rispettivamente la media e la deviazione standard dello strumento. [15][16]

#### 4.2.1.2. Caso applicativo MSA di tipo 1

Per sperimentare un caso applicativo di studio di tipo 1, si è valutata la ripetibilità e l'accuratezza di uno strumento di misura presente all'interno dell'azienda: il proiettore di profili Nikon V12 utilizzato nel reparto di stampaggio lamiera (*stamping*). Per condurre l'esperimento è stato preso un campione di codice articolo della produzione in corso nel mese di luglio 2021 e si sono raccolte 50 misurazioni consecutive (riportate nell'allegato B) con un campo di tolleranza di 0.2 mm. Il valore di riferimento (*reference*) è stato calcolato come media dei primi 10 valori, seguendo in tal modo la metodologia adottata in TE Connectivity. Inserendo le misurazioni nel software Minitab, si ottiene il seguente grafico.

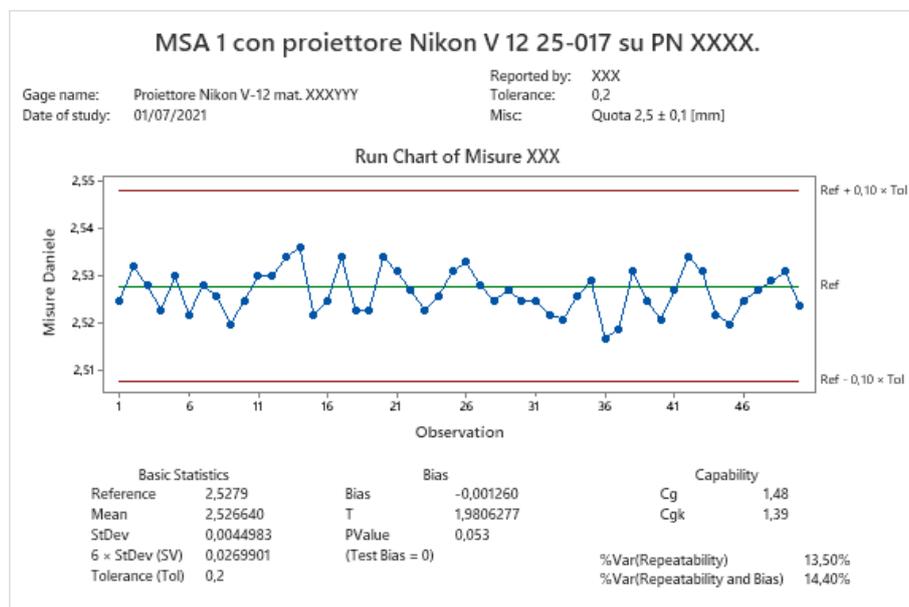


Figura 4.4 - Grafico Minitab, campo di tolleranza 0.2 mm

Osservando la figura 4.4, si nota un andamento casuale dei dati attorno al valore di riferimento 2.5279 mm. Il livello di dispersione è inferiore alla soglia limite del 15% e la capacità, indicata dai valori di  $C_g$  e  $C_{gk}$ , risulta soddisfare la condizione di essere maggiore di 1.33, il che indica che tale strumento presenta una buona accuratezza e ripetibilità.

Per supportare il caso che esistano limiti dovuti a differenti campi di tolleranza, è stato condotto un secondo esperimento variando per l'appunto l'ampiezza della tolleranza: si è quindi scelto un campo volutamente ristretto per il Nikon V12 pari a 0.12 mm. Si sono condotte le 50 misurazioni su un differente codice articolo della produzione in corso nel mese di luglio 2021 e si sono ottenuti i valori riportati nell'allegato C.

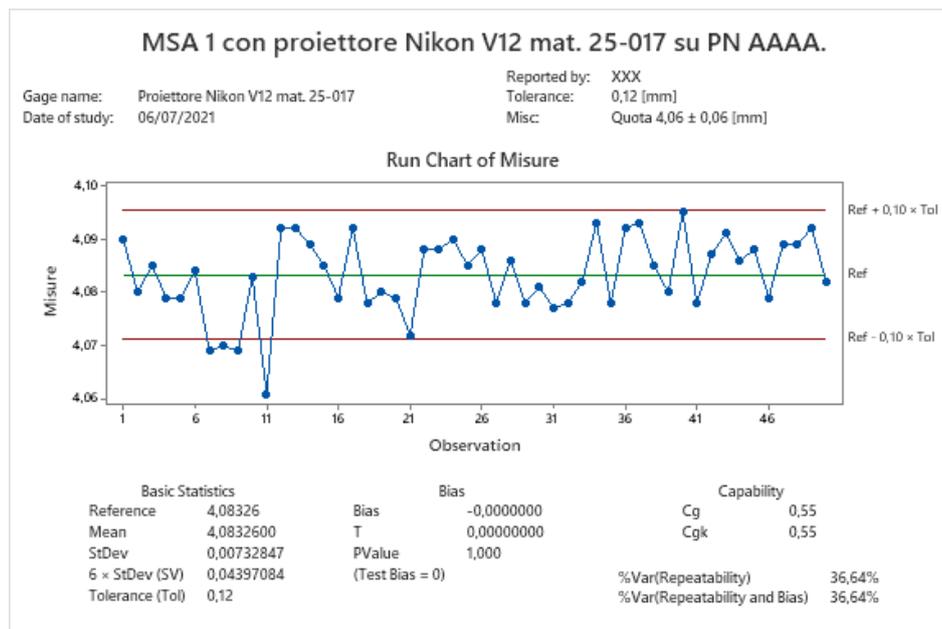


Figura 4.5 - Grafico Minitab, campo di tolleranza 0.12 mm

Dal grafico, si osserva che i valori presentano forti variazioni (si prendano ad esempio le misure 11 e 12) e che, in particolare, quattro valori cadono al di fuori dei limiti di controllo (misura 6, 7, 8 e 11). Prendendo in considerazione gli indici, si nota infatti che vi sono problemi di ripetibilità e accuratezza dello strumento dato che i valori  $C_g$  e  $C_{gk}$  sono pari a 0.55 e quindi inferiori alla soglia limite 1.33, così come la percentuale di variabilità è pari al 36.64%, superiore alla soglia del 15%.

Si conclude che, in base all'ampiezza del campo di tolleranza, lo strumento può essere adatto oppure no ad effettuare misure ripetibili ed accurate.

#### 4.2.1.3. L'MSA di tipo 2

L'MSA di tipo 2, invece, è utilizzato per determinare la ripetibilità e la riproducibilità del sistema di misurazione considerando l'influenza di diversi operatori. Per eseguirlo si deve operare come segue:

- Si selezionano 2, o preferibilmente 3, operatori.
- Si selezionano, in modo casuale, dieci parti dimensionalmente rappresentative dell'intero campo di tolleranza dalla produzione di serie.
- Le parti da misurare devono essere consegnate agli operatori secondo un ordine casuale affinché, gli stessi, non possano essere condizionati dalla memoria delle misure effettuate. La misurazione viene effettuata sui 10 campioni per 3 volte.
- Lo strumento non può essere regolato durante le misurazioni.
- Nel caso in cui la posizione e/o l'orientamento del pezzo possano influire sul risultato della misurazione, si deve aver cura di mantenerli invariati nel corso della prova.

A seguito dello studio, si ottengono alcuni indicatori tra cui %R&R e NDC, tramite il software Minitab.

L'indice %R&R è rappresentativo della riproducibilità e ripetibilità del sistema di misura e si calcola tramite la seguente formula:

$$\%R\&R = \frac{\sqrt{EV^2 + AV^2}}{T_{pre}} \cdot 100\%$$

dove EV è la stima della ripetibilità, AV la stima della riproducibilità mentre  $T_{pre}$  rappresenta la tolleranza prescritta ovvero il campo di tolleranza.

Il risultato di %R&R, anche secondo le indicazioni della guida AIAG (*Automotive Industry Action Group*), deve essere:

- Accettato se entro il 10%.
- Non accettato se superiore al 30%.
- Nei casi intermedi è accettato condizionalmente in funzione della criticità dell'applicazione, del suo costo, etc.

Il fattore numero di parti distinte (NDC, *Number of Distinct Categories*) quantifica il numero di categorie che il processo di misurazione è capace di distinguere efficientemente all'interno della variabilità dei dati osservati. Tale indice deve essere pari o superiore a 5 per essere accettato.

Nel caso in cui i valori raggiunti non siano soddisfacenti, si può procedere con la ricerca delle cause di origine (*Root Cause Analysis*) delle deviazioni che impediscono il raggiungimento dei risultati richiesti. [15]

### **4.3. Industria 4.0**

Uno degli obiettivi che si è prefissata la TE Connectivity (come indicato nel paragrafo 4.1) è la consolidazione della digitalizzazione. Per raggiungere tale scopo l'azienda adotta alcune delle tecnologie abilitanti utilizzate nell'Industria 4.0.

Il termine Industria 4.0 fu coniato in Germania nel 2011 quando, durante la fiera di Hannover, fu presentato il progetto *Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, il cui obiettivo era quello di ammodernare il sistema produttivo tedesco e riportare la manifattura tedesca ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

L'Industria 4.0 è un processo che scaturisce dalla quarta rivoluzione industriale e introduce il concetto di una produzione industriale interconnessa. Rappresenta un cambiamento significativo sia sul piano tecnologico che su quello dell'organizzazione del lavoro.

Da uno studio di Boston Consulting emerge che la quarta rivoluzione industriale fa proprie le seguenti nove tecnologie abilitanti:

- ***Advanced Manufacturing Solutions.*** Sistemi di produzione tecnologicamente avanzati e interconnessi, quali i robot collaborativi (Cobot).
- ***Additive Manufacturing.*** La manifattura additiva, nota come stampa 3D, indica il processo in cui si producono oggetti tridimensionali attraverso l'aggiunta in successione di strati di materiale.
- ***Big Data e Analytics.*** Tecniche di gestione di grandi quantità di dati attraverso sistemi aperti che permettono di ottenere delle previsioni.
- ***Cloud.*** Consiste in una infrastruttura IT comune, flessibile e di progettazione aperta per condividere dati, informazioni e applicazioni attraverso Internet oltre i confini aziendali.
- ***Cybersecurity.*** Nuove norme di sicurezza per proteggere i dati, sempre più esposti al rischio di compromissioni per le numerose interconnessioni interne ed esterne.
- ***Integrazione orizzontale e verticale dei sistemi informativi.*** Integrazione di informazioni e dati tra tutte le aree della filiera produttiva, dal fornitore di materia prima al consumatore.
- ***Internet of Things (IoT).*** Indica una comunicazione multidirezionale tra gli elementi della produzione attraverso l'uso della rete Internet, in modo da scambiare le informazioni raccolte e/o elaborate.
- ***Realtà aumentata.*** Utilizzo di sistemi di visione a realtà aumentata a supporto dei processi produttivi.

- **Simulazione.** Impiego di strumenti virtuali in 3D in grado di creare una realtà che simuli quella fisica come ad esempio un prodotto o un processo produttivo. Lo scopo è testare il prodotto e ottimizzarne il processo, garantendo delle modifiche prima che il prodotto fisico venga realizzato e messo sul mercato, riducendo il rischio di errore e di insuccesso. [17][18][19][20]

L'Industria 4.0, applicata in un ambiente produttivo, risulta essere un sistema di comunicazione in cui le macchine comunicano il proprio stato e vi è la possibilità di interagire con esse dall'esterno. I dati ricevuti dalla macchina confluiscono in un *Big Data* con cui l'informazione può essere trasformata in un segnale utile a prendere decisioni.

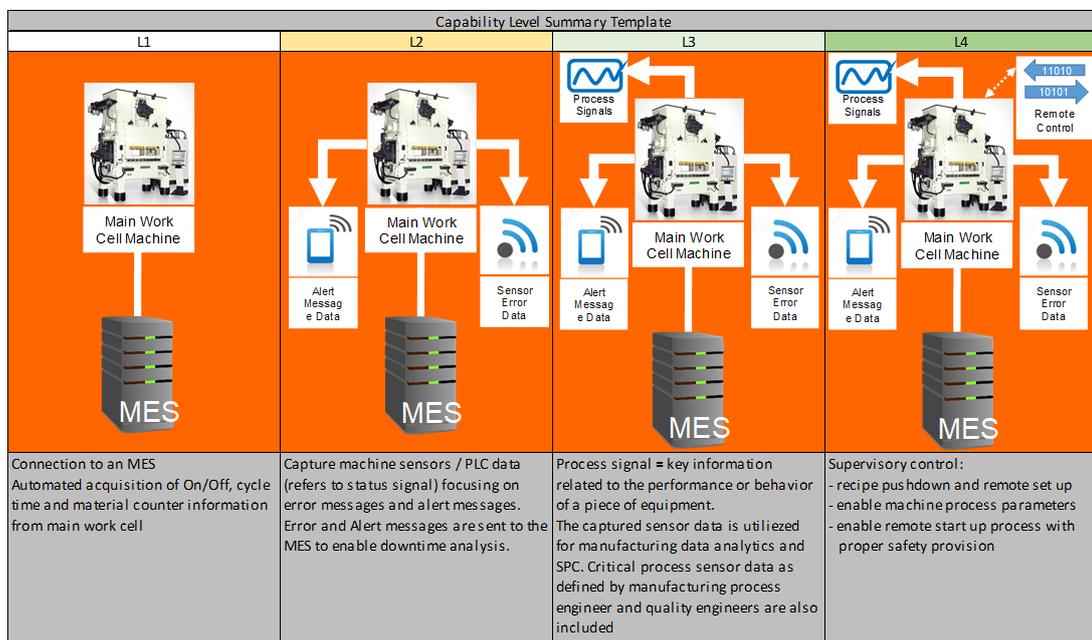


Figura 4.6 - Livelli Industria 4.0 in TE Connectivity

Nella figura 4.6, fornita dall'azienda, sono indicati i livelli evolutivi di connessione e di raccolta dati in un ambiente produttivo:

- **Livello L1:** è il livello di capacità di base, nel quale la macchina comunica il proprio stato. Si è quindi in grado di acquisire informazioni di tipo “on / off”, conteggio dei pezzi prodotti e la durata degli stati descritti.
- **Livello L2:** questo livello di capacità consente alla macchina, collegata alla rete locale dell'azienda, di inviare segnali in base ai problemi esistenti, come l'assenza di materia prima, problemi elettrici o meccanici identificati grazie alla presenza di sensori. La segnalazione delle anomalie avviene attraverso l'*Agnostic Andon*, che è una notifica inviata tramite mail o SMS a personale qualificato contenente una breve descrizione dell'anomalia stessa; si è così in grado di intervenire in modo rapido per risolvere il problema.
- **Livello L3:** questo livello di capacità oltre a consentire alla macchina di acquisire dati, è in grado di acquisire grandezze o parametri produttivi grazie ai quali è possibile derivare, ad esempio, come risultato dei grafici. Si facilita in tal modo la fase preventiva poiché è possibile intervenire in tempo per evitare eventuali guasti o fermi macchina.
- **Livello L4:** consente, oltre a ricevere lo stato della macchina, un controllo da remoto delle impostazioni quali avvio, arresto della produzione o variazione di parametri, senza dover essere fisicamente in officina.

Vi sono ulteriori possibilità di lavorare in remoto non illustrate nella figura 4.6. Si può citare l'esempio di ditte o enti esterni che offrono supporto tecnico ai manutentori di macchinari senza essere fisicamente in azienda, ma operando dalla loro sede, avvalendosi di tecnologie quali la realtà aumentata e la realtà virtuale.

I benefici attesi riconducibili dall'applicazione dell'Industria 4.0 sono molteplici. Se ne riportano alcuni nel seguente elenco:

- Maggiore competitività del prodotto avendo la possibilità di adattarsi alla domanda di mercato con l'IoT.

- Maggiore velocità nel passaggio dal prototipo alla produzione in serie.
- Maggiore produttività conseguibile attraverso minori tempi di set-up (tempo necessario ad esempio per sostituire stampi) e con una riduzione degli errori e dei fermi macchina.
- Aumento della qualità, con la realizzazione di minori scarti grazie all'impiego di sensori che consentano di monitorare la produzione in tempo reale, favorendo la creazione di un controllo sistematico della qualità (si veda il paragrafo 4.3.2). [21]

Di seguito, si descrive come la TE Connectivity stia introducendo il concetto di fabbrica digitale interconnessa. In particolare, si descrivono le piattaforme digitali presenti in azienda e la digitalizzazione del controllo statistico di processo nel reparto assemblaggio, indicando quali tipologie di carte di controllo si utilizzano.

#### **4.3.1. TE Connectivity come una fabbrica digitale**

Tra le opportunità di digitalizzazione da introdurre all'interno dell'azienda, vi è anche la creazione della documentazione di controllo qualitativo della produzione (argomento approfondito con il caso applicativo del capitolo 5), quali i piani di controllo sia dimensionali che per attributi: i risultati dei controlli eseguiti diventano disponibili nel *Big Data* e possono essere utilizzati per elaborare analisi o riceverle direttamente. La realizzazione comporta una prima fase di creazione in formato digitale delle informazioni contenute nei piani di controllo, per poi renderle disponibili e gestibili attraverso le varie piattaforme di raccolta dati, gestione di informazioni e governo di sistema.

Nella figura 4.7 sono indicate le fasi di implementazione per il caricamento a bordo macchina e l'analisi dei documenti QIP (*Quality Inspection Plan*, approfonditi nel paragrafo 5.3). In prima battuta si rendono disponibili in ambito digitale i piani di ispezione QIP in modo da avere una documentazione pronta e in grado di dialogare con le piattaforme digitali dell'azienda. La seconda fase vede l'implementazione a

bordo macchina o nelle postazioni di controllo della qualità presenti in produzione: dal terminale in cui è stata inviata la scheda, avviene il caricamento dei dati manualmente da parte di un operatore oppure in automatico tramite uno strumento di misura interfacciato (attualmente tale processo è cartaceo). Successivamente vi è una fase di reportistica e analisi. L'ultimo step, ancora in fase di elaborazione, è la ricezione di segnali in tempo reale nel momento in cui si verificano anomalie nel processo di produzione, dalle quali è poi possibile gestire le azioni correttive e gli eventuali processi di *escalation*.



Figura 4.7 - Processo digitalizzato raccolta dati in TE Connectivity

Nella figura 4.8 è schematizzato il dialogo integrato tra le piattaforme digitali presenti in azienda. L'applicazione DM.TEC raccoglie in forma digitalizzata la documentazione tecnica quali disegni, specifiche e piani di controllo e, a seguito di una fase di approvazione, rende i documenti interconnessi ad altre applicazioni attraverso DM link. Questo software ha al suo interno una serie di applicazioni quali la comunicazione tra diversi sistemi come Hydra e SAP: queste architetture sono sincronizzate tra di loro per garantire sia la tracciabilità che l'interscambio. Hydra comunica lo stato delle macchine e riceve le informazioni da SAP. Tramite SAP vengono rilasciati gli ordini di produzione che attraverso Hydra vengono caricati in macchina.

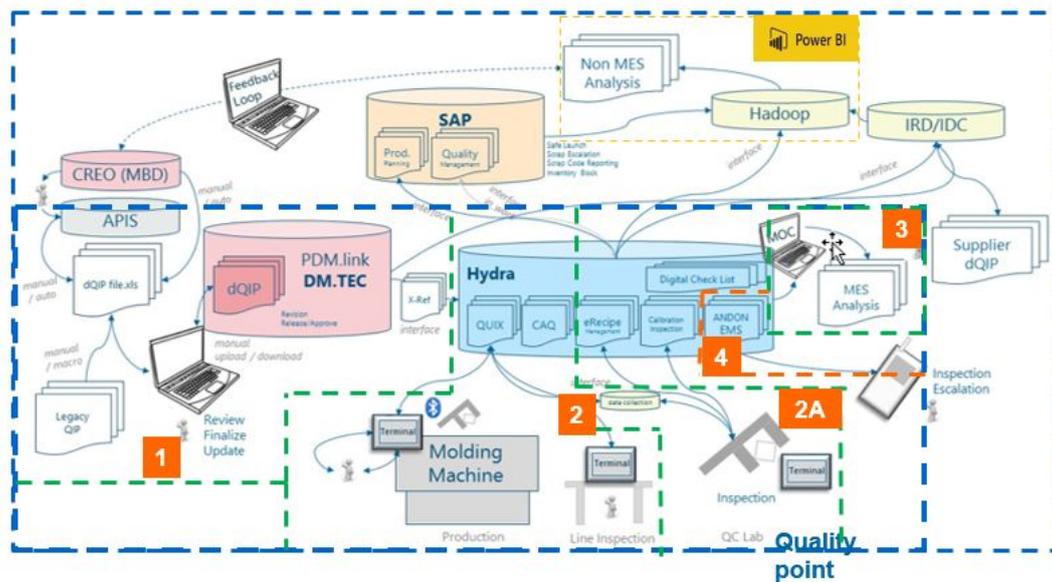


Figura 4.8 - Template dei sistemi in TE Connectivity

#### 4.3.2. Digitalizzazione del processo statistico di controllo in TE

In TE, la raccolta dati è eseguita compilando documenti cartacei direttamente nei reparti produttivi (discorso approfondito nel capitolo 5). In tempi recenti, si è deciso di digitalizzarne parte dell'elaborazione e della raccolta. In tal modo si ottimizza il controllo statistico di processo poiché alcuni dati non devono essere riportati manualmente su Excel per effettuare le analisi, bensì sono già disponibili nel *Big Data*. In alcune macchine automatiche nel reparto di assemblaggio, sono state infatti inserite delle telecamere grazie alle quali è possibile ottenere un controllo statistico di processo digitale, con il quale vengono compilate carte I-MR e *Run chart*. Grazie a ciò è possibile osservare in tempo reale l'andamento del processo.

##### 4.3.2.1. Run Chart

Le *run chart* visualizzano l'andamento temporale di valori singoli permettendo di individuare eventuali tendenze. I componenti di tale diagramma risultano essere la serie temporale delle misure nell'asse delle ascisse e tre valori sull'asse delle ordinate: la linea centrale rappresenta il valore nominale richiesto a disegno della quota da misurare, mentre gli altri due limiti riportano i valori del

limite di specifica superiore e di quello inferiore derivanti anch'essi dal disegno del prodotto. Il limite di tali carte è che non consentono di avere informazioni statistiche dettagliate circa la stabilità del processo. [22][23]

Nella figura 4.9 è riportato un esempio di *run chart* visualizzabile a bordo macchina.

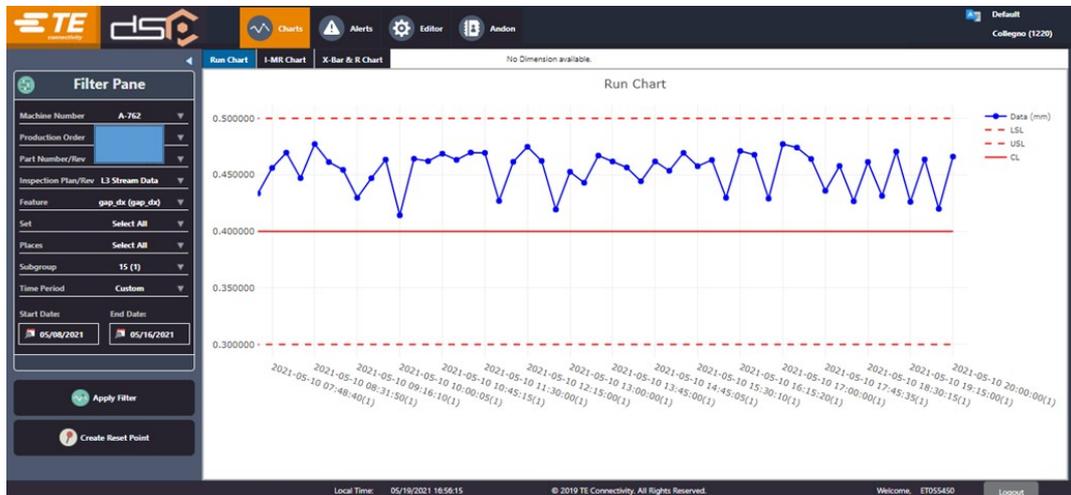


Figura 4.9 - Esempio di Run Chart prodotta in tempo reale

#### 4.3.2.2. I-MR Chart

Per ottenere informazioni statistiche dettagliate dai dati circa la qualità del processo, si utilizzano le carte di controllo. Il loro scopo è quello di controllare il processo verificando, istante per istante, che si mantenga stabile nel tempo, nelle condizioni in cui è stato progettato e nelle condizioni in cui è partito ad operare. È una tecnica utile per il monitoraggio del processo e un utile strumento per ridurre la variabilità. Infatti, quando sono presenti fonti di variabilità anomale, può accadere di osservare alcuni punti al di fuori dei limiti di controllo: questa è un'indicazione della necessità di effettuare indagini per rimuovere e correggere gli eventuali errori intervenuti.

Sulle ordinate si determinano tre limiti (si veda la figura 4.10): un limite di controllo superiore LCS, un limite di controllo inferiore LCI e una linea centrale LC. La linea centrale (LC) rappresenta la media della caratteristica di qualità corrispondente allo stato "in controllo". I limiti, invece, sono scelti in modo tale che distino  $\pm 3\sigma$  dalla

media: se il processo risulta in controllo, la gran parte dei punti si posiziona tra questi valori.

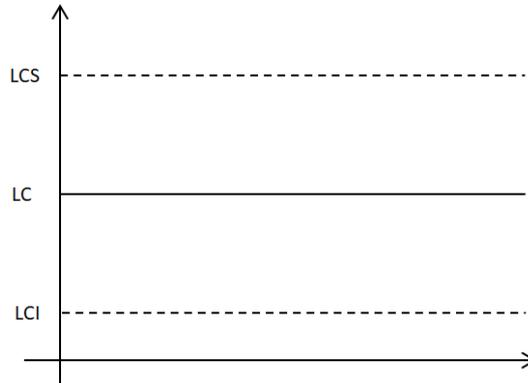


Figura 4.10 - Schematizzazione di una carta di controllo

Nel 1956 l'azienda Western Electric codificò in un manuale delle regole di decisione per il rilevamento di condizioni fuori controllo. Lo scopo era quello di garantire che i lavoratori e gli ingegneri di linea interpretassero le carte di controllo in modo uniforme. Si ricade nella casistica di fuori controllo se è soddisfatta una tra queste quattro regole:

- Uno o più punti fuori dai limiti di controllo posti a  $\mu \pm 3\sigma$ .
- Due su tre punti consecutivi al di fuori della banda di allerta definita da  $\mu \pm 2\sigma$ .
- Quattro su cinque punti consecutivi al di fuori della banda di allerta più stretta, quella definita da  $\mu \pm \sigma$ .
- Una serie di otto punti consecutivi che cadono sullo stesso lato della linea centrale. [24]

In aggiunta, si è in caso di fuori controllo anche se si ricade in una di queste casistiche:

- Sei punti in linea costantemente crescenti o decrescenti.
- Quindici punti consecutivi compresi nella banda definita da  $\mu \pm \sigma$ .

- Quattordici punti consecutivi che si alternano regolarmente in su e in giù.
- Un inusuale o non casuale comportamento dei punti.

Tramite la raccolta digitale delle misure, è possibile ricevere un segnale in caso di fuori controllo. Questa opportunità è implementata in TE Connectivity con carte I-MR.

Le carte I-MR, di ausilio nella visualizzazione dell'andamento del processo all'interno di TE Connectivity, sono caratterizzate dall'analisi di quantità individuali di misure. Ogni sottogruppo è cioè composto di un unico elemento. Per una carta individuale l'indice di dispersione viene calcolato utilizzando l'escursione mobile (*moving range*), definito come il valore assoluto della differenza tra due osservazioni successive:

$$MR_i = |x_{i+1} - x_i|$$

dove  $x_{i+1}$  è la misura presente e  $x_i$  è la misura precedente.

Il grafico *Individual Chart*, ovvero la carta di controllo per la media, rappresenta i punti presenti nel campione, posizionati in ordine temporale. Per la sua costruzione si utilizzano le seguenti formule:

$$LC_I = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k}$$

$$LCS_I = \bar{\bar{X}} + E_2 \overline{MR}$$

$$LCI_I = \bar{\bar{X}} - E_2 \overline{MR}$$

dove  $E_2$  è un valore tabulato,  $k$  il numero dei dati raccolti e  $\bar{\bar{X}}$  la media delle medie.

Il grafico del *Range Mobile*, ovvero la carta di controllo per le escursioni campionarie per osservazioni singole, rappresenta sull'asse X sempre una serie di punti in ordine temporale, con la differenza che tali misure risultano essere pari alla

differenza assoluta di ciascuna misurazione rispetto a quella precedente. Per la costruzione si utilizzano le seguenti formule:

$$LC_{MR} = \overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^k |x_i - x_{i-1}|}{k - 1}$$

$$LCS_{MR} = D_4 \overline{MR}$$

$$LCI_{MR} = D_3 \overline{MR}$$

dove  $k$  rappresenta il numero dei dati raccolti e  $D_4$ ,  $D_3$  sono valori tabulati.

La carta I-MR, quindi, aiuta a identificare quando il processo risulta fuori controllo e indica anche dove concentrarsi per identificare la causa dei fuori controllo. Questo strumento può monitorare anche le prestazioni del processo prima e dopo l'implementazione dei miglioramenti. [25] [26]

Si riporta nella figura di seguito un esempio di output di carte I-MR della TE Connectivity.

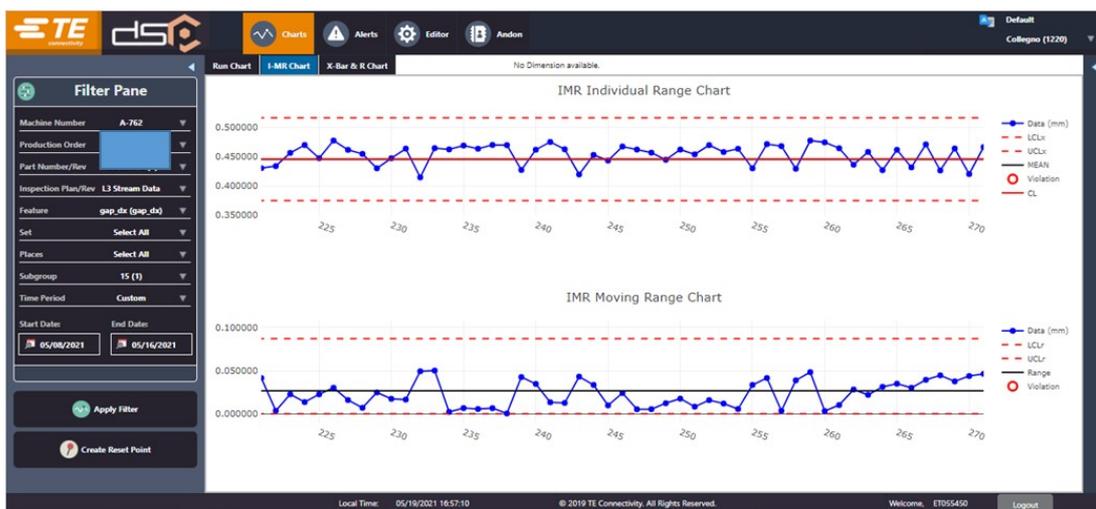


Figura 4.11 - Esempio di I-MR Chart prodotto in tempo reale

## 5. ANALISI DI UN CASO APPLICATIVO

In questo capitolo è trattata la fase di avvio del processo di digitalizzazione per quanto concerne i controlli di qualità nei reparti produttivi.

Il progetto di digitalizzare i piani di ispezione è nato in azienda in tempi recenti. I documenti QIP (*Quality Inspection Plan*), descritti nel paragrafo 5.3, sono infatti disponibili in ambito digitale (vedasi anche il paragrafo 4.3.1) e possono essere caricati su delle postazioni che includono dei computer, un monitor e una cabina per il collegamento della macchina con il server aziendale. L'interfaccia del monitor (riportata nella figura 5.6 e nella figura 5.7), dalla quale è possibile inserire i controlli effettuati, è già stata realizzata.

Attualmente l'utilizzo dei documenti QIP è cartaceo, ma lo si vuole digitalizzare in modo che il caricamento dei dati avvenga tramite computer e in modo che i dati siano immediatamente disponibili nel *Big Data*. L'obiettivo del caso di studio realizzato è, quindi, identificare l'area produttiva dove è maggiormente necessario introdurre la digitalizzazione della raccolta delle misure per il controllo di qualità nella linea di produzione.

Si descrivono quindi i passi seguiti. Si identifica innanzitutto la famiglia di prodotti maggiormente critica in termini di impatto sui costi e sui reclami. Si presenta poi lo stato attuale dei piani di ispezione, le inefficienze derivanti dall'utilizzo di un documento cartaceo e, in ultimo, si descrive la postazione digitale che verrà installata per l'esecuzione dei controlli in produzione.

## 5.1. Individuazione della famiglia di prodotto

Aiutandosi con la VSM, è possibile identificare le percentuali di impatto in termini di costi e reclami delle principali tipologie di prodotto realizzate in TE Connectivity. Nella tabella 5.1 si riportano i valori delle percentuali di COGS (*Cost Of Goods Sold*), COPQ (*Cost Of Poor Quality* dunque costi di gestione della qualità), DLPM (indice riguardante la percentuale di reclami giustificati) e SCOP (*Standard Cost Of Production*).

PRODOTTI	COGS	COPQ	DLPM	SCOP
<u>Monoshape</u> MKI	12,6%	11%	0%	16,1%
<u>Multifit</u> Mk II	10,8%	19%	13%	12,9%
<u>Duoplug</u> Power	4,8%	8%	0%	8%
<u>Duoplug</u> Mk I	6%	11%	0%	11%
<u>Mag</u> Mate	7,6%	7%	13%	10,9%
<u>Posi</u> -Lock	8,3%	7%	7%	7%
<u>Univ.</u> M-N Lock	4,5%	4%	7%	5,4%
<u>Faston</u>	7,6%	7%	0%	6,6%
<u>Faston</u> HSG	0,8%	1%	7%	1%
<u>Fastin</u> -Faston	8,7%	8%	0%	6,9%
<u>STD</u> -Timer ( <u>Rast</u> 5 NON IDC)	3,6%	4%	7%	4,7%
<u>Duoplug</u> MKII-(NPI)	1,3%	4%	05	1%

Tabella 5.1 - Percentuali di costi e reclami riportate dalla VSM

Si osserva che i prodotti Multifitting (Multifit. Mk II) presentano il maggior impatto in termini di costi di qualità e di reclami confermati. In aggiunta, l'impatto sia in termini di costi di esercizio che di ricavi nelle vendite è tra i più alti. È dunque significativamente importante per il *plant* di Collegno, pertanto è prioritaria in un processo di trasformazione in ottica di un miglioramento.

Coerentemente ai criteri impostati sulla VSM, l'analisi inizia dall'assemblaggio dove la realizzazione dei prodotti Multifitting impatta per circa il 30% della produzione totale del reparto. L'analisi condurrà all'identificazione di quale sia il punto del processo da cui si originano le inefficienze che portano a tali percentuali.

## 5.2. Analisi reparto di assemblaggio

Il processo di assemblaggio è costituito da macchine automatiche (raffigurate in figura 5.1) che inseriscono i contatti metallici (terminali) all'interno degli *housing* in materiale plastico.



Figura 5.1 - Macchina assemblaggio

Il processo è costituito dalle seguenti stazioni:

- Alimentazione dei contatti metallici, i quali vengono svolti da uno svolgatore per bobine ed inviati alla stazione di inserzione.
- Alimentazione degli *housing* tramite tazze vibranti dalle quali, attraverso delle guide lineari, i pezzi raggiungono la stazione di inserzione.
- Stazione di inserzione del contatto all'interno dell'*housing*.
- Stazione di ispezione nella quale sono presenti delle telecamere che eseguono controlli di forma e dimensionali, leggendo le simmetrie e le quote di piantaggio del contatto all'interno dell'*housing*.
- La postazione di taglio per la separazione degli *housing* dalla materozza in modo da singolarizzarli.

- In ultimo è presente la postazione denominata *chaining* in cui si agganciano i connettori l'uno all'altro formando delle strisce che vengono successivamente confezionate manualmente dall'operatore.

È possibile conoscere e localizzare quali siano le stazioni del processo che hanno maggiori interruzioni per guasti e difettosità utilizzando il QCPC come metodo d'analisi. Il *Quality Control Process Charts* (QCPC), introdotto nel paragrafo 3.4.1.2, è un approccio strutturato pensato per identificare e dare priorità alle inefficienze ricorrenti del processo, per poi eliminarle attraverso azioni correttive. Si raccolgono dunque informazioni quali il numero di pezzi prodotti, il numero di fermi macchina e la tipologia di fermata. I dati raccolti, grazie a una connessione di tipo L2 (si confronti il paragrafo 4.3 e figura 4.6), sono disponibili nel *Big Data* e vengono scaricati ed analizzati su base settimanale, inserendoli su dei format predisposti in Excel (si veda l'allegato D) in cui è calcolato il valore dell'indice QCPC Ratio. Tale indice normalizza le fermate ricorrenti sulla base della quantità di pezzi prodotti su un determinato orizzonte temporale (in questo caso di studio è su base settimanale). Si ragiona dunque su risultati per attributi, si conta la numerosità degli eventi in modo da poter dare una priorità che identifichi dove siano maggiormente necessarie migliorie/correzioni nel processo.

Questo indice è rappresentato dalla seguente formula:

$$QCPC\ Ratio = \frac{Numero\ fermate}{Numero\ totale\ di\ pezzi\ prodotti} \cdot 10^6$$

Il caso di studio è applicato all'isola produttiva della famiglia Multifitting, la quale è costituita dalla presenza di tre macchine. Si prendono i risultati che compaiono dalla combinazione dei sinottici delle fermate relativi a un periodo tra luglio e ottobre 2021. Nella tabella 5.2 è riportato il conteggio dei QCPC Ratio totali delle tre macchine, relativi alle differenti stazioni.

SETTIMANA	ALIMENTAZIONE CONTATTI METALLICI	ALIMENTAZIONE HOUSING	FASE DI INSERZIONE	STAZIONE DI ISPEZIONE	POSTAZIONE DI TAGLIO	STAZIONE DI AGGANCIO
27	93	564	2779	1650	397	92
28	181	457	2567	1281	375	144
29	99	586	3529	1082	544	184
30	317	1340	4248	1305	931	203
31	62	563	5127	2839	819	601
32	67	307	4701	2227	1012	694
33	371	1103	3344	1895	636	568
34	180	1205	2866	1563	647	305
35	139	693	1747	873	442	331
36	108	242	2920	1268	725	804
37	86	860	2302	1001	1353	544
38	122	650	3284	968	803	691
39	69	756	4372	1174	1248	1461
TOTALE	1894	9326	43786	19126	9932	6622

Tabella 5.2 - Conteggio fermi macchina suddivisi per stazione

Tramite il diagramma di Pareto, riportato in figura 5.2, si osserva che le maggiori perdite di performance si originano nella stazione di inserzione (stazione di origine dei fermi nel 48.3% dei casi) e nella stazione di ispezione (nel 21.1% delle fermate).

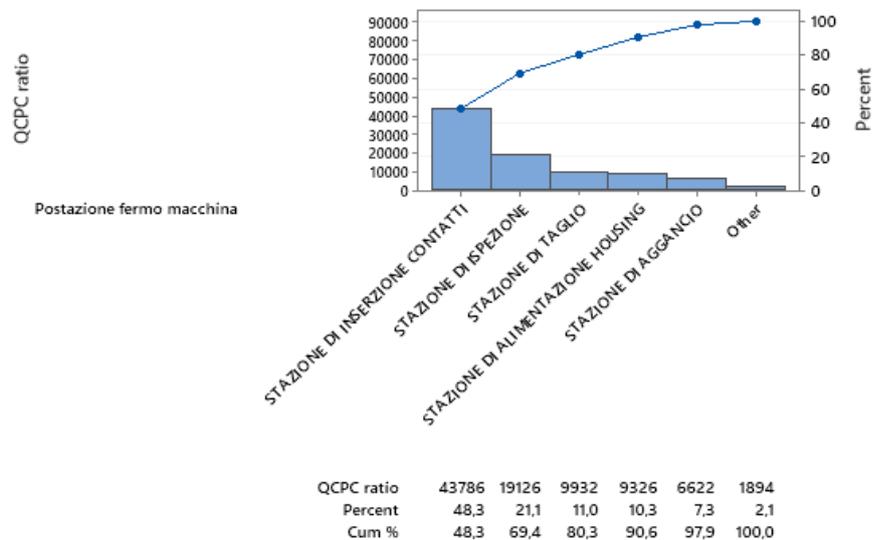


Figura 5.2 - Diagramma di Pareto riportante sull'asse delle ascisse le stazioni del processo di assemblaggio e sulle ordinate i valori del QCPC Ratio

Nella stazione di ispezione (come descritto nel paragrafo 4.3.2) sono presenti delle telecamere che permettono di misurare le quote di piantaggio e le simmetrie, elaborandole in carte di controllo I-MR e *Run chart* visionabili su schermi a bordo macchina. Attraverso ciò è possibile verificare se il processo è in controllo ed intervenire direttamente sulla macchina al ricevimento di una segnalazione di fuori controllo.

Invece, per identificare la causa d'origine dei fermi macchina riscontrati nella stazione di inserzione, come approccio di *problem solving* si utilizza il diagramma di Ishikawa (riportato in figura 5.3). Nel campo manifatturiero le cause che influenzano il processo produttivo sono principalmente organizzate in quattro macro-gruppi, come indicato nella figura 5.3. Ogni fattore può causare differenti problemi, elencati di seguito:

- **MACCHINE.** La macchina di assemblaggio si può fermare a causa di una mancanza di alimentazione dei semilavorati oppure a causa di un posizionamento errato del terminale dovuto alla presenza di bave o errori dimensionali nell'*housing*.
- **MATERIALI.** I semilavorati possono presentare difetti che causano fermi e inceppamenti della macchina.
- **MANODOPERA.** In questo caso si può presentare un errore durante la fase di ripristino del processo a seguito di un inceppamento nell'inserimento del terminale all'interno dell'*housing*. Se si verifica ciò, un operatore deve eliminare i semilavorati che ostruiscono la macchina e può non seguire una corretta procedura di ripristino, ad esempio perché le istruzioni di lavoro riportate a bordo macchina non sono sufficientemente chiare. Nel caso la procedura venga eseguita erroneamente, la macchina a seguito della ripartenza, si interromperà nuovamente a causa di errori.
- **METODI.** In questo caso è possibile vi sia un problema nell'inserimento del terminale nell'*housing* dovuto a un settaggio errato dei componenti della macchina.

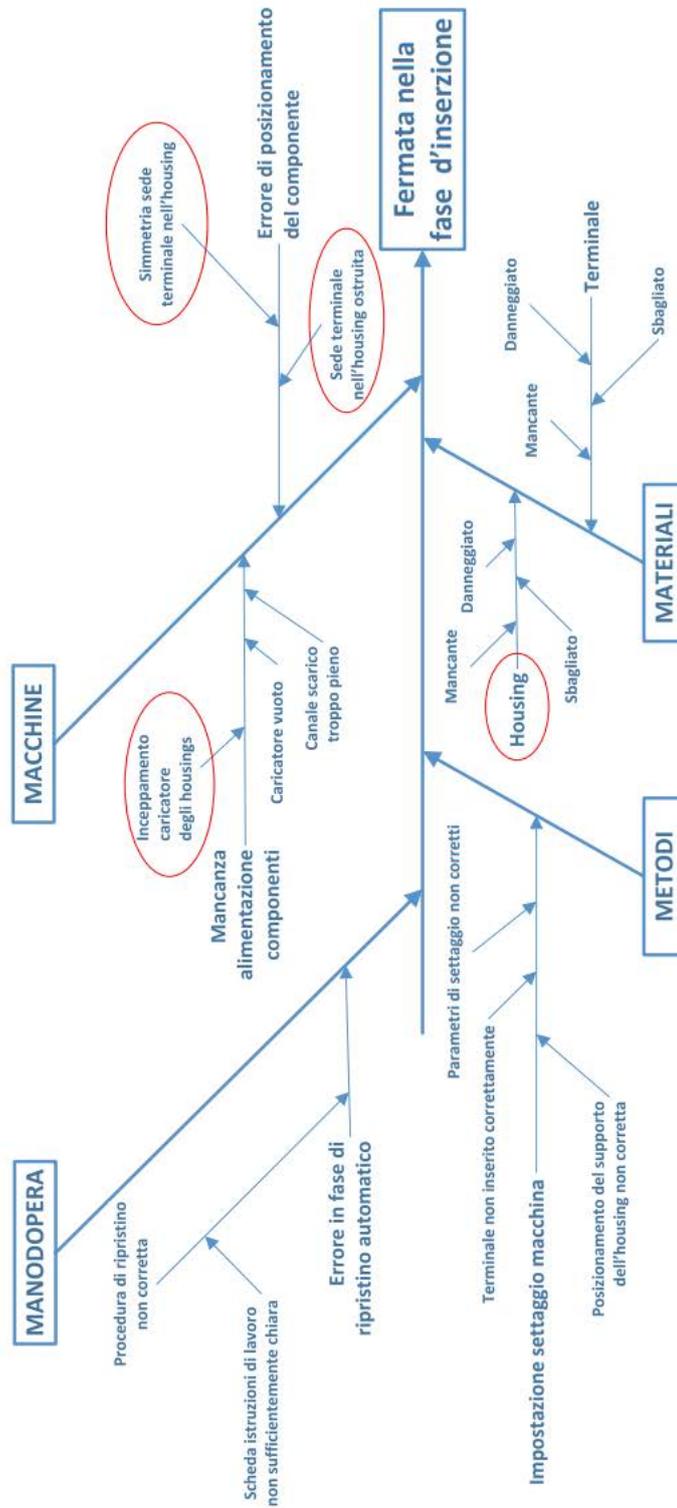


Figura 5.3 - Diagramma di Ishikawa

Si osserva dalla figura 5.3 che quattro cause, evidenziate in rosso, si riferiscono all'*housing*. La maggior parte dei fermi macchina riscontrati nella fase di inserzione sono quindi dovuti a difettosità degli *housing*, i quali presentano errori dimensionali o presenza di bave, e alla mancanza di alimentazione del prodotto in materia plastica. Dal grafico in figura 5.2 si osserva, infatti, come la quarta stazione che presenta più fermate sia la stazione di alimentazione degli *housing*.

È quindi necessario dare precedenza al reparto di stampaggio plastica (dove si producono gli *housing*) nel processo di digitalizzazione, con l'obiettivo di migliorare il QCPC Ratio e diminuire le fermate in reparto assemblaggio.

### **5.3. Quality Inspection Plan nel reparto moulding**

Attualmente, nel reparto produttivo di stampaggio plastica (*moulding*), si compila il documento cartaceo riportato nella figura 5.4, il quale prende il nome di *Quality Inspection Plan* (QIP). Il QIP riguarda controlli di qualità ed eventuali carte di controllo che dovrebbero derivarne. Tale documentazione è strutturata nelle seguenti sezioni:

- La prima sezione in alto contiene gli elementi necessari per la tracciabilità quali l'indicazione del codice prodotto, il numero d'ordine di produzione, l'indice di revisione del disegno e il lotto di materia prima.
- Nella seconda sezione sono elencati i controlli per attributi (in questo caso controlli visivi) in carico al personale che opera a bordo pressa.
- Nella terza sezione sono indicati i controlli dimensionali che devono essere compiuti dal personale della qualità che opera in reparto. Le misurazioni vengono effettuate con proiettori e calibri in una saletta metrologica.
- In una quarta sezione sono definite le frequenze ed è inserita la griglia per la raccolta dei dati e relativa registrazione (data e ora). Mediamente è richiesta una frequenza pari a 8 ore; negli altri casi è riportata l'abbreviazione "BEN"

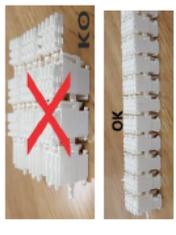
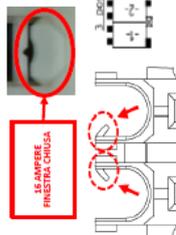
che indica che tale controllo deve essere effettuato a inizio produzione oppure la sigla “FO” che richiede la misurazione solo nel caso di cambio del numero d’ordine.

A lato della scheda sono presenti indicazioni di massima sulle modalità e sulle specifiche di controllo. La scheda è completata con il disegno di produzione per facilitare l’individuazione delle parti da controllare.

L’obiettivo della digitalizzazione è quello di rendere disponibili in formato digitale i documenti QIP e la raccolta dei relativi dati.

Nel paragrafo 5.4 sono indicate le figure professionali a cui è richiesto di effettuare i controlli presenti nel QIP.

SCHEDA DI REGISTRAZIONE BENESTARE E AUTOCONTROLLO MULTIFIT MK2GEH 3P		REV: RZ1	STAMPO N°:	Prezzo N°:	M.O.C.:	1° Ediz. E. A. FERRARIO
P.N.:		F.O.:		Data:		27/11/2021
DESCRIZIONE:		SPECIFICAZIONI		IMPRONTE REALI:		MACCHINA
MATERIALI SPEC.:		Riz.zona		Cambi		
CARATTERISTICHE TEC:100-159		Vedi Dis		VSMO (C)		
N°		Vedi Dis		VSMO (C)		
1		Vedi Dis		VSMO (C)		
BEN		Vedi Dis		VSMO (C)		
1.1		Vedi Dis		VSMO (C)		
BEN		Vedi Dis		VSMO (C)		
1.2		Vedi Dis		VSMO (C)		
BEN/Br./A		Vedi Dis		VSMO (C)		
1.3		Vedi Dis		VSMO (C)		
BEN		Vedi Dis		VSMO (C)		
1.4		Vedi Dis		VSMO (C)		
2		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.1		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.2		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.3		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.4		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.5		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.6		Vedi Dis		VSMO (C)		
2.7		Vedi Dis		VSMO (C)		
3		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.1		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.2		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.3		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.4		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.5		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.6		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.7		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.8		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.9		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.10		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.11		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.12		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.13		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.14		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.15		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.16		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.17		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.18		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.19		Vedi Dis		VSMO (C)		
3.20		Vedi Dis		VSMO (C)		
MATERIALI SPEC.:		FRANTYL A3 V001		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		2198403-1		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		NATURALE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		LOTTON'		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		RIMACINATO %:		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		VSMO		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		MARCHIO AMP N° IMP. COD. PLANT		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		ROTTURA PARTE STAMPO		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		BRUCIATURE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		WELDING LINES / LINEE SANGINAZIONE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		MATERIALE IN CAVITA'		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		ASSENZA DEFORMAZIONI		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		MANCANZA MATERIALE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		DIMENSIONALE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		BAVA ESTERNA = 0.38 MAX		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		BAVA IN CAVITA' = 0.30 MAX		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		BAVA NELLA FINESTRA AGG. HSG 0.20 MAX		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 3.90 +0.15 -0.05		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		SIMMETRIA 0.15 +0 -0.15		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 2.80 +0 -0.1		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 9.20 +0 -0.2		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 4.20 +0.10 -0.02 (vedi nota 5)		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 3.20 +0.16		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 3.40 +0.15		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 9.00 +0.2		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 24.00 -0.1		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA "Y" 9.95 +0.05 -0.15 (lato sup. hsg)		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA "Y" 9.95 -0.25 (base hsg)		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA "X" 5.00 + 0.1 - 0.2		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		QUOTA 5.00 +0.1 (Passo)		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		LOCKING LANCE (1-2)		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		STACCARE GLI HOUSING CONTRALLARE CHIUSURA COVER E FARE LA PROVA DI ASSEMBLAGGIO IN CATENA VEDI FOTO OK E NOTA 2		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		PASSARE LA DIMA SOTTO I COPERCHI E NELLA BASE DEL CONNETTORE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		LA DIMA DEVE SCORRERE LIBERA NON DEVE BLOCCARSI		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		PASSARE TAMPONE ZONA COVER DOVE AGGANCIA IL CAVO ELETTRICO VEDI FOTO		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		IL TAMPONE DEVE PASSARE		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		ORA		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		DATA		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		N° IMPR. REALI		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		FO:		Vedi Dis		
MATERIALI SPEC.:		FIRMA		Vedi Dis		



GAGE \* = USARE GAGE 2295159

NOTE GENERALI:

- (1) Effettuare i controlli di frequenza su almeno una stampata
- (2) Effettuare il controllo di chiusura del coperchio ogni 8 ore
- (3) Quota da rilevare dalla qualità ogni F.O.
- (4) Effettuare i controlli in frequenza su una stampata completa e trasmetterli negli appositi spazi (Vedi SWI-MFG-029)
- (5) riportare il numero lotto della materia prima ad ogni caricamento di materiale
- (6) In accordo all'AMP Specification 115-40-1 (se non diversamente specificato sul disegno)
- (7) Attenersi alla procedura operativa QMP CO I 201 (Gestione della produzione e dell'autocentro)
- (8) Attenersi alla procedura operativa QMP CO I 202 (Gestione delle non conformità)
- (9) Per compilazione scheda benestare autocentro riferirsi a SWI-MOULD-80

Vedi panoplia difetti allegata alla scheda

Figura 5.4 - QIP cartaceo, famiglia Multifitting, reparto moulding

### 5.4. Analisi raccolta dati qualitativi nel reparto moulding

L'organizzazione del reparto di produzione è affidata a diverse figure professionali, alle quali sono richieste, nell'ambito dei controlli qualitativi, diverse competenze e attività. La figura 5.5 riporta un estratto della matrice Hoshin utilizzata per correlare i controlli richiesti con le figure di produzione e le postazioni esecutive presso i vari reparti.

X				Laboratorio												
X	X	X		Stazione qualità	X	X	X	X								
X	X	X	X	Bordo macchina	X	X	X	X								
Specialista della qualità	Set Up Man / Capoturno	Line Inspector	Operatore					Assembly	Moulding	Stamping	Plating					
				X	X	X	X					Controlli visivi				
				X	X	X	X					Check Go / No go (gauges)				
				X	X	X						Misure dimensionali con specifici strumenti				

Figura 5.5 – Matrice controlli, figure, postazione, reparto

Sono oggetto dei controlli qualitativi:

- Misure dimensionali con strumenti specifici quali il proiettore.
- Misure per attributi adoperando i calibri passa-non passa.
- Controlli visivi.

Queste tre categorie di misure sono eseguite da differenti figure presenti in azienda:

- **Line inspector.** Gli ispettori di linea si occupano di verificare che gli standard qualitativi stabiliti siano rispettati in tutto il processo di produzione.

- **Operatori di linea.** Questa mansione richiede di lavorare sulla linea di produzione, supervisionando il funzionamento dei macchinari. Svolge semplici attività di controllo qualità.
- **Set-up man.** È la figura professionale che si occupa di eseguire il montaggio e il condizionamento degli stampi a bordo macchina e di eseguire le verifiche in autocontrollo (primi controlli per avviare produzione).
- **Capoturno.** Assicura la supervisione, il coordinamento ed il controllo del personale operativo sul turno nel reparto produttivo.
- **Specialisti della qualità.** È un ingegnere della qualità che supporta il reparto con attività di analisi.

Tali figure sono messe in relazione alle aree specifiche dove compiere le misure o i controlli. I controlli visivi e quelli con i calibri passa-non passa sono abilitati tutti ad effettuarli. L'operatore, comunemente, opera a bordo macchina in tutti i reparti. Gli ispettori di linea eseguono tutte le tipologie di misurazioni e sono operativi sia a bordo macchina che nella stazione della qualità presente nel reparto; discorso simile per i set-up man e i capoturno. Gli specialisti della qualità, invece, oltre che effettuare tutti i controlli necessari, si possono recare anche in laboratorio per effettuare delle misure fuori dalla routine giornaliera.

Sono state condotte delle interviste alle figure professionali precedentemente descritte, per verificare il corretto utilizzo dei QIP nel reparto *moulding* e verificare l'esistenza di un'omogeneità di metodo nella compilazione dello stesso. I risultati sono analizzati nel paragrafo 5.5.

## **5.5. Interviste alle figure professionali nel reparto moulding**

Dalle interviste nel reparto produttivo si è in grado di capire l'esistenza o meno di discrepanze tra le attività impostate e richieste e quelle effettivamente realizzate. Le tabelle seguenti riassumono le risposte più significative, categorizzandole per tipologia di figura professionale intervistata.

Nelle interviste, condotte nel mese di novembre 2021, si è tenuto conto di fattori che possono influenzare i risultati delle attività di controllo come gli anni di servizio presso l'azienda e la frequenza con cui effettuano le misurazioni.

	Ruolo	Anni di servizio	Controllo visivo	Verifica polarizzazione	Verifica n° vie	Inserimento data e firma
ANTONINO	CAPOTURNO	27	SI	SI	SI	SI
PIETRO	ATTREZZISTA	17	SI	SI	SI	SI
ARMANDO	ATTREZZISTA	15	SI	SI	SI	SI
MARCO	ATTREZZISTA	8 giorni	Affiancamento, training	Affiancamento, training	Affiancamento, training	Affiancamento, training
FABRIZIO	ATTREZZISTA	21	SI	SI	SI	SI
DANILO	ATTREZZISTA	3.5	SI	SI	SI	SI
ANTONIO	ATTREZZISTA	4	SI	SI	SI	SI
FEDERICO	ATTREZZISTA	4	SI	SI	SI	SI
ALFIO	ATTREZZISTA	1.5	SI	SI	SI	SI

Tabella 5.2 - Risultati interviste attrezzisti

	Ruolo	Anni di servizio	Presse assegnate	Controllo Visivo	Frequenza visivo	Controllo con gauge
SERGIO	OPERATORE	3	8	SI	8 ore	SI
SIMONE	OPERATORE	11	8	SI	8 ore	SI
ALESSANDRO	OPERATORE	9 mesi	8	SI	8 ore	SI
LUDOVICO	OPERATORE	2	8	SI	8 ore	SI
MATTEO	OPERATORE	2	8	SI	8 ore	SI
ROBERTO	OPERATORE	15	8	SI	8 ore	SI
CHAKIB	OPERATORE	14	8	SI	8 ore	SI

Tabella 5.3 - Risultati interviste operatori

	Ruolo	Anni di servizio	Controllo Visivo	Frequenza visivo	Controllo con gauge	Controllo dimensionale
LORENZO	ISPETTORE DI LINEA	23	SI	8 ore	SI	SI
STEFANIA	ISPETTORE DI LINEA	20	SI	8 ore	SI	SI
SILVIO	ISPETTORE DI LINEA	30	SI	8 ore	SI	SI

Tabella 5.4 - Risultati interviste line inspector

	Ruolo	Anni di servizio	Controllo Visivo	Controllo con gauge	Controllo dimensionale
PASQUALE	CAPOTURNO	27	SI	SI	SI
ALESSANDRO	MONTATORE STAMPO	16	SI	SI	SI
GIANPIERO	MONTATORE STAMPO	17	SI	SI	SI
VINCENZO	CAPOTURNO	15	SI	SI	SI
MASSIMILIANO	CAPOTURNO	12	SI	SI	SI
MORENO	MONTATORE STAMPO	21	SI	SI	SI

Tabella 5.5 - Risultati interviste capituorno e set up man

Si nota un'omogeneità di modalità di lavoro tra i diversi ruoli e la presenza di figure con diverse *skills* e anzianità. Il problema che si è riscontrato è la frequenza con cui

si eseguono i controlli. Tutte le risorse eseguono il controllo una volta a turno (è stato inserito infatti il valore 8 ore), ma varia il momento: alcuni a inizio turno, altri durante oppure a fine turno.

Tramite un processo basato su documenti cartacei non si può affermare che i controlli vengano eseguiti effettivamente ogni 8 ore. Gli operatori, infatti, non ricevono un segnale di avviso passato il tempo massimo e quindi è possibile che vi sia un gap fino a 16 ore tra una misura e la successiva (ad esempio nel caso in cui l'operatore del turno precedente effettui il controllo a inizio turno e l'operatore seguente a fine turno). Per questo motivo non si riesce ad ottenere una corretta elaborazione delle misure rilevate.

Nel caso, invece, si digitalizzasse la raccolta delle misure, è possibile visionare su uno schermo il momento in cui una richiesta di ispezione è generata; in tal modo l'esecuzione del controllo è facilitata a cadere secondo intervalli di tempo più costanti e si possono analizzare gli orari e i dati inseriti osservando eventuali scostamenti, potendo così adottare misure preventive sul modo di operare delle risorse ove necessario.

## **5.6. Formato QIP digitale**

La digitalizzazione della raccolta dati riguardanti i controlli sui prodotti realizzati, sarà in grado di migliorare la funzionalità dei documenti qualitativi, oltre che replicarne le procedure già esistenti e richieste. Si andrà a installare, a bordo macchina, nel laboratorio della qualità e nelle stazioni di qualità in produzione, una stazione di controllo digitale costituita da un computer, un monitor touch screen e una cabina di collegamento di input/output della macchina alla rete aziendale. Tale stazione sarà collegata con il server aziendale per rendere disponibili i dati alle applicazioni della fabbrica digitale. Il monitor mostrerà l'interfaccia riportata in figura 5.6. L'interfaccia è già stata creata e i documenti QIP sono già disponibili in ambito digitale.

Questo strumento consentirà di raccogliere i dati direttamente in un *Big Data* permettendo un'elaborazione, e successiva analisi, in tempi rapidi, senza richiedere

che una risorsa li trascriva manualmente in Excel. Inoltre invierà un segnale nel momento in cui è richiesto un controllo; ciò faciliterà, ad esempio, l'operatore a rispettare le frequenze dei controlli per tutte le otto presse assegnategli.

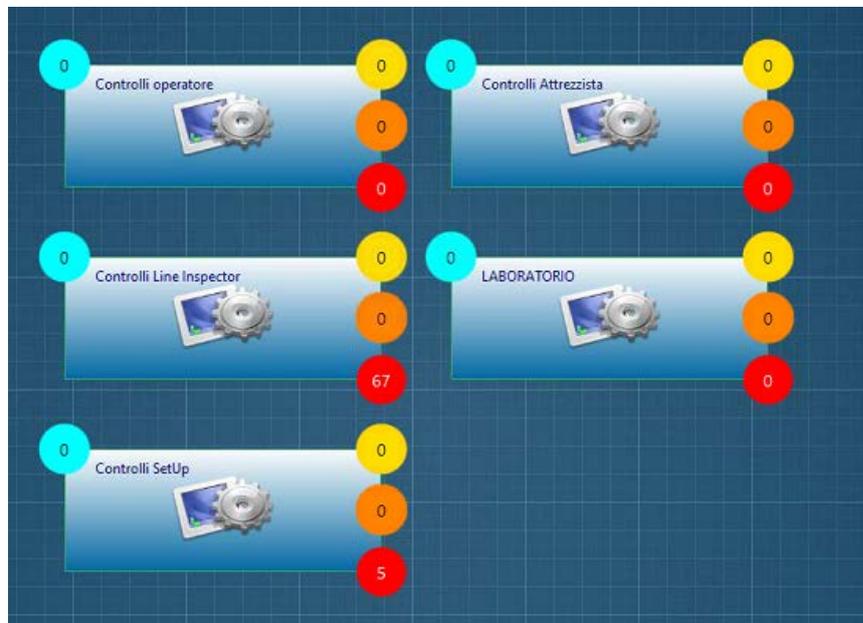


Figura 5.6 – Interfaccia del monitor

Nella figura 5.6 sono raffigurate cinque finestre differenziate in base alla figura professionale che deve effettuare il controllo. Ogni finestra è caratterizzata in alto a sinistra dal numero di controlli da effettuare e sulla destra un semaforo che indica con diversi colori lo stato dei controlli:

- **Rosso** riporta il numero di ispezioni non ancora compilate.
- **Arancione** riporta il numero di ispezioni in corso ma non ancora concluse.
- **Giallo** indica il numero di ispezioni completate.

Selezionata la finestra, apparirà l'elenco dei controlli relativi alle macchine collegate al videoterminale. Selezionando la macchina è possibile avere l'elenco delle misure dimensionali e dei controlli visivi da compilare, potendo eventualmente inserire dei

commenti. Ciò che viene visualizzato sul display nel caso di un line inspector si può osservare nella figura 5.7.

Macchina in produzione	Part Number	Numero ordine	Descrizione Op.	Stampo in produzione	Punti di Ispezione Incompleti	Part Description	Insp plan nr	Doc Revision
M001015	9-790319-3	200223084005	Controllo Turno Lin...	S022258	3	RECEP 6,35...	657	A
M001025	7-2178270-2	200223073820	Controllo Turno Lin...	S011563	1	INTERNAL...	504	B
M001028	1-1534870-2	200223016900	Controllo Turno Lin...	S138341	1	DUO PLG POWER...	439	D

Data / Ora	Ispezione da completare da (minuti)	Campione/impronta	Motivo ispezione	Tipo di ispezione	Stato punto di ispezione	Print Result
05/02/2021 06:00	511	6	Cambio turno	Caratteristica	Aperto	Print Result

Metodo	Descrizione ispezione	Metodo Ispezione	Risultato ispezione	Notes	Show Chart
	Visual check,TE stock number: 9-704060-7,(,)	Controllo			Show Chart
	Visual check,Tipo M.P. CuNiSi K55 R640 SPEC. 100-1086,(,)	Controllo			Show Chart
	Visual check,Fornitore,(,)	Controllo			Show Chart
	Visual check,Numero ordine TE,(,)	Controllo			Show Chart
	Dimensional check Calibro corsoio,Larghezza M.P.	Controllo			Show Chart

Figura 5.7 - Esempio di un elenco di ispezioni da effettuare nel caso di un line inspector

Grazie a tale processo digitale (i dati sono inseriti direttamente in un database, dal quale è possibile scaricare le misure per un'analisi) è possibile inoltre elaborare i dati raccolti derivando carte *Individual Moving Range* e *Run chart* in tempo reale anche nel reparto *moulding*, verificando così se il processo è sotto controllo.

## 6. CONCLUSIONI

Nell'ultimo paragrafo del capitolo 5 si è descritta la postazione che dovrà essere installata a bordo macchina, in laboratorio e nelle stazioni della qualità del reparto *moulding*.

Il passo successivo è il coinvolgimento di tutte le figure professionali, per far sì che siano il più possibile propense all'utilizzo di tale strumento. Potrebbe infatti presentarsi un atteggiamento restio da parte degli operatori con una maggiore anzianità in azienda, dato che ciò rappresenta un cambiamento notevole rispetto alle loro abitudini lavorative. È quindi necessario condurre riunioni con le varie figure in modo da presentare loro i benefici ottenibili da un QIP (*Quality Inspection Plan*) digitale:

- Il reparto qualità è facilitato nell'analisi e nell'elaborazione dei dati raccolti. Può dunque intervenire in tempi rapidi in caso di riscontro di anomalie nel processo produttivo.
- Non è più necessaria una risorsa per il caricamento dei dati raccolti manualmente.
- Gli operatori avranno a loro disposizione un ausilio informatico che indicherà dove e quando effettuare i controlli.

A seguito di tali riunioni con le risorse, è possibile installare i monitor e successivamente utilizzarli.

La conferma del buon esito della soluzione applicata la si potrà osservare dalla variazione dei risultati in termini di QCPC Ratio e in termini di diagramma di Pareto, oltre che da una riduzione delle percentuali dei costi di gestione della qualità e una riduzione della percentuale di reclami confermati (si veda il confronto con la tabella 5.1). Nel caso il riscontro sia positivo, la classifica riportata nel diagramma di

Pareto della figura 5.2 cambierà: le percentuali varieranno e così anche le stazioni del reparto assemblaggio in cui si origineranno più fermate. Si analizzerà la nuova situazione, in modo da identificare i nuovi prodotti critici, così da poter estendere, dove maggiormente necessario, l'installazione di un QIP digitale. Tale procedura sarà ripetuta fino all'introduzione in tutti i reparti di tale innovazione.

Una possibilità di ulteriore miglioramento a seguito della digitalizzazione dei QIP nei reparti produttivi, è la revisione dei disegni dei prodotti, in modo da razionalizzare le quote richieste nei controlli. Il reparto qualità potrebbe condurre riunioni con gli operatori e con il reparto di ingegneria in modo da stilare un elenco delle quote da inserire nei QIP digitali, per esempio includendo le seguenti:

- Quote critiche indicate nei disegni.
- Quote che vengono controllate dagli operatori, ma che non sono indicate attualmente nei controlli da effettuare.
- Quote critiche per il cliente, presenti nei reclami, ma non indicate come critiche nei disegni e non inserite nei QIP attuali.

Con l'elaborato si può comprendere come una sinergia tra l'Industria 4.0 e il controllo di qualità possa migliorare e ottimizzare il processo produttivo in un'azienda. Il mercato richiede infatti prodotti di alta qualità e una diminuzione del *time to market*: per poter soddisfare tali richieste e mantenere un buon posizionamento, le aziende devono adattarsi, consolidando le metodologie, quali la *Lean Manufacturing* ad esempio, e cercando di introdurre un approccio alla fabbrica digitale. Realizzare prodotti migliori è una delle principali priorità, per ottenere ciò, è necessario che il controllo qualitativo evolva e sfrutti le tecnologie abilitanti offerte dall'Industria 4.0. La scelta di orientarsi verso una qualità 4.0 produce un controllo statistico di processo efficace e una riduzione delle difettosità derivanti dalla produzione, con una conseguente riduzione dei costi.

L'introduzione di una digitalizzazione all'interno dell'azienda, in particolare nei reparti produttivi, richiede tempo e risorse, sia economiche che umane, ma senza di essa non è possibile ottenere significativi miglioramenti.

## 7. SITOGRAFIA

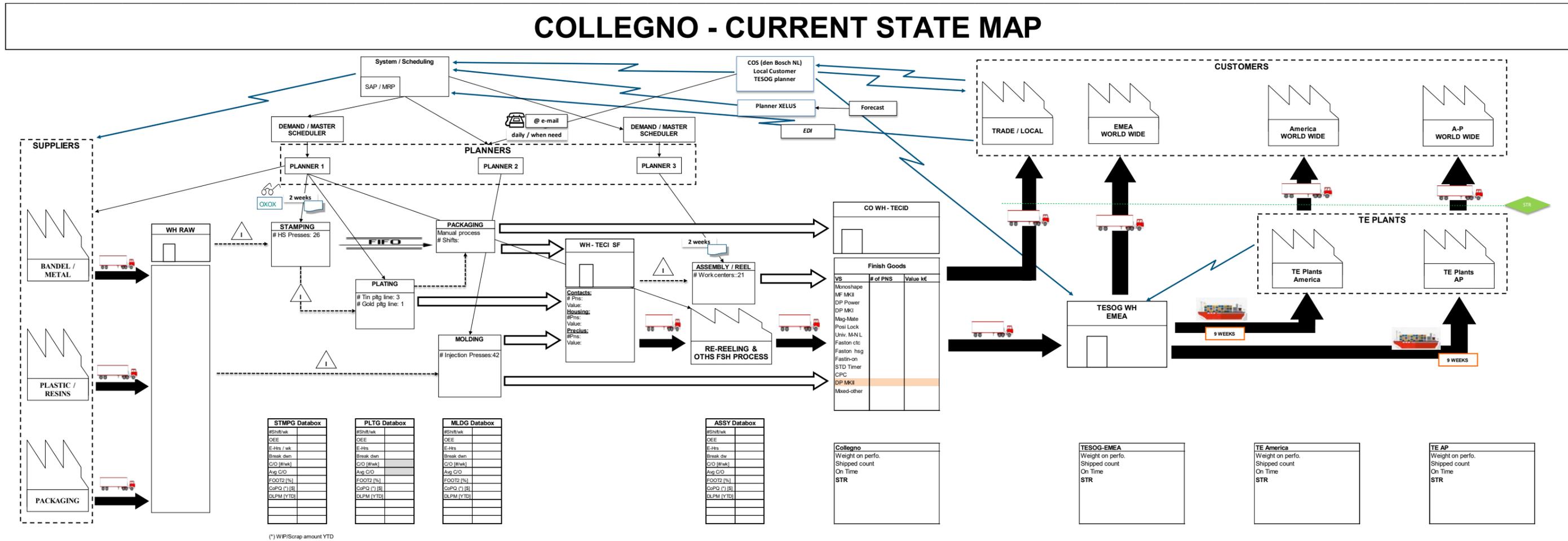
- [1] *TE Connectivity*, Wikipedia, aggiornato al 26 agosto 2020, [https://it.wikipedia.org/wiki/TE\\_Connectivity](https://it.wikipedia.org/wiki/TE_Connectivity)
- [2] *TE Connectivityt Ltd*, CSIMarket.com, [https://csimarket.com/stocks/financials\\_glance.php?code=TEL](https://csimarket.com/stocks/financials_glance.php?code=TEL)
- [3] *Tyco International*, Wikipedia, aggiornato al 22 luglio 2021, [https://it.wikipedia.org/wiki/Tyco\\_International](https://it.wikipedia.org/wiki/Tyco_International)
- [4] *TE Connectivity*, Wikipedia, aggiornato al 1 febbraio 2022, [https://en.wikipedia.org/wiki/TE\\_Connectivity](https://en.wikipedia.org/wiki/TE_Connectivity)
- [5] Muggiri E., *Riorganizzazione della produzione e della logistica in ottica Lean Manufacturing e riadattamento del gestionale SAP: il caso Tyco Electronics*, in “Politecnico di Torino Webthesis Libraries”, aprile 2018, <https://webthesis.biblio.polito.it/7235/1/tesi.pdf>
- [6] *Che cos'è la certificazione ISO 9001*, Maxwell Communication divisione consulting, <http://www.maxwellcommunication.it/che-cos-e-la-certificazione-iso-9001/che-cos-e-la-certificazione-iso-9001.html>
- [7] *IATF 16949 – Automotive*, ICIM, <https://www.icim.it/iso-ts-iatf-16949-automotive/>
- [8] Dionisio C., *8D Problem solving*, in “Arcadia”, 14 maggio 2015, <https://isoarcadia.it/8d-problem-solving/>
- [9] *Sei Sigma*, Wikipedia, aggiornato al 16 dicembre 2020, [https://it.wikipedia.org/wiki/Sei\\_Sigma](https://it.wikipedia.org/wiki/Sei_Sigma)

- [10] *DMAIC: le 5 fasi della Lean Six Sigma applicata*, headvisor business process reengineering, <https://www.headvisor.it/dmaic>
- [11] *Che cos'è il Six Sigma*, Tor Vergata Six Sigma Academy, <http://sixsigma.uniroma2.it/Cos-e-il-Six-Sigma/>
- [12] Capogna A., *Analisi in ottica Lean della supply chain di un'azienda produttrice di macchine per pasta: il caso Imperia & Monferrina S.p.A.*, in “Politecnico di Torino Webthesis Libraries”, 2017-2018, <https://webthesis.biblio.polito.it/7257/1/tesi.pdf>
- [13] Salzano R., *Cos'è l'EHS? Una guida completa*, in “Appvizer”, gennaio 2020, aggiornato il 9 aprile 2020, <https://www.appvizer.it/rivista/organizzazione/ehs-mgt/ehs>
- [14] *Calibri passa - non passa*, Marposs, <https://www.marposs.com/ita/application/go-nogo-gauges>
- [15] IVECO Quality Handbook, *Analisi dei sistemi di misurazione – MSA*, in “Calvino Polito, 16 marzo 2011, [http://calvino.polito.it/enbis\\_deinde\\_2011/contents/MSA%2016\\_03\\_2011%20Politecnico.pdf](http://calvino.polito.it/enbis_deinde_2011/contents/MSA%2016_03_2011%20Politecnico.pdf)
- [16] *La scelta dello strumento – Il sistema ottico*, Associazione meccanica, <https://www.associazionemeccanica.it/wp-content/uploads/2017/10/3.3-LA-SCELTA-DELLO-STRUMENTO.pdf>
- [17] *Industria 4.0 la quarta rivoluzione industriale*, Industria 4.0, aggiornato a maggio 2020, <https://www.industria40.it/>
- [18] Maci L., *Che cos'è l'Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare*, in “EconomyUp”, 11 gennaio 2022, <https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/>
- [19] *Tecnologie abilitanti industria 4.0: definizione, benefici e rischi*, Make group, <https://www.make-consulting.it/industria-4-0-tecnologie-abilitanti/>

- [20] *Tecnologie abilitanti*, Punto impresa digitale, aggiornato al 7 settembre 2021, <https://www.pnud.camcom.it/digitalizzazione-strumenti-e-servizi-informatici/punto-impresa-digitale-pid/tecnologie-abilitanti>
- [21] Giannini M., *L'implementazione di Industria 4.0; vantaggi e criticità*, in “LM Leadership & Management”, 13 novembre 2017, <https://www.leadershipmanagementmagazine.com/articoli/limplementazione-industria-4-0-vantaggi-criticita/>
- [22] *Run Chart e Control Chart: monitoraggio di un processo*, Meetheskilled, <https://meetheskilled.com/run-chart-e-control-chart/>
- [23] *Run Chart*, Wikipedia, aggiornato al 6 febbraio 2022, [https://en.wikipedia.org/wiki/Run\\_chart](https://en.wikipedia.org/wiki/Run_chart)
- [24] *Regole Western Electric*, amp, 16 maggio 2020, <https://amp.it.what-a.info/8253448/1/regole-western-electric.html>
- [25] Hensing T., *I-MR Chart*, in “6 $\sigma$  study guide.com”, 22 ottobre 2019, [https://sixsigmastudyguide-com.translate.goog/i-mr-chart/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=it&\\_x\\_tr\\_hl=it&\\_x\\_tr\\_pto=nui,sc](https://sixsigmastudyguide-com.translate.goog/i-mr-chart/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=it&_x_tr_hl=it&_x_tr_pto=nui,sc)
- [26] *Il controllo statistico di qualità*, <http://oldwww.unibas.it/utenti/dinardo/qualit%C3%A0a.pdf>

# 8. ALLEGATO A

## Current State Map del sito a Collegno



## 9. ALLEGATO B

### Misure sul Nikon V12 per MSA di tipo 1, campo di tolleranza 0.2 mm

2.525 mm
2.532 mm
2.528 mm
2.523 mm
2.53 mm
2.522 mm
2.528 mm
2.526 mm
2.52 mm
2.525 mm
2.53 mm
2.53 mm
2.534 mm
2.536 mm
2.522 mm
2.525 mm
2.534 mm
2.523 mm
2.523 mm
2.534 mm
2.531 mm
2.527 mm
2.523 mm
2.526 mm
2.531 mm

2.533 mm
2.528 mm
2.525 mm
2.527 mm
2.525 mm
2.525 mm
2.522 mm
2.521 mm
2.526 mm
2.529 mm
2.517 mm
2.519 mm
2.531 mm
2.525 mm
2.521 mm
2.527 mm
2.534 mm
2.531 mm
2.522 mm
2.52 mm
2.525 mm
2.527 mm
2.529 mm
2.531 mm
2.524 mm

## 10. ALLEGATO C

### Misure sul Nikon V12 per MSA di tipo 1, campo di tolleranza 0.12 mm

4.09 mm
4.08 mm
4.085 mm
4.079 mm
4.079 mm
4.084 mm
4.069 mm
4.07 mm
4.069 mm
4.083 mm
4.061 mm
4.092 mm
4.092 mm
4.089 mm
4.085 mm
4.079 mm
4.092 mm
4.078 mm
4.08 mm
4.079 mm
4.072 mm
4.088 mm
4.088 mm
4.09 mm
4.085 mm

4.088 mm
4.078 mm
4.086 mm
4.078 mm
4.081 mm
4.077 mm
4.078 mm
4.082 mm
4.093 mm
4.078 mm
4.092 mm
4.093 mm
4.085 mm
4.08 mm
4.095 mm
4.078 mm
4.087 mm
4.091 mm
4.086 mm
4.088 mm
4.079 mm
4.089 mm
4.089 mm
4.092 mm
4.082 mm

