



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI Ingegneria**

---

Corso di Laurea magistrale in **Ingegneria gestionale**

**Automotive quality management system IATF 16949:2016: analisi dei sistemi di misura con il metodo Gage R&R applicato ai compositi**

**Automotive quality management system IATF 16949: 2016: measurement system analysis with Gage R&R method applied to composites**

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. **Bevilacqua Maurizio**

Tesi di Laurea di:

**Silvestri Cristian**

**A.A. 2020 /2021**

## **Automotive Quality Management System IATF 16949:2016: analisi dei sistemi di misura con il metodo Gage R&R applicato ai compositi**

Un'azienda manifatturiera è un'impresa industriale il cui lavoro si basa principalmente sull'approvvigionamento delle materie prime, sulla loro trasformazione e infine sulla distribuzione del prodotto finito ottenuto. In particolare, l'industria automobilistica (automotive in inglese) è il ramo dell'industria manifatturiera che si occupa della progettazione, costruzione, del marketing e della vendita di veicoli a motore. La crescente necessità dei principali produttori del settore di definire degli specifici standard di gestione, integrabili a quelli della famiglia ISO 9000, ha portato alla creazione di un unico modello di riferimento, riconosciuto a livello internazionale da tutte le case automobilistiche, che definisce i requisiti generali di sistema specifici per le aziende che progettano e/o producono un prodotto destinato al settore automobilistico. Dando quindi vita alle norme IATF 16949. La norma IATF 16949 è stata sviluppata dal comitato ISO e da IATF (International Automotive Task Force) per uniformare e migliorare la qualità di tutti i prodotti e servizi dell'industria automobilistica a livello globale. Gli adempimenti richiesti dalle norme IATF sono superiori a quelli richiesti dalle semplici ISO 9000 e anche per loro è previsto un processo di certificazione. L'IATF è un sistema di qualità in ambito automotive basato sullo standard ISO 9001:2015 con specifici requisiti del settore automobilistico. Questa norma va ad integrare la ISO 9001:2015 ampliandola soprattutto negli aspetti critici per il settore automotive. Durante il tirocinio svolto nel reparto qualità dell'Hp Composites S.p.a. sono state effettuate parte delle attività necessarie all'adempimento dei requisiti richiesti per l'audit per la conferma della certificazione IATF. L'HP Composites S.p.a. è un'azienda leader a livello mondiale nella progettazione e produzione di componenti in materiale rinforzato in fibra di carbonio per il settore automotive. Dopo aver descritto sinteticamente le caratteristiche dell'azienda, verranno

riportate le attività svolte presso di essa (propedeutiche alla comprensione del funzionamento e della realtà aziendale) con l'obiettivo di mostrare come sono state applicate a livello operativo le varie normative. Sarà quindi riportato il flusso aziendale dei vari prodotti, focalizzando l'attenzione sul funzionamento lavorazioni composite. Successivamente verranno analizzate le norme ISO 9001:2015 e IATF 16959:2016 e come queste sono state applicate in azienda. Tra le richieste della norma figurano il miglioramento continuo e l'analisi degli strumenti di misura (MSA). Queste sono le attività a cui è stata rivolta la maggiore attenzione. Per il miglioramento continuo vengono gestite le non conformità rilevate analizzando le cause ed individuando le azioni correttive e di contenimento idonee. Questo processo era inizialmente gestito con un file Excel in cui venivano inserite le azioni adottate. Al fine di migliorare l'efficienza di quest'azione è stato creato un database su access che tramite l'utilizzo di maschere apposite permettesse una migliore e più intuitiva gestione di questo processo. Per l'analisi degli strumenti di misura è stata applicata la procedura definita dalla norma andando ad effettuare uno studio di tipo due sulla maggior parte degli strumenti di misurazioni aziendali.

## INDICE

- INTRODUZIONE
- CAPITOLO 1: DESCRIZIONE DEL TIROCINIO E ANALISI DELL'AMBIENTE AZIENDALE
  - 1.1 Attività svolte*
  - 1.2 Analisi dell'ambiente aziendale*
- CAPITOLO 2: I MATERIALI COMPOSITI
- CAPITOLO 3: LE NORMATIVE SULLA QUALITA' ISO 9001:2015 E IATF 16949:2016
  - 3.1 La normativa ISO 9001:2015 in HP*
  - 3.2 La normativa IATF 16949:2016 in Hp*
- CAPITOLO 4: CREAZIONE DI UN DATABASE PER LA GESTIONE DELLE NON CONFORMITA' AZIENDALI
- CAPITOLO 5: ANALISI DEL SISTEMA DI MISURAZIONE AZIENDALE
  - 5.1 I sistemi di misurazione e l'MSA*
  - 5.2 Lo studio Gage R&R con il software Minitab*
  - 5.3 Risultati dell'analisi*
  - 5.4 Azioni correttive*
- CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI
- BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

## **INTRODUZIONE**

Il 15 febbraio 2021 ho iniziato il tirocinio presso la HP Composites S.p.a. azienda leader a livello mondiale nella progettazione e produzione di componenti in materiale rinforzato in fibra di carbonio per i settori: automotive, motorsport, navale, aeronautico, industriale e design. Ha sede nella zona industriale di Campolungo nella provincia di Ascoli Piceno. L'azienda vende i propri prodotti in tutto il mondo. I prodotti sono costituiti principalmente dai vari componenti che costituiscono la carrozzeria dei vari mezzi di trasporto per cui vengono realizzati. L'obiettivo di questo tirocinio è stato quello di aiutare il reparto qualità al fine di ottemperare agli adempimenti richieste dalle norme ISO 9001:2016 IATF 16949:2016. Nel primo capitolo sarà analizzato e spiegato il flusso produttivo aziendale e descritto in breve ciò che è stato svolto durante questo tirocinio definendo quindi gli obiettivi che si sono perseguiti. Nel secondo capitolo verranno approfondite le lavorazioni con i materiali compositi dalle partendo dalle proprietà, arrivando al ciclo di lavorazione che viene seguito per ottenere il prodotto finito. Nel terzo capitolo verranno approfondite le norme ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016 sulla qualità e in particolare come vengono applicate in azienda per ottenere nella certificazione. Nel quarto capitolo sarà descritto il database creato in Access andando a specificare le tabelle, le relazioni, le query e le maschere impiegate. Infine, nel quinto capitolo sarà descritta l'attività che è stata prevalentemente eseguita ovvero l'analisi degli strumenti di misurazione aziendali (MSA) fornendo una trattazione teorica e un esempio pratico che mostri la procedura applicata per lo svolgimento di questa analisi.

## **CAPITOLO 1: DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE E ANALISI DELL'AMBIENTE AZIENDALE**

### **1.1 Attività svolte**

Il primo periodo è servito principalmente per conoscere e comprendere la realtà e il funzionamento delle dinamiche aziendali. Infatti, durante questa fase iniziale, il focus è stato orientato sullo studio delle normative ISO 9001:2015, IATF 16949:2016 e del manuale di qualità dell'azienda. Inoltre, data la complessità delle lavorazioni e del ciclo produttivo, questo periodo è servito per comprendere bene il flusso produttivo e le proprietà dei materiali compositi e dei compositi stessi. Successivamente, dato che nel mese di aprile è stato svolto l'audit per il rinnovo della certificazione IATF precedentemente sono stati effettuati tutti gli adempimenti richiesti dalla norma. Un audit della qualità rappresenta uno strumento per verificare che un prodotto, un processo, un programma o un'organizzazione siano conformi alle relative specifiche o normative. Si tratta quindi di uno studio metodico e indipendente per la verifica di uno o più elementi di un sistema di gestione della qualità, delle loro operazioni, della conformità ai modelli, dei risultati e dell'efficacia delle realizzazioni, aventi come scopo il rispetto del contratto e il miglioramento delle prestazioni dell'organizzazione. Gli audit possono essere esterni, quando svolti da un'organizzazione esterna all'azienda come quello IATF, o interni se vengono svolti dall'azienda stessa. A tal fine è stato compilato un file excel contenente il programma degli audit interni. Infatti, la norma richiede che per ogni processo venga effettuato un audit per ogni turno di lavoro nel triennio successivo alla pianificazione. Qualora il processo avvenga su più reparti l'audit deve essere effettuato su tutti i reparti nelle stesse modalità elencate. In Hp la maggior parte processi sono sviluppati su tre turni e su più reparti. L'attività successiva è stata la valutazione dei fornitori nel quale sono state verificate le

certificazioni in loro possesso ed è stato attribuito un punteggio sulla base di fattori come competitività del prezzo, rispetto dei tempi di consegna e incidenza di non conformità sul totale dei prodotti forniti. Annualmente, in Hp vengono svolti dei questionari di soddisfazione e di consapevolezza dei dipendenti. Infatti, tramite dei questionari distribuiti ai dipendenti si valutano innanzitutto le criticità dovute alla bassa soddisfazione dei dipendenti al fine di migliorare. La seconda parte del sondaggio è relativa alla verifica della consapevolezza delle norme ISO e IATF. Questa analisi viene effettuata raggruppando i dipendenti in base ai reparti per verificare quali siano carenti dal punto di vista della conoscenza di queste norme. Al fine di soddisfare i requisiti relativi al miglioramento continuo in Hp vengono gestite le non conformità rilevate analizzando le cause ed individuando le azioni correttive e di contenimento idonee. Questo processo era inizialmente gestito con un file Excel in cui venivano inserite le azioni adottate. Al fine di migliorare l'efficienza di quest'azione è stato creato un database su access che tramite l'utilizzo di maschere apposite permettesse una migliore e più intuitiva gestione di questo processo. Successivamente il focus si è spostato sull'analisi dei sistemi di misura aziendali effettuando degli studi di tipo MSA (measurement system analysis). Questa analisi è richiesta dalla norma IATF 16949 la quale richiede di effettuare questa analisi del sistema di misura. Non è però necessario uno studio statistico completo su ogni singolo pezzo di attrezzatura. Infatti, gli strumenti con le stesse caratteristiche (ad esempio gamma di misura, risoluzione, ripetibilità, ecc.) possono essere raggruppati e un singolo strumento (rappresentativo della famiglia dello strumento) può essere utilizzato per lo studio statistico. L'Analisi dei sistemi di misurazione (MSA) è un insieme di metodi di valutazione con lo scopo di determinare se la variabilità dei risultati ottenuti con un sistema di misurazione (strumento di misura, metodo di misurazione, addetti alla misurazione, ecc.) è accettabile in relazione al campo di tolleranza prescritto per la caratteristica di

prodotto/parametro di processo oggetto di misurazione. Serve a valutare l'adeguatezza dei sistemi di misurazione prima del loro utilizzo in produzione e a stimare i contributi dei fattori agenti sul sistema di misurazione che influiscono sulle misure ottenute. Inizialmente è stato effettuato uno studio di tipo 1 volto a verificare, mediante l'esecuzione di un apposito studio statistico, l'idoneità dello strumento di misura rispetto a due caratteristiche metrologiche, la ripetibilità e la accuratezza strumentali. Successivamente, poiché i processi di misurazione prevedono nel loro allestimento la presenza di un operatore umano e possono essere gestiti alternando più operatori è stato effettuato uno studio di tipo 2. Questo studio è molto più complesso rispetto a quello di tipo 1 in quanto va a stimare la dispersione come la combinazione di due componenti: la ripetibilità e la riproducibilità. La ripetibilità è l'accordo tra i risultati di misure effettuate in condizioni omogenee, ripetute con lo stesso strumento e/o nelle medesime situazioni sperimentali sullo stesso soggetto. La riproducibilità è l'accordo tra i risultati di misure effettuate in condizioni differenti, quindi da un operatore diverso e/o con uno strumento e/o in un laboratorio e/o in tempi differenti. Data la natura del settore, in Hp vengono utilizzati molti strumenti di misura differenti come raggimetri, calibri a corsoio, comparatori, micrometri, vacuometri, chiave dinamometriche e calibri di controllo. I calibri di controllo dei particolari calibri utilizzati nei settori automotive, ferroviario e aeronautica per il controllo dei componenti realizzati. Questi calibri permettono il montaggio del pezzo sullo stesso al fine di andare poi a misurare tutte le quote di interesse. Ad ogni componente diverso corrisponde un calibro diverso che quindi viene appositamente progettato in base alla forma del componente. Il focus dell'analisi di è focalizzato principalmente sull'analisi di questo tipo di calibri poiché sono quelli che maggiormente risentono del contributo di un operatore. Infatti, l'operatore deve montare il pezzo sul calibro e quindi diversi operatori potrebbero montare il pezzo



diversamente ottenendo quindi misure diverse. Poiché richiesto dall'IATF e dai clienti, l'MSA veniva già eseguito in azienda. Precedentemente però questa era solo un'attività trasversale ad altre in quanto nessuno ci si dedicava interamente e, di conseguenza, non gli si dedicava il tempo necessario a svolgere uno studio approfondito. Quindi l'MSA veniva fatto ma non veniva analizzato approfonditamente. Invece dopo il mio arrivo sono stati rifatti la maggior parte degli studi MSA a cui è seguita un'analisi approfondita al fine di trovare le cause dei problemi e le azioni correttive da applicare. Inoltre, a causa della difficoltà di reperire pezzi contemporaneamente, alcune volte venivano fatti MSA con 5 pezzi, il minimo richiesto dell'AIAG che però erano ovviamente meno rappresentativi della popolazione. Gli MSA successivi invece sono stati svolti su 10 pezzi supervisionando gli operatori durante il processo.

## **1.2 Analisi dell'ambiente aziendale**

Le principali fasi di lavoro svolte dall'azienda possono essere così riepilogate:

- **Acquisizione ordine del cliente:** infatti l'azienda opera su commessa e l'input dei propri progetti è costituito dai disegni dei progetti dei clienti;
- **Progettazione del processo:** dopo aver ricevuto il progetto del componente da realizzare per il cliente il compito dell'azienda è di progettare il processo idoneo alla realizzazione del prodotto;
- **Approvvigionamento:** la classica attività di approvvigionamento svolta dall'ufficio acquisti e volta ad acquistare tutto il materiale necessario alla produzione per realizzare il pezzo;
- **Attività di produzione:** insieme delle fasi di produzione che partono dall'accettazione del materiale e che consentono di ottenere il componente finale dalla fibra iniziale.

L'azienda esternalizza alcune operazioni quali:

- Produzione degli stampi: la lavorazione dei componenti fibrorinforzati richiede l'utilizzo di stampi al fine di dare la forma ai componenti. Gli stampi realizzati in acciaio sono dati in outsourcing;
- Manutenzione straordinaria degli stampi;
- Attività di manutenzione varie che non sono svolte internamente;
- Verniciatura: dopo le lavorazioni alcuni componenti possono richiedere una verniciatura che viene affidata all'esterno;
- Emergenze e criticità lavorazioni meccaniche.

L'attività di produzione citata precedentemente è costituita da un insieme di fasi che si susseguono e che permettono di ottenere il prodotto finito. L'ambiente di lavoro di Hp è costituito da 5 capannoni denominati HP1, HP2, HP3, HP4 e HP5. In ognuno di questi capannoni vengono svolte parte delle attività a seconda del tipo di lavorazione utilizzata nel processo produttivo per la realizzazione dei componenti. Infatti, le lavorazioni possono essere basate sull'utilizzo di autoclave o di presse per il ciclo di cura. Il processo produttivo inizia con l'accettazione del materiale utilizzato per la produzione ovvero il prepreg. Il prepreg può essere definito come la combinazione di due materiali diversi (fibra e resina), ognuno in una precisa quantità. Essi sono rotoli di tessuti già impregnati e pronti per essere posti sugli stampi. Infatti, sfruttando le proprietà termoindurenti del prepreg, dal tessuto è possibile ottenere il componente desiderato con le proprietà volute. Successivamente avviene la fase di stoccaggio di questo materiale che costituisce una fase fondamentale per mantenere le proprietà dello stesso. Infatti, per evitare che il prepreg perda la propria capacità di aderire agli stampi e indurirsi con la cottura, questo materiale deve essere mantenuto ad una temperatura di  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  in delle apposite celle frigo presenti nel capannone HP3. Successivamente, quando il materiale viene rimosso dalle celle frigo deve essere lavorato entro 24 ore dalla

rimozione altrimenti diventa inutilizzabile. In questa fase il prepreg è molto flessibile poiché non ha ancora subito il processo di indurimento. Per via di questa flessibilità il materiale può essere tagliato. Questa fase di taglio, che avviene nel capannone HP3, viene svolta con l'ausilio di CNC (Computerized Numerical Control) dedite al taglio. Parte di questa fase, ovvero per quei pezzi che non richiedono grande precisione, viene svolta manualmente dagli operatori presenti nel reparto. Vengono quindi tagliati in ciò che vengono chiamate DIME/PLY secondo le specifiche di progetto e successivamente vengono imbustati in kit di laminazione del componente. Un componente, infatti, è spesso costituito da più sottocomponenti che saranno poi assemblati nelle fasi successive. Le dime poi andranno depositate sugli stampi seguendo le indicazioni di progetto. La fase successiva è quella di laminazione in cui vengono utilizzati i seguenti materiali: i prepreg precedentemente tagliati, i riempitivi (e quindi schiume e honeycomb se necessarie), inserti e film adesivi. L'operazione di laminazione avviene nella "clean room", ovvero delle stanze pressurizzate con aria filtrata e condizionate a T (20°) e umidità controllata (40-70%). Queste clean room sono presenti nei capannoni Hp1, Hp2 e Hp3. In questa fase di laminazione i vari strati di prepreg (con i riempitivi se la struttura è a sandwich) vengono applicati ed incollati sullo stampo. Infatti, il prepreg ha un lato costituito da materiale adesivo, coperto da un film che poi viene rimosso, che permette di applicarlo sulle superfici. Al fine di evitare che il prepreg rimanga incollato allo stampo dopo la fase di cottura si applica un distaccante sullo stampo. Successivamente si utilizza un film di nylon per fare il sacco a vuoto. Infatti, il sacco nel quale viene inserito il pezzo viene tirato sottovuoto. Questa operazione è importante per far aderire gli strati allo stampo e fra di loro, per far evacuare l'aria intrappolata tra gli strati. È inoltre utile per far compattare gli strati garantendo le giuste caratteristiche meccaniche dato che l'aria crea dei micro-fori che possono causare inneschi di cricche sotto sollecitazione a fatica. Viene poi

posto uno assorbitore per far assorbire gli eccessi di resina e poi viene applicato un altro strato di nylon per fare un altro sacco a vuoto. Poi viene applicato un tessuto da ventilazione la cui funzione è quella di creare un cuscinetto sullo strato di prepreg che funga da aeratore ovvero che permetta all'aria di circolare al suo interno e raggiungere il punto di aspirazione consentendo l'applicazione del vuoto a tutta la superficie e permette il passaggio dell'aria durante il ciclo di cura. Viene infine applicato un ultimo strato di nylon per realizzare l'ultimo sacco a vuoto. A questo punto il pezzo è pronto per il ciclo termico che può essere svolto in autoclave o con la pressa. Nel ciclo di cura in autoclave il pezzo viene posto al suo interno, dove con specifici programmi di temperatura e pressione, danno origine al manufatto finito. Il vuoto creato nello stampo unito alla pressione esercitata dall'autoclave, assicurano un processo di lavorazione con risultati ottimali. L'azienda dispone di autoclavi capaci di operare ad una temperatura che attesta tra i 190 °C e i 250 °C. Queste autoclavi sono localizzate in Hp1, Hp2 e Hp3 quindi questa fase può venire eseguita in questi capannoni. Il ciclo di cura in pressa invece è presente solo nel capannone Hp2. Questo processo prevede l'utilizzo della potenza meccanica esercitata da una pressa industriale al fine di comprimere la preforma per raggiungere la forma desiderata. La preforma viene posta sulla parte inferiore dello stampo (parte fissa), la parte superiore, viene poi sovrapposta e quindi lo stampo viene chiuso. La pressa applica la potenza meccanica necessaria a riempire completamente lo stampo in cui la preforma è contenuta; al di sotto dello stampo, viene posto un tubo o sfogo, avente il compito di espellere dallo stampo l'eccesso di materiale. Data la velocità di questo processo rispetto all'autoclave questo ciclo di cura viene impiegato nella lavorazione di pezzi che hanno volumi di prodottivi più alti. Una volta riaperto lo stampo, al suo interno si trova il prodotto finito pronto per la rifinitura. Lo stampaggio a pressione crea prodotti finiti con un alto livello di resistenza e di spessore diverso a seconda delle esigenze della clientela. Dopo aver

svolto questo ciclo termico c'è l'estrazione del pezzo, la preparazione e la manutenzione degli stampi in modo tale che possano essere impiegati nelle lavorazioni successive. A seguito di queste operazioni c'è un primo controllo qualità per verificare che sul pezzo non siano presenti difetti estetici o strutturali se compromettono l'integrità del pezzo. Quindi, a seconda dell'entità del difetto, il pezzo potrà essere scartato o, se possibile, dovranno essere eseguite delle riparazioni a freddo. Dopo questa fase vengono svolte sul pezzo tutta una serie di operazioni meccaniche manuali sul pezzo che dipendono dal tipo di prodotto desiderato. A questa operazione segue quella di sbavatura. Ovviamente il pezzo che esce dal ciclo termico non avrà sicuramente le geometrie del prodotto finito ma in questa lavorazione si realizza un pezzo di dimensioni maggiori in modo tale da poter rifilarlo successivamente per fargli assumere le dimensioni del prodotto finito. Questa fase di rifilatura viene svolta con delle macchine a controllo numerico computerizzato presenti nel capannone HP5 che permettono di ottenere le geometrie e le forme richieste. Con la Cnc viene svolta anche la fase di foratura del pezzo. La fase successiva consiste nell'incollaggio dei vari sottocomponenti del prodotto, dei gusci e degli inserti. A seconda del componente da incollare, l'incollaggio è eseguito a freddo o a caldo. In quest'ultimo caso l'operazione viene svolta all'interno di forni industriali che permettono di realizzare l'incollaggio strutturale. A questo punto viene svolto un controllo qualità per verificare se la fase di incollaggio è andata a buon fine e per effettuare tutte le verifiche dimensionali sul pezzo utilizzando appositi calibri per la verifica delle tolleranze dei pezzi. A seconda dell'esito del controllo qualità il prodotto, se difettoso, può essere scartato o riparato a freddo. Qualora il pezzo sia conforme, se necessario, il prodotto viene mandato in verniciatura. Questa fase viene realizzata in outsourcing con l'azienda esterna che si occupa di carteggiare verniciare e lucidare il pezzo. Il pezzo verniciato torna quindi in azienda in cui sarà sottoposto ad un controllo qualità

finale denominato delibera finale in cui si verificherà la qualità della verniciatura e se il pezzo è conforme ai requisiti richiesti. Se la verniciatura non è idonea allora il pezzo viene rimandato in verniciatura. In questa fase il pezzo potrebbe anche essere scartato se non conforme ai requisiti e non riparabile. Se la delibera finale dà esito positivo il prodotto viene imballato e poi spedito.

## **AUTOCLAVE**

Il metodo di lavorazione in autoclave è uno tra i più complicati del settore ma, allo stesso tempo, esso garantisce la massima precisione ed accuratezza nel taglio dei tessuti in fibra di carbonio. Questo sistema prevede l'uso dei materiali pre-impregnati (prepreg), che corrispondono a fibre impregnate con una resina pre-catalizzata che agisce in maniera ottimale a determinate temperature. L'uso dei prepreg fornisce una maggiore omogeneità strutturale al composito, le fibre vengono disposte all'interno dello stampo, in seguito alla chiusura dello stampo esso viene posto in autoclave, dove programmi specifici di temperatura e pressione, danno origine al manufatto finito. Il vuoto creato nello stampo unito alla pressione esercitata dall'autoclave, assicurano un processo di lavorazione con risultati ottimali. Questa procedura può anche essere effettuata senza l'ausilio dell'autoclave, a temperature più basse, dando comunque buoni risultati sia dal punto di vista estetico sia meccanico. Questa tecnica viene utilizzata per la produzione di parti complesse come le monoscocche o pezzi destinati al settore aerospaziale. Pressione e temperatura interna sono controllate così da realizzare i pezzi in maniere differenti in base alla dimensione e al materiale utilizzato. Attraverso questa tecnologia vengono prodotte parti in materiale composito dove le resine sono epossidiche e il rinforzo invece è in fibra di carbonio o kevlar e/o altre fibre. Risulta essere adatta anche per la produzione di parti strutturali come carrozzeria e componenti in carbon look.

## **PRESSA**

Sebbene lo stampaggio in pressa sia uno dei più vecchi metodi di lavorazione nel settore dei compositi avanzati, è tutt'ora ancora molto utilizzato da numerose aziende per la realizzazione di prodotti in composito ad alto volume. Questo processo prevede l'utilizzo della potenza meccanica esercitata da una pressa industriale al fine di comprimere la preforma per raggiungere la forma desiderata. La preforma viene posta sulla parte inferiore dello stampo (parte fissa), la parte superiore, viene poi sovrapposta e quindi lo stampo viene chiuso. La pressa applica la potenza meccanica necessaria a riempire completamente lo stampo in cui la preforma è contenuta; al di sotto dello stampo, viene posto un tubo o sfogo, avente il compito di espellere dallo stampo l'eccesso di materiale. In questo processo gli strati di materiale composito vengono disposti nella cavità dello stampo preriscaldato. Chiuso lo stampo, viene applicata una pressione uniforme su tutta la superficie. Calore e pressione vengono mantenuti fino a quando il materiale composito polimerizza: si ottiene così un prodotto con basso contenuto di vuoto ed un'alta percentuale di volume di fibra. Una volta riaperto lo stampo, al suo interno si trova il prodotto finito pronto per la rifinitura. Lo stampaggio a pressione crea prodotti finiti con un alto livello di resistenza e di spessore diverso a seconda delle esigenze della clientela.

## **CAPITOLO 2: I MATERIALI COMPOSITI**

L'utilizzo dei compositi fibrorinforzati è cresciuto significativamente negli ultimi anni. I compositi hanno ampiamente dimostrato la loro funzionalità in campi sempre più diversificati. I motivi della loro espansione sono da attribuire alle eccellenti proprietà meccaniche rapportate al loro peso specifico, alla durabilità ed alla versatilità nell'ambito di una progettazione ad hoc con materiali su misura. La scoperta dei materiali compositi ha origini molto antiche, infatti, è noto che già gli antichi egizi erano soliti miscelare la paglia con il fango al fine di tenere mattoni da costruzione più resistenti e men fragili di quelli costituiti dal solo fango. La prima applicazione documentata dei materiali compositi in campo aeronautico risale al 1937, anno in cui la Douglas Aircraft Company impiegò fibra di vetro in resina fenolica nella realizzazione di stampi per parti prototipali. Ad oggi, i principali settori di applicazione sono: aeronautico, aerospaziale, automotive, articoli sportivi, costruzioni civili, militare, produzione energia (eolica), trasporto marino e biomateriali. Un materiale composito è un materiale costituito da due o più componenti, macroscopicamente distinguibili, che presenta proprietà meccaniche, fisiche, chimiche complessivamente superiori, o comunque diverse, rispetto a quelle dei singoli componenti che lo costituiscono. I materiali compositi utilizzati in ingegneria sono solitamente costituiti da fibra lunghe, o continua (di modulo elevato) tenute insieme da una matrice essenzialmente omogenea; a tali materiali di dà la denominazione di compositi avanzati. Quest'ultimi di differenziano dai materiali compositi "generali" poiché hanno prestazioni elevate (elevato rapporto rigidità/peso). Un materiale composito è costituito dalla matrice, dalle fibre e da additivi o cariche. La superficie di contatto tra le varie fasi che costituiscono il composito è detta interfaccia. In generale le proprietà dei materiali compositi variano in funzione di:

- Proprietà chimico-fisiche della matrice;



- Proprietà dei rinforzi e quindi dalla scelta della natura delle fibre (carbonio, vetro, termoplastiche ecc.), dalla tipologia dei supporti (tessuti di geometria differente, unidirezionali) e dalla struttura (a sandwich o spessore);
- Geometria e orientamento delle fibre all'interno del materiale composito stesso;
- Rapporto volumetrico fibra-matrice;

Il principale motivo dell'introduzione dei materiali compositi nel settore automotive e soprattutto aeronautico risiede nella possibilità di costruire strutture molto resistenti, molto rigide e di basso peso; rispetto ai materiali metallici convenzionali è possibile ottenere riduzioni nel peso di una struttura anche del 25%. Infatti, analizzando le caratteristiche del carbonio e confrontandole con quella di altri materiali è possibile notare che la fibra di carbonio ha un modulo di Young (190000 MPa) vicino a quello dell'acciaio (210000 MPa) nonostante abbia una densità molto minore. Infatti, il carbonio ha una densità pari a 1380 kg/m<sup>3</sup> contro i 7850 kg/m<sup>3</sup> dell'acciaio. I materiali compositi possono essere classificati in base al tipo di matrice ed in base al tipo di rinforzo. In base al tipo di matrice i materiali compositi possiamo avere matrici metalliche, ceramiche e polimeriche a cui appartengono la matrice epossidica, il poliestere e fenolica. I compositi possono essere classificati anche in base al tipo di rinforzo, il che equivale a classificare tali materiali in base al meccanismo di resistenza, strettamente legato alla forma ed all'orientamento del rinforzo. Si distinguono così i "compositi rinforzati con fibre" dai "compositi rinforzati con particelle". Tra i componenti rinforzati con fibre troviamo i continui fibra-lunga (unidirezionali e tessuti) e discontinui fibra corta (orientati o random). La produzione di Hp Composites utilizza i compositi fibrorinforzati a fibra lunga, in cui le fibre sono disposte in modo ordinato e immerse in una matrice isotropa. Il comportamento meccanico macroscopico è globalmente anisotropo. L'unione della matrice e delle fibre dà origine alla lamina.

L'unione di  $n$  lamine composite fibra matrice dà vita ai laminati compositi. Le varie lamine possono essere diversamente orientate tra i vari compositi, infatti questi materiali vengono progettati secondo le necessità. Si realizzano quindi laminati con disposizione continuamente variabile delle fibre in quantità e direzione. Nei compositi si può utilizzare anche una struttura denominata sandwich per via della sua costituzione. Questa struttura trova larga applicazione nei settori navale, aerospaziale, aeronautico e sportivo (auto). Un sandwich è una struttura composita costituita da tre principale componenti: le due facce o pelli (skins) e la parte interna o anime (core). L'utilizzo di questa struttura si basa sulla teoria delle costruzioni secondo cui, un elemento strutturale sottoposto a flessione risulta maggiormente sollecitato nelle parti più distanti dall'asse neutro. Questa struttura offre un'elevata rigidità flessionale e torsionale e un'alta resistenza al taglio. Come già affermato, il laminato è composto dalle fibre e dalla matrice. Alle fibre è affidato, nella maggior parte dei casi, il compito di fornire al composito le proprietà meccaniche desiderate di rigidità e resistenza. Le caratteristiche di un laminato composito come densità, resistenza meccanica e modulo elastico a trazione e compressione, resistenza a fatica, conducibilità termica ed elettrica, coefficiente di espansione termica e costo son influenzate dal rinforzo. Il contributo delle fibre dipende infatti dal tipo di fibra (da cui dipendono le proprietà meccaniche della fibra stessa), dall'interfaccia fibra matrice, dalla frazione in volume delle fibre, dall'orientazione delle fibre nel composito, dalla loro composizione, dalle dimensioni, dall'uniformità delle dimensioni e dallo stato superficiale. Esistono inoltre vari tipi di fibre classificate a seconda della loro natura ad esempio carbonio, vetro, poliestere e polietilene. Le fibre di carbonio possono essere prodotte per trattamento termico (pirolisi controllata) di diversi precursori polimerici, materie prime contenenti carbonio, quali il rayon, il poli acrilonitrile (PAN), le poliammidi

aromatiche e le resine fenoliche. Per quanto riguarda la matrice le sue funzioni principali sono:

- Sostenere le fibre e tenere insieme il materiale composito;
- Trasferire i carichi applicati alle fibre;
- Mantenere le fibre nella loro posizione e orientamento scelto;
- Proteggere le fibre chimicamente e dell'ambiente;
- Consentire l'assorbimento di energia (dare tenacità);
- Determinare la temperatura di esercizio di un pre-impregnato;
- Dare la forma al pezzo.

Nel processo produttivo di Hp si utilizza il prepreg ovvero la combinazione di due materiali diversi (fibra e resina) ognuno in una precisa quantità. Le resine sono generalmente di due tipi ovvero termoplastiche (quando non subiscono alcuna trasformazione chimica) e termoindurenti (quando induriscono in modo irreversibile in seguito alla reazione con un opportuno agente chimico). La realizzazione di un pezzo in materiale composito parte dal taglio del prepreg in DIME/PLY (Nesting) secondo le specifiche di progetto ed imbustate in "kit di laminazione". Il prepreg è sottoforma di rotoli di tessuti già impregnati e pronti all'uso e viene stoccato a  $-18^{\circ}\text{C}$  e tenuto sotto controllo. Le dime ovviamente vanno depositate sugli stampi seguenti le indicazioni di progetto. Successivamente c'è la fase di laminazione che usa i seguenti materiali: prepreg (pre-impregnato), riempitivi (schiume o honeycomb), inserti e film adesivi. Il prepreg può essere unidirezionale se le fibre sono disposte in un'unica direzione affiancate l'una all'altra, o tessuto se le fibre sono disposte in due direzioni intrecciate a formare un tessuto. A seconda di come le fibre vengono intrecciate possiamo avere vari tipi di tessuto diversi. Le proprietà sono la stabilità, la porosità, la planarità del bilanciamento, la simmetria e l'ondulazione. Inoltre, in un tessuto sono importanti

le seguenti caratteristiche: tipo di fibra (vetro, carbonio ecc.), tipo specifico di fibra (produttore, alta resistenza, alto modulo), N° di filamenti per nastro, tipo di tessitura, pesantezza (espressa in g/m<sup>2</sup>) e altezza del rotolo. Nel prepreg oltre alle fibre è presente, in una determinata quantità, la resina. Questi tessuti vengono impregnati da aziende specializzate secondo due modalità: a solvente o “hot melt”. Il laminato può quindi essere composto unicamente da prepreg oppure si può utilizzare la struttura a sandwich in cui tra due strati di prepreg (skin) viene messo un riempitivo (che svolge il ruolo di core). Tra il prepreg e il riempitivo viene applicato un adesivo per farli aderire. Sullo stampo viene inizialmente applicato un distaccante (release agent) che consente il distacco del pezzo polimerizzato che altrimenti rimarrebbe saldamente incollato allo stampo. Successivamente viene applicato il peel ply che consente il libero passaggio dei volatili della resina ed eventualmente utilizzato per assorbire gli eccessi di resina durante il ciclo di cura. È un materiale che si rimuove facilmente e lascia la superficie leggermente ruvida pronta per essere incollata o verniciata. L'applicazione del peel ply è opzionale. Successivamente viene applicato il prepreg dal lato che permette l'incollaggio. Infatti, nel prepreg c'è un lato in cui c'è del materiale adesivo che è coperto da un sottile film. Tolto questo film il prepreg viene incollato sullo stampo. Se è prevista una struttura a sandwich viene applicato il core e poi un altro strato di prepreg. Successivamente può venire applicato opzionalmente un ulteriore peel ply. Successivamente viene applicato il release film ovvero un film di nylon per le alte temperature che permette di fare il primo sacco a vuoto. Quindi il pezzo viene messo sottovuoto per poi applicare il bleeder fabric, anche detto assorbitore, che viene utilizzato usualmente per assorbire gli eccessi di resina. Viene poi applicato un secondo release film per il secondo sacco a vuoto a cui seguirà il sottovuoto. Si applica poi il breather fabric, anche detto tessuto da ventilazione o assorbitore, la cui funzione è quella di creare un cuscinetto sullo strato di prepreg che funga da

aeratore, ovvero permetta all'aria di circolare al suo interno e raggiungere il punto di aspirazione consentendo l'applicazione del vuoto a tutta la superficie e permette il passaggio dell'aria durante il ciclo di cura. Più la pressione durante il ciclo è elevata più dev'essere spesso il tessuto da ventilazione. In generale si usa il sacco a vuoto per far aderire strati allo stampo e fra di loro, per far evacuare l'aria intrappolata tra gli strati e per raggiungere gradualmente il giusto spessore. Infatti, una sola compattazione finale creerebbe sicuramente grinze inaccettabili. Infine, si usa per compattare gli strati garantendo le giuste caratteristiche meccaniche. L'aria crea dei micro-fori che possono causare inneschi di cricche sotto sollecitazione a fatica. Si applica infine il vacuum bag (tubolare di nylon) ovvero un film di nylon per alte temperature, che ha determinate caratteristiche di allungamento a rottura, è l'elemento che costituisce il sacco a vuoto, ovvero il sacco dove viene inserito il pezzo per essere tirato a vuoto, prima di entrare in autoclave. Al fine di sigillare il tutto si utilizza una gomma sigillante "bostik" anche detta sealant tape. Il bostik non è altro che una gomma butilica tagliata a strisce ed avvolta come un nastro interponendo della carta siliconata. Viene utilizzato per sigillare il sacco di nylon, è notevolmente appiccicosa, elevato allungamento a rottura, alta resistenza alle condizioni ambientali quali temperatura, UV ad agli agenti chimici. Questa operazione di laminazione viene svolta in clean room, una stanza pressurizzata con ari filtrata e condizionata a T (20°) e umidità controllata (40-70%) nella quale vengono tagliate le dime e laminati i pezzi. Successivamente, il pezzo viene sottoposto ad un ciclo di polimerizzazione in autoclave o in pressa. In autoclave pressione e temperatura interna sono controllate così da realizzare i pezzi in maniere differenti in base alla dimensione e al materiale utilizzato. Il vuoto creato nello stampo unito alla pressione esercitata dall'autoclave, assicurano un processo di lavorazione con risultati ottimali. In alternativa al ciclo di cura in autoclave, è possibile utilizzare un ciclo termico utilizzando la pressa già descritta

precedentemente che è più veloce e quindi risulta idonea a lavorazioni in serie. Una volta curato, il pezzo viene estratto dallo stampo con l'ausilio di cunei in plastica e liberato da tutti i materiali accessori. Dopo aver estratto il pezzo è necessario pulire bene lo stampo e tutte le viti e i perni utilizzati per chiudere lo stampo. A seguito della pulizia va effettuato un trattamento distaccante su tutte le parti che entrano in contatto con la resina anche in modo accidentale (perni, viti, isole metalliche) al fine di ridurre l'uso di cere, ridurre tempi di lavoro e costi, di non far accumulare sulla superficie, facilitare l'applicazione e fornire lucentezza. Successivamente si applica il processo di finitura che costituisce una delle ultime fasi del processo di fabbricazione di un composito. Devono essere effettuate con cautela per non danneggiare il pezzo. Le lavorazioni effettuate in questa fase sono la sbavatura generale del pezzo, il taglio degli eccessi di materiale per portare il pezzo a geometria finita, la limatura del pezzo se vi è un eccesso di resina su una parte del pezzo, la foratura manuale e la verniciatura. Inoltre, possono essere effettuati: incollaggi strutturali e riparazioni. L'incollaggio strutturale avviene mediante l'utilizzo di resine che possono essere di diverso tipo e devono garantire determinate caratteristiche (resistenza a taglio e peeling rigidità ecc.) che variano a seconda del tipo di elementi che costituiscono il giunto e delle caratteristiche meccaniche che questo deve avere. Si utilizzano degli aderenti e un adesivo polimerico. Le resine sono termo indurenti quindi il collegamento non è smontabile. Questi collegamenti rispetto ai collegamenti bullonati permettono di redistribuire le tensioni, assorbire gli urti, di unire materiali differenti e garantire una buona sigillatura. Di contro, rispetto ai collegamenti bullonati le superfici devono essere pulite, si necessitano maggiori tempi di cura, c'è bisogno di calore e pressione per far sì che i componenti aderiscano e c'è bisogno di maggior cura nello stoccaggio dato che i materiali hanno scadenza. L'inserito che è un supporto di materiale metallico necessario per l'assemblaggio del pezzo con gli altri componenti del

veicolo che vengono in genere tenuti insieme tramite collegamenti filettati, come ad esempio le sospensioni. Il collegamento avviene per mezzo di inserti su cui tramite lavorazioni meccaniche viene ricavata la filettatura.

Le riparazioni sono di tre tipi:

- Estetiche quando l'ispezione ha determinato che il danno non ha influenzato l'integrità strutturale del componente. La riparazione estetica viene effettuata per proteggere e garantire la finitura della superficie. Questo tipo di riparazione non comporta l'uso di materiali di rinforzo;
- Temporanee ovvero piccole aree danneggiate che di per sé non minacciano l'integrità o proprietà meccaniche del componente nel suo complesso. Tuttavia, se non riparate possono portare a un'ulteriore rapida propagazione del danno attraverso infiltrazioni di umidità e minacciando a fatica la vita del componente. Le riparazioni temporanee dovrebbero essere sottoposte a ispezioni regolari.
- Strutturali se il danno ha indebolito la struttura (frattura della fibra, delaminazione o scollamento), la riparazione comporterà la sostituzione del rinforzo e nucleo in strutture sandwich, per ripristinare le proprietà meccaniche originali. Poiché una riparazione costituisce una discontinuità delle tele originali, e quindi zone di concentrazione degli stress, schemi di riparazione strutturali normalmente richiedono strati supplementari da disporre nella zona di riparazione.

### **CAPITOLO 3: LE NORMATIVE SULLA QUALITA' ISO 9001:2015 E IATF 16949:2016**

Dal punto di vista della qualità l'azienda ha conseguito le seguenti certificazioni:

- ISO 9001 prima nella sua versione del 2008 e poi a quella del 2015;
- ISO TS 16949:2009 ottenuta nel 2017 che costituisce un requisito chiave per la produzione della produzione automobilistica di serie;
- IATF 16949:2016 ottenuta anch'essa nel 2017 rappresenta un documento innovativo contraddistinto da un forte orientamento al cliente con l'inclusione di precedentemente consolidati customer specific requirements (CSR).

La ISO 9001 è la norma internazionale per i Sistemi di Gestione per la Qualità (SGQ), pubblicata dall'ISO (International Organization for Standardization). La norma è stata aggiornata l'ultima volta nel 2015 e viene chiamata ISO 9001:2015. Allo scopo di essere pubblicata e aggiornata, la ISO 9001 ha dovuto ricevere l'approvazione della maggioranza degli stati membri, per poter diventare così una norma riconosciuta a livello internazionale e quindi accettata nella maggior parte di paesi nel mondo. In particolare, la norma specifica i requisiti di un sistema di gestione per la qualità quando un'organizzazione:

- ha l'esigenza di dimostrare la propria capacità di fornire con regolarità prodotti o servizi che soddisfano i requisiti del cliente e i requisiti cogenti applicabili;
- mira ad accrescere la soddisfazione del cliente tramite l'applicazione efficace del sistema, compresi i processi per migliorare il sistema stesso e



assicurare la conformità ai requisiti del cliente e ai requisiti cogenti applicabili.

Tutti i requisiti sono di carattere generale e previsti per essere applicabili a tutte le organizzazioni, indipendentemente da tipo o dimensione, o dai prodotti forniti e servizi erogati. Questa norma fa parte della serie di normative sulla qualità ISO 9000. Con la sigla ISO 9000 si identifica una serie di normative e linee guida sviluppate dall'Organizzazione internazionale per la normazione (ISO) che definiscono i requisiti per la realizzazione all'interno di un'organizzazione di un sistema di gestione della qualità, al fine di condurre i processi aziendali, migliorare l'efficacia e l'efficienza nella realizzazione del prodotto e nell'erogazione del servizio, ottenere e incrementare la soddisfazione del cliente. La norma IATF 16949 è stata sviluppata dal comitato ISO e da IATF (International Automotive Task Force) per uniformare e migliorare la qualità di tutti i prodotti e servizi dell'industria automobilistica a livello globale. La IATF 16949:2016 (international automotive task force) è un sistema di qualità in ambito automotive basato sullo standard ISO 9001:2015 con specifici requisiti del settore automobilistico. Lo standard è applicabile a qualsiasi organizzazione che produce componenti, assemblaggi e parti per la fornitura all'industria automobilistica. Anche chiamata Automotive QMS (quality management system) standard ha come obiettivo lo sviluppo di un sistema di qualità che fornisce il miglioramento continuo, l'enfasi sulla prevenzione dei difetti e la riduzione delle variazioni e degli sprechi nella supply chain. L'impegno dei principali produttori del settore per la definizione di specifici standard di gestione, integrabili a quelli della famiglia ISO 9000, ha portato alla creazione di un unico modello di riferimento, riconosciuto a livello internazionale da tutte le case automobilistiche, che definisce i requisiti generali di sistema specifici per le aziende che progettano e/o producono un prodotto destinato al settore automobilistico.

### **3.1 La normativa ISO 9001:2015 in HP**

La norma ISO 9001 specifica tutti i requisiti che un sistema di gestione per la qualità deve avere quando l'organizzazione ha l'esigenza di dimostrare la propria capacità di fornire con regolarità prodotti o servizi che soddisfano i requisiti del cliente e i requisiti cogenti applicabili e mira ad accrescere la soddisfazione del cliente tramite l'applicazione efficace del sistema, compresi i processi per migliorare il sistema stesso e assicurare la conformità ai requisiti del cliente e ai requisiti cogenti applicabili. Un sistema di gestione è un insieme di regole e procedure, definito in una norma riconosciuta a livello internazionale, che una organizzazione può applicare allo scopo di raggiungere obiettivi, quali:

- la soddisfazione del cliente;
- il miglioramento continuo delle prestazioni dell'organizzazione;
- la capacità di dimostrare a terzi (clienti, organismi di controllo, fornitori o altri soggetti esterni all'azienda) di mantenere con continuità i propri impegni e soddisfare con continuità i requisiti dei clienti.

Per un'organizzazione l'adozione di un sistema di gestione per la qualità è una decisione strategica che può aiutare a migliorare la sua prestazione complessiva e costituire una solida base per iniziative di sviluppo sostenibile. L'obiettivo dell'organizzazione è quello di raggiungere:

- la capacità di fornire con regolarità prodotti e servizi che soddisfino i requisiti del cliente e quelli cogenti applicabili;
- facilitare le opportunità per accrescere la soddisfazione del cliente;
- affrontare rischi e opportunità associati al suo contesto e ai suoi obiettivi;
- la capacità di dimostrare la conformità ai requisiti specificati del sistema di gestione per la qualità.

La presente norma internazionale utilizza l'approccio per processi, che incorpora il ciclo di Deming (PDCA=Plan-Do-Check-Act) e il risk-based thinking. L'approccio per processi permette a un'organizzazione di pianificare i propri processi e le loro interazioni, in modo da conseguire i risultati attesi in conformità alla politica per la qualità e agli indirizzi strategici dell'organizzazione. Inoltre, permette di sviluppare, attuare e migliorare l'efficacia di un sistema di gestione per la qualità, al fine di accrescere la soddisfazione del cliente. Il ciclo PDCA permette all'organizzazione di assicurare che i propri processi siano adeguatamente dotati di risorse e gestiti, e che le opportunità di miglioramento siano determinate e si agisca di conseguenza. Il risk-based thinking permette all'organizzazione di determinare i fattori che potrebbero fare deviare i suoi processi e il suo sistema di gestione per la qualità dai risultati pianificati, di mettere in atto controlli preventivi per minimizzare gli effetti negativi e massimizzare le opportunità, quando esse si presentano. I principi di gestione della qualità applicati dall'organizzazione sono i seguenti:

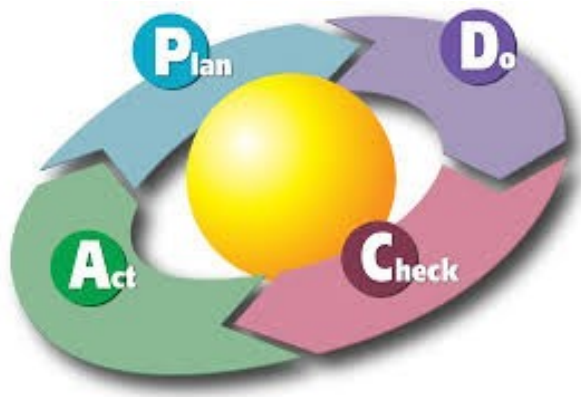
- Focalizzazione sul cliente: la Gestione per la Qualità si focalizza principalmente sul soddisfacimento dei requisiti del Cliente e sull'impegno nel superare le relative aspettative;
- Leadership: i leader stabiliscono, a tutti i livelli, unità di intenti e di indirizzo e creano condizioni in cui le persone partecipano attivamente al conseguimento degli obiettivi e al miglioramento continuo per la qualità dell'Organizzazione;
- Partecipazione attiva delle Persone: Persone competenti, responsabilizzate e impegnate attivamente a tutti i livelli nell'ambito di tutta l'Organizzazione, sono essenziali per accrescere la capacità dell'Organizzazione stessa di creare e fornire valore;

- Miglioramento: le Organizzazioni di successo sono continuamente focalizzate sul miglioramento per accrescere la soddisfazione dei clienti;
- Processo decisionale basato sull'evidenza: le decisioni basate sull'analisi e sulla valutazione di dati ed informazioni producono, con maggiore probabilità, i risultati desiderati;
- Gestione delle relazioni: per il successo durevole, le Organizzazioni gestiscono le loro relazioni con le Parti Interessate rilevanti, quali i fornitori.

L'azienda adotta un approccio per processi nello sviluppare, attuare e migliorare l'efficacia del proprio sistema di gestione per la qualità al fine di accrescere la soddisfazione del cliente attraverso il soddisfacimento di requisiti del cliente stesso. L'applicazione dell'approccio per processi all'interno di un sistema di gestione per la qualità permette di comprendere i requisiti e soddisfarli in modo coerente, di considerare i processi in termini di valore aggiunto, il conseguimento di efficaci prestazioni di processo e il miglioramento dei processi sulla base della valutazione di dati e informazioni. Il ciclo PDCA consente di assicurare che i processi del sistema di gestione per la qualità abbiano le risorse adeguate, siano gestiti e siano determinate e perseguite le opportunità di miglioramento ed è contraddistinto da 4 fasi:

- Plan (Pianificare): in questa fase si devono stabilire gli obiettivi del sistema e i suoi processi, e le risorse necessarie per fornire risultati in conformità ai requisiti del cliente e alle politiche dell'organizzazione, e identificare e affrontare i rischi e le opportunità;
- Do (Fare): che consiste nell'attuare ciò che è stato pianificato;
- Check (Verificare): fase in cui si deve monitorare e (quando applicabile) misurare i processi e i prodotti e servizi risultanti, a fronte delle politiche, degli obiettivi, dei requisiti e delle attività pianificate, e riferire sui risultati;

- Act (Agire): consiste nell'intraprendere azioni per migliorare le prestazioni, per quanto necessario.



L'altro punto cardine della norma è il risk-based thinking. Per essere conforme ai requisiti della presente norma internazionale, un'organizzazione ha l'esigenza di pianificare e attuare azioni che affrontino rischi e opportunità. Affrontare sia i rischi sia le opportunità costituisce una base per accrescere l'efficacia del sistema di gestione per la qualità, conseguendo risultati migliori e prevenendo gli effetti negativi. Le opportunità possono emergere come esito di una situazione favorevole al raggiungimento di un risultato atteso; per esempio, un insieme di circostanze che permettono all'organizzazione di attrarre clienti, sviluppare nuovi prodotti e servizi, ridurre gli sprechi o migliorare la produttività. Le azioni per cogliere le opportunità possono anche comprendere una considerazione dei rischi associati. Il rischio è l'effetto dell'incertezza e ogni siffatta incertezza può avere effetti positivi o negativi. Uno scostamento positivo risultante da un rischio può fornire un'opportunità, ma non tutti gli effetti positivi di un rischio si traducono in opportunità.

La norma ISO 9001 dopo l'introduzione in cui si definiscono i concetti sopracitati di approccio per processi, PDCA e risk-based thinking è composta da 10 capitoli:

- Cap. 1 Scopo e campo di applicazione
- Cap. 2 Riferimenti normativi
- Cap. 3 Termini e definizioni
- Cap. 4 Contesto dell'Organizzazione
- Cap. 5 Leadership
- Cap. 6 Pianificazione
- Cap. 7 Supporto
- Cap. 8 Attività Operative
- Cap. 9 Valutazione delle Prestazioni
- Cap 10 Miglioramento

In particolare, i capitoli che vanno dal 4 al 10 fanno parte del ciclo PDCA precedentemente enunciato.

Nel primo capitolo si definisce il fine della norma e il campo d'applicazione della stessa. L'Hp in particolare, nel suo manuale di qualità definisce lo scopo ovvero: "favorire l'installazione di sistemi di qualità totali per offrire prodotti e servizi competitivi". In questo capitolo del manuale inoltre viene affermato che la certificazione ottenuta è solo un punto di partenza per l'azienda e costituisce uno spunto al miglioramento dell'organizzazione e del prodotto/servizio fornito. Nel manuale inoltre vengono esplicitati gli impegni della direzione dell'organizzazione (politica), i compiti e le responsabilità delle diverse figure aziendali coinvolte nell'organizzazione. Nel secondo capitolo sono definiti i riferimenti normativi che l'organizzazione prende in considerazione per il sistema di gestione aziendale. Hp in particolare prende in considerazione le ISO 9001:2015 stesse, IATF 16949:2016, l'allegato piano di controllo e le specifiche del cliente. Nel terzo capitolo vengono

indicati tutti i termini, le loro definizioni e le eventuali abbreviazioni che sono utilizzate all'interno del documento.

Dal quarto capitolo si entra nel vivo della norma e come già affermato, i prossimi capitoli fanno parte del ciclo PDCA. Il quarto capitolo costituisce l'input del ciclo di Deming in quanto va a parlare del contesto dell'organizzazione. L'organizzazione deve determinare i fattori esterni e interni rilevanti per le sue finalità e indirizzi strategici e che influenzano la sua capacità di conseguire i risultati attesi per il proprio sistema di gestione per la qualità. In hp, in fase di riesame della direzione, vengono individuate e analizzate le informazioni che riguardano tali fattori (che possono essere positivi e negativi) al fine di intraprendere opportune azioni per la corretta gestione degli stessi. Dato l'effetto che tali fattori possono avere sulla capacità dell'organizzazione di fornire con regolarità prodotti e servizi che soddisfino i requisiti del cliente e quelli cogenti applicabili, l'organizzazione determina:

- a) le parti interessate rilevanti per il sistema di gestione per la qualità e quindi clienti, dipendenti e collaboratori, banche, fornitori ecc.;
- b) i requisiti di tali parti interessate che sono rilevanti per il sistema di gestione per la qualità.

L'Hp effettua il monitoraggio ed il riesame di tali requisiti in occasione del riesame della direzione. Inoltre, l'organizzazione si impegna ad attuare, mantenere e migliorare in modo continuo il proprio sistema qualità e determina i processi necessari per la corretta gestione del sistema. I processi identificati sono la gestione del contesto in cui l'organizzazione opera che viene gestita in fase di riesame, la leadership, la pianificazione, i processi di supporto, la gestione attività operative, la valutazione delle prestazioni e il miglioramento. Di questi processi si devono determinare gli input necessari e gli output attesi da tali processi, la sequenza e le

interazioni tra gli stessi, i criteri e i metodi per assicurare il funzionamento e la tenuta sotto controllo di tali processi. Inoltre, si devono determinare le risorse necessarie per i processi, assicurarne la loro disponibilità, attribuire le responsabilità e le autorità per tali processi e trattare e gestire i rischi e le opportunità. Infine, l'organizzazione deve valutare tali processi, attuare ogni modifica necessaria per assicurare che tali processi conseguano risultati attesi, migliorarli e migliorare il sistema di gestione di qualità. Queste operazioni vengono effettuate in corrispondenza dei capitoli relativi ai processi elencati. L'azienda inoltre gestisce e conserva le informazioni documentate a supporto del funzionamento dei propri processi allo scopo di dimostrare che i processi siano condotti come pianificati al fine di dare evidenza all'esterno del proprio operato. Inoltre, l'hp assicura la conformità dei prodotti e processi, incluse parti di ricambi e processi affidati in outsourcing (come ad esempio la verniciatura), a tutti i requisiti applicabili dei clienti e cogenti. La conformità delle parti di ricambio è assicurata tramite l'applicazione delle ordinarie procedure dei controlli in processo. La gestione dei processi affidati in outsourcing avviene mediante l'ordinaria applicazione della procedura di gestione degli approvvigionamenti.

Nel quinto capitolo dedicato alla leadership il vertice aziendale fornisce evidenza del proprio impegno nello sviluppo, nel sostegno e nel miglioramento continuativo del sistema di gestione per la qualità attraverso la definizione e la diffusione a tutti i livelli della politica della qualità e la definizione dei piani di miglioramento descrittivi nella modalità attraverso cui gli obiettivi vengono perseguiti e che siano compatibili con il contesto e con gli indirizzi strategici dell'organizzazione. Inoltre, il leader si deve assumere la responsabilità dell'efficacia del sistema di gestione per la qualità, deve assicurare l'integrazione dei requisiti del sistema qualità nei processi di business dell'organizzazione, promuovere l'utilizzo dell'approccio per processi e del risk based thinking e assicurare la disponibilità delle risorse



necessarie al sistema di qualità. È anche importante comunicare l'importanza di una gestione per la qualità efficace e delle conformità ai requisiti del sistema, assicurare che il sistema di qualità consegua i risultati attesi. Si deve far partecipare attivamente, guidare e sostenere le persone affinché contribuiscano all'efficacia del sistema qualità e fornire sostegno a tutti i ruoli gestionali al fine di dimostrare la loro leadership. Per la norma è molto importante la focalizzazione sul cliente. Da questo punto di vista l'Hp ha istituito un sistema di gestione per rilevare le esigenze e le aspettative del cliente in merito ai prodotti/servizi da fornire, per individuare tutti i requisiti di natura cogente relativi al prodotto, convertire tali esigenze in specifici requisiti per il prodotto, soddisfare nella misura maggiore possibile i portatori d'interesse e mantenere la focalizzazione sull'aumento della soddisfazione del cliente. La direzione assicura che questi requisiti siano recepiti attraverso la documentazione del sistema di gestione qualità volta alla percezione e soddisfazione dei bisogni espliciti ed impliciti del cliente o di suoi rappresentanti e conseguentemente predisposta affinché sia possibile misurare il livello di soddisfazione del cliente. La direzione stabilisce, attua e mantiene la politica per la qualità. Questa politica deve essere appropriata alle finalità e al contesto dell'organizzazione e deve supportare gli indirizzi strategici. Deve inoltre costituire un quadro di riferimento per fissare gli obiettivi per la qualità e comprendere un impegno per il miglioramento continuo del sistema di gestione per la qualità, a soddisfare i requisiti applicabili e alla responsabilità sociale dell'impresa. Infine, la politica deve essere documentata, comunicata all'interno dell'organizzazione e disponibile alle parti interessate rilevanti. La direzione emette e mantiene aggiornato un apposito documento denominato "Politica per la qualità" che viene comunicato e diffuso all'interno dell'organizzazione e reso disponibile all'esterno. Nel documento vengono specificati gli obiettivi specificati dall'azienda, pertanto esso costituisce la base di partenza per la pianificazione del miglioramento

continuativo e per la valutazione dei risultati conseguiti. Questa politica può variare al mutare della struttura aziendale, del contesto di riferimento e delle esigenze aziendali ed è comunque oggetto di verifica nell'ambito del riesame periodico della direzione. La conformità alla politica è assicurata attraverso attività di auditing e di riesame della direzione per valutare il grado di applicazione degli obiettivi prefissati e definirne di nuovi nell'ottica del miglioramento continuativo dell'efficacia del SGQ. L'organizzazione ha istituito un modulo di segnalazione dipendente escalation con il quale ogni dipendente anche in forma anonima, può evidenziare un'anomalia rispetto a quanto definito nel codice etico aziendale o nella politica aziendale per la responsabilità sociale. L'alta direzione deve assicurare che le responsabilità e le autorità per i ruoli pertinenti siano assegnate, comunicate e comprese all'interno dell'organizzazione. L'Hp si è dotata di una struttura organizzativa al fine di definire con chiarezza i compiti, le responsabilità ed i rapporti reciproci del personale operante nell'ambito del sistema di gestione per la qualità. Le responsabilità, autorità ed i rapporti reciproci del personale che dirige, esegue e verifica le attività aventi influenza sulla qualità e sul rispetto di requisiti del cliente sono definite, assegnate e documentate nel mansionario e nell'organigramma.

Il sesto capitolo è relativo alla pianificazione e quindi alla fase Plan del PDCA. Questo punto è quindi focalizzato sulle azioni per affrontare rischi e opportunità, sugli obiettivi per la qualità, sulla pianificazione per il raggiungimento e sulla pianificazione delle modifiche. Nel pianificare il sistema di gestione per la qualità, l'organizzazione deve determinare i rischi e le opportunità che è necessario affrontare per fornire assicurazione che il sistema di gestione per la qualità possa conseguire, accrescere gli effetti desiderati, prevenire e ridurre gli effetti indesiderati e conseguire il miglioramento. A tal fine l'organizzazione deve pianificare le azioni per affrontare questi rischi e opportunità e le modalità per

attuare le azioni nei processi del proprio sistema di gestione per la qualità e valutarne l'efficacia. Le azioni intraprese per affrontare i rischi e le opportunità devono essere proporzionate all'impatto potenziale sulla conformità di prodotti e servizi. L'Hp ha effettuato una pianificazione del sistema di gestione per la qualità che consente di:

- Identificare i processi necessari per il sistema di gestione per la qualità e la loro applicazione nell'azienda;
- Definire la sequenza e le interazioni fra i vari processi aziendali;
- Definire e rendere operativi i criteri ed i metodi necessari per assicurare l'efficacia delle modalità operative definite per i processi e del loro controllo;
- Assicurare la disponibilità di risorse ed informazione per l'attuazione dei processi ed il loro monitoraggio;
- Definire le modalità atte al monitoraggio dei processi;
- Attuare le azioni più opportune per conseguire gli obiettivi ed i traguardi documentati, ai fini del miglioramento continuativo dei processi aziendali.

Tutte le modifiche al sistema di gestione per la qualità a seguito di mutate esigenze aziendali, devono essere riesaminate congiuntamente dalla direzione aziendale e del responsabile del sistema di qualità. Queste operazioni vengono eseguite durante il riesame della direzione in cui si pianificano tutti i processi coperti dal sistema di gestione per la qualità, le risorse necessarie per raggiungere gli obiettivi prestabiliti, le azioni necessarie per affrontare i rischi e le opportunità in proporzione all'impatto potenziale sulla conformità di prodotti e servizi e il miglioramento continuativo dell'intero sistema di gestione. Viene quindi richiesto di stabilire gli obiettivi per la qualità relativi alle funzioni, ai livelli e ai processi pertinenti necessari per il sistema di gestione per la qualità. In Hp la direzione deve definire pertanto specifici obiettivi di qualità misurabili. Gli obiettivi sono riportati nel documento "obiettivi per la

qualità/piani di miglioramento” elaborato a seguito del riesame della direzione. Nel piano di miglioramento riporta l’obiettivo pianificato, chi ha proposto l’obiettivo, l’attività da eseguire per il raggiungimento dello stesso e le risorse necessarie, il responsabile dell’attuazione, i tempi di chiusura e la misurazione preventiva e consuntiva del raggiungimento dello stesso. In fase di riesame, o in tutti i casi di modifica del contesto in cui l’organizzazione opera, si deve provvedere ad apportare le opportune modifiche al sistema di gestione per la qualità. Nell’apportare tali modifiche l’organizzazione devono considerare la finalità delle modifiche, le potenziali conseguenze e la disponibilità delle risorse.

Il settimo capitolo è relativo a tutte le operazioni relative al supporto delle attività operative (insieme a cui costituisce la fase DO) ovvero le risorse, la competenza, la consapevolezza, la comunicazione e le informazioni documentate. L’azienda individua e mette a disposizione le risorse necessarie per attuare e tenere aggiornata la gestione per la qualità e migliorare in modo continuativo la sua efficacia, accrescere la soddisfazione dei clienti rispettando i requisiti definiti dallo stesso. L’organizzazione deve considerare la capacità delle risorse esistenti al proprio interno e i vincoli che gravano su di esse e che cosa ottenere dai fornitori esterni. L’hp in particolare mira a verificare la disponibilità di risorse adeguate a sviluppare programmi di miglioramento della qualità del prodotto/servizio offerto, alle esigenze espresse e implicite del cliente e alle nuove esigenze del prodotto e del processo. L’organizzazione identifica e rende disponibile le risorse necessarie per l’efficace attuazione del proprio sistema di gestione per la qualità e per il funzionamento e controllo dei suoi processi. A tal scopo l’Hp ha definito apposite tabelle di definizione delle competenze necessarie e matrice di polivalenza associata per singola funzione aziendale. Per quanto riguarda l’infrastruttura l’Hp ha messo a disposizione e adotta un sistema pianificato di manutenzione dell’infrastruttura necessaria per il funzionamento dei processi e per il

conseguimento della conformità di prodotto e servizi. L'infrastruttura comprende edifici e relativi impianti, apparecchiature (hardware e software), risorse per il trasporto e tecnologie dell'informazione e comunicazione. Il responsabile incaricato tiene aggiornato un elenco delle macchine, attrezzature, mezzi e impianti in dotazione all'azienda e un elenco della strumentazione di lavoro. Su tali macchine, attrezzature, strumenti viene effettuata la manutenzione con periodicità definita sulla base dell'analisi del rischio associato. Per singola infrastruttura soggetta a manutenzione viene tenuta registrazione della periodicità dell'intervento da eseguire e degli interventi effettuati o tramite apposito scadenziario o apposita scheda per singola macchina/attrezzatura soggetta a manutenzione. In questa scheda vengono registrati sia gli interventi programmati che gli interventi straordinari/non pianificati. Per la gestione del processo di manutenzione è stata predisposta un'apposita procedura. Altra componente delle risorse è l'ambiente di lavoro. Per ambiente di lavoro che ha impatto sulla conformità del prodotto/lavorazioni si intende lo stabilimento. Vengono quindi garantite tutte le condizioni idonee per l'esecuzione delle attività che consentono la realizzazione del prodotto/esecuzione delle lavorazioni. La direzione ha la responsabilità della conservazione di un ambiente di lavoro adeguato considerando anche le attrezzature utilizzare. L'organizzazione assicura che l'ambiente di lavoro sia idoneo sia per le condizioni sociali di lavoro (non si opera in condizioni discriminatorie), sia in condizioni psicologiche di lavoro (tenuta sotto controllo dello stress lavoro correlato) sia per le condizioni fisiche (temperatura adeguata, umidità, illuminazione, rumore). Molto importanti sono le risorse per il monitoraggio e misurazione. A tal proposito l'organizzazione assicura che siano messe a disposizione tutte le risorse necessarie al fine della corretta effettuazione di tutte le attività di monitoraggio e misurazione e che le stesse siano adeguatamente formate.

Quando la riferibilità delle misurazioni è un requisito interno, cogente o del cliente, l'organizzazione gestisce le apparecchiature di misura con le seguenti modalità:

- Redige apposito elenco della strumentazione di misura considerata essenziale. In tale documento vengono elencate le apparecchiature da sottoporre a controllo periodico. Per ogni apparecchiatura soggetta a controllo viene identificata la modalità del controllo che può essere interna con metodo riconosciuto o esterna e si identifica la periodicità del controllo.
- Per singolo strumento o apparecchiatura di misurazione e collaudo (incluse le apparecchiature personali dei dipendenti, del cliente e del fornitore presenti sul sito) redige apposita scheda di controllo strumento.

Nella scheda di controllo viene registrata:

- 1) La taratura/verifica effettuata internamente o esternamente. Se il controllo è effettuato internamente viene registrato il metodo utilizzato e le misurazioni effettuate al fine di testare il corretto funzionamento dello strumento. Se il controllo viene effettuato esternamente viene allegato il certificato di taratura/controllo effettuato a cura del fornitore qualificato;
- 2) Qualsiasi indicazione fuori dalle specifiche ricevuta dalle attività di taratura/verifica;
- 3) Valutazione del rischio sulla conformità del prodotto all'uso previsto, causato dalla condizione di fuori specifica;
- 4) Dichiarazioni sullo stato di conformità alle specifiche dopo la taratura/verifica.

Tutti i calibri utilizzati dall'organizzazione (inclusi quelli di proprietà dei dipendenti, del cliente o dei fornitori esistenti sul sito) sono tarati secondo la periodicità definita. Per quanto concerne i software presenti, inclusi quelli di proprietà dei dipendenti, del cliente o dei fornitori esistenti sul sito, l'azienda

verifica periodicamente che la versione del software usato per il controllo del prodotto e del processo sia specificato. Quando l'apparecchiatura di misura viene riscontrata non adatta all'utilizzo previsto, l'organizzazione determina se i risultati delle misurazioni effettuati dall'ultimo controllo effettuato con esito positivo fino al controllo con esito negativo sono attendibili o se hanno potuto influenzare periodicamente la conformità del prodotto/servizio. L'organizzazione determina la conoscenza necessaria per il funzionamento dei propri processi e per il funzionamento dei propri processi e per il conseguimento della conformità di prodotti e servizi. Tali conoscenze vengono messe a disposizione e possono essere rappresentate da risorse interne o esterne. La gestione delle risorse esterne è gestita dalla procedura di gestione dei fornitori. Per quanto riguarda la competenza invece l'azienda fa in modo che il personale che esegue attività che hanno influenza sulla conformità ai requisiti del prodotto, del processo e del cliente raggiunga un adeguato grado d'istruzione, all'addestramento ricevuto e/o all'abilità ed esperienza accertata, alla complessità dei compiti che deve realizzare nel lavoro quotidiano. A tal riguardo l'Hp ha individuato e fornito la competenza del personale che svolge attività che hanno influenza sulla qualità dei processi redigendo apposita procedura di gestione delle competenze. Inoltre, il personale che possiede tali competenze viene formato e addestrato. Viene successivamente valutata l'efficacia dell'addestramento fornito registrandone l'abilitazione. Si conservano inoltre le registrazioni relative al grado di istruzione, addestramento, qualifiche ed esperienza del suddetto personale. Il personale che svolge particolari compiti viene adeguatamente qualificato con attenzione a requisiti del cliente. L'esigenza di addestramento viene valutata attraverso la pianificazione e la gestione della formazione che avviene tramite utilizzo del modulo piano di formazione annuale. Nello stesso viene riportata la pianificazione degli interventi di formazione/informazione previsti annualmente e la registrazione degli interventi di

formazione effettuati. Il responsabile qualità, prima di approvare l'assunzione e l'addestramento, analizza, in collaborazione con la direzione aziendale il livello di addestramento raggiunto dal personale interno. Si valutano l'istruzione, l'addestramento e l'esperienza che hanno peso diverso in funzione del ruolo coperto. L'approvazione dell'addestramento del personale interno è registrata sul modulo "registro formazione". La direzione aziendale inoltre ha individuato la necessità di formulare programmi di addestramento annuali in relazione ad argomenti di carattere formativo informativo generale. Per la consapevolezza l'azienda si assicura che il personale che svolge attività lavorative sotto il suo controllo venga a conoscenza della politica per la qualità che viene affissa nei locali aziendali e diffusa in occasione di incontri di formazione, dei pertinenti obiettivi per la qualità, del proprio contributo all'efficacia del sistema compresi i benefici derivanti dal miglioramento delle prestazioni e delle implicazioni derivanti dal non essere conformi ai requisiti del sistema comunicati in occasione del riesame della direzione o in occasione di incontri di formazione. Per la comunicazione l'azienda promuove, attraverso la formazione mirata, l'instaurarsi di un buon clima gestionale delle risorse, un clima favorevole, una buona informazione e la consapevolezza della rilevanza che ogni ente interno riveste nell'ambito del sistema di gestione per la qualità porta a sollecitazione benefiche tramite segnalazione di fenomeni, episodi, situazioni con effetti negativi per l'efficacia del sistema di gestione per la qualità. Questa buona informazione porta anche a suggerimenti e proposte operative di miglioramento. Le segnalazioni vengono raccolte e valutate, portando a conoscenza del proponente l'esito della valutazione. Le comunicazioni interne sono affisse in bacheca, comunicate verbalmente agli interessati o in occasione delle riunioni specificando l'oggetto, i tempi, il destinatario, la modalità e il mittente della comunicazione. In alternativa tutte le comunicazioni vengono trasmesse tramite mail interna. Per quanto riguarda le comunicazioni da e verso il cliente la Hp ha



personale formato e capace di poter utilizzare i portali dei propri clienti. Tutte le informazioni per la corretta applicazione del sistema di gestione devono essere documentate. Le informazioni documentate richieste dal sistema di gestione per la qualità devono essere disponibili e idonee all'utilizzo dove e quando necessario e devono essere adeguatamente protette. Per tenerle sotto controllo l'organizzazione deve intraprendere le seguenti attività: distribuzione, accesso, reperimento e utilizzo, archiviazione e presentazione (compreso il mantenimento della leggibilità), tenuta sotto controllo delle modifiche e conservazione ed eliminazione. In Hp le informazioni documentate del sistema qualità dell'azienda sono così strutturate. Il Manuale sistema gestione qualità che descrive le modalità operative che l'azienda applica per la gestione dei singoli paragrafi della norma, le procedure operative che sono predisposte per singolo processo, le istruzioni operative per il singolo operatore e la modulistica (sia cartacee che su supporto informatico). Il riesame della direzione, gli audit del sistema qualità e le variazioni del sistema possono determinare la necessità di aggiornare il manuale sistema gestione qualità.

L'ottavo capitolo della norma è relativo alle attività operative che rappresentano la fase DO del ciclo di Deming e prevedono:

- Pianificazione e controlli operativi;
- Requisiti per i prodotti e i servizi;
- Progettazione e sviluppo di prodotti e servizi;
- Controllo dei processi, prodotti e servizi forniti dall'esterno;
- Produzione ed erogazione dei servizi;
- Rilascio di prodotti e servizi;
- Controllo degli output non conformi.

Pianificazioni e controlli operativi

L'organizzazione pianifica, attua e tiene sotto controllo i processi necessari al soddisfacimento dei requisiti del cliente e per la fornitura di prodotti ed erogazione di servizi conformi. Il primo step consiste nel determinare i requisiti di prodotto. Poi bisogna stabilire come devono essere condotti i processi e quali sono i criteri che il prodotto deve rispettare per poter essere rilasciato. Infine, l'organizzazione deve identificare le risorse necessarie e le registrazioni che servono per dimostrare che il processo si sia svolto come da pianificazione. L'output di questa pianificazione è adatto alle attività operative utilizzate dall'organizzazione. L'organizzazione tiene sotto controllo le modifiche pianificate e riesamina le conseguenze dei cambiamenti intraprendendo azioni per mitigare ogni effetto negativo, per quanto necessario. Inoltre, si assicura che i processi affidati siano tenuti sotto controllo. I processi svolti dall'azienda consistono nell'attività definita nello scopo e campo di applicazione.

#### Requisiti per i prodotti e servizi

Ai clienti vengono comunicate le informazioni relative ai prodotti e servizi, le informazioni relative alla fattibilità produttiva del prodotto servizio richiesto, la gestione delle richieste, contratti o ordini (comprese le modifiche) e la definizione di specifici requisiti per le azioni di emergenza e piani di reazione quando pertinente. Per determinare i requisiti dei prodotti e dei servizi da offrire ai clienti l'azienda assicura che siano definiti i requisiti cogenti applicabili (inclusi ambiente e sicurezza), i requisiti ritenuti necessari dall'organizzazione e quelli ritenuti necessari dal cliente. L'organizzazione inoltre deve essere in grado di corrispondere a quanto essa dichiara in relazione ai prodotti e servizi offerti. L'organizzazione assicura che essa possiede la capacità di soddisfare i requisiti dei prodotti e servizi da offrire ai clienti. A tal fine si effettua un riesame formale che comprende tutti i requisiti specificati dal cliente, dall'organizzazione e quelli cogenti. Se il cliente non fornisce una dichiarazione documentata dei propri requisiti, questi vengono

stabiliti dall'organizzazione sulla base del contratto. Inoltre, si tiene tutta la documentazione contrattuale relativa ai risultati del riesame e di ogni nuovo requisito di prodotti e servizi. Quando i requisiti dei prodotti vengono modificati l'organizzazione assicura che le informazioni documentate siano aggiornate e che le persone pertinenti siano rese consapevoli in merito ai requisiti modificati.

#### Progettazione e sviluppo di prodotti e servizi

In Hp, in base ai risultati della valutazione dei processi e valutazione dei rischi non è risultato applicabile il requisito relativo alla gestione della progettazione e sviluppo. Questo processo si applica relativamente alla progettazione del processo nel settore automotive. In particolare, non si applicano i requisiti relativi alla progettazione del prodotto poiché questa è a cura del cliente che fornisce disegni e specifiche tecniche. È a cura dell'ufficio tecnico redigere la documentazione necessaria a sviluppare il progetto di processo. Tali documenti sono redatti dall'ufficio tecnico in collaborazione con il gruppo di lavoro appositamente nominato in fase di richiesta di offerta da parte di un cliente del settore automotive. Inoltre, utilizzando un approccio multidisciplinare, sono state determinate fasi, controlli, responsabilità, risorse coinvolte e le modalità operative per la progettazione e lo sviluppo del processo nel settore automotive considerando la natura delle attività, le responsabilità coinvolte e le risorse necessarie. In fase di analisi dei dati in ingresso sono acquisite tutte le specifiche espresse dal cliente e vengono riesaminati i requisiti di input alla progettazione del processo produttivo includendo il processo del prodotto fornito dal cliente, le informazioni derivanti da precedenti analoghe attività di progettazione e sviluppo, i requisiti cogenti, le potenziali conseguenze di gusto dovute alla natura dei prodotti e servizi e il codice interno di sicurezza. Gli input devono essere adeguati, completi e univoci. Eventuali conflitti tra gli input alla progettazione e sviluppo devono essere risolti. Vengono conservate informazioni documentate sugli input alla

progettazione e sviluppo. L'hp, in fase di riesame del progetto di processo, effettua controlli sul processo di progettazione e sviluppo valutando la capacità dei risultati della progettazione di soddisfare i requisiti del cliente e definendo le azioni correttive. Secondo la norma si deve inoltre assicurare che gli output della progettazione e sviluppo soddisfino i requisiti di input. Infine, l'organizzazione identifica, riesamina e tiene sotto controllo le modifiche effettuate durante o successivamente alla progettazione del processo, nella misura necessaria per assicurare che non vi siano impatti negativi sulla conformità ai requisiti del cliente.

Controllo dei processi, prodotti e servizi forniti dall'esterno

L'organizzazione assicura che i processi, prodotti e servizi forniti dall'esterno siano conformi ai requisiti dell'organizzazione e del cliente. L'Hp determina i controlli da attuare su processi, prodotti e servizi forniti dall'esterno che vengono inglobati nei prodotti forniti o spediti direttamente al cliente. Vengono determinati dei controlli anche per i processi forniti da un fornitore esterno. Vengono quindi determinati e applicati criteri per la valutazione, selezione, monitoraggio delle prestazioni e per la rivalutazione dei fornitori esterni, sulla base della loro capacità di fornire processi o prodotti e servizi conformi ai requisiti. Devono essere conservate le informazioni documentate di queste attività e di ogni necessaria azione che scaturisce dalle valutazioni. Si deve assicurare che i processi, i prodotti e i servizi forniti dall'esterno non influenzino negativamente la capacità dell'organizzazione di rilasciare con regolarità, ai propri clienti, prodotti e servizi conformi. Si deve comunque assicurare che i processi forniti dall'esterno rimangano sotto il controllo del proprio sistema di gestione per la qualità e definire i controlli che devono essere applicati al fornitore esterno. Viene quindi assicurata l'adeguatezza dei requisiti prima di comunicarli al fornitore esterno. L'organizzazione definisce con quest'ultimi i requisiti relativi ai processi,

ai prodotti e ai servizi da fornire e l'approvazione di prodotti e servizi, di metodi, processi e apparecchiature e del rilascio di prodotti e servizi.

#### Produzione ed erogazione servizi

Questo è il punto più importante della norma in cui si definisce che l'organizzazione attua la produzione e l'erogazione dei servizi in condizioni controllate. Le condizioni controllate devono comprendere la disponibilità di informazioni documentate, l'attuazione delle attività di monitoraggio e misurazione e la disponibilità delle risorse necessarie ad eseguire queste attività. Devono essere comprese anche l'utilizzo di infrastrutture e ambienti idonei per il funzionamento dei processi, la designazione di persone competenti e l'attuazione di attività di rilascio, consegna, post consegna e per prevenire l'errore umano. La definizione delle modalità di gestione del processo di produzione ed erogazione servizi è definita in particolare nella procedura di gestione e in apposite istruzioni operative predisposte, applicate e mantenute aggiornate per singola attività svolta.

Quando la rintracciabilità è un requisito, si deve tenere sotto controllo l'univoca identificazione degli output e deve conservare le informazioni documentate necessarie a consentire detta rintracciabilità. Per quanto riguarda le proprietà che appartengono ai clienti o ai fornitori esterni, l'organizzazione ne deve tener cura quando si trova sotto il suo controllo o viene da essa utilizzata. Quando la proprietà del cliente o del fornitore viene persa, danneggiata o riscontrata inadatta all'utilizzo, l'organizzazione attua apposita procedura per riferire ciò al cliente o al fornitore esterno e conservare informazioni documentate su quanto accaduto. La comunicazione avviene tramite comunicazioni scritte trasmesse al cliente. In tutti i casi ogni anomalia viene gestita in maniera documentata ed in base alle indicazioni fornite dal cliente. Tale modalità di gestione viene attuata per tutte le proprietà del cliente (materiali, componenti, strumenti, apparecchiature, proprietà intellettuali). L'organizzazione inoltre preserva gli output durante la produzione e l'erogazione

dei servizi, nella misura necessaria ad assicurare la conformità ai requisiti. Altro punto fondamentale per soddisfare il cliente è quello relativo alle attività di post-consegna. L'Hp soddisfa i requisiti relativi alle attività post-consegna associate ai prodotti e ai servizi. Nel determinare l'estensione delle attività post-consegna necessarie, l'organizzazione considera i requisiti cogenti e del cliente, le conseguenze indesiderate associate ai propri prodotti e servizi e natura, utilizzo e durata di vita attesa dei suoi prodotti e servizi. Dove previsto dal contratto, l'azienda provvede a fornire apposito servizio di manutenzione o assistenza definiti. L'organizzazione riesamina e tiene sotto controllo le modifiche alla produzione o all'erogazione dei servizi, nella misura necessaria ad assicurare la continua conformità a requisiti.

#### Rilascio di prodotti e servizi

L'organizzazione attua, quanto pianificato, provvede a verificare che i requisiti dei prodotti e dei servizi siano stati soddisfatti. Il rilascio dei prodotti e l'erogazione dei servizi al cliente non devono essere effettuati prima che quanto pianificato sia stato completato in modo soddisfacente, salvo diversa approvazione da parte di un'autorità competente e, ove applicabile, del cliente. Anche in questo caso, l'organizzazione conserva informazioni documentate per il rilascio di prodotti e servizi. Tali informazioni devono comprendere l'evidenza della conformità ai criteri di accettazione e la riferibilità alle persone autorizzate al rilascio.

#### Controllo degli output non conformi

In questa sezione si definiscono le attività messe in atto dall'Hp per il controllo e la gestione del prodotto non conforme. L'organizzazione assicura che gli output non conformi ai requisiti siano identificati e tenuti sotto controllo, in modo da prevenirne l'utilizzo o la consegna involontari. L'obiettivo è quello di identificare con tempestività le non conformità, evidenziarle, vagliarle e risolverle quando

possibile. Il fine ultimo è di eliminare, correggendole, le non conformità e, se non è possibile, si deve essere consapevoli delle stesse e garantire che non venga involontariamente utilizzato o consegnato un prodotto non conforme. Le non conformità sono in ogni caso oggetto di studio per poterle prevenire in futuro.

Nel nono capitolo si parla della valutazione delle prestazioni, ovvero la fase in cui vengono verificate e valutate le azioni messe in atto precedentemente. Si implementa quindi la fase check del PDCA. In questo capitolo vengono trattati i seguenti argomenti:

- Monitoraggio, misurazione, analisi e valutazione;
- Audit interno;
- Riesame della direzione.

L'azienda pianifica e attua i processi di monitoraggio, di misurazione, di analisi e di miglioramento necessari a dimostrare la conformità del prodotto e delle lavorazioni, ad assicurare la conformità del sistema di gestione della qualità e a migliorare il modo continuo l'efficacia del sistema di gestione per la qualità. A tal fine l'azienda rileva e valuta nelle fasi intermedie e finali il processo di erogazione del servizio e adotta tecniche statistiche per tenere sotto controllo processi e servizi, applicate all'analisi di situazioni non conformi e anomale riscontrate e di reclami avanzati dai clienti. L'organizzazione deve monitorare la percezione del cliente riguardo al grado in cui le sue esigenze e aspettative sono state soddisfatte. In Hp la soddisfazione del cliente si misura con il "Questionario valutazione soddisfazione clienti". Le informazioni forniscono dei dati da analizzare per il miglioramento continuo del sistema di gestione della qualità. Questa intervista viene inviata ai clienti e compilata dall'ufficio commerciale o dal responsabile del sistema di qualità con il cliente una volta completati tutti i lavori. Poiché

l'interfaccia del cliente è il commerciale questo modulo può essere inviato alla sua attenzione. Tutti i dati del questionario e dei reclami del cliente vengono analizzati dalla direzione aziendale in sede di riesame della direzione. Inoltre, i risultati delle analisi si utilizzano per valutare se la pianificazione è stata condotta in modo efficace, la conformità dei prodotti e dei servizi, le prestazioni e l'efficacia del sistema di gestione per la qualità, l'efficacia delle azioni intraprese per affrontare i rischi e le opportunità, le prestazioni dei fornitori esterni e l'esigenza di miglioramenti del sistema di gestione per la qualità. L'organizzazione conduce, ad intervalli pianificati, audit interni allo scopo di fornire informazioni per accertare se il sistema di gestione per la qualità è conforme ai requisiti della norma e dell'organizzazione relativi al sistema di gestione per la qualità. Si deve verificare se il sistema di gestione per la qualità viene efficacemente attuato e mantenuto. In Hp gli audit interni sono programmati annualmente dal responsabile del sistema di qualità sul modulo "programma di audit interni". La responsabilità dell'esecuzione di questi audit è del gruppo di audit interni. Gli audit vengono verificati ed approvati dalla direzione aziendale rispettando i criteri di priorità dettati dall'importanza delle attività da sottoporre a verifica ispettiva. Gli audit interni vengono pianificati sulla base di criticità dei processi, dei reclami da cliente, delle non conformità e dal riesame da parte della direzione. Vengono definiti tre livelli di criticità: critico se influenza direttamente la qualità del prodotto o servizio, importante se influenza in maniera indiretta la qualità del prodotto o servizio e secondario se non influenza la qualità del prodotto o servizio. Tutti i processi vengono verificati con cadenza annuale. Gli audit interni costituiscono quindi lo strumento fondamentale che viene adottato per assicurare l'efficace attuazione del sistema di qualità e per garantire il raggiungimento degli obiettivi aziendali. La direzione, per mantenere e migliorare il sistema di qualità aziendale, provvede almeno una volta l'anno a riesaminare il sistema nel suo complesso. Questo riesame della direzione è volta a verificare



l'applicazione, l'adeguatezza e l'efficacia del sistema nel soddisfare i requisiti della ISO 9001 e le richieste del cliente. Con questo riesame si mira inoltre a verificare l'efficienza del sistema e l'implementazione degli obiettivi aziendali formulati nei piani di miglioramento e la loro rispondenza alle esigenze aziendali e del cliente; A fronte di ciò che emerge in fase di riesame la direzione aziendale può emettere piani di miglioramento aggiuntivi che tengano conto di nuovi obiettivi e delle risorse coinvolte, inclusa la revisione della documentazione. I piani di miglioramento e gli interventi stabiliti dal sistema di qualità diventano operativi una volta approvati. I cambiamenti che potrebbero influenzare il sistema di gestione per la qualità sono le modifiche dei processi aziendali, di strategie commerciali, le opportunità di mercato e le innovazioni tecnologiche. Questo materiale viene raccolto e presentato dal responsabile del sistema di qualità alla direzione aziendale mediante relazione analitica. Viene preso in considerazione anche il contenuto e i risultati del riesame precedenti e i piani di miglioramento esistenti. Attraverso il riesame si verificano anche l'adeguatezza delle risorse messe a disposizione, il raggiungimento degli obiettivi prefissati in politica della qualità, il monitoraggio dei processi e le eventuali modifiche da apportare al sistema di gestione di qualità per cambiamenti aziendali, al fine di garantire l'integrità del sistema stesso. Lo scopo è quello di definire nuovi obiettivi per la qualità o ridefinire obiettivi che precedentemente sono stati mal calibrati o non conseguiti. Inoltre, si mira ad individuare elementi di miglioramento sui prodotti e sul sistema di gestione di qualità e sui processi che lo costituiscono. Questo riesame viene accompagnato da una adeguata diffusione dei livelli ottenuti per incoraggiare ulteriormente il personale a contribuire al miglioramento della qualità. Questo scopo viene perseguito in modo organizzato con due flussi di attività ovvero il miglioramento guidato e il miglioramento volontario. Il miglioramento guidato include tutte le attività stabilite dalla direzione. Il miglioramento volontario include

invece le attività proposte da ogni unità operativa, come descritto nella politica della qualità. Tutte le considerazioni di miglioramento espresse dalla direzione in fase di riesame vengono trascritte nella tabella indicatori di processo nel quale si riporta, per singola tipologia di processo per il quale si esprime un miglioramento da conseguire, il parametro da monitorare e il miglioramento da conseguire dove possibile quantificato. Allegati al riesame c'è il monitoraggio mensile di prodotti e processi. Per i parametri monitorati vengono effettuate tre tipologie di analisi:

- Temporale: andamento storico % scarti e re work e andamento trimestrale della % di scarti
- Per incidenza del difetto: diagramma di Pareto sullo scarto e sul re work;
- Per cliente: Incidenza della % di produzione per cliente o produzione totale e incidenza della % di produzione per cliente o produzione cliente.

Il decimo capitolo è relativo al miglioramento che permette di eseguire la fase Act del ciclo PDCA e quindi consiste nell'intraprendere azioni per migliorare le prestazioni dell'azienda in modo continuo. Questo capitolo tratta le non conformità, le relative azioni correttive e il miglioramento continuo. Quindi l'organizzazione deve determinare e selezionare le opportunità di miglioramento e attuare ogni azione necessaria per soddisfare i requisiti del cliente e accrescerne la soddisfazione. Queste comprendono il miglioramento dei prodotti e dei servizi, per soddisfare i requisiti e per affrontare le esigenze e le aspettative future. Includono inoltre la correzione, la prevenzione o la riduzione degli effetti indesiderati e il miglioramento delle prestazioni e dell'efficacia del sistema di gestione per la qualità. Lo scopo è quindi assicurare che vengano intraprese azioni correttive per reclami da cliente e per non conformità di lavorazione, processo o sistemi e vengano intraprese azioni preventive per eliminare potenziali cause di future non conformità. L'azienda tende a migliorare l'efficacia del sistema di gestione della qualità mediante obiettivi specifici per singolo punto della politica per la qualità,

intraprendendo apposite azioni correttive per la sistemazione delle anomalie risultanti dalle verifiche ispettive interne, mediante la gestione dei dati risultanti dalle misurazioni di processo e mediante la gestione delle azioni correttive e piani di miglioramento derivanti da riesame da parte della direzione. Dal punto di vista delle non conformità, lo scopo è quello di indentificarle con tempestività, evidenziarle, vagliarle e risolverle (quando possibile). Il fine ultimo infatti è quello di eliminare, correggendole, le non conformità e, dove ciò non è possibile, essere consapevoli delle stesse e garantire che non venga involontariamente utilizzato o consegnato un prodotto non conforme. Le non conformità sono in ogni caso oggetto di studio per poterne prevenire il ripetersi. Le non conformità in Hp vengono gestite in un apposito modulo in cui vengono riportati la data e il responsabile della registrazione, la tipologia di non conformità, l'eventuale cantiere di riferimento, la descrizione della non conformità, la causa, il trattamento adottato e le responsabilità dello stesso, la data e modalità chiusura della non conformità e l'eventuale azione correttiva adottata. Si apre quindi un modulo sul gestionale. Questi moduli vengono analizzati dal responsabile dell'area di competenza per individuare la causa e decidere le azioni correttive da mettere in atto per l'eliminazione. Le azioni correttive ritenute necessarie per l'eliminazione delle cause della non conformità vengono registrate sul rapporto di non conformità e comunicate agli enti interessati tempestivamente. Le azioni correttive sono le azioni intraprese per eliminare le cause di non conformità effettive e prevenirne il ripetersi. L'azienda è organizzata in modo tale che ogni azione correttiva o preventiva intrapresa per eliminare le cause di non conformità effettive o potenziali è automaticamente dimensionata per essere di livello appropriato all'importanza dei problemi che possono provocare le non conformità e, quindi, opportunamente commensurata agli eventuali rischi che l'azienda corre accettando la non conformità in deroga. Queste azioni vengono decise dal responsabile del sistema di

qualità con la direzione aziendale al fine di assicurare una giusta analisi delle cause e l'attivazione delle azioni idonee alla risoluzione delle stesse per evitare il riproporsi del medesimo problema. Le azioni correttive possono scaturire da reclami da cliente, da risultati di verifiche ispettive (interne ed esterne) e da non conformità del prodotto, del servizio, del processo o del sistema. Le azioni correttive e le non conformità, unitamente ai dati statistici sull'andamento della qualità nelle varie aree, ai costi di non qualità ed alle azioni preventive proposte all'interno dell'impresa, costituiscono la base di studio e di commento del responsabile del sistema di qualità nella relazione della direzione. A fronte di questo studio vengono redatti dei piani di miglioramento globali, che si prefiggono di migliorare, in modo misurabile, il livello qualitativo aziendale. Vengono implementate anche azioni preventive per eliminare le cause di non conformità potenziali e prevenirne il verificarsi. Queste azioni vengono decise dalla direzione aziendale e dal responsabile del sistema di qualità sulla base dei flussi e delle attività che influenzano il prodotto, dei risultati degli audit e delle registrazioni di qualità. L'azione preventiva viene quindi registrata sul piano di miglioramento con riferimento all'area coinvolta e definendo l'obiettivo e l'intervento di miglioramento, un rilievo della situazione corrente, una valutazione economica e un responsabile. Il piano di miglioramento una volta approvato viene poi portato a conoscenza del personale tramite l'affissione in bacheca. La verifica dell'efficacia delle azioni correttive e preventive costituisce per l'azienda uno strumento per la valorizzazione delle azioni intraprese. Le non conformità da audit interni vengono gestite tramite il rapporto di non conformità e annotate nel verbale di verifica ispettiva. I reclami dei clienti, registrati tramite il modulo di non conformità dal commerciale, vengono analizzati dal responsabile del sistema di qualità e della direzione aziendale/commerciale, in collaborazione con gli enti e i reparti competenti, allo scopo di individuare la causa e decidere le azioni correttive da

mettere in atto per l'eliminazione. Per i reclami viene tenuto un registro riepilogativo dei reclami e dei relativi provvedimenti con la registrazione di data, riferimento alla commessa, breve descrizione del reclamo, azione intrapresa, data di chiusura e dell'esito. Se i reclami non sono dovuti a carenze dell'azienda ovvero sono stati erroneamente imputati all'azienda, le azioni correttive non vengono adottate. Viene fatto un commento e registrato sul rapporto di non conformità. L'organizzazione migliora in modo continuo l'idoneità, l'adeguatezza e l'efficacia del sistema di gestione per la qualità. Vengono considerati i risultati dell'analisi, la valutazione degli stessi e gli output del riesame della direzione per determinare se ci sono esigenze od opportunità che devono essere considerate come parte del miglioramento continuo. Il miglioramento continuo è gestito in occasione del riesame della direzione. In allegato al riesame vengono emessi due documenti:

- tabella degli indicatori di processo con la quale si provvede alla definizione e al monitoraggio degli indicatori di prestazione per singolo processo;
- piano di miglioramento tramite il quale viene gestito il singolo miglioramento pianificato con definizione delle risorse e strumenti da utilizzare e tempistica di attuazione. In caso di mancato raggiungimento dell'obiettivo numerico definito nella tabella indicatori viene emesso e gestito un apposito piano di miglioramento che gestisce l'analisi delle cause, la definizione della specifica attività da svolgere per il raggiungimento dell'obiettivo, le responsabilità specifiche e i tempi di attuazione.

### **3.2 La normativa IATF 16949:2016 in Hp**

L'Hp, come già affermato, ha conseguito anche la certificazione IATF 16949:2016. L'IATF è un sistema di qualità in ambito automotive basato sullo standard ISO 9001:2015 con specifici requisiti del settore automobilistico. Lo standard è applicabile a qualsiasi organizzazione che produce componenti, assemblaggi e parti per la fornitura all'industria automobilistica. Questa norma, quindi, integra la ISO 9001:2015 ampliandola soprattutto negli aspetti critici per il settore automotive. Infatti, parte nella IATF vengono fatti i riferimenti alla ISO stessa in quanto sono parti comuni. Vale quindi tutto ciò che è stato detto nel paragrafo relativo alla ISO a cui si aggiunge ciò che viene richiesto per il settore automotive. Anche la norma IATF, oltre al capitolo introduttivo che è identico alla IATF, ha gli stessi dieci capitoli. In questa norma il focus è molto incentrato sul cliente e sul processo produttivo.

Nel primo capitolo relativo allo scopo e al campo di applicazione viene specificato che questo automotive quality management system standard definisce i requisiti del sistema di qualità per la progettazione e lo sviluppo, la produzione e, quando rilevanti, l'assemblaggio, l'installazione e i servizi di automotive relazionati ai prodotti, compresi i prodotti con software incorporato. Questo standard è applicabile ai siti dell'organizzazione dove vengono prodotti parti, servizi e accessori per ogni cliente. Per il secondo capitolo, i riferimenti normativi, oltre a quelli indicati nella parte relativa all'ISO 9001, sono i vari control plan definiti dal cliente in cui vengono indicate tutte le specifiche tecniche e di processo da rispettare. Nel terzo capitolo vengono indicati tutti i termini relativi all'industria automotive che saranno spiegati quando saranno citati.

Poiché il focus di questa norma è molto orientato al cliente nel quarto capitolo relativo al contesto dell'organizzazione viene specificato che devono venire determinati i requisiti specifici del cliente e devono venire gestiti tramite

archiviazione informatica su una cartella specifica disponibile a tutti gli interessati. Inoltre, l'organizzazione deve documentare la sicurezza del prodotto e dei processi produttivi includendo l'identificazione dei requisiti cogenti e delle caratteristiche di sicurezza de prodotto, le notifiche del cliente sui requisiti, l'identificazione e il controllo delle caratteristiche relative alla sicurezza del prodotto, dove queste vengono realizzate nel processo produttivo. Devono essere inoltre inclusi l'approvazione speciale dei piani di controllo e della FMEA di processo, la definizione dei piani di reazione, la definizione della responsabilità, del processo di escalation e flusso di informazioni, inclusa l'alta direzione, e notifiche del cliente. Si devono documentare infine anche la necessità di addestramento identificata dall'organizzazione o dal cliente per il personale coinvolto nei prodotti di sicurezza e nei processi produttivi relativi, le modifiche al prodotto o ai processi approvate prima dell'attuazione, il trasferimento dei requisiti riguardanti la sicurezza del prodotto alla catena di fornitura, inclusi i fornitori designati dal cliente, rintracciabilità del prodotto per lotto di produzione attraverso la catena di fornitura e le "lesson-learned" per l'introduzione di nuovi prodotti. Viene quindi gestito il processo allo scopo di assicurare il conseguimento dei risultati attesi e di migliorare il sistema di gestione qualità.

Nel quinto capitolo, dedicato alla leadership, vengono introdotti tre ulteriori concetti: le responsabilità aziendali, il controllo dell'efficacia e dell'efficienza del processo e la figura del responsabile del processo (process owner). Per responsabilità aziendali si intende la definizione da parte del vertice aziendale e la diffusione alle parti interessate della politica aziendale anticorruzione, del codice interno di condotta per i dipendenti e della politica di escalation (anche chiamata politica whisle-blowing). Il vertice aziendale riesamina i processi di realizzazione del prodotto ed i processi di supporto per valutare la loro efficacia ed efficienza promuovendone il miglioramento. Infine, il process owner è il responsabile per la

gestione di determinati processi dell'organizzazione e dei relativi output. Il vertice aziendale deve identificare i ruoli e le competenze di questo process owner. In questo capitolo vengono aggiunti ulteriori compiti al vertice aziendale. Esso deve assegnare il personale di responsabilità e autorità tali ad assicurare che i requisiti del cliente siano soddisfatti. Il vertice aziendale deve assicurare che il personale responsabile della conformità dei requisiti dei prodotti abbia l'autorità di fermare la spedizione e la produzione per correggere i problemi qualitativi. Deve assicurare inoltre che il personale con l'autorità e la responsabilità per le azioni correttive sia prontamente informato dei prodotti o processi non conformi ai requisiti al fine di garantire che il prodotto non conforme non sia spedito al cliente e che tutte le non conformità potenziali siano identificate e contenute. Infine, il vertice aziendale deve assicurarsi che tutti i turni aziendali siano coperti dal personale che assicuri la conformità dei requisiti del prodotto.

Nel sesto capitolo viene ampliato ulteriormente il concetto di pianificazioni che, nella norma IATF, diventa fondamentale. Le funzioni aziendali devono quindi pianificare, effettuando un'analisi del rischio includendo le lesson learned da richiami prodotto, audit prodotto, ritorni e riparazioni, reclami, scarti e rilavorazioni. In particolare, le azioni intraprese per affrontare i rischi e le opportunità devono essere proporzionate all'impatto che l'azione potrebbe avere sulla conformità di prodotti e servizi. Le opzioni per affrontare i rischi comprendono: evitare il rischio, assumersi il rischio, rimuovere la fonte di rischio, modificare la probabilità o le conseguenze, condividere il rischio o ritenere il rischio sulla base di una decisione informata. La valutazione dei rischi può dar luogo ad azioni finalizzate a perseguire una situazione favorevole fino al raggiungimento di un risultato atteso e all'emergere di opportunità. Il rischio viene inteso come effetto dell'incertezza che può avere effetti positivi o negativi, uno scostamento positivo risultante da un rischio può fornire un'opportunità. Questi aspetti vengono presi in



considerazione, almeno una volta l'anno, dal riesame della direzione. Inoltre, l'organizzazione deve determinare e implementare azioni per eliminare le cause potenziali di non conformità al fine di prevenirne il verificarsi. Le azioni preventive devono essere appropriate alla severità dei problemi potenziali. In accordo alla norma l'azienda ha sviluppato un sistema in grado di supportare efficacemente e tempestivamente l'organizzazione a fronte di una situazione di emergenza al fine di garantire l'erogazione dei servizi ai propri clienti. Tutte le misure messe in atto dall'organizzazione al fine di proteggere e soddisfare i requisiti del cliente sono riportate nel piano di emergenza. Il piano di emergenza ha lo scopo di assicurare la continuità di fornitura nel caso in cui si verificano guasti alle apparecchiature chiave, interruzioni dei prodotti, processi e servizi di fornitura esterna, disastri naturali ricorrenti, incendi, interruzione di servizi, mancanza di manodopera e problemi alle infrastrutture. Il piano include anche il processo di notifica al cliente o, più in generale, alle parti interessate. Con cadenza almeno annuale viene effettuata una simulazione di emergenza allo scopo di verificare la validità del piano. In caso di esito positivo viene confermato mentre in caso di anomalie riscontrate viene aggiornato fino ad esito simulazione positiva.

Nel settimo capitolo la norma amplia il concetto di supporto definendo altri aspetti da tenere sotto controllo. Nella progettazione del layout dello stabilimento l'organizzazione deve tenere conto dell'ottimizzazione del flusso dei materiali, incluso il controllo del prodotto NC. Deve effettuare un'analisi di fattibilità produttiva per singolo nuovo prodotto o per nuove operazioni. Per IATF requisito importante è quello di mantenere i propri locali in uno stato di ordine e pulizia. Vengono presi anche in considerazione gli aspetti legati alla salute e sicurezza del personale. A tal fine l'azienda mantiene informazione documentata della valutazione di fattibilità produttiva e della pianificazione della capacità per ogni prodotto nuovo o per nuove operazioni che riguardino il settore automotive.

Data la loro importanza nel settore, nella norma IATF vengono fatte delle particolari richieste in termini di misurazione. Devono essere condotti degli studi statistici per analizzare le variazioni presenti nei risultati di ogni tipo di ispezione, misure e test sulle attrezzature identificare nel piano di controllo. A tal fine la norma richiede di effettuare uno studio MSA (Measurement System Analysis) volto a determinare in modo sperimentale e matematico la variabilità che esiste all'interno di un processo di misurazione. L'hp assicura che i metodi di analisi ed i criteri di accettazioni utilizzati per ogni sistema di misurazione e prova (identificato nel piano di controllo) siano conformi a quelli indicati nei manuali di riferimento per l'analisi dei sistemi di misurazione. Qualora l'azienda abbia a disposizione metodi analitici e criteri di accettazione alternativi, il loro utilizzo sarà subordinato all'approvazione documentata da parte del cliente. L'organizzazione, inoltre, deve documentare il processo di misurazione e taratura. La registrazione dell'attività di misurazione e taratura dei calibri e delle attrezzature di misura necessitano di fornire evidenza del rispetto dei requisiti interni, di legge e del cliente. Nel caso si abbiano fondati motivi di ritenere inattendibili o poco attendibili tali risultati e siano spediti prodotti o materiali sospetti l'azienda provvede a notificarlo immediatamente al cliente. L'azienda provvede quindi ad intraprendere appropriate azioni correttive come la ripetizione dei controlli effettuati, questa volta con strumenti attendibili, o il richiamo del prodotto consegnato. Dato che molte delle attività di taratura e di verifica vengono svolte internamente, l'azienda assicura che sia definito il proprio campo di attività e che le tarature e verifiche siano eseguite seguendo uno standard documentato da apposita procedura/istruzione di controllo pertinente. Se lo standard documentato non è disponibile, l'organizzazione identifica una metodologia per verificare la capacità del sistema di misura. Deve essere data evidenza della capacità di eseguire i servizi di taratura e di verifica da parte del personale preposto e delle prove eseguite sul prodotto. Infine, l'azienda

assicura che vengano rispettati i requisiti del cliente quando presenti e che le registrazioni inerenti vengano riesaminate. L'hp si avvale di laboratori esterni indipendenti per alcuni servizi di ispezione, prova o taratura. Tutti i fornitori aziendali di questi servizi sono qualificati secondo le modalità definite nel manuale e accreditati dalle norme nazionali. In alternativa possono essere accettati in modo evidente da parte del laboratorio esterno. Per la competenza la norma specifica che deve venire formato e addestrato sul posto di lavoro anche il personale (sia a contratto che da agenzie) coinvolto in qualsiasi nuova attività o attività modificata, che influenza la conformità dei requisiti di qualità, ai requisiti interni, cogenti, e sulle conseguenze delle non conformità rispetto ai requisiti del cliente. Inoltre, il responsabile di qualità assicura che il personale sia consapevole della rilevanza ed importanza delle proprie attività e del proprio contributo al raggiungimento degli obiettivi per la qualità mediante incontri informativi opportunamente formalizzati o su registri realizzati per il particolare tipo d'incontro sui moduli verbale di formazione e foglio/registro presenze per formazione personale. Nella norma IATF viene posta particolare attenzione agli audit interni. L'organizzazione, infatti, deve avere un documentato processo di verifica delle competenze degli audit interni, tenendo conto di eventuali richieste specifiche dei clienti. Gli auditor di processo, di prodotto e del sistema di qualità devono dimostrare la comprensione del processo d'approccio all'audit nel settore automotive, dei requisiti del cliente applicabili e delle norme ISO 9001 e IATF 16949. Devono sapere come pianificare, condurre, rendicontare e chiudere il processo di audit. In particolare, gli auditor di processo devono dimostrare la comprensione tecnica dei processi di produzione più rilevanti da sottoporre a revisione, inclusi i processi di analisi del rischio (come il PFMEA) e il piano di controllo. Gli auditor di processo devono dimostrare la competenza nel comprendere i requisiti del prodotto e nell'uso delle misurazioni adeguate e le apparecchiature di prova per verificare la conformità del prodotto. Se è previsto un

processo di formazione della competenza, si deve dimostrare in modo documentato la competenza di cui che effettua la formazione. L'Hp ha pianificato per il personale per gli audit interni (responsabile del sistema di qualità e la direzione aziendale) un periodo di affiancamento di sei mesi o un anno ad un consulente qualificato per effettuare le verifiche interne ed un corso di formazione sulla ISO 9001. Per quanto riguarda l'audit interno IATF il personale addetto deve essere in possesso di apposito corso IATF. Il personale interno addetto agli audit di prodotto e di processo deve avere esperienza almeno biennale di audit interni legati alla funzione qualità e un attestato di partecipazione al corso sugli audit interni. Per gli audit di prodotto è richiesta anche esperienza almeno biennale di controllo qualità nel settore specifico. Nella norma vengono anche richiesti degli audit di seconda parte. A tale scopo gli auditor che lo svolgono devono avere i requisiti richiesti dai clienti per la qualifica. Oltre a quanto previsto per il sistema qualità (pianificazione addestramento, verbali ed attestati di formazione e criteri di qualifica del personale) è prevista la verifica del grado di competenza di tutto il personale. Questo, ad esempio, può prevedere la somministrazione di apposito questionario di verifica della consapevolezza del personale e relativa analisi dei risultati. È inoltre prevista la valutazione della soddisfazione del personale, che può, anche in questo caso, prevedere l'utilizzo di appositi questionari. La norma IATF richiede che il sistema di qualità mantenga le informazioni documentate relative alla mappa dei processi, al flow chart, alla FMEA di processo, piano dei controlli e la matrice requisiti specifici del cliente contenuta nell'appendice del manuale della qualità e che viene modificata quando intervengono nuovi clienti CSR. La norma richiede inoltre che nel manuale di qualità venga incluso lo scopo del sistema di qualità. L'organizzazione deve definire, documentare e implementare la politica di conservazione dei dati. Il controllo dei dati deve soddisfare i requisiti del cliente, dell'organizzazione e cogenti.

Nell'ottavo capitolo relativo alle attività operative la IATF va ad integrare fortemente il contenuto delle ISO andando a focalizzarsi prevalentemente sulla pianificazione del processo. Nel punto relativo alla pianificazione e ai controlli operativi viene stabilito che l'azienda deve determinare i requisiti del prodotto del cliente, le specifiche tecniche e i requisiti logistici. Viene richiesto inoltre di stabilire i criteri per verificare, validare e monitorare il prodotto o il servizio erogato e di determinarne la fattibilità produttiva. Si devono conservare le informazioni documentate per monitorare e validare i processi ed i criteri di accettazione stabiliti. L'organizzazione assicura la confidenzialità di prodotti sotto contratto con il cliente ed i progetti in corso di sviluppo, incluse le informazioni relative al prodotto. Riguardo ai requisiti per i prodotti e servizi richiesti tutte le comunicazioni scritte e verbali devono avvenire nella lingua e nel formato concordato con il cliente. L'organizzazione deve rispettare i requisiti del cliente per ciò che concerne la designazione, la documentazione di approvazione e controllo delle caratteristiche speciali. La fattibilità economica e tecnica deve essere valutata da parte di un team multidisciplinare. Dal punto di vista della pianificazione della progettazione e dello sviluppo, la IATF richiede l'analisi della fattibilità produttiva e la pianificazione della qualità del prodotto a supporto dello sviluppo del processo che soddisferà i requisiti del cliente, ovvero il project management ed in particolare in Hp si utilizza APQP. Viene inoltre richiesto lo sviluppo ed il riesame dell'analisi del rischio del processo produttivo che vengono svolti attraverso l'FMEA di processo e i piani di controllo. Vengono richiesti degli ulteriori input alla progettazione del processo produttivo come l'indicazione delle caratteristiche speciali da parte del cliente, un elenco dei nuovi materiali da impiegare nel processo produttivo, le varie esigenze di movimentazione del prodotto e i requisiti ergonomici. Nella IATF viene richiesta particolare attenzione al processo di controllo della progettazione e sviluppo. La validazione della progettazione del processo viene effettuata dall'organizzazione in

accordo ai requisiti del cliente, agli standard industriali e alle normative cogenti. Viene richiesta anche la pianificazione dei prototipi definendo il piano dei controlli, i fornitori, le attrezzature utilizzate e i tempi previsti per la realizzazione dello stesso. Questo processo produttivo deve poi venire approvato secondo le modalità stabilite dal cliente. L'output della progettazione è costituito da flow chart, FMEA del processo produttivo, piano di controllo e criteri di accettazione, analisi della capacità produttiva, piani di manutenzione e piano di emergenza, istruzioni di lavoro, analisi delle variabili di input al processo che impattano sulle caratteristiche, definizione di metodi a prove di errore e definizione delle caratteristiche speciali del prodotto e del processo produttivo. Viene posta inoltre l'attenzione sui processi, i prodotti e i servizi forniti dall'esterno. A tal fine, in Hp effettua una valutazione dei fornitori secondo una procedura dedicata. La selezione dei fornitori avviene sulla base del criterio storico e valutandoli attraverso l'analisi delle risposte al questionario di autovalutazione che viene inoltrato a tutti i fornitori. Quando specificato dal cliente, i prodotti e i servizi vengono acquistati da fonti designate dal cliente. Al fine di controllare che i fornitori sviluppino un sistema di qualità certificato ISO 9001 e orientato alla IATF l'azienda può includere un processo documentato di audit di parte seconda. Il punto del capitolo che amplia di più dalla ISO 9001 è quello relativo alla produzione ed erogazione dei servizi. La prima parte di questo punto è dedicata al controllo della produzione e dell'erogazione dei servizi. Per fare ciò, l'Hp ha sviluppato piani di controllo per tutti i prodotti forniti. Sono stati definiti dei piani di controllo per famiglia per le materie prime e prodotti simili che hanno un processo produttivo comune. Il piano di controllo definisce i controlli utilizzati per monitorare il processo produttivo, la validazione dei primi e degli ultimi pezzi prodotti, i metodi per il monitoraggio dei controlli esercitati sulle caratteristiche speciali definiti da cliente e organizzazione, le informazioni richieste eventualmente dal cliente e il piano di reazione specificato quando vengono rilevati

prodotti non conformi, quando i processi diventano statisticamente instabili o non capaci. I piani di controllo vengono periodicamente revisionati sulla base di eventuali reclami del cliente o modifiche del prodotto. Questo punto della norma richiede anche di fornire istruzioni per l'operatore e definire degli standard visivi al fine di applicare il lavoro standardizzato. A tal fine gli operatori vengono formati internamente e per verificare il loro grado di formazione e consapevolezza vengono valutati con la somministrazione di questionari specifici. L'azienda inoltre assicura la verifica documentata dell'attività di set up ogni volta che queste vengono eseguiti, come all'inizio di una nuova lavorazione, al cambio del materiale e dello stampo o della lavorazione che richiede un nuovo set up. Queste attività vengono identificate nel piano di controllo e l'esito viene registrato dall'operatore sulla scheda prodotto. In questa parte della norma si richiede anche la gestione del processo di manutenzione che viene effettuata attraverso una procedura in cui si identificano i metodi di manutenzione preventiva e predittiva, l'usura periodica, la conservazione delle apparecchiature, delle attrezzature e dei calibri e la messa a disposizione delle risorse per la manutenzione delle macchine e delle apparecchiature. Inoltre, al fine di soddisfare gli ordini e le richieste del cliente l'organizzazione garantisce la programmazione della produzione. Questa viene svolta attraverso la redazione della scheda prodotto nella quale sono registrati informazioni come il lead time, il livello di scorta, il riferimento dell'ordine cliente, le apparecchiature di processo utilizzate, gli strumenti di misura e le risorse umane disponibili. La seconda parte di questo punto richiede di porre l'attenzione sul processo di identificazione e tracciabilità. Per fare ciò sono stati previsti dei piani di rintracciabilità che assicurano l'identificazione del prodotto non conforme e sospetto, la segregazione dello stesso, la capacità di rispettare i requisiti del cliente e cogenti sui tempi di risposta e l'identificazione dei singoli prodotti. Questa rintracciabilità è estesa anche ai prodotti forniti dall'esterno. Poiché nella IATF

viene richiesta anche la preservazione degli output si devono gestire in maniera controllata le modalità di identificazione, movimentazione, controllo della contaminazione, stoccaggio, imballaggio e consegna del prodotto e servizio erogato. In Hp attua un sistema di gestione delle giacenze a magazzino di tipo FIFO (first in first out) e assicura che il prodotto obsoleto sia controllato in modo simile al prodotto non conforme. L'azienda quindi, ad intervalli pianificati, verifica le condizioni del prodotto a magazzino, il luogo e il tipo dei contenitori e l'ambiente di immagazzinamento mantenendo documentazione di queste informazioni. Nella sesta parte di questo punto della norma, l'attenzione è posta sul rilascio di prodotti e servizi in cui la norma è molto più stringente rispetto alla ISO. Viene richiesto di effettuare controlli dimensionali e prove funzionali su tutte le attività di produzione per ogni prodotto, secondo quanto specificato dai piani di controllo. Per il controllo dei requisiti estetici richiesti dal cliente l'azienda fornisce le appropriate risorse, inclusa la giusta illuminazione nel luogo in cui si effettuano i controlli. Vengono poi forniti dei campioni fisici di riferimento per i vari prodotti a cui verranno fatte manutenzioni e controlli periodici. Questi campioni vengono fotografati e riportati nel "quality book", ovvero un documento condiviso con il cliente. Il personale addetto alle valutazioni dei requisiti estetici deve essere competente e qualificato. Per quanto riguarda la verifica e l'accettazione della conformità dei prodotti forniti dall'esterno, l'organizzazione applica un processo per assicurare la qualità dei processi, prodotti e servizi forniti dall'esterno in base a quanto definito della procedura di gestione del processo di approvvigionamento o in base ad un altro metodo concordato col cliente. I criteri di accettazione devono essere definiti dall'organizzazione e, dove necessario, approvati dal cliente. Per il campionamento per attributi il criterio di accettazione è di zero difetti. Nella settima e ultima parte di questo punto della norma si parla di come controllare gli output non conformi. L'organizzazione deve ottenere una concessione o una deroga dal



cliente prima di procedere ulteriormente nella produzione, quando il prodotto o il processo produttivo è diverso da quello approvato. Si deve ottenere l'autorizzazione del cliente anche per rilavorare il prodotto non conforme. Le modalità di controllo del prodotto non conforme vengono stabilite dal cliente. Inoltre, i prodotti in stato non identificato o sospetto vengono classificati come prodotti non conformi. Il personale riceve la formazione per le azioni di contenimento del prodotto sospetto e non conforme. Per valutare il prodotto rilavorato e rischio nel processo di rilavorazione l'Hp utilizza un'analisi del rischio con FMEA. Se richiesto dal cliente, l'organizzazione chiede l'autorizzazione del cliente prima di cominciare a rilavorare il prodotto. Infine, per i prodotti non conformi che non rispettano requisiti, l'organizzazione deve verificare che il prodotto da rottamare sia reso inutilizzabile prima della eliminazione.

Nel nono capitolo, relativo alla valutazione delle prestazioni, la IATF va ad integrare i tre punti del capitolo con una serie di adempimenti e linee guida da seguire per monitorare e valutare le prestazioni aziendali e per lo svolgimento di audit e del riesame. Relativamente al monitoraggio e alla misurazione dei processi produttivi, l'organizzazione, come richiesto dalla norma, realizza studi di processo su tutti i processi produttivi nuovi per verificarne la capacità qualitative e fornire ulteriori input al controllo di processo, inclusi quelli per le caratteristiche speciali. Le capacità qualitative del processo devono essere mantenute come specificato dai requisiti del processo di approvazione del prodotto del cliente. Come richiesto dalla norma, l'azienda determina l'uso appropriato degli strumenti statistici. L'Hp ha definito vari metodi statistici per il monitoraggio e la valutazione delle prestazioni dei processi in termini dei KPI qualità e produzione ovvero andamenti mensili scarti e rework per produzione totale e automotive, andamento scarti per tecnologia, Pareto causali di difetto e incidenza tra produzione/scarto/rework per cliente. Viene inoltre verificato che gli strumenti statistici appropriati siano inclusi come parte del

processo di pianificazione avanzata della qualità del prodotto e inclusi nell'analisi del rischio della progettazione (FMEA di progetto), nel processo di analisi del rischio di processo esprimibile come modi di difetto sui prodotti (FMEA di processo) e nel piano di controllo analizzando la capacità del proprio processo di produzione analizzando il cp/cpk rispetto alle control grid su disegno del cliente o ad eventuali punti di controllo definiti in seguito a PFMEA di processo. Per queste analisi, salvo differenti richieste da customer specific requirement, si considerano conformi i risultati come da procedure AIAG. Tutti i concetti statistici quali variabilità, stabilità e capacità di processo vengono diffusi all'interno dell'azienda e compresi dai dipendenti coinvolti nella raccolta, analisi e gestione dei dati statistici. Per monitorare le prestazioni, è molto importante individuare il livello di soddisfazione del cliente, per fare ciò l'Hp utilizza degli indicatori interni ed esterni delle prestazioni. Questi indicatori includono prestazioni di qualità dei particolari consegnati, discontinuità causate al cliente, ritorni dal campo richiami e garanzia, prestazioni dei programmi di consegna e notifiche del cliente relative a problematiche di qualità o di consegna. L'azienda monitora inoltre le prestazioni dei processi produttivi per dimostrare la conformità ai requisiti del cliente per la qualità del prodotto e l'efficienza del processo. Questo monitoraggio include il riesame dei dati delle prestazioni del cliente. Infine, gli andamenti della qualità e delle prestazioni operative vengono confrontati con i progressi verso gli obiettivi e conducono ad azioni atte a supportare la definizione delle priorità delle azioni per il miglioramento della soddisfazione del cliente. Nel secondo punto di questo capitolo si tratta della gestione degli audit interni che nella IATF sono molto più centrali. Innanzitutto, annualmente viene emesso, in occasione del riesame della direzione, il piano annuale degli audit interni che include audit sul sistema, di processo e di prodotto. La priorità del programma di audit si basa sul rischio, sugli andamenti delle prestazioni interne ed esterne e sulla criticità dei processi.

L'efficacia del programma di audit deve essere riesaminata come parte del riesame di direzione. Nell'audit del sistema di gestione per la qualità, l'organizzazione deve eseguire l'audit di tutti i processi del sistema stesso in un periodo di tre anni di calendario, in accordo a un programma annuale, usando l'approccio per processi al fine di verificare la conformità a questo standard per il sistema di gestione per la qualità automotive. Integrati con questi audit, l'organizzazione deve campionare i requisiti specifici del cliente per il sistema di gestione per la qualità per verificarne l'efficace attuazione. Anche tutti i processi produttivi devono essere sottoposti ad audit in un periodo di tre anni per determinare la loro efficacia ed efficienza usando gli approcci specifici richiesti dal cliente per gli audit di processo. All'interno di ogni piano di audit individuale, ogni processo deve essere auditato su tutti i turni. Questo audit del processo produttivo deve includere un audit dell'efficace attuazione dell'analisi del rischio del processo (come la FMEA), del piano di controllo e dei documenti associati. Per gli audit di prodotto invece si devono utilizzare degli approcci specifici richiesti dal cliente in appropriate fasi della produzione e consegna, per verificare la conformità ai requisiti specificati. Terzo e ultimo punto del capitolo è relativo al riesame della direzione che deve essere condotto con cadenza almeno annuale. Questa frequenza può essere incrementata basandosi sul rischio per la conformità ai requisiti del cliente, risultante dalle modifiche interne o esterne impattanti sul sistema di gestione per la qualità e sui relativi problemi di prestazione. La IATF definisce ciò che deve essere dato al riesame della direzione ovvero:

- costi della non qualità (non conformità interne ed esterne);
- misure dell'efficacia dei processi;
- misure dell'efficienza dei processi;
- conformità del prodotto;

- valutazioni della fattibilità produttiva condotta per le modifiche alle operazioni esistenti e per nuovi impianti o prodotti;
- soddisfazione del cliente;
- riesame delle prestazioni rispetto agli obiettivi di manutenzione;
- prestazioni della garanzia;
- riesame delle scorecard del cliente;
- identificazione dei potenziali guasti dal campo identificati nell'analisi del rischio;
- i guasti reali dal campo e il loro impatto sulla sicurezza o l'ambiente. Come output l'alta direzione documenta e attua un piano di azioni quando gli obiettivi delle prestazioni del cliente non sono soddisfatti.

Nel decimo capitolo, relativo al miglioramento, la IATF, in merito alle non conformità e alle azioni correttive, parla innanzitutto del concetto di problem solving. In accordo alla norma l'organizzazione è dotata di uno o più processi documentati di problem solving che includono approcci definiti per i vari tipi e grado dei problemi, il contenimento, le azioni e le attività connesse necessarie per il controllo degli output non conformi e l'analisi della causa radice, la metodologia usata, l'analisi e i risultati. Vengono inoltre documentati l'attuazione di azioni correttive sistemiche e la verifica della loro efficacia. Inoltre, l'organizzazione è dotata di un processo documentato per determinare l'uso delle metodologie a prova di errore. I dettagli del metodo devono essere documentati nell'analisi del rischio del processo e le frequenze sono documentate nel piano di controllo. Il processo include prove dei dispositivi a prova di errore per i guasti o simulazione dei guasti. Nell'ultima parte di questo punto viene specificato come analizzare i reclami dei clienti e i guasti dal campo. L'organizzazione, infatti, effettua un'analisi di questi reclami e inizia il problem solving e le azioni correttive per prevenire il ripetersi. Si deve poi comunicare i risultati delle prove e delle analisi al cliente e anche

all'interno dell'azienda. Nell'ultima parte del capitolo la norma fornisce ulteriori indicazioni su come raggiungere il miglioramento continuo. Il processo di miglioramento continuo deve essere documentato ed includere:

- l'identificazione della metodologia usata, gli obiettivi, le misurazioni, l'efficacia e le informazioni documentate;
- un piano di azioni di miglioramento del processo produttivo con un' enfasi sulla riduzione della variabilità del processo e delle perdite;
- un'analisi del rischio (FMEA).

Ovviamente il miglioramento continuo è attuato una volta che i processi produttivi sono statisticamente capaci e stabili o quando le caratteristiche del prodotto sono prevedibili e rispettano i requisiti del cliente.

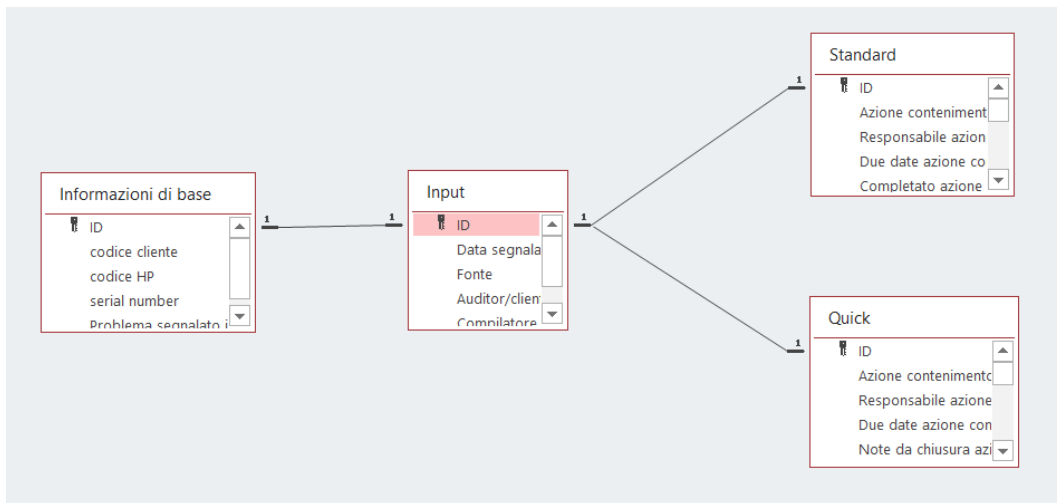
## **CAPITOLO 4: DATABASE IN ACCESS PER LA GESTIONE DELLE NON CONFORMITÀ**

Precedentemente in Hp non le non conformità erano gestite con un foglio Excel che permetteva di inserire le informazioni relative alla non conformità in forma tabellare. Ad ogni riga corrispondeva una conformità che andava riempita per colonna. Questa modalità di gestione portava a svariati problemi. Innanzitutto, questo file, caricato in rete, non permetteva la modifica in contemporanea da parte di due utenti diversi. Con il passare del tempo, all'aumentare delle non conformità questo stava diventando un grande problema. Inoltre, la struttura tabellare presente nel file Excel portava al problema di dover standardizzare le non conformità di diverso tipo o di dover lasciare molte colonne vuote. A tal fine si è scelto di utilizzare un database in Access che contenesse delle maschere per facilitare l'inserimento dei dati da parte dell'utente e una dashboard di controllo rendendo il tutto più intuitivo. Inoltre, access permette l'utilizzo di query per selezionare esclusivamente le non conformità che soddisfano determinate condizioni. In azienda per la gestione delle non conformità si utilizzano 2 procedure. Una più snella denominata "Quick" che si utilizza quando le cause di non conformità sono note e semplici da dedurre e quindi non serve un'analisi approfondita. L'altra è denominata "Standard" e si utilizza quando le cause della non conformità non sono note e non sono facilmente identificabili. Quindi ovviamente queste due procedure avranno alcuni attributi comuni e alcuni diversi. A tal fine sono state create 4 tabelle:

- Input tabella in cui vengono incluse le prime informazioni relative alla non conformità ovvero la data della segnalazione, la fonte (audit processo, audit esterno, audit di prodotto, audit interno, audit cliente, reclamo cliente Quick, reclamo cliente standard e non conformità interne su prodotto), l'auditor o il cliente, il compilatore e una breve descrizione del problema.

- Informazioni di base tabella in cui in un secondo momento vengono inserite informazioni aggiuntive sulle non conformità ovvero il codice cliente, il codice HP, il serial number e se il problema è già stato segnalato in precedenza.
- Quick tabella in cui vengono inserite le informazioni relative alle non conformità gestite con la procedura Quick e quindi le informazioni sull'azione di contenimento (tipo, responsabile, scadenza, completamento e note), la causa principale della non conformità, l'azione correttiva (tipo, responsabile, scadenza, completamento e note) e la verifica efficacia (chiusura, metodo verifica, responsabile, due date e completato).
- Standard tabella in cui vengono inserite le informazioni relative alle non conformità gestite con la procedura standard e quindi le informazioni sull'azione di contenimento (tipo, responsabile, scadenza, completamento e note), l'azione correttiva (tipo, responsabile, scadenza, completamento e note) e la verifica efficacia (chiusura, metodo verifica, responsabile, due date e completato). Poiché in questa procedura si deve individuare la causa principale della non conformità si aggiungono tutti i campi necessari a farlo correttamente. Si inseriscono quindi i 5 Why, le misure di controllo che sono attuate, eventuali allegati come il fishbone, la causa principale individuata e se è necessario aggiornare control plan, FMEA e frequenza di controllo.

Le tabelle Standard e Quick sono ovviamente alternative e quindi una istanza può appartenere all'una o all'altra. Le relazioni sono di cardinalità 1:1 in quanto ad ogni non conformità corrisponde uno e una sola istanza di informazioni di base e di, in alternativa, istanza di procedura Quick o Standard. Di seguito il diagramma che mostra le relazioni tra di esse.



Per facilitare l’inserimento delle informazioni agli utenti sono state utilizzate delle maschere. È stata utilizzata una maschera per ogni fase della procedura al fine di renderla simile al flusso da seguire. Sono state create infatti una maschera per le informazioni da inserire nella tabella input che corrisponde all’apertura della non conformità, una maschera per le informazioni di base, una maschera per l’azione di contenimento (una per la procedura Quick e una per la standard), una maschera per la causa principale della non conformità (una per la procedura Quick e una per la standard), una maschera per l’azione correttiva (una per la procedura Quick e una per la standard) e una maschera per la verifica dell’efficacia dell’azione correttiva (una per la procedura Quick e una per la standard). È stata creata inoltre una maschera che fungesse da dashboard e permettesse di aprire la maschera di input, stampare il report contenente le informazioni sulla non conformità e di eseguire le query. Sono state create dodici query di cui una che mostrasse tutte le informazioni relative a tutte le non conformità, otto che mostrassero le informazioni relative alle non conformità di una specifica fonte (audit processo, audit esterno, audit di prodotto, audit interno, audit cliente, reclamo cliente Quick, reclamo cliente standard e non conformità interne su prodotto) e tre che mostrano tutte le non



conformità le cui azioni di contenimento, correttive e verifiche dell'efficacia delle azioni correttive non sono state completate e sono a meno di sette giorni dalla scadenza. Per la stampa delle informazioni più importanti, al fine di dare evidenza all'esterno di ciò che è stato fatto per gestire le varie non conformità è stato creato un report di stampa che permettesse di stampare le informazioni relative alla non conformità desiderata.

## **CAPITOLO 5: ANALISI DEL SISTEMA DI MISURAZIONE AZIENDALE**

### **5.1 I sistemi di misurazione e l'Measurement System Analysis**

Secondo la definizione fornita da C. Eisenhart nel 1963 una misurazione è definita come l'assegnazione di numeri o valori alle cose materiali per rappresentare con rispetto le relazioni tra loro a proprietà particolari. Il valore numerico derivante da questo processo di misurazione è definito misura. Il sistema di misurazione è invece l'insieme degli elementi necessari per l'esecuzione di un processo di misurazione. Può essere suddiviso in procedura (operazioni, metodi ecc.), allestimento (attrezzature di fissaggio, operatori, ambiente) e apparecchiature (strumenti, calibri, campioni di controllo). La crescente necessità di validare e dare evidenza della bontà del sistema di misura nel settore automobilistico ha portato alla nascita di metodi per effettuare l'analisi del sistema di valutazione, in particolare dell'MSA. L'Analisi dei sistemi di misurazione (MSA) è un insieme di metodi di valutazione con lo scopo di determinare se la variabilità dei risultati ottenuti con un sistema di misurazione (strumento di misura, metodo di misurazione, addetti alla misurazione, ecc.) è accettabile in relazione al campo di tolleranza prescritto per la caratteristica di prodotto/parametro di processo oggetto di misurazione. Serve a valutare l'adeguatezza dei sistemi di misurazione prima del loro utilizzo in produzione e a stimare i contributi dei fattori agenti sul sistema di misurazione che influiscono sulle misure ottenute. Se svolta correttamente può portare ad una maggiore attendibilità dei risultati delle misurazioni anche in relazione alla tolleranza della caratteristica da misurare e ad una ottimizzazione del processo di misurazione in funzione della caratteristica da tenere sotto controllo. L'idoneità di un sistema di misurazione deve essere valutata rispetto all'ampiezza del campo di tolleranza relativo alla caratteristica da misurare e nelle condizioni reali di impiego dello

strumento di misura, considerando l'influenza dell'addetto alla misura e delle altre condizioni di utilizzo. Un sistema di misurazione per variabili viene definito idoneo quando la variabilità del processo di misurazione può essere considerata trascurabile rispetto alla tolleranza prescritta per la caratteristica da misurare e quindi i risultati di misura possono essere utilizzati per valutarne la conformità con la necessaria sicurezza. I fattori d'influenza del processo di misurazioni sono dati del metodo, dallo strumento di misura, dall'operatore, dal materiale e dall'ambiente. La norma ISO/TR 14253 parte 1 indica i criteri per la definizione delle zone di conformità, ambiguità e non conformità considerando i valori di tolleranza prescritti e il valore di incertezza del sistema di misurazione. Gli strumenti di misura possono essere classificati in base al loro impiego. Se quindi vengono usati in diversi processi di misurazione con diversi valori di tolleranza si definiscono strumenti di misura di impiego generale. Se invece vengono utilizzati in una specifica fase del processo produttivo per la verifica di una caratteristica con una determinata tolleranza. Quindi, se lo strumento non viene utilizzato per dimostrare la conformità del prodotto a requisiti specificati viene definito indicativo e quindi non deve essere sottoposto a taratura ma a verifiche funzionali periodiche. Nel caso in cui venga utilizzato per dimostrare la conformità, se è uno strumento definito specifico si deve valutare la risoluzione, la funzionalità, l'accuratezza e la ripetibilità dello strumento di misura con la periodicità definita dalle prescrizioni aziendali. In caso contrario si deve effettuare la taratura dello strumento con la periodicità definita dalle prescrizioni aziendali. In ambito industriale un sistema di misurazione si considera convenzionalmente idoneo quando il rapporto tra la sua incertezza di misura  $U$  e la tolleranza della caratteristica da misurare risulta minore o uguale a  $1/10$  e comunque mai maggiore di  $1/5$ .

La funzione metrologica è una funzione con responsabilità organizzative per l'impostazione ed attuazione del sistema di controllo della misurazione. La funzione metrologica deve:

- scegliere gli strumenti di misura da impiegare, in modo tale che i limiti derivanti dalle loro caratteristiche metrologiche e tecniche risultino praticamente trascurabili rispetto al livello dei corrispondenti requisiti imposti ai processi di misurazione nei quali essi vengono inseriti;
- predisporre procedure periodiche di verifica degli strumenti impiegati, al fine di garantire e dimostrare il mantenimento nel tempo delle loro caratteristiche metrologiche e tecniche, nonché eventuali ulteriori requisiti specificati;
- predisporre procedure di verifica iniziale e di riverifica periodica dei processi di misurazione, al fine di garantire e dimostrare la conformità ai requisiti imposti. Tali procedure saranno basate sull'analisi del prodotto finale (valore di misura e informazione ad esso collegata) oppure di uno o più fattori di influenza particolarmente significativi (per esempio, l'operatore umano).

Una frazione importante delle attività che la funzione metrologica è chiamata a svolgere concerne la gestione ed esecuzione del test di capacità dei sistemi di misurazione, che hanno lo scopo di verificare e dimostrare l'idoneità e adeguatezza dei processi di misurazione adottati e degli strumenti di misura in essi impiegati. Questo test è composto da due gruppi di test: il primo relativo allo strumento di misura, l'altro al processo di misurazione. Il primo gruppo è composto da tre test che devono essere eseguiti in ambiente idoneo, a cura di personale specificatamente addetto e dotato delle necessarie competenze. I test di questo gruppo sono il test di risoluzione, la prova funzionale e lo studio di Tipo 1. È possibile passare al test successivo solo in caso di esito positivo del test precedente. In caso di esito negativo

per ogni test è prevista un'apposita correttiva. Il secondo gruppo di test è relativo al processo di misurazione. È quindi necessario che questi test siano condotti nell'ambiente nel quale il processo è usualmente eseguito, a cura del personale che ad esso è usualmente adatto. I due test non sono mai eseguiti entrambi, ma se ne attua uno o l'altro, a seconda che nell'ambito del processo di misurazione sia presente o meno un fattore di influenza per i quali si ritiene utile stimare lo specifico contributo alla variabilità totale del processo. Tipicamente si fa riferimento all'influenza di operatori diversi che si alternano nell'esecuzione, quando la procedura che governa il processo di misurazione preveda appunto l'intervento dell'operatore umano. Questo fattore di influenza non può essere fatto variare in quei processi di misurazione gestiti in modo completamente automatico. Quando quindi esiste una possibile influenza dell'operatore si effettua uno studio di tipo 2, in caso contrario si effettua uno studio di tipo 3. In caso di esito positivo dei test, il sistema di misurazione è accettato. Lo studio di tipo 1 mira a verificare l'accuratezza e la ripetibilità, quello di tipo 2 la ripetibilità e la riproducibilità e lo studio di tipo 3 la ripetibilità. Il primo test che viene effettuato è quello relativo alla risoluzione. La risoluzione dello strumento di misura è la più piccola variazione della grandezza misurata che produce una variazione apprezzabile dallo strumento di misura. Fornire la conferma della capacità di uno strumento di misura rispetto alla sua caratteristica di risoluzione significa garantire che, nel momento in cui lo strumento verrà impiegato nel processo di misurazione in campo per verificare o controllare i particolari di produzione, il contributo all'incertezza di misura associata al valore di lettura proposto dallo strumento e derivante dal suo livello di discriminazione sarà ragionevolmente trascurabile rispetto alla tolleranza prevista per i particolari stessi. La verifica di capacità, per quanto riguarda la risoluzione dello strumento, viene fatta confrontando l'indice di risoluzione con un opportuno "numero d'accettazione", il quale tiene conto dell'ampiezza della tolleranza

prevista per i particolari di produzione che lo strumento dovrà controllare. In generale la risoluzione dello strumento di misura deve essere minore del 5% della tolleranza totale. La tolleranza totale è pari alla differenza tra la dimensione massima e la dimensione minima accettabile relativamente ad un pezzo. Il test successivo è relativo alla funzionalità dello strumento di misura che deve essere effettuata su un intero ciclo operativo di misura su un pezzo rappresentativo o un “campione master”. Questa prova deve valutare il corretto funzionamento di tutte le parti costituenti l'apparecchiatura dal punto di vista meccanico, elettrico, elettronico e software facendo riferimento alle specifiche tecniche predisposte dal costruttore. Qualora una o più funzioni previste non vengano svolte correttamente, è necessario avviare uno specifico intervento di riparazione e ripetere la prova funzionale prima di eseguire lo studio di tipo 1. I risultati raccolti dalla prova funzionale consentono anche di effettuare una stima approssimativa dell'entità degli errori sistematici di indicazione eventualmente presenti nello strumento, e decidere sulla necessità di ulteriori indagini mirate a diagnosticare le cause. Lo studio di tipo 1 si propone, mediante l'esecuzione di un apposito studio statistico, di verificare l'idoneità dello strumento di misura rispetto a due caratteristiche metrologiche, la ripetibilità e l'accuratezza strumentali. La caratteristica metrologica designata con il termine di ripetibilità strumentale si riferisce all'attitudine dello strumento di misura di proporre valori di lettura tutti molto simili tra loro, quando la medesima grandezza di interesse venga sottoposta a misurazione più volte e ogni volta in maniera indipendente. Tanto meno dispersi sono i valori di lettura proposti dallo strumento in queste condizioni, tanto migliore è la sua ripetibilità. La caratteristica metrologica designata con il termine accuratezza si riferisce all'attitudine dello strumento di misura, il quale deve essere caratterizzato da un livello accettabile di ripetibilità, di proporre anche valori di lettura tutti affetti da errori di indicazione molto piccoli (al limite nulli): tanto minori gli errori di

indicazione commessi, tanto migliore l'accuratezza dello strumento. Si definisce errore di indicazione di uno strumento di misura la differenza tra il valore di lettura proposto dello strumento quando è inserito nel processo di misurazione di una determinata grandezza materializzata mediante un opportuno master per controllo e il valore di riferimento attribuito alla medesima grandezza mediante l'esecuzione di uno speciale processo di misurazione (taratura del master). Per l'esecuzione delle modalità di questo studio devono essere effettuate da un operatore una serie di  $n \geq 50$  misurazioni consecutive del campione master, stabilizzato alla temperatura ambiente, impiegando l'intero ciclo operativo previsto per il mezzo di controllo. Il mezzo di controllo non può essere regolato durante lo studio. Il campione master non può essere sostituito durante lo studio e deve essere posizionato e orientato in modo costante per effettuare le misurazioni sempre nella stessa zona. Si richiede che l'incertezza di misura del campione master  $U_{rif}$  rispetto alla tolleranza prescritta  $T_{pre}$  della caratteristica da misurare sia nella seguente relazione:  $U_{rif} \leq T_{pre}/20$ . Per caratteristiche dimensionali con  $T_{pre} \leq 16$  si ammette che sia  $U_{rif} \leq T_{pre}/5$ . Il campione master deve essere sottoposto a taratura all'interno dell'azienda oppure dotato di "certificato di taratura" rilasciato da un centro esterno accreditato a livello nazionale/internazionale. Questo studio viene effettuato da 1 operatore su almeno un campione e ad ogni replica di misurazione, il campione deve essere rimosso e riposizionato. Si calcolano quindi gli indici di capacità che sono due. Il primo è l'indice di potenzialità strumentale  $C_g$  che per il calcolo utilizza la tolleranza prescritta  $T_{pre}$  e la deviazione standard degli  $n$  valori misurato  $S_g$ . L'indice è così definito:

$$C_g = 0,2 * \frac{T_{pre}}{6 * S_g}$$

L'altro indice è denominato indice di capacità strumentale  $C_{gk}$  che utilizza la media aritmetica  $Y_g$  delle misurazioni e il valore di riferimento  $Y_{rif}$  attribuito alla medesima grandezza mediante l'esecuzione di uno speciale processo di misurazione svolto da un'azienda certificata. La formula è la seguente:

$$C_{gk} = \frac{0,1 * T_{pre} - |Y_g - Y_{rif}|}{3 * S_g}$$

Il criterio di accettabilità è che entrambi questi indici siano maggiori o uguale al valore 1,33. Lo studio di tipo 2, come già affermato, si applica a quei processi di misurazione che prevedono nel loro allestimento la presenza di un operatore umano e possono essere gestiti alternando più operatori. Il test si propone di pervenire a una stima della dispersione dei possibili risultati forniti da un processo di misurazione di questo tipo mediante l'esecuzione di un apposito studio statistico. La dispersione stimata viene espressa come combinazione di due componenti: la prima legata alla variabilità indotta dall'alternarsi nella conduzione degli operatori previsti e la seconda determinata dall'effetto di tutte le altre possibili cause che possono avere influenza sul risultato di misura proposto. La prima componente prende il nome di riproducibilità rispetto all'operatore e la seconda è indicata come ripetibilità operativa. Durante l'esecuzione del test è necessario che l'intero processo di misurazione operi rigorosamente nell'ambiente e secondo le modalità proprie della sua normale utilizzazione. Prima di iniziare lo studio statistico si devono definire il numero  $p$  dei particolari di produzione che saranno impiegati nell'esecuzione del test (deve essere  $p \geq 5$ ), il numero  $r$  delle misurazioni replicate per ciascun particolare impiegato (deve essere  $r \geq 2$ ) e il numero  $n$  di operatori che deve essere maggiore o uguale a 2. In ogni caso il prodotto  $p * r * n$  deve essere maggiore o uguale a 30. Sullo stesso particolare le singole misurazioni devono essere indipendenti e per ognuna di queste deve essere ripetuto l'intero processo di



misurazione. Tutte le volte che si effettua la misurazione il particolare deve essere riposizionato. Gli operatori durante la misurazione devono rispettare la procedura loro consegnata che deve essere rigorosamente identica a quella applicata nell'uso normale. Ciascun operatore non deve essere a conoscenza dei valori registrati in precedenza da lui o da altri operatori. L'analisi e l'elaborazione dei risultati delle misurazioni può essere effettuata con due metodi alternativi:

- il metodo ARM della media e del range;
- il metodo ANOVA (analisi della varianza);

Entrambi i metodi consentono di suddividere analiticamente la dispersione totale dei risultati di misura osservati, determinando separatamente il contributo di riproducibilità rispetto agli operatori, quello di ripetibilità operativa e quello legato alla variabilità della grandezza osservata che caratterizza i  $p$  particolari di lavorazione impiegati nello studio. Il metodo ARM è più adatto ad una elaborazione manuale dei dati di misura, il metodo ANOVA richiede in genere una elaborazione effettuata al computer. A fronte di questa maggiore complessità di elaborazione il metodo ANOVA consente anche di determinare una eventuale componente della dispersione totale dei risultati legata alla influenza reciproca tra operatore e parti misurate. Per effettuare questo tipo di studio è possibile fare un'analisi di tipo Gage R&R. Il test studio di tipo 3 invece si applica a quei processi di misurazione caratterizzati da procedure e allestimenti nei quali tanto la manipolazione delle parti in misura quanto la lettura degli strumenti è effettuata in modo automatico. In tutti questi casi la valutazione di capacità del processo di misurazione è riferita alla sola proprietà di ripetibilità operativa, in quanto l'influenza dell'operatore risulta assente. Il test è simile a quello di tipo 2. Per l'esecuzione si definiscono il numero  $p$  dei particolari (deve essere  $p \geq 10$ ) e il numero  $r$  delle misurazioni replicate per ciascun particolare impiegato (deve essere  $r \geq 2$ ). Il prodotto tra  $p$  e  $r$  deve essere maggiore uguale a 30. Non è consentito il riposizionamento manuale di pezzi.

## 5.2 Lo studio Gage R&R con il software Minitab

L'analisi Gage R&R è uno studio statistico che mira a valutare se la variabilità del sistema di misura è comparabile rispetto alla variabilità intrinseca del processo di produzione. Il termine Gage significa strumento di misura, mentre le due R stanno per ripetibilità e riproducibilità. La ripetibilità è la variabilità intrinseca del sistema di misura quando la misura è fatta dallo stesso operatore e la riproducibilità è la variabilità del sistema quando la misura è fatta da operatori diversi. In generale i metodi statistici per eseguire un Gage R&R si basano sull'Analisi delle varianze o ANOVA. Questo studio fornisce la stima per tre componenti dell'errore di misurazione ovvero la ripetibilità, la riproducibilità e la variazione da parte a parte. I calcoli ANOVA sono complessi ma questo metodo è anche in grado di distinguere le relazioni tra i parti e il pezzo. Il metodo più utilizzato è il Gage R&R crossed (incrociata) che viene utilizzato quando è possibile far eseguire la misura di un oggetto a più operatori. È il tipico caso in cui la misura non è distruttiva e l'oggetto non subisce variazioni durante l'operazione. In questo caso, più oggetti possono venir misurati più volte da più operatori. Le misurazioni avvengono secondo un ordine casuale. L'ordine casuale nella sequenza di misurazione è importante affinché l'operatore non si faccia influenzare dalla memoria riconoscendo il pezzo. I pezzi devono essere etichettati per essere identificabili. Questo metodo compara la variabilità del sistema di misura con la tolleranza. L'Automotive Industry Action Group (AIAG) fornisce delle linee guida per l'esecuzione di questa analisi. I pezzi da misurare devono essere rappresentativi dell'intera variabilità del processo. La misurazione è effettuata nel seguente modo:

- lo strumento di misura deve avere una risoluzione maggiore o uguale a 1/10 della variazione specifica del processo;
- al massimo da due o tre operatori;
- devono essere misurati tra i cinque e i dieci pezzi;

- ogni operatore effettua due o tre misurazioni;
- l'ordine dei pezzi va cambiato da una serie di misurazione all'altra.

Per effettuare questa analisi esistono molti software che permettono di utilizzare il metodo ANOVA che altrimenti sarebbe estremamente complesso. In Hp viene utilizzato il software Minitab. Il primo input richiesto da Minitab è dato dal nome e dal numero di operatori, dal numero di misurazioni per operatore e dal numero di parti con il loro seriale su cui effettuare le misurazioni. Successivamente Minitab restituirà un file di lavoro in cui sarà indicato in che ordine effettuare le misurazioni indicando quale parte deve essere misurata da quale operatore. La sequenza generata è del tutto casuale e quindi, ogni volta, verrà generata una lista diversa da quella precedente rispettando quindi la regola che stabilisce che l'ordine dei pezzi vada cambiato da una serie di misurazioni all'altra. Dopo aver effettuato e inserito le misurazioni nell'ordine richiesto è possibile iniziare l'analisi Gage R&R. Successivamente dopo aver selezionato lo studio "Gage R&R Study crossed" si devono indicare quali sono le colonne della tabella relative al numero della parte, all'operatore e ai dati immessi. Si deve poi inserire il metodo di analisi ANOVA. Infine, deve essere indicata la tolleranza inserendo i limiti di specifica inferiori e superiore o la differenza tra i due. L'analisi con il software Minitab restituisce una serie di tabelle. La prima tabella mostra i risultati di un'analisi della varianza per parte, operatore e dell'interazione tra parte e operatore che potrebbe esserci o non esserci. Nel caso ci sia, bisogna capire perché c'è una dipendenza tra la misurazione che un dato operatore svolge su un dato pezzo. Potrebbe essere una peculiarità della parte misurata: non è omogenea, la misura viene svolta in due punti diversi da parte di due operatori diversi con il risultato che la misurazione potrebbe differire parecchio. Il valore che si deve andare a guardare è il Pvalue che se maggiore di 0,25 può essere trascurata. In tal caso Minitab genera una seconda tabella in cui non viene mostrata l'interazione tra parte e operatore.

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	2,16959	0,241065	1290,57	0,000
Operators	2	0,00002	0,000008	0,04	0,959
Parts * Operators	18	0,00336	0,000187	2,30	0,008
Repeatability	60	0,00487	0,000081		
Total	89	2,17783			

I valori della tabella sono mostrata sono calcolati utilizzando le formule della somma quadratica e della media quadratica sotto riportate.

Tipo di variabilità	Somma quadratica (SS)	Gradi di libertà	Media quadratica (MS)	Valore F	p-value
Operatore	SSo	k-1	MSo = SSo/(k-1)	MSo/MSo*p	
Part to part	SSp	n-1	MSp = SSp/(n-1)	MSp/Mso*p	
Interazione operatore*parti	SSo*p	(k-1)(n-1)	MSp = SSo*p/((k-1)(n-1))	MSo*p/Mse	Integrale dal Valore F a +∞
Strumentazione (ripetibilità)	SSE	nk(r-1)	MSe = SSE/(nk(r-1))		
Totale	SSt	nkr-1	MSt = SSt/(nkr-1)		

k= numero operatori  
n= numero di parti  
r= numero di ripetizioni

$$SS_{op} = nr \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2$$

$$SS_{part} = kr \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

$$SS_{rep} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^r (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2$$

$$SS_{Tot} = \sum_{l=1}^r (x_{ijk} - \bar{x})^2$$

$$SS_{part*op} = SS_{Tot} - SS_{op} - SS_{part} - SS_{rep}$$

Dove k è il numero di operatori n il numero di parti e r il numero di ripetizioni. Inoltre,  $\bar{x}$  è la media totale delle misure,  $\bar{x}_j$  è la media per ogni operatore,  $\bar{x}_i$  è la media per ogni parte,  $x_{ijk}$  rappresenta ogni singola osservazione e  $\bar{x}_{ij}$  è la media per ogni livello di fattore. Si noti come per il calcolo della somma quadratica dell'interazione parte \* operatore si utilizzi il residuo della somma quadratica della

variabilità totale. Le medie quadratiche sono calcolate dividendo le somme quadratiche per i rispettivi gradi di libertà. Nella tabella viene riportato il valore del test F. Il test F per il confronto di due varianze è un test di ipotesi basato sulla distribuzione F di Fisher-Snedecor e volto a verificare l'ipotesi che due popolazioni che seguono entrambe distribuzioni normali abbiano la stessa varianza. Non sempre l'interazione tra gli operatori e i componenti risulta importante in uno studio Gage R&R crossed. È fondamentale però definire se eseguire lo studio considerando oppure no questa componente di variazione. In questo caso si utilizza il Pvalue. Il Pvalue fornisce la probabilità di ottenere un valore più estremo di quello ottenuto assumendo una particolare distribuzione (in questo caso F-statistic). In generale, la regola utilizzata da molti software prevede che se il Pvalue è minore di 0,25 è necessario considerare l'effetto dell'interazione operatori\*componente nello studio Gage R&R crossed. Se il Pvalue è maggiore di tale valore, tale interazione è considerata trascurabile e viene inglobata nella componente ripetibilità. In quest'ultimo caso accade che la somma quadratica della ripetibilità può essere considerata il residuo rispetto agli altri componenti. La seconda tabella generata da Minitab è denominata Gage R&R ed è quella che mostra i risultati più interessanti costituendo il vero output dell'analisi. L'analisi della varianza vista prima viene usata da Minitab per calcolare le componenti di variazione che sono a loro volta usate per calcolare la percentuale di variazione dovuta al sistema di misura indicate con "%Contribution". Questo valore è pari al rapporto tra la varianza del singolo componente e la varianza totale. Le voci di cui vengono indicate le percentuali sono il "total gage R&R" e il "part to part". Il "total gage R&R" è composto da 2 elementi ovvero dalla somma delle valutazioni di ripetibilità e riproducibilità. La componente della variabilità introdotta dalla effettiva differenza tra le parti è data dal valore del "part to part" che solitamente ha un valore estremamente maggiore rispetto al "total gage R&R". Da qui si può capire che la variabilità introdotta

dall'effettiva varianza delle parti è molto maggiore della variabilità introdotta dallo strumento di misura. Infatti, maggiore è la differenza a vantaggio del termine part to part migliore è il sistema di misura. Inoltre, secondo lo standard AIAG se questi valori sono inferiori all'1% allora il sistema di misura non rileva problemi ed è considerato idoneo, tra l'1% e il 9% il sistema deve essere migliorato e possono essere accettati unicamente nel caso in cui ci siano effettive difficoltà nella misurazione della parte. Oltre il 9% il sistema di misura non è accettabile e quindi il sistema di misura deve essere cambiato.

<b>Source</b>	<b>VarComp</b>	<b>%Contribution (of VarComp)</b>
Total Gage R&R	0,0001163	0,43
Repeatability	0,0000811	0,30
Reproducibility	0,0000352	0,13
Operators	0,0000000	0,00
Operators*Parts	0,0000352	0,13
Part-To-Part	0,0267643	99,57
Total Variation	0,0268806	100,00

Il valore ripetibilità è preso direttamente dalla varianza indicata nella prima tabella. Gli altri valori sono calcolati sulla base delle somme quadratiche degli altri elementi e del numero di operatori, ripetizioni e parti. Le formule sono indicate sotto.

$$\sigma_e^2 = MS_E$$

$$\sigma_{OP}^2 = \frac{(MS_{OP} - MS_E)}{r}$$

$$\sigma_P^2 = \frac{(MS_P - MS_{OP})}{kr}$$

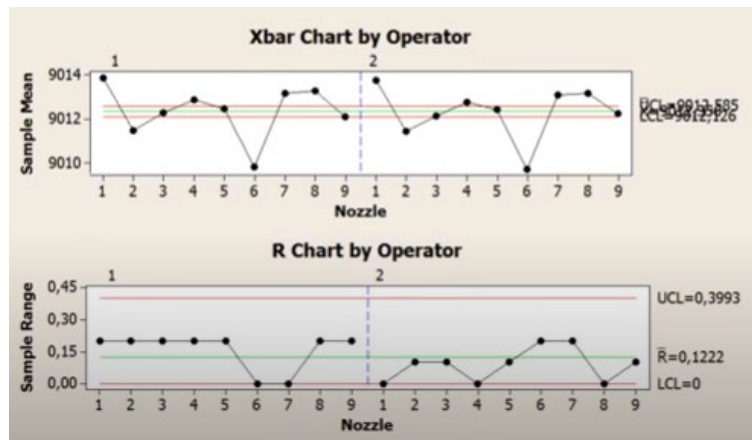
$$\sigma_O^2 = \frac{(MS_O - MS_P)}{nr}$$

Nella tabella seguente vengono indicati anche altri valori calcolati sulla deviazione standard calcolata come la radice quadrata della varianza. Usare la deviazione

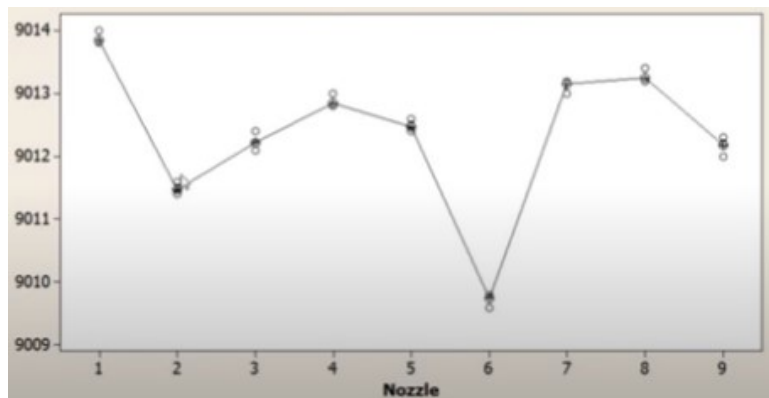
standard ha il vantaggio di avere la stessa unità di misura delle specifiche e delle misure effettuate, quindi il confronto può essere svolto in modo particolarmente significativo. Utilizzando quindi la deviazione standard si può calcolare il valore “%Study Var” che misura il contributo percentuale rispetto alla deviazione stessa. Si calcola facendo il rapporto tra la deviazione standard del singolo elemento e la deviazione totale. Se in input viene inserita la tolleranza Minitab viene calcolato il valore “%Tolerance” pari al rapporto tra la tolleranza industriale, pari a 6 volte la deviazione standard, e la tolleranza di progetto totale. Se il sistema di misura è utilizzato per migliorare il processo riducendo la variazione delle parti allora il valore più idoneo da considerare è la “%Study Var”. Se il sistema è usato per valutare le parti relativamente alle specifiche allora il valore più indicativo da guardare è “%Tolerance”. I valori sono comunque particolarmente simili e possono arrivare a coincidere infatti solitamente la differenza è piccola. Secondo lo standard AIAG questi valori sono inferiori al 10% allora il sistema di misura non rileva problemi ed è considerato idoneo, tra il 10% e il 30% il sistema deve essere migliorato e possono essere accettati unicamente nel caso in cui ci siano effettive difficoltà nella misurazione della parte. Oltre il 30% il sistema di misura non è accettabile e quindi il sistema di misura deve essere cambiato. Successivamente Minitab indica anche il numero di categorie distinguibili dai dati che è una stima di quanti gruppi separati di parti il sistema sia in grado di distinguere e quindi fornisce la capacità del sistema di misura di cogliere le differenze tra le varie parti. Se questo valore è inferiore a 2, il sistema di misura non sa discriminare le parti e quindi non è utilizzabile. Se è uguale a 2 si possono suddividere i dati in categorie SI/NO e quindi il sistema non va bene per dati continui ma può essere accettabile per dati attributi. Se il valore è maggiore o uguale a 5 il sistema va bene secondo gli standard AIAG perché si ritiene che sappia distinguere le parti. In particolare, un valore di 15 indica un sistema di misura molto capace di distinguere le parti.

Successivamente, vengono mostrati dei grafici volti a migliorare la comprensione. Il primo grafico proposto è un Var chart che riporta in barre i valori delle precedenti tabelle ovvero “%Contribution”, “%Study Var” e “%Tolerance” categorizzate sulle componenti viste prima ovvero Part to Part e Gage R&R che a sua volta si divide in ripetibilità e riproducibilità. Le varie barre indicano i valori percentuali assunti dai vari componenti. Questo grafico serve a mostrare in modo evidente il rapporto tra i pesi delle varie componenti. L'ideale è che le barre del Part to part siano molto più alte delle altre confermando che la variabilità introdotta dall'effettiva differenza delle parti sia predominante rispetto a quella introdotta dal sistema di misura. Successivamente ci sono delle carte di controllo denominate “XBar” e “R” chart. La carta R è divisa in n sezioni, una per ogni operatore e dà un'indicazione della ripetibilità dello strumento di misura. Questa carta controlla gli intervalli di valori di ogni sottogruppo e serve a comparare la coerenza di ogni operatore. Sulla carta R, ciascun punto rappresenta, per ogni operatore, la differenza tra le misure più grandi e le più piccole di ogni pezzo. Nel caso le misure siano uguali ovviamente la differenza è zero. Questo dà un'idea di quanto sia ripetibile la misura ma soprattutto questi valori vengono utilizzati nelle XBar chart, che indica la riproducibilità della misura, per andarla ad analizzare. Le linee nella XBar upper e lower sono basate sul numero di misure e sulla stima di ripetibilità quindi sulla stima che viene svolta con i calcoli realizzati per creare la carta R. La XBar paragona la variazione dovuta alle parti con la ripetibilità. Se i punti della XBar sono fuori dai limiti di specifica allora la variazione dovuta alle parti è maggiore rispetto a quella del sistema di misura. Quindi, tanto più i punti sono fuori specifica, tanto più il risultato è positivo. Nelle ascisse vengono riportati i codici delle varie parti e nelle ordinate vengono riportati i valori medi di ogni parte nella carta X e la differenza tra la misura massima e quella minima per ogni parte nella carta R.



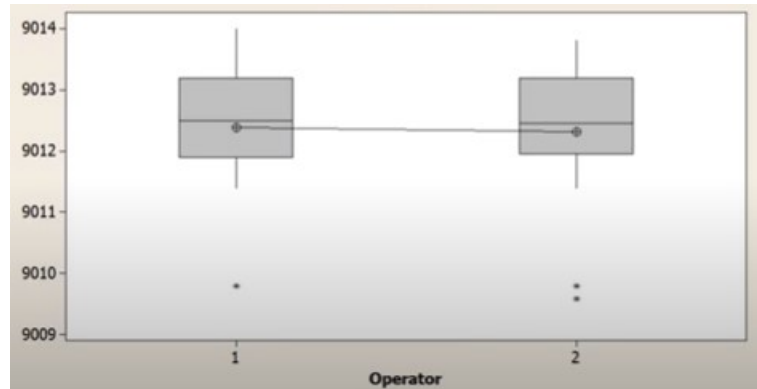


Successivamente c'è un grafico chiamato By part che rappresenta con un pallino per ogni parte misurata il valore medio (per cui passa la retta) e i valori misurati da ogni operatore. Nelle ascisse sono riportate le varie parti e nelle ordinate il valore della misura. Tanto più le varie misure degli operatori sono vicine alla media tanto minore è la variabilità e quindi le misure dei diversi operatori sono coerenti tra loro.

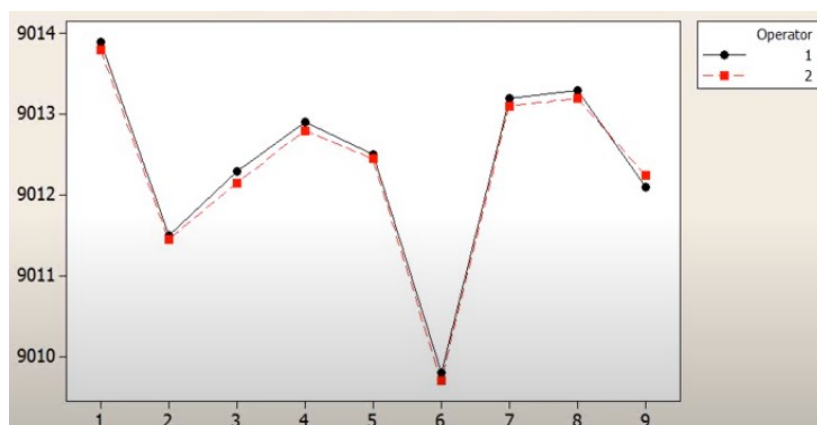


Minitab fornisce anche un grafico di misura per operatore in cui per ogni operatore viene mostrato il valore medio delle misure indicato con un pallino. I pallini vengono poi collegati da una linea. Tanto più questa linea è orizzontale tanto più il risultato è positivo in quanto le misure degli operatori sono simili. Più la linea è inclinata meno il sistema è riproducibile in quanto c'è una grande differenza tra le

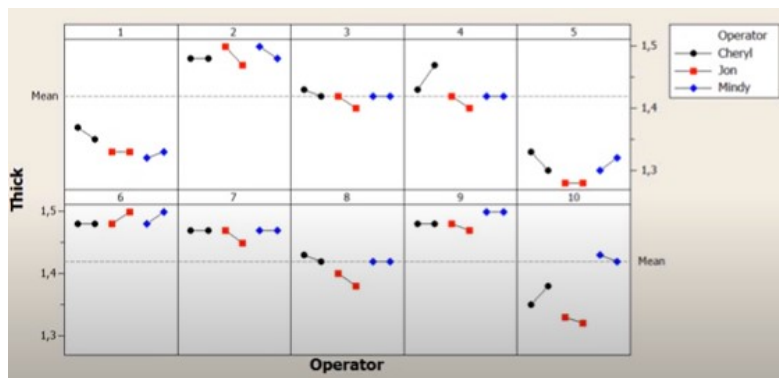
misure eseguite dagli operatori che potrebbe essere dovuta a una dipendenza parte operatore.



L'ultimo grafico fornito da Minitab dà un'idea dell'interazione tra pezzo e operatore. Infatti, vengono rappresentati in ascissa i vari pezzi misurati e in ordinata il rispettivo valore medio per ogni operatore. Questi valori medi vengono collegati da una retta andando quindi a comporre il grafico rappresentato nell'immagine. Il risultato ottimale è che le linee siano parallele tra loro evitando che si incrocino frequentemente o si allontanino e che i valori medi siano concordi. In tal caso non vi è dipendenza tra parte e operatore poiché i vari operatori hanno risultati concordi sulle varie parti.



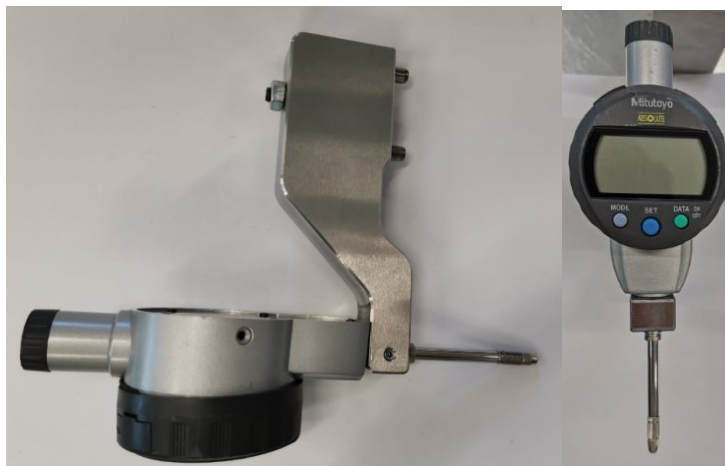
Minitab offre inoltre la possibilità di stimare visivamente la variazione all'interno di misure fatte da un operatore su una stessa parte e la variazione tra misure fatte da vari operatori sulla stessa parte usando il gage run chart. Gli input richiesti sono i dati relativi agli operatori, alle parti e alle misure. Il grafico mostra per ogni parte, le varie misurazioni divise per operatori. Questo grafico permette di vedere se esistono trend nelle misurazioni, se esistono particolari trend nei comportamenti degli operatori in fase di misurazione e se esistono parti critiche che per le loro caratteristiche rendono difficili le misurazioni.



### **5.3 Risultati dell'analisi**

Per la misurazione dei componenti che vengono prodotti in Hp si utilizzano dei calibri di controllo. Un calibro di controllo è un assieme meccanico per la verifica dimensionale delle parti fabbricate in serie. Ha l'obiettivo di realizzare i medesimi controlli ripetitivi sulle parti, allineate esattamente nello stesso modo, indipendentemente della persona che fa la misura. Per ogni pezzo diverso esiste un apposito calibro di controllo. Il pezzo viene quindi montato su questi calibri dall'operatore che poi andrà a prendere tutta una serie di misure sul pezzo montato utilizzando calibri a corsoio, comparatori digitali, spessimetri e calibri di tipo passa non passa. Per il montaggio del pezzo sul calibro vengono definite delle istruzioni di montaggio in modo tale da rendere l'operazione più indipendente possibile dall'esperienza dell'operatore. Con l'analisi Gage R&R si va a verificare se tra i vari operatori vi siano delle differenze nella fase di misurazione che portino ad ottenere delle misure diverse su un pezzo identico. Inoltre, con questa analisi, facendo misurare lo stesso pezzo allo stesso operatore, si verifica la ripetibilità intrinseca dello strumento. Come già affermato, viene progettato un apposito calibro di controllo per ogni pezzo diverso. La progettazione di questi calibri viene eseguita al fine di soddisfare 2 esigenze: innanzitutto devono essere idonei a misurare le quote di progetto che risultano dal 2D e, in secondo luogo, deve verificare se il pezzo può essere montato con gli altri pezzi. Queste 2 esigenze portano alla creazione di calibri ibridi che, a causa della loro maggiore complessità, portano a minore ripetibilità e riproducibilità rendendo più oneroso il montaggio del pezzo sul calibro stesso. Nell'esempio riportato si indica uno studio fatto su un componente interno di una nota casa automobilistica su delle quote prese tramite l'utilizzo di un comparatore. Si è scelto di riportare la misurazione relativa al comparatore in quanto è la quota che più viene influenzata dal processo di montaggio del pezzo sul calibro. Il comparatore è uno strumento che ha il compito

di misurare lo spostamento lineare. Si utilizza per verificare la linearità di un oggetto o per comparare la misura del pezzo in esame con un pezzo campione. Per l'analisi di questo componente è stato utilizzato un comparatore digitale millesimale da 25 mm della Mituyoyo.



Per ogni misurazione sono state prese tre quote, una per ogni dimensione fisica al fine di verificare quante e quali fossero affette da problemi. Le tre quote sono chiamate 2X, 3Y e 7Z dove il primo numero indica l'ordine di misurazione delle varie quote del pezzo e la lettera indica la dimensione fisica. Lo studio è stato svolto su 10 pezzi da tre operatori che hanno effettuato tre misurazioni distinte per ogni pezzo. Il pezzo è stato montato e smontato tra una misurazione e la successiva. Con la stessa misurazione sono state prese le 3 quote diverse. Come già spiegato, dopo aver inserito le informazioni su pezzi, operatori e misure su Minitab, è stata generata una lista casuale in cui viene indicato l'ordine da seguire nella misurazione dei pezzi dagli operatori. Successivamente, secondo l'ordine generato, sono state effettuate le misurazioni e sono stati raccolti i dati sotto riportati. Per mantenere l'anonimato, i seriali dei pezzi e degli operatori sono stati indicati con un numero che nel primo caso va da 1 a 10 e nel secondo da 1 a 3.

RunOrder	Parts	Operators	2X	3Y	7Z
1	3	1	-0,082	-0,289	1,900
2	2	1	0,107	-0,261	1,768
3	4	1	1,259	-0,860	1,616
4	6	1	-0,282	-0,423	2,092
5	8	1	-0,075	-0,303	1,947
6	7	1	0,083	-0,188	2,080
7	10	1	0,121	0,241	0,989
8	9	1	-0,008	-0,364	1,979
9	5	1	-0,104	-0,330	2,238
10	1	1	-0,128	-0,290	1,990
11	10	2	0,047	-0,312	1,909
12	7	2	0,013	-0,271	1,970
13	6	2	0,230	0,015	2,225
14	4	2	-0,100	-0,035	1,978
15	1	2	0,108	0,103	2,036
16	2	2	0,230	-0,340	1,678
17	5	2	0,500	-0,597	1,169
18	8	2	0,217	-0,473	2,074
19	9	2	0,774	-0,606	1,253
20	3	2	-0,043	-0,470	1,017
21	10	3	-0,128	0,038	1,930
22	1	3	-0,220	-0,265	1,643
23	6	3	-0,012	-0,334	2,203
24	4	3	0,183	-0,281	1,640
25	5	3	0,038	-0,579	1,820
26	7	3	-0,294	-0,101	2,046

27	8	3	0,450	-0,131	1,874
28	2	3	0,160	-0,410	1,189
29	9	3	0,439	-0,500	1,282
30	3	3	0,427	-0,467	1,214
31	1	1	0,068	0,000	1,881
32	5	1	-0,018	-0,264	2,240
33	3	1	-0,122	-0,744	1,678
34	9	1	-0,071	-0,120	1,993
35	6	1	-0,182	-0,424	1,120
36	2	1	0,202	-0,405	1,403
37	4	1	1,141	-0,593	1,522
38	7	1	0,032	0,203	2,085
39	8	1	0,007	-0,255	0,816
40	10	1	-0,021	-0,238	0,761
41	4	2	-0,096	-0,129	1,940
42	7	2	0,065	-0,214	2,000
43	6	2	0,194	0,001	0,273
44	1	2	-0,088	-0,104	1,955
45	3	2	0,219	-0,263	1,342
46	5	2	0,654	-0,641	1,266
47	9	2	0,761	-0,425	1,208
48	2	2	0,492	1,607	-0,378
49	8	2	0,168	-0,445	2,216
50	10	2	0,055	-0,271	1,923
51	5	3	0,057	-0,500	1,795
52	3	3	0,609	-0,300	1,364
53	6	3	-0,017	-0,277	2,210

54	4	3	0,298	-0,384	1,829
55	8	3	0,468	-0,112	1,989
56	10	3	-0,021	-0,173	1,944
57	1	3	-0,286	-0,316	1,474
58	9	3	-0,511	0,468	1,326
59	2	3	0,191	-0,408	1,190
60	7	3	-0,251	-0,089	1,953
61	1	1	-0,197	0,014	1,980
62	9	1	0,319	-0,267	2,034
63	10	1	0,663	0,055	1,197
64	6	1	-0,295	-0,390	1,522
65	8	1	0,892	0,403	1,887
66	2	1	0,236	-0,425	1,416
67	5	1	-0,011	-0,379	0,114
68	3	1	-0,172	-0,351	1,484
69	4	1	1,011	-0,289	1,992
70	7	1	0,103	0,123	2,274
71	4	2	-0,038	-0,122	1,923
72	1	2	-0,079	-0,072	1,810
73	7	2	0,057	-0,165	2,015
74	2	2	0,430	-0,561	1,481
75	9	2	0,820	-0,504	1,025
76	10	2	0,093	-0,272	1,890
77	6	2	0,180	-0,037	0,223
78	5	2	0,577	-0,722	1,182
79	8	2	0,273	-0,334	2,091
80	3	2	0,345	-0,508	1,222



81	9	3	0,507	-0,468	1,308
82	1	3	-0,065	-0,456	1,480
83	7	3	-0,258	-0,077	1,980
84	2	3	0,160	-0,398	1,172
85	6	3	-0,045	-0,337	2,193
86	5	3	0,054	-0,568	1,767
87	4	3	-0,002	-0,367	1,894
88	8	3	-0,582	-0,400	1,181
89	10	3	-0,061	-0,129	1,924
90	3	3	0,219	-0,595	1,067

Dopo aver inserito le misure effettuate su Minitab è stata effettuata l'analisi gage R&R crossed fornendo i seguenti risultati.

**QUOTA 2X**  
Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	2,2593	0,251038	0,93023	0,523
Operators	2	0,5144	0,257196	0,95305	0,404
Parts * Operators	18	4,8576	0,269867	5,96776	0,000
Repeatability	60	2,7132	0,045221		
Total	89	10,3446			

**QUOTA 3Y**  
Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	1,56416	0,173796	1,34750	0,281
Operators	2	0,05976	0,029881	0,23167	0,796
Parts * Operators	18	2,32158	0,128977	1,67392	0,070
Repeatability	60	4,62306	0,077051		
Total	89	8,56857			

**QUOTA 7Z**  
Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	4,8892	0,543240	1,27283	0,316
Operators	2	0,3600	0,179987	0,42172	0,662
Parts * Operators	18	7,6823	0,426796	2,43419	0,005
Repeatability	60	10,5200	0,175334		
Total	89	23,4515			

Come si può notare dalle immagini riportate, il valore del Pvalue relativo all'interazione tra parte e operatore è minore di 0.25 e quindi questa interazione non può essere trascurata. Nella seconda tabella viene riportato il risultato dello studio gage R&R andando ad indicare la varianza di ogni singolo componente e la percentuale di ogni componente rispetto alla varianza totale.

### Gage R&R

### QUOTA 2X

### Gage R&R

### QUOTA 3Y

#### Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,120103	100,00
Repeatability	0,045221	37,65
Reproducibility	0,074882	62,35
Operators	0,000000	0,00
Operators*Parts	0,074882	62,35
Part-To-Part	0,000000	0,00
Total Variation	0,120103	100,00

#### Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0943596	94,99
Repeatability	0,0770510	77,56
Reproducibility	0,0173086	17,42
Operators	0,0000000	0,00
Operators*Parts	0,0173086	17,42
Part-To-Part	0,0049799	5,01
Total Variation	0,0993395	100,00

### Gage R&R

### QUOTA 7Z

#### Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,259155	95,24
Repeatability	0,175334	64,44
Reproducibility	0,083821	30,81
Operators	0,000000	0,00
Operators*Parts	0,083821	30,81
Part-To-Part	0,012938	4,76
Total Variation	0,272093	100,00

Relativamente alla quota 2X si nota immediatamente che la %contribution relativa alla misurazione (Total gage R&R) è pari al 100% che è un valore molto negativo in quanto la dispersione rilevata dal sistema di misura è pari alla dispersione totale. Il valore è quindi estremamente maggiore rispetto al 10% indicato come valore massimo dall'AIAG. Poiché il valore "part to part" è pari a 0, il sistema non è in grado di individuare la variabilità del processo produttivo relativamente a questa

quota. Dettagliando ulteriormente la variabilità della misurazione si nota che il valore della varianza della ripetibilità rappresenta il 37.65% della varianza totale. Il contributo percentuale della riproducibilità è pari invece al 62.35%. Ciò indica che per questa quota lo strumento non è ripetibile ma soprattutto non riproducibile. Infatti, le misurazioni che vengono eseguite tra un operatore e un altro sullo stesso pezzo differiscono notevolmente. La quota 3Y presenta un valore della %contribution del 94,99% relativamente al Total Gage R&R e del 5,01% relativamente al “part to part”. Questi valori non sono ovviamente accettabili per gli standard AIAG poiché la contribution del Total Gage R&R è maggiore del 10%. Rispetto alla quota 2X però si può notare una maggiore capacità, seppure limitata, del sistema a rilevare la variabilità del processo produttivo. Anche qui, dettagliando la variabilità della misurazione per la contribution si ottengono dei valori di ripetibilità e riproducibilità rispettivamente del 77,56% e 17,42%. Da questi valori si nota immediatamente che per questa quota il sistema è scarsamente ripetibile, ma molto più riproducibile rispetto alla quota 2X. Da ciò si deduce che la misura dello stesso pezzo non subisce eccessivamente l’influenza dell’operatore. La scarsa ripetibilità comporta invece che, a parità di condizioni, tra due o più misurazioni dello stesso pezzo si possono ottenere misurazioni molto diverse. Ciò implica che il sistema di misura non è idoneo per questa quota in quanto contraddistinto da troppa variabilità. La quota 7Z è caratterizzata da valori di variabilità delle parti e della misura simili alla 3Y. Infatti, il valore %contribution del Total Gage R&R è pari al 95,24% e quello del “part to part” è pari al 4,76%. Come negli altri casi, anche per questa quota il sistema fatica ad individuare la variabilità del processo. Anche questi valori non sono accettabili secondo gli standard AIAG in quanto il valore della contribution del Total Gage R&R è superiore al 10%. In particolare, analizzando la variabilità della misura il contributo della ripetibilità è pari al 64.44% e quello della riproducibilità è del 30.81%. Quindi, come per la quota 3Y, anche per

questa quota il sistema è scarsamente ripetibile e quindi, misurazioni svolte nelle stesse condizioni porteranno probabilmente ad ottenere misure diverse. Il sistema è anche poco ripetibile dimostrando quindi una possibile influenza sulla misura da parte dell'operatore.

### Gage Evaluation

### QUOTA 2X

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,346559	2,07935	100,00	346,56
Repeatability	0,212652	1,27591	61,36	212,65
Reproducibility	0,273646	1,64188	78,96	273,65
Operators	0,000000	0,00000	0,00	0,00
Operators*Parts	0,273646	1,64188	78,96	273,65
Part-To-Part	0,000000	0,00000	0,00	0,00
Total Variation	0,346559	2,07935	100,00	346,56

Number of Distinct Categories = 1

### Gage Evaluation

### QUOTA 3Y

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,307180	1,84308	97,46	307,18
Repeatability	0,277581	1,66548	88,07	277,58
Reproducibility	0,131562	0,78937	41,74	131,56
Operators	0,000000	0,00000	0,00	0,00
Operators*Parts	0,131562	0,78937	41,74	131,56
Part-To-Part	0,070568	0,42341	22,39	70,57
Total Variation	0,315182	1,89109	100,00	315,18

Number of Distinct Categories = 1

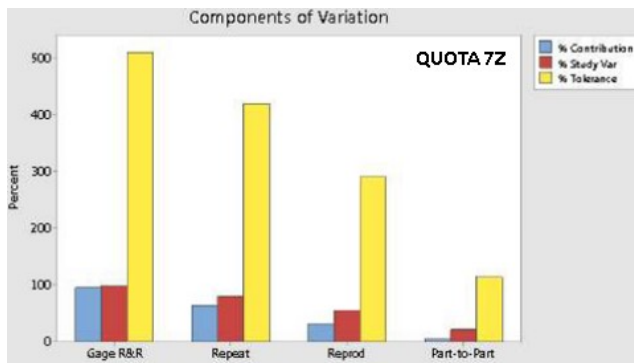
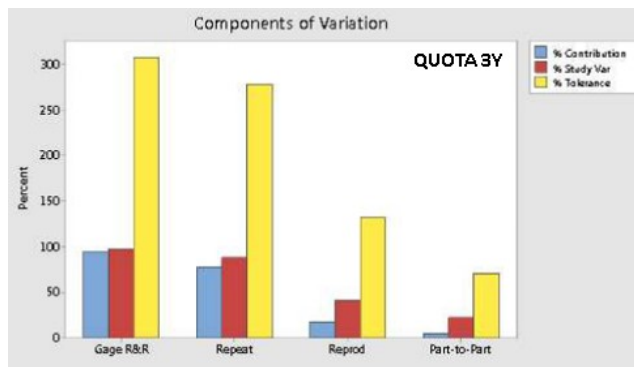
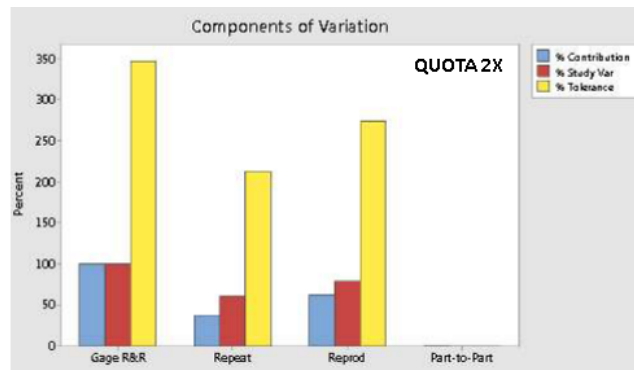
### Gage Evaluation

### QUOTA 7Z

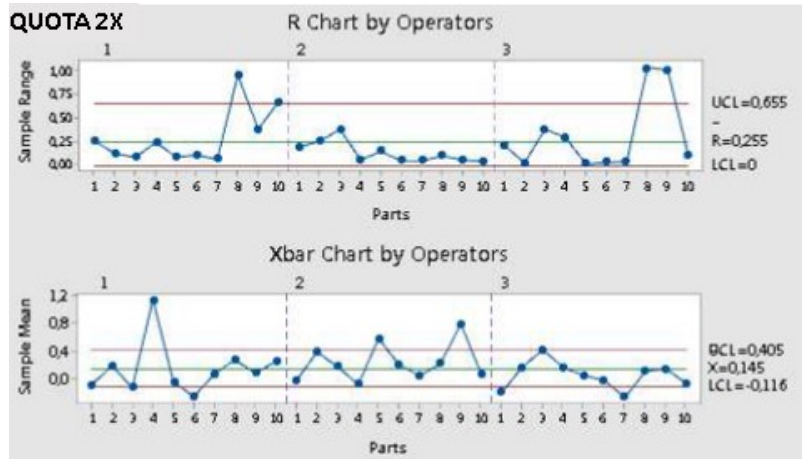
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,509072	3,05443	97,59	509,07
Repeatability	0,418729	2,51237	80,27	418,73
Reproducibility	0,289518	1,73711	55,50	289,52
Operators	0,000000	0,00000	0,00	0,00
Operators*Parts	0,289518	1,73711	55,50	289,52
Part-To-Part	0,113746	0,68248	21,81	113,75
Total Variation	0,521625	3,12975	100,00	521,63

Number of Distinct Categories = 1

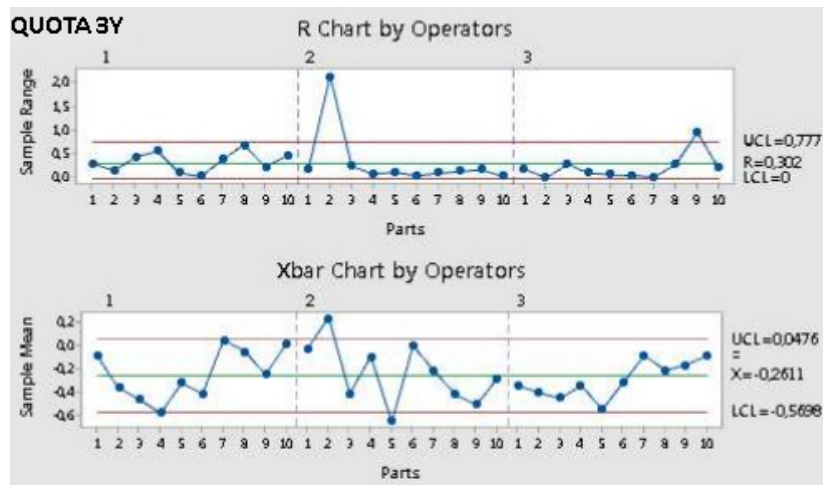
Al fine di rafforzare le ipotesi precedentemente fatte sul sistema di misura, nelle tabelle sopra riportate Minitab ha calcolato la deviazione standard dei vari componenti pari alla radice quadrata della varianza. Su ogni componente è stato il loro peso percentuale rispetto alla deviazione standard totale nella colonna denominata %Study Var. Successivamente facendo il rapporto tra la tolleranza industriale (6 volte la deviazione standard) e quella di progetto (data dalle specifiche di progetto) si ottengono i valori riportati nella colonna %Tolerance. Per tutte e tre le quote la tolleranza di progetto è pari a 0.6. Dai dati riportati in tabella si può notare che per le tre quote i valori della “%Study Var” rispecchiano ovviamente quelli indicati nella contribution nelle tabelle precedenti. Inoltre, dato il basso valore della tolleranza di progetto rispetto alla tolleranza industriale si ottengono dei valori altissimi del valore %Tolerance. Secondo gli standard AIAG i valori di “%study Var” e %Tolerance devono essere inferiori al 10% per essere ottimali e compresi tra il 10% e il 30% per essere accettabili. Come è possibile vedere dalle tabelle riportate la “%study Var” e soprattutto la %Tolerance sono di molto superiori e questi valori. Da ciò se ne deduce che il sistema di misura non è idoneo per queste tre quote anche in accordo a questi valori. Nel grafico viene riportato anche il numero di categorie distinte che il sistema riesce a identificare con la misurazione. Per tutte e tre le quote il sistema è riuscito a identificare solo una categoria mentre l’AIAG richiede che il sistema riesca a identificarne almeno cinque. Ciò conferma la conclusione a cui si era già arrivati ovvero che il sistema non identifica le parti. I dati appena mostrati e descritti possono essere riportati sotto forma di grafico, al fine di evidenziare maggiormente quanto affermato.



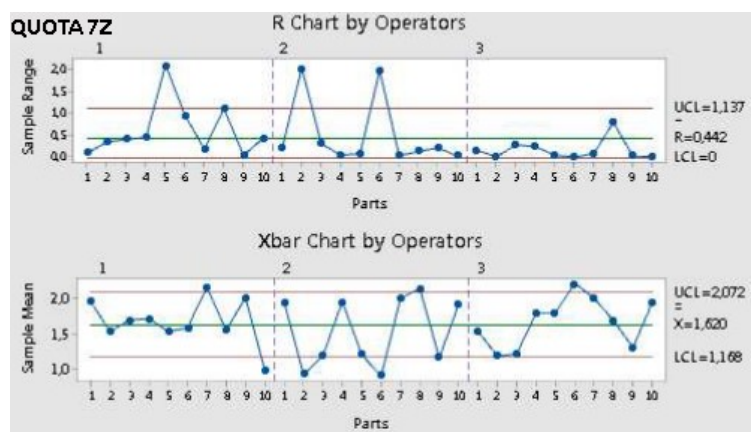
Come già affermato, Minitab permette di ottenere la carta X e la carta R. Di seguito vengono riportate le tabelle.



Nella carta R, che rappresenta la differenza tra la misura massima e quella minima di ogni pezzo, è possibile notare che l'operatore 1 e 3 presentano dei valori fuori specifica ed in generale più alti. L'operatore 2 presenta tutti i valori bassi e all'interno dei limiti di specifica. Da ciò si può dedurre che, relativamente alla quota 2X l'operatore 2 è quello che presenta una ripetibilità maggiore. La XBar invece paragona la variazione dovuta alle parti con la ripetibilità riportando i valori medi delle misure. Poiché la maggior parte dei punti per tutti gli operatori è all'interno dei limiti di specifica la variazione dovuta alle parti è minore rispetto a quella dovuta al sistema di misura. Ciò conferma quanto già detto precedentemente, ovvero che il sistema non riesce a discriminare le parti in quando la variabilità data dal sistema di misura è eccessivamente alta. Inoltre, i grafici dei vari operatori non sono coerenti tra loro a conferma della poca riproducibilità.



Per la quota 3Y è possibile notare dalla carta R che c'è una discreta ripetibilità tra le misure sullo stesso pezzo: infatti i valori, salvo un'eccezione per gli operatori 2 e 3, sono all'interno dei limiti di specifica. Nella XBar invece i valori sono quasi tutti all'interno dei limiti di specifica e quindi la variabilità del sistema di misura è maggiore di quella delle parti confermando quindi che il sistema non riesce a discriminare le parti. I grafici dei tre operatori differiscono uno dall'altro indicando riproducibilità non buona soprattutto tra l'operatore due e gli altri.

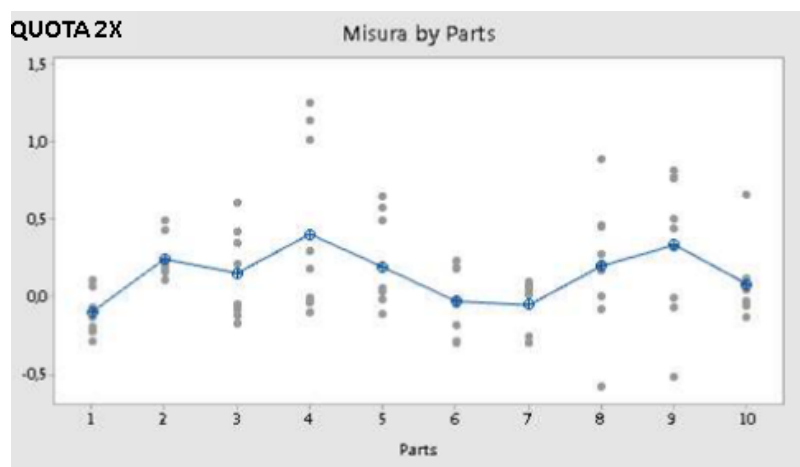


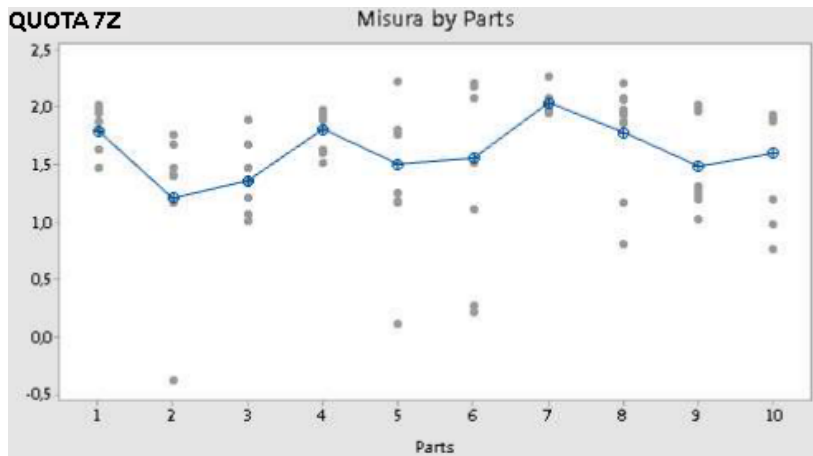
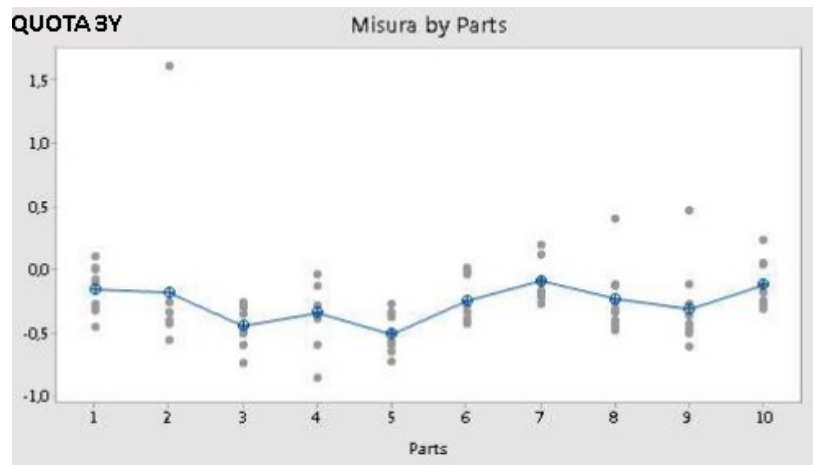
Relativamente alla quota 7Z è possibile notare dalla carta R che gli operatori uno e due hanno dei valori fuori specifica il che indica una scarsa ripetibilità



relativamente a queste quote. L'operatore tre invece presenta tutti valori all'interno dei limiti specifica comportando una maggiore ripetibilità dell'operatore relativamente a questa quota. Per la XBar, salvo l'operatore due, è possibile fare le stesse considerazioni fatte precedentemente ovvero che la variabilità del sistema di misura è maggiore di quella delle parti confermando quindi che il sistema non riesce a discriminare le parti. Per l'operatore due invece è possibile notare che ci sono più punti fuori controllo, indicando che la variabilità del sistema di misura è comparabile a quella delle parti e quindi il sistema riesce a discriminare, seppur in maniera lieve, le parti. Gli andamenti dei grafici sono poco coerenti indicando una bassa riproducibilità degli operatori.

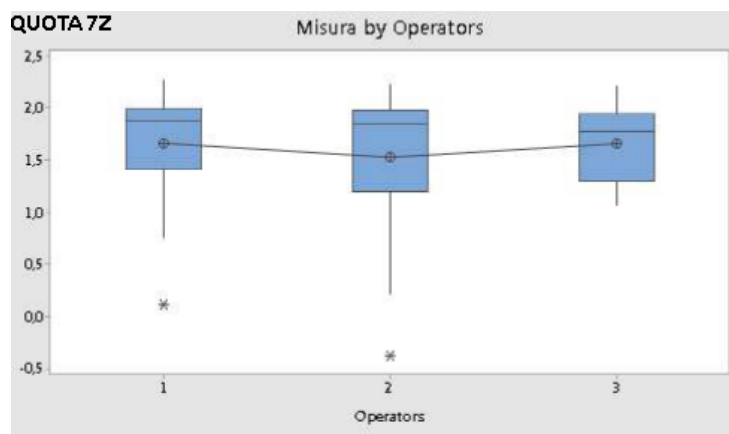
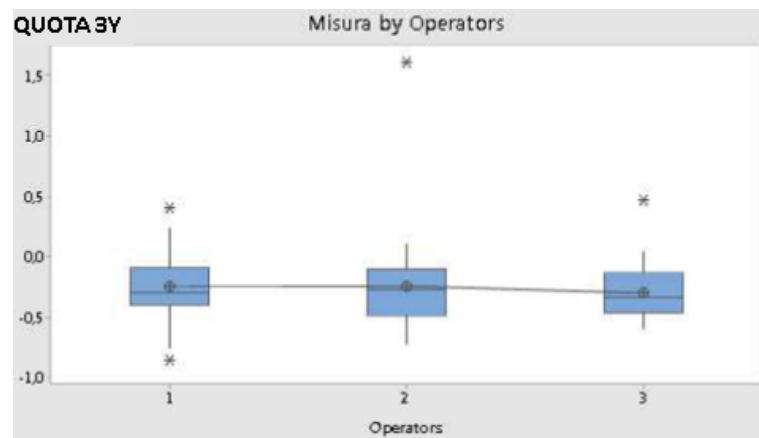
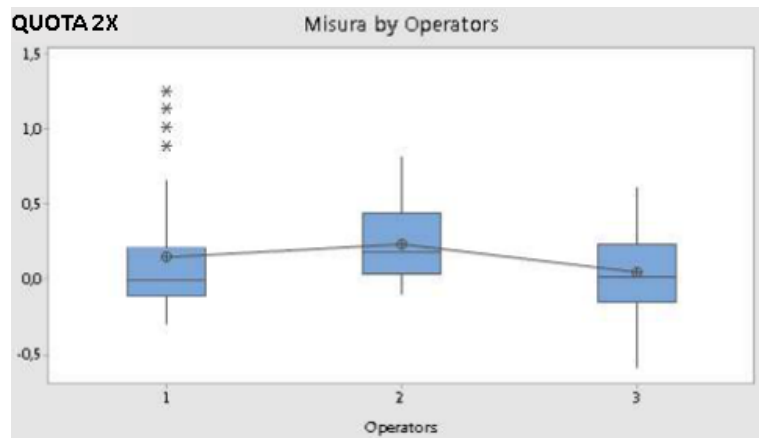
Nei grafici successivi vengono riportate per ogni parte, le varie misure effettuate dagli operatori e il valore medio delle varie misurazioni.





Come si può notare dai grafici i dati delle varie misure degli operatori sono molto distanti dalle medie conformando la poca ripetibilità del processo di misurazione. Osservando meglio i vari grafici si nota che la quota 3Y è contraddistinta da una minore dispersione delle varie misure. Infatti, guardando i dati della varianza riportati sopra relativi a questa quota, si può notare che è la più bassa tra le tre in valore assoluto. Da ciò si evince che la quota 3Y è quella con il processo di misurazione caratterizzato da una migliore ripetibilità.

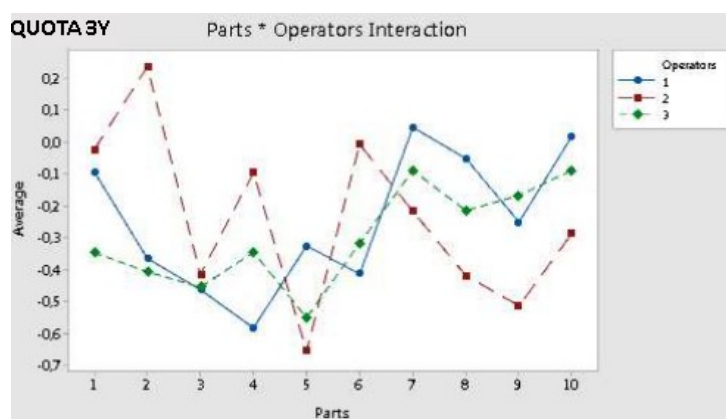
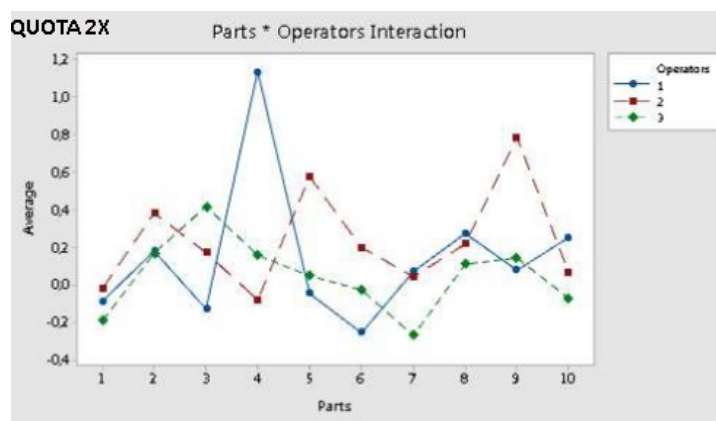
Il prossimo grafico fornito da Minitab è relativo alle misure per operatore. Questo grafico mostra le misurazioni effettuate nello studio, ordinate per operatore.

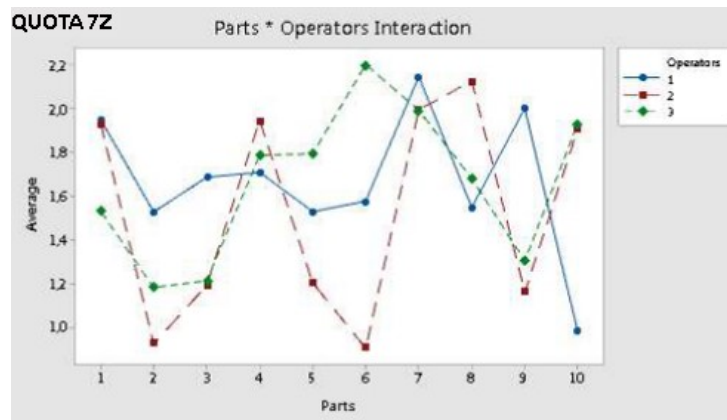


Le linee indicate nei grafici collegano il valore medio della misura di ogni operatore. Più questa linea è orizzontale e più le misure dei vari operatori sono

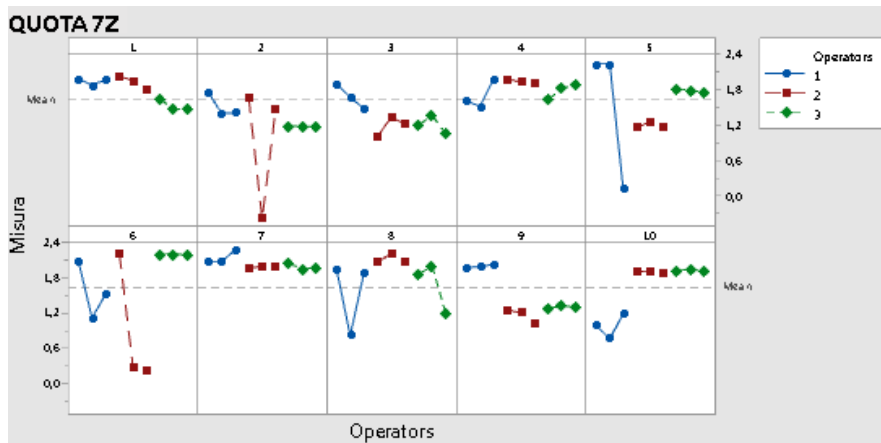
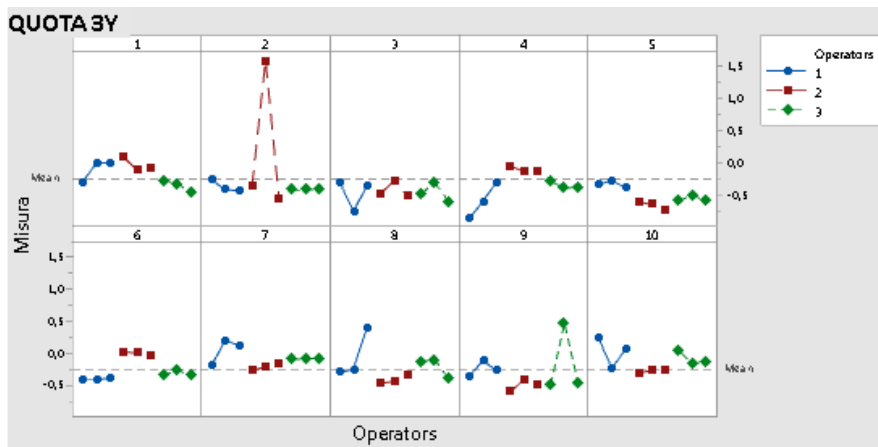
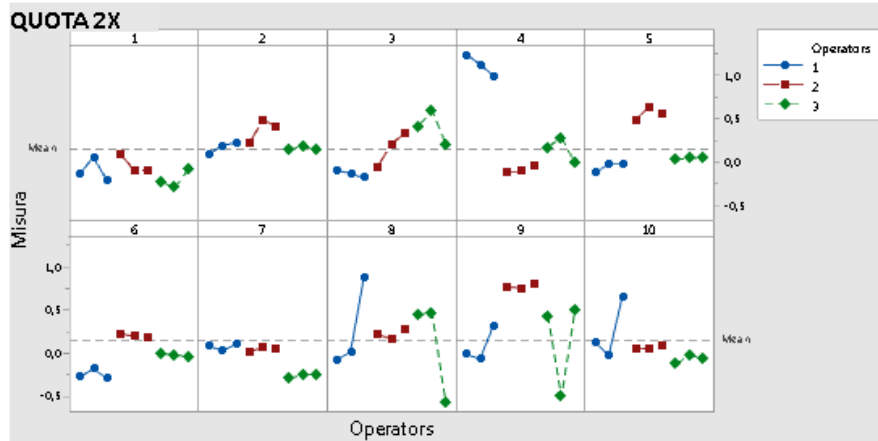
riproducibilità. Questo grafico mette in evidenza quindi la riproducibilità. Dai grafici delle tre quote è possibile notare che la quota più riproducibile è la Y dato che le linee sono quasi orizzontali. Le altre due quote presentano valori della media delle misure molto diverse tra gli operatori. Le rispettive linee, infatti, sono molto inclinate indicando quindi grande differenza tra le medie e quindi una bassa riproducibilità.

Nell'ultimo grafico fornito da Minitab viene messa in evidenza l'interazione tra parte e operatore andando a riportare per ogni pezzo la misura media ottenuta dalle tre misurazioni dell'operatore.

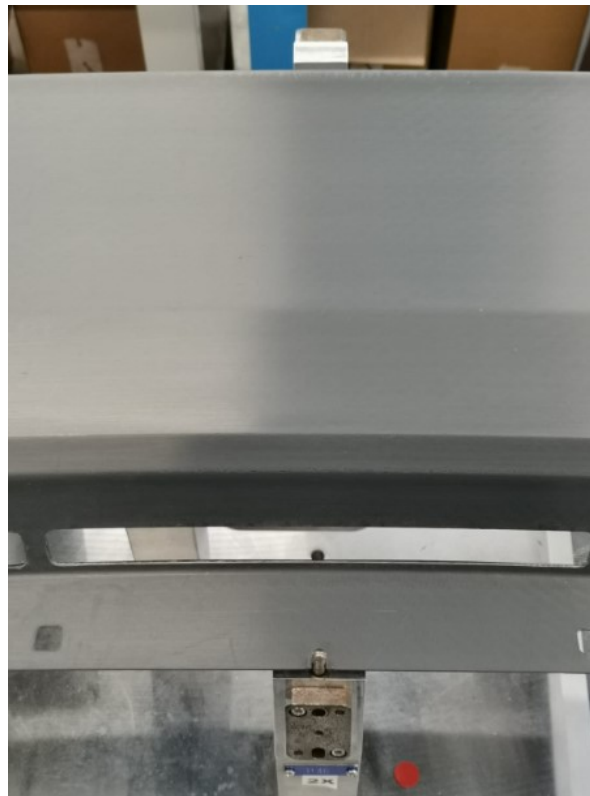




Come si può notare dai grafici relativi alle tre quote le varia misurazioni ottenute dai vari operatori non presentano pattern. Non c'è nessun operatore che sovrastima o sottostima regolarmente le misure in quanto le varie linee degli operatori si intersecano regolarmente dimostrando che la misura non dipende da vizi presi dall'operatore stesso. Infatti, per ogni calibro vengono fissate delle istruzioni di montaggio da seguire al fine di uniformare quando più possibile la fase di montaggio. Da questi dati è evidente che le istruzioni di montaggio siano rispettate da tutti gli operatori in quanto dai dati non sembrano emergere misure che inducano a pensare a delle abitudini errate dovute al non rispetto delle istruzioni di montaggio degli operatori. Tutto ciò è confermato dal Gage run chart dove viene confermato che gli operatori non abbiano particolari vizi che li portano a sovrastimare o sottostimare la misura.



Da quanto emerso dall'analisi effettuata il problema sembra dovuto ad una bassa ripetibilità del calibro piuttosto che al comportamento degli operatori. Quindi il motivo di questi cattivi risultati è da ricercare nel calibro di controllo che viene utilizzato per montare il pezzo e nel comparatore utilizzato per effettuare le misure. Tutti i comparatori digitali utilizzati in azienda, annualmente vengono mandati in un centro di taratura accreditato dall'Accredia (l'ente di accreditamento italiano) che provvede a tararli e a rilasciare un certificato di taratura in cui vengono riportate le prestazioni dello strumento. Tra le varie prestazioni vengono riportate anche la ripetibilità e l'errore di ripetibilità dello stesso. Per il comparatore utilizzato sono stati rilevati un errore di ripetibilità pari a 0,0011 mm e 0,0003 mm. La mancata ripetibilità della misurazione effettuata non è da attribuire al comparatore. Quindi la mancata ripetibilità potrebbe essere dovuta al calibro di controllo che influisce sulla bontà della misurazione. Al fine di scoprire le cause di ciò e i difetti dei calibri di controllo è stata effettuata una riunione aziendale con i Project Manager e i Project Quality. Per le varie quote sono state individuate delle possibili cause che hanno influenzato la misurazione. Partendo dalla misura che si è rivelata meno critica, ovvero al 2Y, si è subito notata una poca stabilità del pezzo lungo questa quota mentre il pezzo è montato sul calibro. Analizzando la struttura del calibro è stato subito evidente che il pezzo sulla quota Y presentasse poca stabilità poiché era bloccato solo alla base nel punto rappresentato in figura.

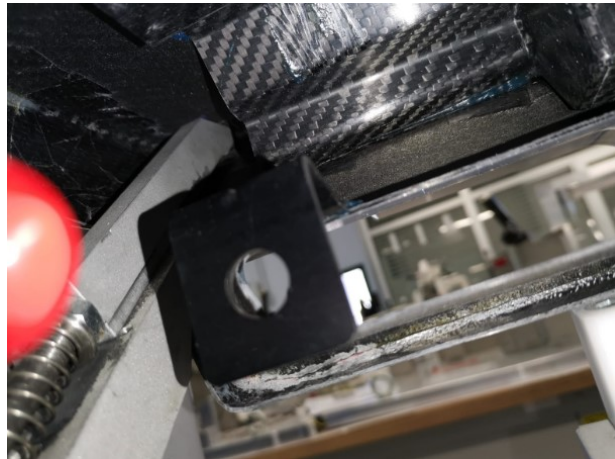


Essendo bloccato solo nella parte bassa, la parte superiore presenta poca stabilità e quindi potrebbe essere posizionato diversamente tra i vari montaggi, portando alla



riduzione della ripetibilità per questa quota. Se ci fossero stati almeno 2 punti in cui bloccare il pezzo la quota Y sarebbe stata sicuramente più ripetibile. Per le quote 2X e 7Z è stata individuata una causa comune imputabile alla forma del calibro ma anche alla tipologia di lavorazione che può causare uno spessore maggiore o minore lato sacco. Infatti, nelle lavorazioni composite è possibile che, dal lato del sacco, rimangano dei residui di materiale dal lato interno del sacco. Il materiale che rimane nel lato interno non è standard ma dipende dal caso specifico.





L'angolo del pezzo riportato nella terza figura viene poggiato sul supporto riportato nella quarta e quinta figura. Nelle prime due immagini viene riportato il pezzo di profilo in cui si può vedere lo spessore che può variare a causa del sacco. Per quel punto non vengono richieste delle tolleranze specifiche e quindi la variabilità di questo spessore può influire sulla bontà della misurazione. Inoltre, a causa della poca regolarità di questa superficie, è possibile che in diversi montaggi lo stesso pezzo aderisca al calibro in maniera differente causando difformità tra le misure. A causa di questo problema, infatti, il pezzo potrebbe essere posizionato in modo diverso lungo gli assi x e z (e quindi più avanti o dietro e più sopra o sotto) rispetto a come dovrebbe essere. Ciò può avvenire anche a causa del fatto che sull'asse y il

montaggio non è stabile per le cause precedentemente elencate. La somma di questi fattori porta all'ottenimento della bassa ripetibilità riscontrata tra le varie misure.

Dall'analisi effettuata è evidente che il calibro abbia una struttura che influisce pesantemente sulla misurazione del pezzo. Infatti, a causa dei problemi esposti, il calibro risulta non ripetibile e potrebbe restituire delle misurazioni non del tutto veritiere.

#### **5.4 Azioni correttive**

Idealmente, a causa dei risultati dell'analisi, l'azione correttiva da applicare sarebbe il cambiamento del calibro, riprogettandolo in modo tale da aumentare quanto più possibile la ripetibilità dello strumento. In alternativa, una possibile azione correttiva sarebbe quella di applicare qualche modifica al calibro provando a colmare i difetti elencati sopra. Infatti, si potrebbe inserire un ulteriore punto per fissare la quota Y in modo da dare al calibro maggiore stabilità in fase di montaggio e misurazione. Per risolvere il problema che affligge le altre due quote si potrebbero utilizzare altri punti su cui poggiare il calibro oltre a quelli che si utilizzano attualmente al fine di ridurre l'impatto dello spessore e della poca regolarità della superficie. Nonostante i vari problemi manifestati dal calibro, fino ad oggi tutte le misurazioni effettuate sui pezzi con questo calibro che hanno dato esito di conformità non hanno mai dato problemi. Infatti, non è mai successo che, un pezzo risultato conforme in azienda sia poi risultato non conforme presso il cliente dimostrando una certa coerenza tra le misure aziendali e quelle del cliente. Nonostante il calibro sia poco ripetibile è stato reputato idoneo allo scopo che deve assolvere. Infatti, come detto precedentemente i calibri di controllo in Hp devono soddisfare una duplice esigenza: quella relativa alle quote e quella di montaggio. Il montaggio a calibro ha anche lo scopo di verificare se il pezzo riuscirà ad essere montato agevolmente sul veicolo finale. Questo pezzo non presenta inoltre

particolari criticità di montaggio. In virtù di ciò, anche se il calibro ha un problema di ripetibilità è idoneo allo scopo. Infatti, è stato progettato insieme al cliente finale che l'ha poi approvato reputandolo adatto. Per migliorare il processo di misurazione si possono applicare delle azioni di contenimento volte a contenere i problemi riscontrati. A tal fine sono state aggiunte alle istruzioni di montaggio delle ulteriori accortezze da seguire indicando di far attenzione al fissaggio del pezzo lungo la quota y e di verificare lo spessore e la regolarità della superficie sul pezzo lungo il quale il pezzo viene poggiato sul calibro che influiscono sulle quote 3Y e 7Z. Tutti i dettagli sono stati comunicati al cliente che, in virtù di ciò che è stato appena detto, ha accettato di continuare ad utilizzare il suddetto calibro.

## **CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI**

Durante il tirocinio è stata svolto uno studio MSA di tipo 2 col metodo Gage R&R sulla maggior parte dei calibri di controllo presenti in azienda. La maggiore parte dei calibri è risultata accettabile secondo gli standard AIAG non necessitando quindi di alcuna azione correttiva e di contenimento. I calibri che sono risultati non accettabili secondo gli standard AIAG sono stati trattati utilizzando lo stesso iter mostrato nell'esempio riportato. Innanzitutto, è stata eseguita un'analisi delle cause per scoprire i motivi per cui il sistema di misura non risulta accettabile secondo gli standard AIAG. A seconda dell'esito di questa analisi è stato deciso se cambiare o meno il calibro nel caso in cui le cause fossero imputabili allo stesso. Qualora si fosse deciso non cambiare il calibro è stato fatto un elenco delle azioni correttive da applicare come la modifica del calibro o di qualche istruzione di montaggio. Nel caso in cui nessuna delle azioni correttive potesse essere applicata sono state previste delle azioni di contenimento al fine di limitare il più possibile i problemi presenti come è stato fatto nell'esempio mostrato sopra. Tutto ciò è stato fatto informando e rimanendo in contatto il cliente proprietario del calibro. È stata quindi creata una procedura per l'esecuzione puntuale di questa attività al fine di

standardizzarla e renderla più indipendente possibile da colui che la effettua. Questa analisi costituisce un punto di partenza per ottenere il miglioramento continuo. Infatti, l'MSA non è da considerare un semplice adempimento per la IATF ma come uno strumento di analisi per comprendere e scoprire eventuali problematiche sui sistemi di misurazione aziendali. Inoltre, con la creazione del database per la gestione delle non conformità aziendali è stato fornito uno strumento utile per conseguire il miglioramento continuo attraverso l'individuazione e la correzione delle cause di non conformità al fine di includerle nella PFMEA ed evitare che si ripetano.

## **BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

IATF 16949:2016

ISO 9001:2015

Analisi dei sistemi di misurazione nell'ambito dell'industria automobilistica e dei suoi fornitori

Measurement system analysis MSA fourth edition

<https://quality-one.com/grr/>

<https://meetheskilled.com/gage-rr-crossed/>