



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

**"GARANTIRE LA CONFORMITÀ DI UN PRODOTTO
AUTOMOTIVE: IL CASO CEBI S.P.A."**

**"ENSURING COMPLIANCE OF AN AUTOMOTIVE
PRODUCT: CEBI S.P.A CASE STUDY"**

Relatore:
Prof. Carmine Dazj

Tesi di Laurea di:
Isabel Brescia

Correlatore:
Ing. Gaetano Sessa

Anno Accademico 2020/2021

INDICE

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO I - CEBI GROUP.....	6
1.1 L'AZIENDA: FILOSOFIA AZIENDALE E FATTORI DI SUCCESSO.....	6
1.2 LA STORIA	8
1.3 LOCATIONS	9
1.4 BUSINESS SECTORS.....	9
1.4.1 AUTOMOTIVE	10
1.4.2 ELETTRIDOMESTICA.....	11
1.4.3 VENTILAZIONE.....	11
1.4.4 MOBILITÀ ELETTRICA.....	12
1.5 CEBI ITALY	12
1.5.1 MISSION, VISION, STRATEGIA DI BUSINESS.....	13
1.5.2 LA POLITICA PER LA QUALITÀ E L'AMBIENTE	14
1.5.3 IL SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ E I RELATIVI PROCESSI.....	15
1.5.4 IL PROCESSO PRODUTTIVO.....	15
1.5.5 I CLIENTI	16
1.5.6 CEBI ANCONA.....	16
CAPITOLO II – QUALITÀ: EVOLUZIONE E SISTEMA DI CONTROLLO.....	18
2.1. QUALITÀ	18
2.2. IL SISTEMA DI CONTROLLO QUALITÀ	19
2.3. STRUMENTI PER IL CONTROLLO QUALITÀ	20
2.3.1. CAMPIONAMENTO DI ACCETTAZIONE	22
2.3.2. CARTE DI CONTROLLO.....	23
2.4. IL QUADRO NORMATIVO.....	24
2.4.1. LA NORMA ISO 9001	24
2.4.2. LA NORMA IATF 16949.....	25
CAPITOLO III – PROGETTAZIONE E SVILUPPO DI UN PRODOTTO	27
3.1. ANALISI DI FATTIBILITÀ	28
3.2. PROGETTAZIONE E SVILUPPO PRODOTTO	30
3.3. PROGETTAZIONE E SVILUPPO PROCESSO	31
3.4. VALIDAZIONE DI PRODOTTO E DI PROCESSO	33
3.5. RAMP-UP	34
CAPITOLO IV – L'ATTUATORE SPORTELLO CARBURANTE E LA SUA EVOLUZIONE	37
4.1. GLI ATTUATORI LINEARI	38
4.2. GLI ATTUATORI PUSH-PUSH.....	38

4.2.1.	PUSH 10.....	39
4.2.2.	PUSH 17.....	39
4.2.3.	PUSH 15.....	40
4.2.4.	NPS.....	41
CAPITOLO V – L’ATTUATORE NPS.....		44
5.1.	LA METODOLOGIA ANPQP	44
5.2.	DISEGNO CLIENTE.....	47
5.2.1.	L’IMPORTANZA DEL DISEGNO NEL CONTROLLO QUALITÀ	50
5.2.2.	LA CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE	51
5.2.3.	CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE RENAULT.....	54
5.2.4.	LE HCPP DELL’ATTUATORE NPS	56
5.3.	TEST DI QUALIFICA PER VALIDAZIONE DI PRODOTTO.....	61
5.3.1.	CICLI VITA	62
5.3.2.	TEST DI CORROSIONE.....	64
5.3.3.	ASSORBIMENTO DEL MOTORE	67
5.3.4.	CAPACITÀ DI RITORNO DEL PTC DOPO IL TRIGGER	69
5.3.5.	TEMPO DI INTERVENTO DEL PTC	71
5.3.6.	RESISTENZA DI ISOLAMENTO	72
5.3.7.	RESISTENZA MECCANICA (BREAK IN).....	73
5.3.8.	RESISTENZA ALLA CADUTA.....	74
5.3.9.	ASSEMBLAGGIO/DISASSEMBLAGGIO POST-VENDITA	75
CAPITOLO VI: CONTROLLI QUALITÀ DI PROCESSO		77
6.1.	DOCUMENTAZIONE DI PROCESSO	77
6.1.1.	“FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS”	77
6.1.2.	DESIGN FMEA	77
6.1.3.	PROCESS FMEA.....	79
6.1.4.	CONTROL PLAN.....	80
6.1.5.	SCHEDA PARAMETRI MACCHINE E ATTREZZATURE	82
6.1.6.	SCHEDA BENESTARE DI AVVIO PRODUZIONE	83
6.1.7.	SCHEDA MASTER E PEZZI TRAPPOLA	84
6.1.8.	SCHEDA CONTROLLI GP12	84
6.1.9.	PIANO DI FABBRICAZIONE E CONTROLLO	87
6.1.10.	REACTION PLAN	88
6.2.	I CONTROLLI IN ACCETTAZIONE	89
6.2.1.	ACCETTAZIONE ARRIVI IN CEBI.....	89
6.2.2.	CONTROLLI ACCETTAZIONE QUALITÀ NPS	91
6.3.	I CONTROLLI IN LINEA.....	93
6.3.1.	ISPEZIONI VISIVE MEDIANTE SMART CAMERA	94

6.3.3.	PROVA DI TENUTA AD ARIA.....	97
6.4.	COLLAUDI AUTOMATICI	99
6.4.1.	CONTROLLO AUTOMATICO FORZA-SPOSTAMENTO NEI PROGRAMMI DI APERTURA E DI CHIUSURA.....	101
6.5.	I CONTROLLI FUORI LINEA.....	102
6.5.1.	GLI AUDIT DI PRODOTTO	103
6.6.	L'ANALISI DI CAPACITÀ DI PROCESSO.....	105
6.6.1.	STUDIO DI CAPACITÀ DI UN PROCESSO A REGIME	106
6.6.2.	STUDIO PRELIMINARE DI CAPACITÀ DI UN PROCESSO	108
6.6.3.	LO STRUMENTO PER LO STUDIO PRELIMINARE DI CAPACITÀ	109
6.7.	CARTA X-R: QUOTA PIANTAGGIO DELLA VITE SUL MOTORE	113
6.7.1.	INTERPRETAZIONE DELLA CARTA X-R.....	117
CAPITOLO VII - GESTIONE CLIENTE E MONITORAGGIO QUALITÀ IN GARANZIA		120
7.1.	GESTIONE DEI RECLAMI.....	120
7.1.1.	8D REPORT.....	121
7.1.2.	RESI DA STABILIMENTO E DA GARANZIA	122
7.1.3.	ANALISI RESI	123
7.2.	KPI E CURVE MIS	128
7.2.1.	INDICE DI DIFETTOSITÀ.....	129
7.2.2.	INDICE DI SCARTI INTERNI	130
7.2.3.	INDICE DI INCIDENTI.....	131
7.2.4.	CURVE MIS	131
CONCLUSIONE		133
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....		136
BIBLIOGRAFIA.....		136
SITOGRAFIA		136
RINGRAZIAMENTI.....		137

INTRODUZIONE

In un mercato fortemente competitivo come quello attuale la Qualità costituisce un fattore strategico per il mondo industriale, specialmente per il settore automotive, dove i prodotti devono soddisfare i massimi livelli di qualità, sicurezza e affidabilità, a partire dai singoli componenti.

La funzione di un Sistema Qualità inizia con l'ispezione delle materie prime, passa attraverso i processi produttivi, prosegue con la distribuzione, chiudendo il ciclo con la gestione dei reclami. Quando il cliente sa di poter avere garanzie sulla qualità dei prodotti offerti da un'azienda, sarà più propenso ad ampliare i rapporti commerciali con la stessa: il Controllo Qualità è un elemento chiave nella realizzazione di prodotti di alta qualità che soddisfino, o addirittura superino, gli standard del cliente.

Il presente elaborato ha come oggetto lo studio dei controlli qualità necessari a garantire la conformità di un prodotto in relazione alle specifiche del cliente sviluppato durante il tirocinio curriculare svolto presso l'azienda Cebi S.P.A.

Nello specifico è stata analizzata la linea di assemblaggio semiautomatica di un attuatore per lo sportello carburante di ultima generazione, denominato NPS (*New Push System*), che sarà destinato al mercato *e-mobility* Renault.

Il mio ingresso in azienda coincide l'entrata in preserie del progetto NPS, fase in cui si elabora il Control Plan del processo definitivo e si conducono gli studi di capacità macchina e gli studi di capacità preliminare di processo, al fine di ottenere il via libera alla produzione (*Start Of Production*).

Il *Control Plan* è il documento che sintetizza tutti i controlli effettuati sul prodotto e sul processo dalla fase accettazione a quella di spedizione. Pertanto saranno illustrati i controlli di accettazione, le attività di ispezione lungo la linea di assemblaggio, i controlli *End Of Line* e fuori linea.

La trattazione prosegue con l'analisi di capacità preliminare di processo avente lo scopo di verificare l'idoneità del processo nel soddisfare determinate caratteristiche del prodotto richieste dal cliente.

La capacità del processo è stata valutata attraverso uno specifico software fornito dal cliente per facilitare l'interpretazione grafica dei risultati in funzione della classe di importanza della caratteristica in esame.

Inoltre sulla base delle esperienze passate maturate nella produzione dei precedenti attuatori push-push, si è ritenuto opportuno esaminare il processo di piantaggio della vite sul motore, effettuato su una stazione esterna alla linea di assemblaggio in quanto critico per la funzionalità dell'attuatore.

Si conclude con la presentazione della procedura che si adotterà per la gestione dei reclami da cliente e con la descrizione dei KPI utilizzati per la valutazione delle prestazioni del Sistema Qualità.

CAPITOLO I - CEBI GROUP

1.1 L'AZIENDA: FILOSOFIA AZIENDALE E FATTORI DI SUCCESSO

Dal 1976 Cebi Group realizza componenti elettromeccaniche per l'industria automobilistica e degli elettrodomestici. Grazie alla varietà dell'offerta, all'affidabilità e al carattere innovativo dei suoi prodotti, il gruppo si è affermato leader mondiale nei sistemi di lavaggio per l'automotive e leader europeo nei mercati dei sensori di temperatura e dei meccanismi di chiusura.

L'obiettivo di Cebi è quello di rafforzare costantemente il suo status di leader tecnologico e di partner indispensabile per l'industria automobilistica internazionale attraverso l'innovazione permanente, e quindi mantenere il massimo grado possibile di soddisfazione del cliente. In tutte le sue attività, Cebi è guidata dall'obiettivo di fornire la massima qualità a tutti i clienti e soddisfare le loro aspettative su base continua.

Il progresso economico e tecnologico non sono le sole prerogative della Cebi, ma essa mira a raggiungere la sostenibilità del suo business su diversi fronti:

- ecologico adottando un sistema di gestione ambientale che disciplini il trattamento dei rifiuti ed il loro eventuale riciclo;
- sociale garantendo libertà di associazione, nessuna discriminazione e condizioni di lavoro che tutelino la salute dei suoi collaboratori;
- economico inteso come sostenibilità nel processo di approvvigionamento, evitare la corruzione.



Figura 1 “Sostenibilità del business Cebi”. Fonte: Cebi

Coerentemente con la filosofia aziendale, i fattori di successo che hanno consentito al Gruppo di raggiungere i risultati ottenuti sono di seguito illustrati:

- **Integrazione verticale**

L'integrazione verticale del processo produttivo è un elemento cruciale all'interno del Cebi Group. Numerose fasi produttive vengono svolte internamente, ne sono esempio lo stampaggio e le componenti elettroniche.

L'integrazione verticale non si limita alla produzione delle componenti, ma si estende alla progettazione e costruzione delle attrezzature impiegate nelle linee di assemblaggio presso gli stabilimenti produttivi.

- **Automazione**

L'elevata percentuale delle linee di assemblaggio semi-automatiche o completamente automatiche conferisce un'alta flessibilità dell'impianto produttivo. Quest'ultima consente di produrre just in time e di apportare modifiche progettuali in tempi estremamente ridotti.

- **Esperienza pluriennale**

La passione unita alla lunga esperienza e al proprio know-how, sono il motore dello sviluppo prodotti di alta qualità che superano le esigenze dei nostri clienti.

- **Innovazione**

Nell'ottica del miglioramento continuo, Cebi Group migliora costantemente la qualità dei suoi prodotti affidandosi ai sette dipartimenti interni di R&S nei quali sono coinvolti più di 260 esperti.

- **Certificazioni**

Le certificazioni costituiscono a tutti gli effetti un requisito fondamentale per operare nei mercati altamente competitivi come quello dell'automotive e dell'elettronica.

Pertanto tutti gli impianti di produzione sono conformi alle seguenti norme:

- ISO 9001: Gestione della qualità
- IATF 16949: Gestione della qualità nel settore automotive
- ISO 14001: Gestione ambientale

1.2 LA STORIA

Cebi è rinomata per la lunga esperienza maturata nel settore elettromeccanico.

L'azienda ha avviato la sua attività più di 40 anni fa con lo sviluppo e la produzione di una gamma di componenti per il mercato degli elettrodomestici e l'industria automobilistica.

Nei primi anni di vita Cebi Luxembourg S.A. produce interruttori di temperatura per il mercato degli elettrodomestici e a progetta componenti elettromeccanici per l'automotive.

Dopo pochi anni vengono costituiti Cebi Micromotors Switzerland S.A., specializzata in motori per la ventilazione industriale, e l'ufficio commerciale in Germania denominato Cebi Deutschland Vertriebs-GmbH.

Negli stessi anni Cebi avvia la produzione di uno dei suoi prodotti più rappresentativi a livello mondiale: i sistemi di lavaggio.

Nel decennio successivo il gruppo si amplia ulteriormente con l'inaugurazione dell'ufficio commerciale Cebi France S.r.l. e l'acquisizione di Cebi Italy S.p.A. a Lodi.

A partire dagli anni '90 il gruppo assume una connotazione sempre più internazionale: viene aperto l'ufficio commerciale Cebi UK Ltd ed acquisite Bimatic S.R.L. e Cebi Motors S.p.A. (inizialmente chiamata Nuova SME S.p.A.) a Padova. Quest'ultimo stabilimento è specializzato in piccoli motori per il mercato automobilistico (sedili, tettucci, ecc.).

Nel 1994 fanno il loro ingresso Cebi Italy S.p.A. di Ancona (inizialmente denominata SO.GE.MI. S.p.A.) e l'ufficio commerciale, Cebi USA Inc.

L'anno successivo viene progettato e sviluppato il prodotto di punta europeo: i sensori di temperatura.

Il successo commerciale riscosso con l'internazionalizzazione si concretizza mediante le inaugurazioni di nuove sedi in Europa, la creazione di Cebi Brasil Ltda., Cebi Electromechanical Components Shanghai Co.Ltd. per supportare il mercato asiatico e Cebi Industrias Mexico S.A. de C.V.

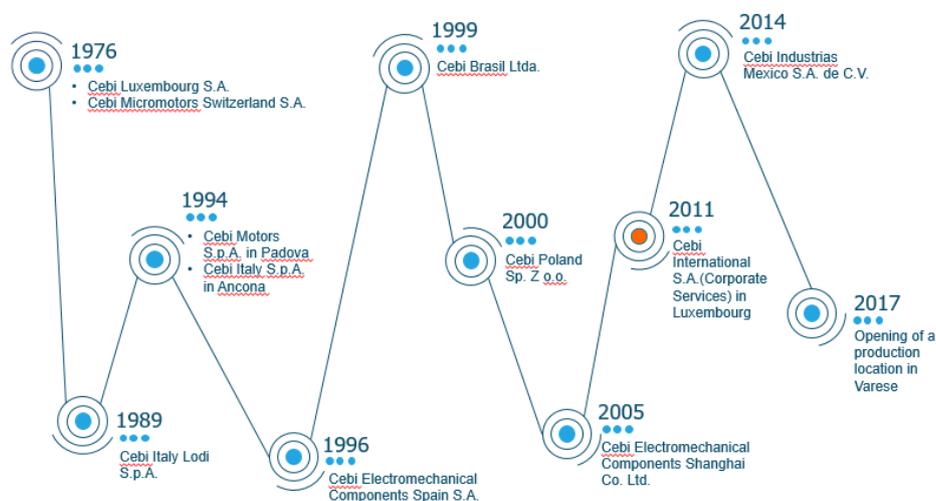


Figura 2 "La storia aziendale". Fonte: Cebi

1.3 LOCATIONS

Il quartier generale del Gruppo Cebi, noto come “Cebi International S.A.”, è situato in Lussemburgo ove è nato il primo stabilimento Cebi.

Con più di 3000 dipendenti in tutto il mondo ed un fatturato superiore a 400 milioni di euro (2019), Cebi Group ha organizzato la sua produzione su 12 stabilimenti produttivi localizzati in otto paesi diversi.

In realtà i siti produttivi costituiscono solo una parte delle locations appartenenti al Gruppo, le quali rappresentano un fattore strategico per il suo sviluppo commerciale: Cebi Group ha difatti aperto uffici commerciali in tutto il mondo al fine di favorire le relazioni con i clienti e garantire una copertura globale delle vendite.

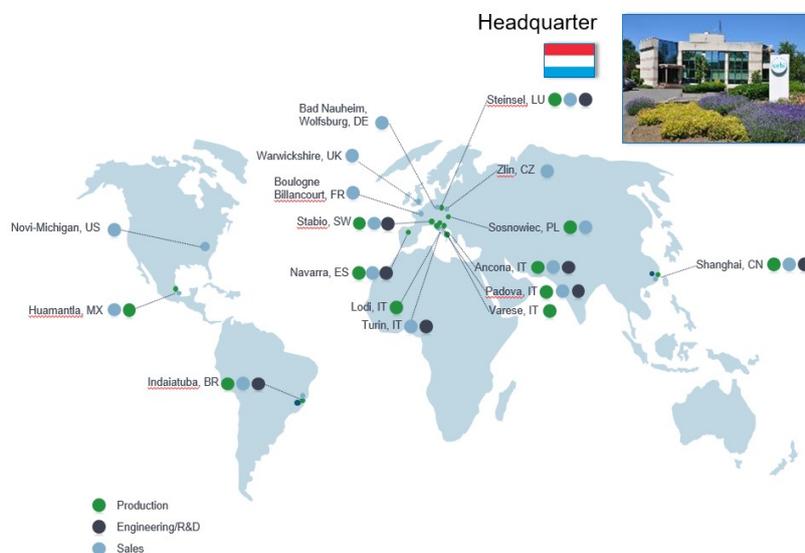


Figura 3 "Locations". Fonte: Cebi

1.4 BUSINESS SECTORS

Il business del Gruppo Cebi risulta diversificato in quattro settori quali: automotive, elettrodomestici, ventilazione e mobilità elettrica. Tra essi il settore predominante è quello dell’automotive, sia in termini di fatturato sia in termini di volumi produttivi.



Figura 4 "Fatturato per settore". Fonte: Cebi

1.4.1 AUTOMOTIVE

Cebi offre una vasta gamma di prodotti ideati per migliorare la sicurezza, le prestazioni e l'esperienza di guida. La varietà dell'offerta e i considerevoli investimenti nella R&S hanno reso possibile l'acquisizione di un'ampia quota di mercato corrispondente al 95% delle case automobilistiche mondiali.

Basandosi su oltre 40 anni di know-how, Cebi è sempre stata ed intende rimanere un motore di innovazione nello sviluppo dei suoi componenti e dei suoi processi produttivi.

Il Gruppo Cebi gestisce sette dipartimenti di R&S collocati con gli stabilimenti di produzione principali per un rapido turn around e un efficace sviluppo e industrializzazione del prodotto.

Come risultato, Cebi detiene il record di introduzione di nuovi prodotti che si distinguono per il loro contenuto innovativo.

Le componenti per l'industria automotive realizzate negli stabilimenti Cebi sono costituite da:

- **Parti stampate** per le superfici interne ed esterne dei veicoli.
- **Sensori** di temperatura, sensori di velocità, sensori di presenza acqua, sensori di livello (olio, gasolio, acqua) e molti altri.
- **Serbatoi e sistemi di lavaggio** progettati in modo tale da migliorare le condizioni di sicurezza per i conducenti. In questa famiglia di prodotti rientrano i serbatoi dell'acqua, serbatoi carburante flessibili, serbatoi di espansione del liquido di raffreddamento e serbatoi del liquido dei freni.
- **Pompe per autoveicoli** quali pompe di circolazione, pompe lavafari e parabrezza anteriori e posteriori.
- **Interruttori** di vario genere come pressostati olio di cui Cebi è leader europeo, interruttori di temperatura e pressostati differenziali.
- **Componenti per veicoli elettrici** tra cui rientrano caricabatterie, pompe per vuoto, convertitori DC/DC e motori di trazione.
- **Attuatori** che offrono applicazioni specifiche come il controllo della temperatura o il controllo delle posizioni dei fasci di luce.
- **Motori elettrici** per autoveicoli tra cui motori per la regolazione dei sedili, motori per alzacristalli, motori per porte scorrevoli e motori per serratura del bagagliaio.
- **Sistemi di chiusura** per cofano, portellone posteriore e moduli di ricarica elettronica dello sportellino carburante.

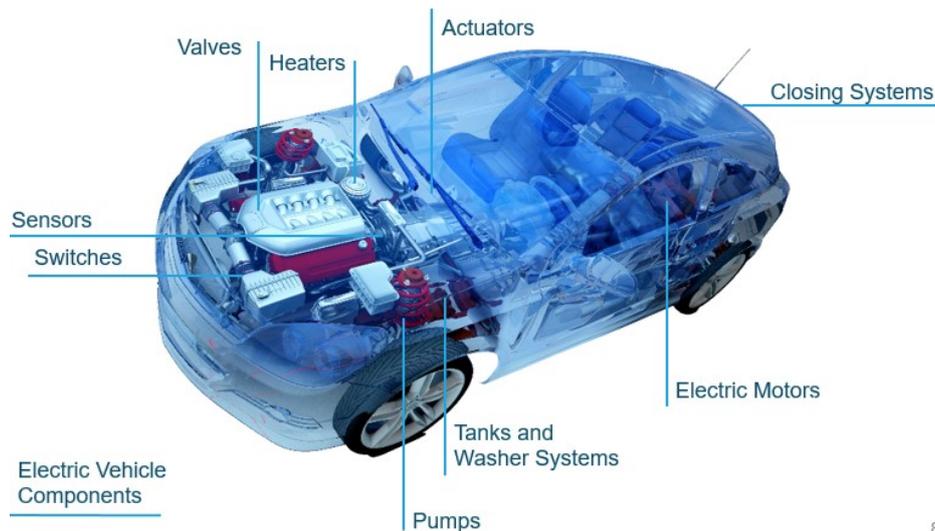


Figura 5 "Componenti per il settore automotive". Fonte: Cebi.

1.4.2 ELETTRDOMESTICA

Cebi opera nel mercato degli elettrodomestici sin dai suoi primi anni di vita sviluppando un Know-How tale da conquistare la fiducia di un'elevata percentuale dei produttori di elettrodomestici nel mondo. Nello specifico Cebi commercializza tre famiglie di prodotti totalmente diverse tra loro:

- motori per ventole progettati per indurre la circolazione dell'aria o l'assorbimento dell'umidità per applicazioni di elettrodomestici sia caldi che freddi;
- interruttori di temperatura quali termostati bimetallici e termostati capillari, che controllano o limitano la temperatura di un elettrodomestico (bollitore, lavatrice, caldaia ecc.);
- sensori di temperatura.

1.4.3 VENTILAZIONE

I sistemi di ventilazione prodotti dal gruppo Cebi costituiscono soluzioni su misura che trovano applicazione in contesti residenziali e industriali.

Relativamente al settore della ventilazione l'offerta è limitata ai motori a rotore esterno (Motori asincroni a rotore esterni e motori elettrici) e alle pompe di condensa. Quest'ultime utilizzano la stessa tecnologia dei motori per le ventole degli elettrodomestici ma con un'applicazione totalmente diversa.

1.4.4 MOBILITÀ ELETTRICA

Attualmente l'industria automobilistica è sempre più impegnata nella ricerca di soluzioni alternative per sostituire i combustibili fossili al fine di ridurre le emissioni CO₂. Con quasi 20 anni di esperienza nel mercato dei componenti per veicoli elettrici Cebi possiede una vasta conoscenza in questo campo. Il mercato dell'E-mobility include prodotti per veicoli ibridi ed elettrici. Anche altri componenti standard come sensori o attuatori dello sportello di rifornimento possono essere adattati alla E-mobility.

1.5 CEBI ITALY

Cebi Italy opera nel settore automotive, ha sede legale a Dronero e comprende:

- quattro siti produttivi;
- lo stabilimento della Bimatic;
- l'ufficio vendite e commerciale di Collegno (TO).

Per quanto riguarda gli stabilimenti produttivi si riporta di seguito una sintesi delle specifiche competenze per poi dedicare maggiore attenzione allo stabilimento Cebi Ancona.

STABILIMENTO PRODUTTIVO	COMPETENZE
Cebi Ancona (ex "SOGEMI SPA")	Progettazione e produzione di attuatori, serbatoi, complessivi tergicristallo e lavafaro, gruppi serrature per applicazioni automobilistiche.
Cebi Lodi (ex "VEBE Elettromeccanica SPA")	Produzione di attuatori, serbatoi, complessivi tergicristallo e lavafaro, sensori di effetto hall, gruppi serrature e sistemi elettromeccanici per il controllo di temperature, livelli, flussi e pressioni per applicazioni automobilistiche attraverso le fasi di stampaggio ad iniezione e a lama calda, assemblaggio e collaudo.
Cebi Varese (ex "ATEA SPA")	Produzione di elettropompe per complessivi tergicristallo e lavafaro
Cebi Padova	Produzione di motori per la regolazione sedili e sistemi di attuazione per tergicristalli

Tabella 1 "Stabilimenti Cebi Italy". Fonte: Cebi.

Per quanto concerne invece Bimatic, lo stabilimento si occupa della realizzazione delle linee di produzione installate presso i siti produttivi Cebi.

Bimatic nasce nel 1966 come produttore di elettrodomestici al cui interno, su idea del suo fondatore, venne creato un dipartimento di progettazione e costruzione di attrezzature e automazioni necessarie alla produzione. Solo nel 1993 Bimatic è entrata a far parte delle aziende che nel 2011 hanno dato vita a Cebi International S.A. Bimatic si è distinta per essere un'azienda fortemente orientata allo sviluppo di soluzioni di automazione innovative. All'inizio degli anni '90, Bimatic è stata la prima nel suo settore ad iniziare ad utilizzare i robot nelle sue applicazioni. Si trattava di robot SCARA con una bassa capacità di carico, successivamente si sono aggiunti anche i robot articolati e l'integrazione con i sistemi di visione. Recentemente la Bimatic si è focalizzata su settori all'avanguardia, come i sistemi di visione e l'Industria 4.0, in modo da essere sempre pronti a soddisfare le esigenze dei nostri clienti nel miglior modo possibile.

1.5.1 MISSION, VISION, STRATEGIA DI BUSINESS

Mission

*“Costruire una partnership duratura con il cliente
con l'obiettivo di creare valore attraverso la nostra competenza e competitività”*

Vision

*“Diventare leader di mercato con sistemi di chiusura innovativi che
portano comfort e valore ai clienti”*

La strategia di business Cebi Italy si fonda su cinque punti fondamentali:

- sviluppare prodotti allineati con le principali tendenze di fondo che guidano la domanda dei consumatori a lungo termine;
- investire nell'innovazione tecnologica per fornire soluzioni uniche ai problemi dei clienti;
- costruire un'impronta produttiva globale, per migliorare la competitività e ridurre i rischi;
- allineare i processi di progettazione e produzione alla logica industriale dell'automazione avanzata;
- sviluppare e mantenere un team di lavoro variegato e di talento.

1.5.2 LA POLITICA PER LA QUALITÀ E L'AMBIENTE

La politica per la Qualità e per l'Ambiente è incentrata sulla considerazione che nessuno accetta di acquistare o vendere prodotti difettosi o dannosi per l'uomo o per l'ambiente. I punti cardine attorno ai quali si sviluppa sono così sintetizzati:

- La Qualità dei prodotti non è una caratteristica da verificare, ma da realizzare, nel rispetto dei requisiti ambientali, in ogni fase di progettazione, produzione e controllo

QUALITÀ = ZERO DIFETTI

- Per soddisfare le esigenze del cliente e rispettare le prescrizioni su Qualità e Ambiente è fondamentale utilizzare Risorse Umane Competenti e Risorse Tecniche e Materiali 100% conformi.

COMPETENZA = COMPETITIVITÀ

- Etica e Sostenibilità sono valori fondamentali per Cebi e per i suoi clienti

RISPETTO DELLA SICUREZZA SUL LAVORO

E SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE

La politica per la Qualità e l'Ambiente è fortemente condizionata dalla mission aziendale e dal settore in cui opera Cebi Italy. La competitività del mercato con la quale si confronta, la necessità e la volontà di crescita industriale, impongono a Cebi Italy di migliorare ed evolvere continuamente.

Pertanto tutto il personale dello stabilimento è coinvolto nel miglioramento continuo dei processi ed è chiamato ad una continua attenzione alla prevenzione dei difetti, al contenimento della variabilità e degli scarti lungo l'intera catena di fornitura, al contenimento dell'impatto ambientale, nel rispetto della legislazione applicabile e delle prescrizioni che riguardano la sicurezza e la tutela ambientale.

In particolare, la Qualità si genera e mantiene in tutte le fasi della vita di un prodotto: qualità del progetto, qualità della fabbricazione, qualità del servizio verso il cliente, qualità delle metodologie e della gestione Aziendale, per assicurare sempre al cliente finale una assoluta sicurezza e affidabilità dei prodotti.

Al fine di raggiungere questi obiettivi, Cebi Italy mette a disposizione tutte le risorse necessarie alla formazione del personale, al mantenimento e alla crescita di un sistema di gestione integrata Qualità e Ambiente, al mantenimento delle certificazioni dello stesso, in conformità alle normative di riferimento IATF 16949 ed ISO 14001.

1.5.3 IL SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ E I RELATIVI PROCESSI

Cebi Italy opera nel settore automotive adottando un approccio per processi suddivisi in principali, di supporto e di gestione. La loro efficacia in termini di valore aggiunto creato è valutata in indici di prestazione. I processi produttivi affidati esternamente vengono tenuti sotto controllo e monitorati mediante le stesse modalità dei processi gestiti all'interno dell'azienda.

I dati e le misure sono esaminati dalla direzione e i risultati ottenuti per ogni singolo processo devono essere sempre confrontati con quelli che sono gli obiettivi aziendali in modo da verificare il corretto stato di avanzamento dei lavori rispetto gli obiettivi prefissati.

Nel caso di scostamenti è necessario definire e predisporre adeguate azioni correttive finalizzate al minimizzare le differenze. La divisione "Cebi Italy" presenta la sottostante mappa dei processi.

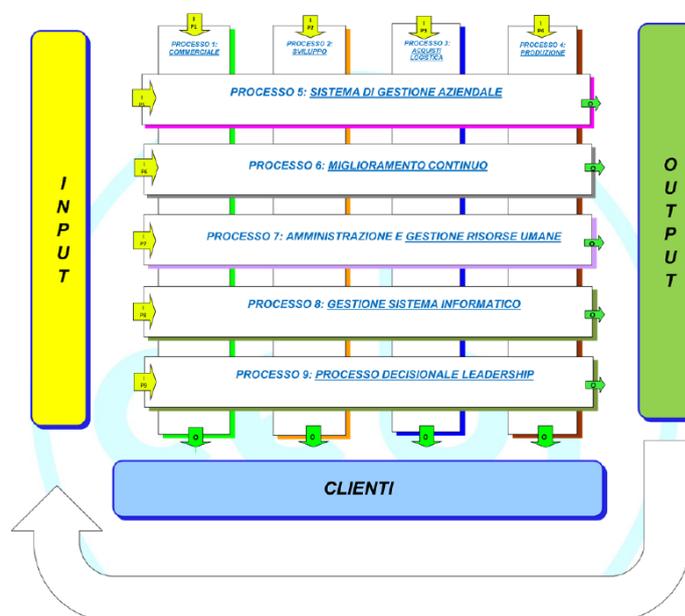


Figura 6 "Mappa dei processi aziendali". Fonte: Cebi.

1.5.4 IL PROCESSO PRODUTTIVO

Il processo produttivo nei vari stabilimenti è verticalizzato, partendo da materie prime e semilavorati intermedi, si arriva alla fabbricazione e al collaudo finale di componenti complessi per il settore automotive.

Le materie prime sono acquistate da vari fornitori, controllate in ingresso e stoccate a magazzino. Alcune componenti vengono invece realizzate internamente mediante operazioni di stampaggio e di tranciatura con l'impiego di presse meccaniche e presse ad iniezione a cui seguono controlli prima di essere utilizzate nell'assemblaggio dei prodotti finiti. Le operazioni sono svolte principalmente attraverso dei macchinari automatici e semiautomatici specifici, appositamente costruiti per queste operazioni. Tutti i

prodotti sono soggetti ad un collaudo finale, svolto principalmente con attrezzature e strumentazioni automatiche, con eventualmente controlli aggiuntivi effettuati dagli operatori di linea o dall'ufficio qualità per verificarne le più importanti caratteristiche funzionali. I prodotti finiti vengono infine imballati, identificati e inviati al magazzino interno. Da qui vengono spediti ai clienti finali mediante le opportune modalità.

1.5.5 I CLIENTI

I numerosi clienti Cebi Italy appartengono a diversi livelli della filiera automotive quali Tier One e OEM. Gli OEM (*Original Equipment Manufacturer*) sono le case automobilistiche ossia le società che producono autoveicoli per il mercato consumer, per esempio a Renault. Mentre i Tier One sono i fornitori di primo livello, ossia le società direttamente fornitrici degli OEM. Alcuni dei Tier One serviti sono ITW, Veritas, DR. SCHNEIDER. Dal punto di vista della distribuzione delle vendite, i clienti più importanti sono rappresentati da Volkswagen Group e FCA, che insieme coprono più 70% del fatturato.

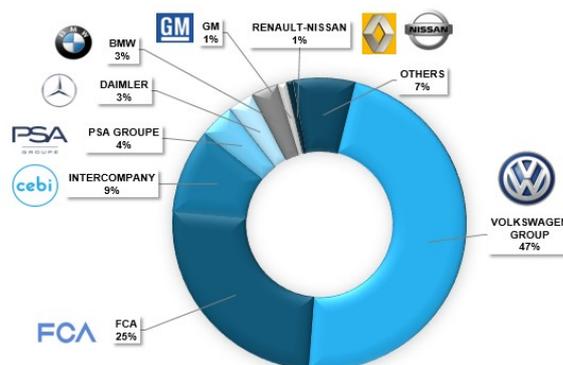


Figura 7 "Clienti Cebi Italy". Fonte: Cebi.

1.5.6 CEBI ANCONA

Le attività oggetto di questo elaborato sono state condotte nello stabilimento di Ancona, situato ad Osimo Stazione (AN) 60027 in Via F. Crispi, 2. In questo plant si producono sistemi lavavetri e lavafaro, compresi serbatoi e pompe acqua; vengono prodotti attuatori per sportello carburante, sportello ricarica elettrica. Lo stabilimento è anche "competence center" per serrature cofano e baule, realizzate anche per veicoli commerciali. L'azienda ha un proprio centro di ricerca e sviluppo che si occupa di progettare tutti i prodotti commercializzati da Cebi Italy, di selezionare i componenti ed i materiali e di avviare la produzione. La produzione è distribuita su due piani distinti sui quali sono presenti circa 30 linee di produzione specifiche, per la maggior parte semi-automatiche. Sono presenti tre diversi magazzini. Il primo è destinato ai materiali e i semi-componenti acquistati esternamente che devono essere sottoposti

al controllo in accettazione. Se l'accettazione dà esito positivo i materiali vengono stoccati nel magazzino delle materie prime, dal quale verranno prelevati a seconda delle richieste di produzione. Il terzo magazzino è quello dei prodotti finiti, dal quale saranno spediti i prodotti ai clienti.

Al piano superiore troviamo il laboratorio dove sono effettuati i test di qualifica: test di temperatura, umidità, salinità e vibrazioni; attrezzature per testare la resistenza all'ingresso di acqua e pulviscolo. Sono inoltre presenti camere climatiche per lo shock termico, una camera anecoica per testare il rumore e la qualità del suono.

Tutte le operazioni eseguite vengono tracciate grazie ad un sistema gestionale aziendale ("AS400") che registra, gestisce e controlla tutte le attività, a partire dalle singole operazioni dichiarate dagli operatori, agli interventi di manutenzione eseguiti, fino alla movimentazione dei prodotti finiti a magazzino.

CAPITOLO II – QUALITÀ: EVOLUZIONE E SISTEMA DI CONTROLLO

2.1. QUALITÀ

La qualità è un'entità multiforme di cui è difficile fornire una definizione che rappresenti tutte le sue sfumature. La qualità di un prodotto secondo Garvin può essere valutata in riferimento a ben otto attributi ovvero: prestazione, affidabilità, durata, manutenibilità, aspetti formali (estetica), funzionalità, livello di qualità percepito dal cliente e conformità alle normative.

Col passare del tempo, in risposta ai mutamenti del mercato e alle esigenze del cliente, si sono aggiunti ulteriori attributi di crescente importanza. Quest'ultimi si riferiscono agli aspetti legati alla sicurezza, alla qualità del servizio e al rispetto dell'ambiente. Tali caratteristiche, insieme all'affidabilità e durata, sono particolarmente importanti nel settore automotive perché influenzano pesantemente il giudizio dell'acquirente.

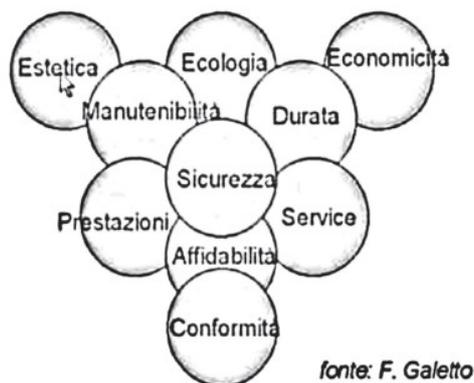


Figura 8 "Gli attributi della qualità".

La definizione tradizionalmente accettata in ambito industriale è quella di J.M. Juran che interpreta la qualità di un prodotto come l'*idoneità all'uso*. Tale proprietà del prodotto si declina in due concetti diversi: la *qualità di progetto* e la *conformità alle normative*. Il primo si riferisce alle specifiche di progetto, per esempio al tipo di materiali e ai componenti utilizzati, nonché all'affidabilità e manutenibilità del prodotto.

La conformità alle normative è invece associata alla capacità del prodotto di soddisfare le specifiche richieste dal progetto. Essa può dipendere da numerosi fattori quali la scelta dei processi di lavorazione, l'addestramento della forza lavoro, il tipo di sistema utilizzato per l'accertamento della qualità (controllo di processo, verifica, attività ispettive), l'accuratezza con cui le procedure del sistema di accertamento della qualità vengono eseguite.

Sebbene la definizione proposta da Juran sia stata prettamente associata alla conformità alle normative, l'adeguatezza all'uso va intesa in senso più generale: deve tenere conto del punto di vista dell'utilizzatore finale attraverso il coinvolgimento delle strutture aziendali non direttamente collegate alla produzione. Quest'ultime hanno lo scopo di individuare le esigenze del cliente, tradurle in specifiche di progetto e valutare il grado di conformità delle specifiche alle esigenze (marketing, progettazione, assistenza post-vendita).

Una definizione più recente ha una connotazione prettamente statistica che descrive la *qualità come una grandezza inversamente proporzionale alla variabilità*. Questa definizione implica che se diminuisce la variabilità aumenta la qualità del prodotto stesso. Il mondo automotive giapponese è arrivato a questa conclusione analizzando i reclami in garanzia e i costi di riparazione da cui emerge un legame diretto tra variabilità e costi. Una bassa variabilità si traduce in minor riparazioni e minor reclami, di conseguenza una riduzione di spreco di tempo, di sforzo e di denaro. Pertanto la qualità risulta essere effettivamente inversamente proporzionale alla variabilità.

Tra i tanti modi di definire la qualità non ne esiste uno più corretto degli altri poiché ciascuno esalta un aspetto piuttosto che un altro. Una definizione universalmente accettata è quella fornita dallo standard ISO9000:2015 definisce la qualità come *“il grado di con cui un insieme di caratteristiche intrinseche soddisfano i requisiti”*.

2.2. IL SISTEMA DI CONTROLLO QUALITÀ

La qualità è uno dei criteri di valutazione più importanti nel processo decisionale del consumatore, quando deve scegliere tra beni o servizi in concorrenza tra di loro. La qualità è divenuta un fattore competitivo e strategico specialmente per i Paesi più avanzati e tradizionalmente manifatturieri (Italia, Germania, Francia ecc.) per fronteggiare la concorrenza dei Paesi emergenti caratterizzati da un costo della manodopera nettamente inferiore (Cina, India, Vietnam ecc.).

La perdita di fiducia da parte dei clienti, dovuta ad una qualità scadente, può avere serie conseguenze per tutta l'organizzazione: a breve termine comporta un incremento dei costi di non qualità mentre nel lungo termine il danno di immagine può ripercuotersi nelle quote di mercato.

La qualità inizia con il disegno del prodotto, continua attraverso tutto il processo di trasformazione e si estende poi dopo la consegna al cliente per tutta la fase di utilizzazione.

Per realizzare un prodotto di qualità l'azienda deve inizialmente decidere quali caratteristiche dovrà presentare, le quali verranno tradotte in disegni e specifiche da parte del progettista.

Fra le varie prescrizioni devono essere stabiliti i limiti di accettabilità per le materie prime o semilavorati in ingresso, per le lavorazioni e per i prodotti finiti pronti per la consegna.

I limiti di accettabilità per un prodotto costituiscono la base del Controllo Qualità che si occupa di:

- garantire gli standard di progetto;
- soddisfare le specifiche del cliente;
- individuare e correggere discrepanze nel processo produttivo;
- prevenire e correggere la produzione di pezzi difettosi.

Il Controllo Qualità nel suo operato è vincolato dalla policy aziendale, dalle tecnologie disponibili e dagli standard. Un sistema di controllo qualità adeguatamente progettato è in grado di apportare dei benefici economici che consentono di compensare i costi di implementazione (manodopera, strumenti, attrezzatura). Quando si progetta un sistema di controllo si devono definire:

- i punti di controllo - in ingresso, in linea, a fine linea;
- le modalità di controllo - al 100% o campionamento;
- gli strumenti di controllo - ispezioni, carte di controllo, campionamento in accettazione.

I risultati forniti dagli strumenti di controllo consentono di individuare le opportune azioni correttive in presenza di discrepanze tra quanto progettato e quanto realizzato. Le principali cause di discrepanze nella qualità sono riconducibili a progetti mediocri, non conformità delle materie prime e/o dei componenti acquistati esternamente, inadeguatezza delle macchine e degli utensili, nella inadeguatezza dell'ambiente (rumori, vibrazioni ...) e agli errori umani.

2.3. STRUMENTI PER IL CONTROLLO QUALITÀ

Gli strumenti per l'individuazione della qualità affondano le loro radici negli studi di F.W. Taylor, che verso l'inizio del XX secolo introdusse i principi dell'organizzazione scientifica nel sistema produttivo industriale. La razionalizzazione e la parcellizzazione delle fasi di lavorazioni furono accompagnate dall'introduzione di elementi di standardizzazione sia nella produzione che nella progettazione.

La prima e in particolar modo la seconda rivoluzione industriale portarono, mediante l'adozione di nuove tecnologie, alla produzione di vari e nuovi prodotti immessi sul mercato, a prezzi accessibili ai consumatori; si pensi al lancio della Ford model T, il cui successo fu reso possibile dall'introduzione della catena di montaggio. La produzione di massa aveva la necessità di regole e standard per procedere in maniera ripetibile. Il controllo qualità veniva visto non solo come check finale ma anche come verifica intermedia, per evitare scarti di produzione. In questo scenario nascono i controlli statistici sulla produzione in quanto non era ipotizzabile controllare il 100% dei pezzi prodotti. I metodi statistici applicati al miglioramento della qualità furono messi per iscritto da W.A. Shewhart nel 1931 con la sua

opera "*Economic Control of Quality of Manufactured Product*" e subirono un ulteriore sviluppo fra le due guerre mondiali.

La qualità inizialmente viene considerata più un problema di chi compra che di chi vende: non ci si poneva nell'ottica del cliente per cercarne di soddisfarne le esigenze.

Successivamente, anche per effetto delle necessità quantitative e qualitative della produzione bellica nella Seconda Guerra Mondiale, si assiste all'evoluzione delle tecniche di controllo con l'introduzione del campionamento statistico.

I primi strumenti di controllo della qualità furono le ispezioni e collaudi, introdotti in seguito alla necessità di ridurre al minimo reclami e problematiche dei clienti a fronte di maggiore capacità produttiva. Essendo necessario un nuovo erano previsti controlli di qualità al termine del processo produttivo per esaminare il prodotto ed assicurarsi che sia conforme alle specifiche. Essi però peccavano per i costi elevati e la mancanza di un'analisi delle cause dei guasti.

Successivamente si avrà l'introduzione di veri e propri controlli statistici (SPC) come evidenziato da una pubblicazione del War Department USA, 1940, in cui era espresso per la prima volta l'impiego delle carte di controllo. Esse prevedono l'utilizzo di diagrammi di controllo per rilevare variazione del processo produttivo a scapito della conformità del prodotto. Anziché effettuare controlli a prodotto finito i campioni sono prelevati in varie fasi per tenere sotto controllo l'intero processo. La variabile di qualità viene tracciata su un grafico il cui andamento viene confrontato con la media del parametro in esame. In tal modo la conformità di tutti i prodotti viene dedotta statisticamente dal campione.

In particolare, garantire l'idoneità di processo con l'SPC, significa valutare:

- all'avvio del nuovo processo e, periodicamente, la sua capacità;
- in modo sistematico, il suo stato di controllo statistico, tramite l'utilizzo delle carte di controllo intervenendo ogni volta che è necessario per ripristinare lo stato di controllo mediante l'eliminazione delle cause speciali, che sono intervenute a perturbarlo.

L'SPC permette dunque di:

- migliorare la conoscenza e la caratterizzazione dei processi;
- ottimizzare il binomio prodotto-processo, aiutando il progettista a garantirne la compatibilità;
- rilevare tempestivamente le derive, permettendo interventi correttivi in tempo reale prima che il processo produca pezzi non conformi;
- monitorare il miglioramento continuo dei processi attraverso la riduzione della variabilità.

È importante sottolineare come la raccolta dei dati e l'utilizzo di metodi statistici per interpretarli non sia un'attività fine a sé stessa. L'obiettivo è infatti quello di ottenere un miglioramento e di raccogliere dati validi per intraprendere azioni basati su fatti oggettivi.

Attualmente l'evoluzione dei controlli ad un approccio più complesso che comprende l'utilizzo di sistemi alternativi ed eventualmente complementari:

- controllo statistico di processo
- individuazione dell'errore alla fonte ed utilizzo di sistemi di oggettivazione (poka yoke);
- controlli automatici al 100% in process e post process.

I controlli automatici sono ampiamente impiegati in modo continuativo nell'industria automotive perché permettono attività di verifica e misurazione con tempi estremamente ridotti e precisioni maggiori rispetto a quelli umani. Questa tipologia di strumenti sono noti anche come controllo ingegneristico o controllo *feedback*.

Si tratta di strumenti operativi che consentono un intervento tempestivo sui processi per evitare la produzione di pezzi non conformi. La strategia più efficace per garantire la conformità di prodotto è identificata nella prevenzione.

2.3.1. CAMPIONAMENTO DI ACCETTAZIONE

Il campionamento di accettazione è una procedura avente lo scopo di determinare se un lotto di articoli deve essere accettato o respinto: è generalmente applicato nella fase di ispezione iniziale delle e nella fase di ispezione finale del prodotto finito.

Nella forma più semplice il campionamento di accettazione consiste nell'estrarre in maniera casuale un campione di grandezza n del lotto totale di grandezza N . La decisione di accettare o respingere il lotto dipende dal numero di difetti presente nel campione; la procedura di riferimento Cebi prevede che in presenza di un solo difetto il lotto sia interamente respinto.

Se il campione comporta la decisione di respingere il lotto, questo può essere soggetto ad una ispezione del 100%, in maniera da eliminare gli articoli difettosi. In generale il campionamento di accettazione è appropriato quando:

- l'ispezione del prodotto è distruttiva;
- la movimentazione è causa di difetti;
- il tempo non ci consente di effettuare un'ispezione del 100%;
- il costo di ispezione è alto e le perdite che avremmo in caso di passaggio di un pezzo difettoso sarebbero piccole;

- la fatica e la noia dovute ad un'ispezione del 100% comporta l'insorgere di errori nelle valutazioni.

2.3.2. CARTE DI CONTROLLO

Le carte di controllo misurano le variazioni che si manifestano durante il processo produttivo. Fissati statisticamente due limiti (superiore e inferiore), monitorando le variazioni, le carte di controllo permettono di effettuare lavorazioni solo su pezzi qualitativamente accettabili.

Qualora i valori medi ottenuti cadano al di fuori dell'intervallo in posta dei limiti o assumano andamenti anomali (sequenza, periodicità, tendenza ecc.), il processo risulta "fuori controllo" e necessita dunque di azioni correttive.

Le variazioni possono essere dovute a **variazioni comuni** ed a **variazioni dovute a cause speciali**. Nel primo caso queste variazioni intervengono casualmente e non possono essere eliminate; invece variazioni dovute a cause speciali sono particolarmente evidenti da poter essere rintracciate ed eliminate. Le carte di controllo sono state introdotte al fine di determinare le cause di una variazione e per prendere delle precauzioni, così da minimizzarne l'influenza.

Le cause di variabilità possono essere riconducibili a una o ad una combinazione di 5M+A: materiali, metodi, manodopera, macchine, misure, ambiente.

Le carte di controllo sono sostanzialmente dei grafici che si presentano come una curva di distribuzione ruotata su di un lato. La teoria del controllo statistico si propone di separare le cause di variazioni casuali da quelle speciali.

Quando un certo processo sotto controllo statistico, allora le variazioni che intervengono sono dovute solamente a variazioni casuali e tendono a distribuirsi in maniera normale: quando queste variazioni si sommano quelle dovute ad una o più cause speciali, allora diventa evidente che qualcosa è cambiato, modificando in un qualche modo la precedente distribuzione.

Le carte di controllo vengono di solito impostate per valori medi di campioni piuttosto per valori singoli. Un motivo importante è dato dal fatto che anche quando la distribuzione dell'universo si scosta sensibilmente dalla normalità.

La distribuzione delle medie dei campioni casuali risulta quasi normale se la consistenza del campione è abbastanza grande. Questo enunciato è molto importante, poiché esso ci assicura, in un certo senso, la validità delle seguenti limitazioni:

- 68.26% dei valori normalmente cadono tra $\mu \pm \sigma$
- 95.45% dei valori normalmente cadono tra $\mu \pm 2\sigma$
- 99.73% dei valori normalmente cadono tra $\mu \pm 3\sigma$

La tolleranza naturale in un processo è normalmente presa come $\mu \pm 3\sigma$; comunque, la scelta dei limiti di controllo viene effettuata sulla base della politica manageriale. Qualora uscire al di fuori di questi limiti comportasse una penalità elevata allora sarebbe consigliabile restringere i limiti.

Se invece un punto ricadesse al di fuori di uno dei limiti di controllo, la variazione sarebbe attribuibile ad una causa rintracciabile e si deve arrestare il processo finché non viene adottata un'azione correttiva.

I diagrammi di controllo sono generati proprio nella stazione di lavoro; i lavoratori, o un ispettore, controlla periodicamente un piccolo campione e segna sul diagramma e valori medi e potrebbero essere registrati i range (R) possibilmente le deviazioni standard. Se anche una sola di queste misure è al di fuori dei limiti accettabili, il processo è giudicato inaccettabile e vengono prese delle precauzioni.

Le carte di controllo possono essere per attributi o per variabili.

I dati attribuiti riguardano il criterio delle "sì o no" o del "passa non passa", sono cioè frutto di un conteggio. I dati variabili sono frutto di misurazioni di grandezza associata al prodotto. L'importanza della distinzione risiede nel fatto che queste due categorie richiedono procedimenti statistici diversi. I dati attribuiti si occupano della percentuale di pezzi difettosi o del numero di difetti per unità prodotta, mentre quelli variabili si occupano delle medie e delle deviazioni standard relative alle misurazioni effettuate. Poiché i dati attribuiti sono ottenuti mediante un conteggio, questi danno luogo ad una distribuzione discreta, quindi normalmente sono trattati con la distribuzione binomiale o quella di Poisson. Quelli variabili invece, ottenuti con delle misurazioni, danno luogo ad una distribuzione continua e assumiamo che si distribuiscono secondo una distribuzione normale.

2.4. IL QUADRO NORMATIVO

2.4.1. LA NORMA ISO 9001

L'*International Organization for Standardization* (ISO) è un'organizzazione internazionale indipendente e non governativa a cui aderiscono 167 enti di normazione nazionali. Attualmente rappresenta il principale ente di normazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche.

Le prime norme ISO in merito alla qualità risalgono agli anni '80, alcune di queste norme hanno subito delle revisioni nel corso del tempo, molte altre sono state scritte successivamente in risposta all'elevata dinamicità della materia e alla continua variazione delle esigenze.

La norma UNI EN ISO 9001 "Sistemi di gestione per la qualità-Requisiti" stabilisce i requisiti che un sistema di gestione della qualità deve soddisfare. La finalità della norma è guidare, attraverso il sistema di gestione della qualità, le imprese nel gestirsi in maniera sistematica e trasparente, fornendo ad esse un riferimento per pianificare, attuare, monitorare e migliorare continuamente sia i processi operativi che quelli di supporto.

La ISO 9001 è strutturata in modo tale da poter essere applicata a qualsiasi tipo di organizzazione, per dimensione, settore, struttura, proprietà o appartenenza, mercato o finalità, ecc. La norma promuove l'adozione di un approccio per processi, nello sviluppare, attuare e migliorare l'efficacia di un sistema di gestione per la qualità. Questo modo di operare permette di raggiungere risultati costanti e prevedibili, nonché di ottimizzare le risorse all'interno dell'organizzazione, riducendo gli sprechi e conseguentemente i costi. Inoltre, la reingegnerizzazione dei processi rendendo la gestione aziendale più efficace e efficiente, ben si adatta alla filosofia del miglioramento continuo basato sul ciclo di Deming *Plan-Do-Check-Act*".

Secondo la norma un sistema di gestione per la qualità si deve fondare sulla focalizzazione del cliente, in quanto costituisce l'elemento essenziale per la vita dell'impresa e ogni tipo di interazione con esso fornisce un'opportunità per creare valore. Il management deve dunque garantire il soddisfacimento dei requisiti espressi dal cliente e superarne le aspettative. Tuttavia, per sviluppare e mantenere un successo durevole ogni organizzazione deve curare le relazioni non solo con i clienti, ma anche con tutti gli altri soggetti che hanno interesse nell'azienda, per esempio i fornitori.

Nell'ultima revisione del 2015 è stato introdotto anche l'aspetto del "*risk-based thinking*", ossia l'approccio relativo alla gestione del rischio per progettare, attuare e migliorare il sistema di gestione della qualità. Altri elementi innovativi rispetto alla precedente edizione sono rappresentati dall'introduzione di azioni e controlli preventivi per minimizzare gli effetti negativi e per cogliere le opportunità che si presentano.

2.4.2. LA NORMA IATF 16949

IATF 16949:2016 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. Poiché lo standard in sé non contiene i requisiti della norma ISO 9001:2015, le organizzazioni devono garantire che entrambi gli standard vengano utilizzati quando si implementano i requisiti.

La norma IATF 16949 enfatizza lo sviluppo di un sistema di gestione della qualità orientato ai processi che prevede il miglioramento continuo, la prevenzione e la riduzione degli sprechi e delle variazioni nella catena di approvvigionamento. L'obiettivo è soddisfare i requisiti del cliente in modo efficiente ed efficace.

La IATF, acronimo di *International Automotive Task Force*, è un gruppo di produttori automobilistici e le rispettive associazioni di categoria, formati per fornire prodotti di qualità superiore ai clienti automobilistici di tutto il mondo. Tutte le organizzazioni certificate sono inserite nel sito web IATF delle organizzazioni riconosciute, una copia delle informazioni relative al certificato è contenuta nel sito per poter essere verificata in qualsiasi momento.

La sua prima edizione (ISO/TS 16949), è stata originariamente scritta nel 1999 dall'IATF con lo scopo di armonizzare i diversi sistemi di valutazione e certificazione a livello mondiale nella catena di fornitura per il settore automobilistico. Insieme alle pubblicazioni tecniche di supporto sviluppate dai produttori di apparecchiature originali (OEM) e dalle rispettive associazioni nazionali dell'industria automobilistica, la ISO/TS 16949 ha introdotto una serie di tecniche e metodi per lo sviluppo comune di prodotti e processi per la produzione automobilistica in tutto il mondo.

La più recente edizione, IATF 16949:2016 nasce come documento autonomo pur preservando la *High Level Structure* della norma ISO 9001:2015, di cui la IATF rappresenta una versione specifica per il settore automotive. Numerosi requisiti della norma richiamano direttamente la norma ISO 9001:2015, pertanto nella loro implementazione le organizzazioni devono garantire la conformità ad entrambi gli standard.

La IATF 16949:2016 rappresenta un documento innovativo, fortemente orientato al cliente, con l'inclusione di una serie di requisiti precedenti consolidati e specifici del cliente. Secondo questo standard, un'organizzazione operante nel settore automotive deve sviluppare un sistema di gestione della qualità orientato ai processi che preveda il miglioramento continuo, la prevenzione, la riduzione degli sprechi e delle variazioni nella catena di approvvigionamento, nonché l'analisi FMEA per le fasi critiche di processo. Quello richiesto è dunque un sistema fortemente basato sugli strumenti e principi della *Lean Manufacturing*, del *TQM* e persino del *Six Sigma*. Soffermandosi sui soli aspetti legati alla qualità, rispetto alla norma ISO 9001:2015, la IATF 16949:2016 enfatizza requisiti quali:

- Autorità di blocco produzione nel caso di produzione di non conformi
- Approccio Risk Based Thinking per il prodotto e processo basato sulla tecnica FMEA
- Identificazione e gestione delle caratteristiche critiche
- Pianificazione della qualità avanzata APQP
- Processo di approvazione dell'introduzione di nuovi prodotti PPAP
- Emissione di specifici piani di controllo per il prototipo, preserie e serie con evidenziazione delle caratteristiche critiche
- Sviluppo del sistema qualità del fornitore almeno basato sulla norma ISO 9001
- Controllo statistico di processo SPC
- Analisi dei sistemi di misura MSA
- Segregazione dei prodotti non conformi e gestione dei sospetti non conformi
- Audit di processo e di prodotto
- Analisi dei dati e problem solving (esempio metodo 8D)
- Impatto delle azioni correttive
- Sistemi a prova di errore (Poka-Yoke)
- Piani di emergenza.

CAPITOLO III – PROGETTAZIONE E SVILIPPO DI UN PRODOTTO

Il processo di progettazione e sviluppo di un nuovo prodotto consiste nell'individuare tutte le attività necessarie affinché il prodotto finale soddisfi le specifiche del cliente.

Si tratta dunque di un macro-processo che coinvolge una serie di attività tipicamente rappresentate dall'analisi di fattibilità, progettazione, sviluppo, qualificazione e avvio della produzione dei nuovi prodotti.

Nel caso specifico, il ciclo di sviluppo del prodotto e del processo Cebi si articola nelle seguenti fasi:

- analisi di fattibilità/riesame del contratto
- progettazione e sviluppo del prodotto
- progettazione e sviluppo del processo
- validazione del prodotto e del processo

Ove necessario e/o richiesto dal cliente si definisce una ulteriore fase per la gestione del:

- Ramp-up

Nonostante le 4+1 fasi citate siano solitamente considerate in parte sequenziali, e in parte parallele, nella pratica gran parte di esse si eseguono in parallelo.

La scelta delle modalità esecutive e il coordinamento di tali attività sono responsabilità del *project manager*, il quale verbalizza le riunioni e distribuisce il diagramma di Gantt sistematicamente aggiornato.

Al fine di verificare periodicamente lo stato di avanzamento di ciascuna delle fasi del ciclo di sviluppo del prodotto e del processo, il *project manager* programma per ognuna di esse una *phase review*, da eseguire ed eventualmente aggiornare prima del completamento della fase. L'esito positivo della phase review determina la conclusione della relativa fase e il conseguente passaggio di fase.

FLUSSO GENERALE DEL PROCESSO

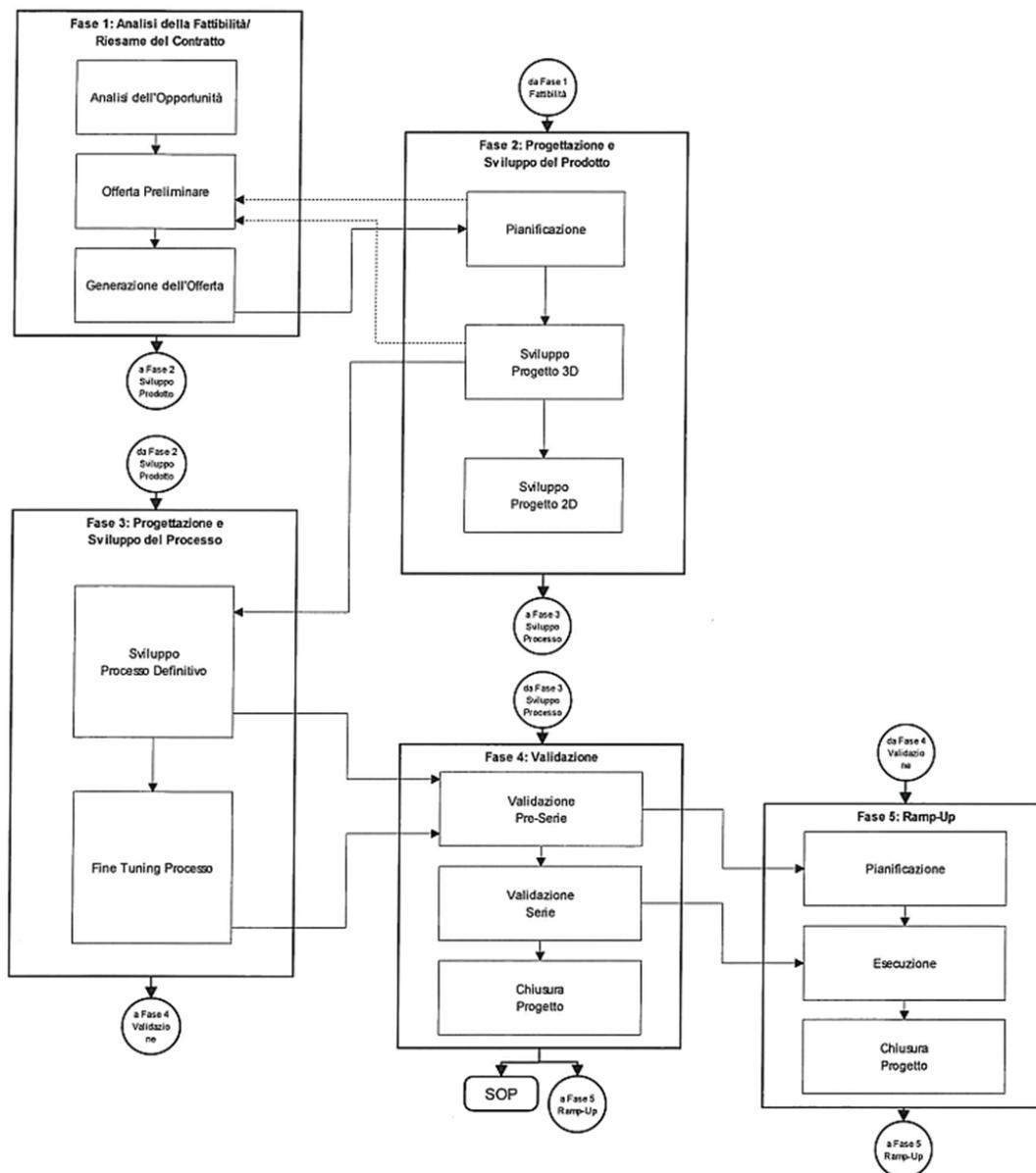


Figura 9 "Processo di progettazione e sviluppo di prodotto". Fonte: Cebi

3.1. ANALISI DI FATTIBILITÀ

Lo scopo dell'analisi di fattibilità è la realizzazione dell'offerta dopo aver verificato la reale praticabilità del progetto e la sua convenienza economica. È competenza del responsabile commerciale coordinare e supportare i diversi organi aziendali durante la fase di fattibilità di un nuovo potenziale progetto.

L'attività relativa alla formulazione dell'offerta si basa sulla definizione dei requisiti del prodotto richiesto da cliente e sulla individuazione e definizione, da parte delle funzioni predisposte, dei processi produttivi da utilizzare.

In particolare, l'emissione dell'offerta avviene secondo un iter che prevede essenzialmente tre fasi quali:

- l'analisi delle opportunità
- l'offerta preliminare
- la generazione dell'offerta

Il sottoprocesso viene avviato nel momento in cui arriva la richiesta di offerta da parte del cliente in forma scritta oppure verbale. Qualora emergano dei dubbi riguardo la possibilità che il prodotto possa essere già brevettato da altre aziende, sarà incombenza dell'ufficio commerciale esigere dal cliente una formale dichiarazione che ne certifichi l'assenza o la proprietà del brevetto.

Accertata la proprietà dei diritti sul prodotto, l'ufficio tecnico potrà procedere con la configurazione del prodotto e, cooperando con l'industrializzazione e la produzione, definire il relativo processo produttivo. Successivamente l'ufficio tecnico con il supporto del cost engineering raccoglierà i dati di costo degli impianti, della materia prima e delle componenti, della produzione (sia interna sia esterna) necessari per la formulazione del preventivo di costo sul sistema gestionale aziendale (AS400). Sulla base di questa prima analisi dei costi e di fattibilità, l'ufficio commerciale può presentare la PNO (Proposta Nuova opportunità) alla direzione generale per la sua approvazione.

Solo dopo avere ricevuta l'approvazione della direzione generale, il commerciale può formulare l'offerta tenendo conto delle condizioni di mercato e delle affidabilità, importanza e solvibilità del cliente, oltre che dei dati elaborati dall'ufficio tecnico (caratteristiche del prodotto, preventivi di costo, volumi produttivi, tempi di consegna). Questi primi risultati possono essere discussi con il cliente senza vincoli contrattuali sotto forma di offerta preliminare. L'accettazione di quest'ultima da parte del cliente dà il via libera al kick-off interno, con conseguente nomina del team di lavoro interfunzionale i cui membri appartengono a diverse funzioni aziendali, quali progettazione, qualità, industrializzazione, commerciale e acquisti.

Dopo aver effettuato una descrizione dettagliata del progetto, si passa alla definizione della sua struttura e della sua tempistica graficamente rappresentate mediante un diagramma di Gantt da redigere coerentemente con le milestone del cliente e la classe di appartenenza del progetto. Quest'ultima viene assegnata dall'ufficio tecnico considerando il livello di difficoltà e il rischio di progetto. Poiché queste due caratteristiche determinano la complessità delle attività da svolgere nelle fasi successive, è necessario classificare il progetto in tre categorie (A, B, C) a seconda dell'innovazione di prodotto, dell'innovazione del processo e della tipologia del cliente.

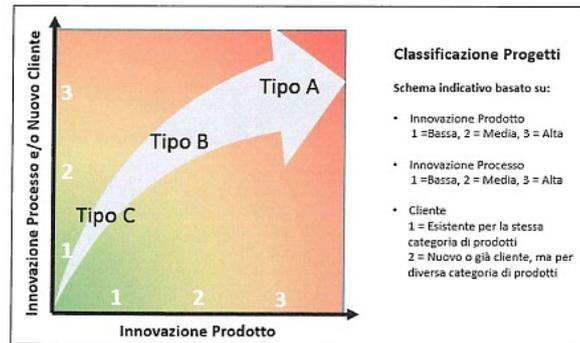


Figura 1

CLIENTE ESISTENTE			
PROCESSO	PRODOTTO		
	1	2	3
1	C	C	A
2	C	B	A
3	A	A	A

Tabella 1

CLIENTE NUOVO			
PROCESSO	PRODOTTO		
	1	2	3
1	C	B	A
2	B	A	A
3	A	A	A

Tabella 2

Figura 10 "Assegnazione classe di progetto". Fonte: Cebi"

Terminato il riesame dell'offerta preliminare, si prosegue con una prima stesura della phase review di fattibilità e con la firma dell'offerta da parte dell'ufficio commerciale con conseguente invio al cliente. L'analisi di fattibilità si conclude con il ricevimento della *Nomination Letter* da parte del commerciale che ne dà comunicazione ufficiale agli interessati e al project manager, e l'aggiornamento del *phase review* fattibilità.

3.2. PROGETTAZIONE E SVILUPPO PRODOTTO

A questa fase si accede solo in seguito all'accettazione dell'offerta da parte del cliente e alla conseguente *Nomination Letter* e si conclude con le produzioni preserie.

La progettazione e lo sviluppo di prodotto ha inizio con la definizione del prodotto, ossia l'individuazione delle caratteristiche che il nuovo prodotto dovrà possedere. A tal fine si esegue una serie di attività tipicamente rappresentate da:

- studi di massima
- progetto iniziale e definizione della distinta base preliminare
- analisi delle modalità di guasto e del loro possibile effetto (DFMEA)
- prototipazione, in cui vengono inoltre valutati e sperimentati prototipi funzionanti.
- definizione delle specifiche di prodotto e dei parametri necessari per soddisfarle (espressi in valore numerico e unità di misura).

Successivamente si realizzano i disegni 3D, in cui vengono indicati i particolari da utilizzare, i materiali da impiegare nella realizzazione del prodotto, le caratteristiche speciali e le tolleranze.

Una volta verificata formalmente la corrispondenza e la completezza dei disegni rispetto ai requisiti cliente, è possibile procedere con il *design freeze* e la costruzione dei campioni.

Durante la realizzazione dei campioni vengono inoltre effettuate le opportune verifiche dimensionali e di laboratorio, i cui esiti positivi costituiscono uno dei requisiti per accedere alla fase dei benessere dimensionali/funzionali. In particolare, l'avvio del processo di benessere dei componenti richiede anche il congelamento della distinta base e l'emissione dei disegni 2D dei componenti necessari per la realizzazione degli stampi definitivi. Giunti a questo punto è possibile procedere con la fabbricazione dei campioni di prodotto da stampi definitivi e processo non definitivo, ai quali si rilascia il benessere interno tramite le verifiche dimensionali del complessivo e i test di laboratorio. Al completamento di questa fase sono concessi i benessere interni dimensionali/funzionali ai componenti mediante il modulo VDA PPA.

Infine, ottenuta anche l'approvazione del cliente si rilascia la prima versione del *Control Plan* di serie dei componenti di produzione (sia interna sia esterna) e si avvia la produzione o l'approvvigionamento dei componenti per il perfezionamento e validazione del processo. Al termine di questa fase si completa la versione definitiva della relativa phase review.

3.3. PROGETTAZIONE E SVILUPPO PROCESSO

La progettazione e sviluppo del processo include tutte quelle attività atte alla realizzazione del processo di fabbricazione del prodotto, alcune delle quali possono essere svolte parallelamente alla progettazione del prodotto.

Il primo step è rappresentato dalla progettazione del processo di assemblaggio, seguita da una valutazione in merito alla possibilità di installare una nuova linea oppure all'adattamento di una già esistente.

Si prosegue con la verifica di prodotto in ottica di processo, ovvero si valuta la realizzabilità del prodotto mediante il processo progettato, determinando le caratteristiche di producibilità e assemblabilità dei componenti, il numero di quest'ultimi e le relative tolleranze. In questa sede occorre stabilire inoltre la capacità produttiva degli impianti e la movimentazione all'interno dello stabilimento.

Il passo successivo consiste nella scelta del fornitore sulla base dell'affidabilità e della sua capacità di fornire materiale rispettando i costi e i tempi previsti, a cui segue la richiesta di offerta preliminare sia per nuove attrezzature che per gli strumenti di misura necessari.

La definizione del processo termina con la prototipizzazione disciplinata dal piano di controllo dei prototipi in cui si descrivono le dimensioni, i materiali e i test funzionali necessari per la costruzione dei prototipi.

Una volta emesso l'ordine di acquisto dei prototipi, si stabiliscono le macro-attività preliminari essenziali per la corretta esecuzione del processo, ovvero:

- individuazione degli eventuali problemi e valutazione dei effetti mediante la tecnica PFMEA (*Process Failure Modes and Effects Analysis*);
- definizione del flusso del processo finale e definitivo;
- scelta del layout di processo in funzione dei requisiti relativi alla disposizione planimetrica, alla sicurezza ed efficienza della movimentazione dei materiali;
- realizzazione delle attrezzature definitive;
- definizione dei piani di fabbricazione e controllo relativi alla preserie, in cui si riportano le istruzioni di fabbricazione e controllo e le istruzioni di taratura delle macchine;
- determinazione delle specifiche di imballo idonee a garantire la trasportabilità del materiale senza danni.

Lo sviluppo del processo definitivo si conclude con la sua validazione interna, nella quale si eseguono piccoli run di produzione per implementare l'addestramento del personale ed effettuare le verifiche dimensionali e di laboratorio necessarie alla definizione delle specifiche definitive di processo.

Infine, si esegue il cosiddetto fine tuning di processo, in cui si verifica l'allineamento del progetto a quanto pianificato mediante la phase review di processo, seguito da un run preserie (test di produzione non inferiore a 2 ore).

FASE 3 - Flusso del Sottoprocesso: PROGETTAZIONE E SVILUPPO DEL PROCESSO

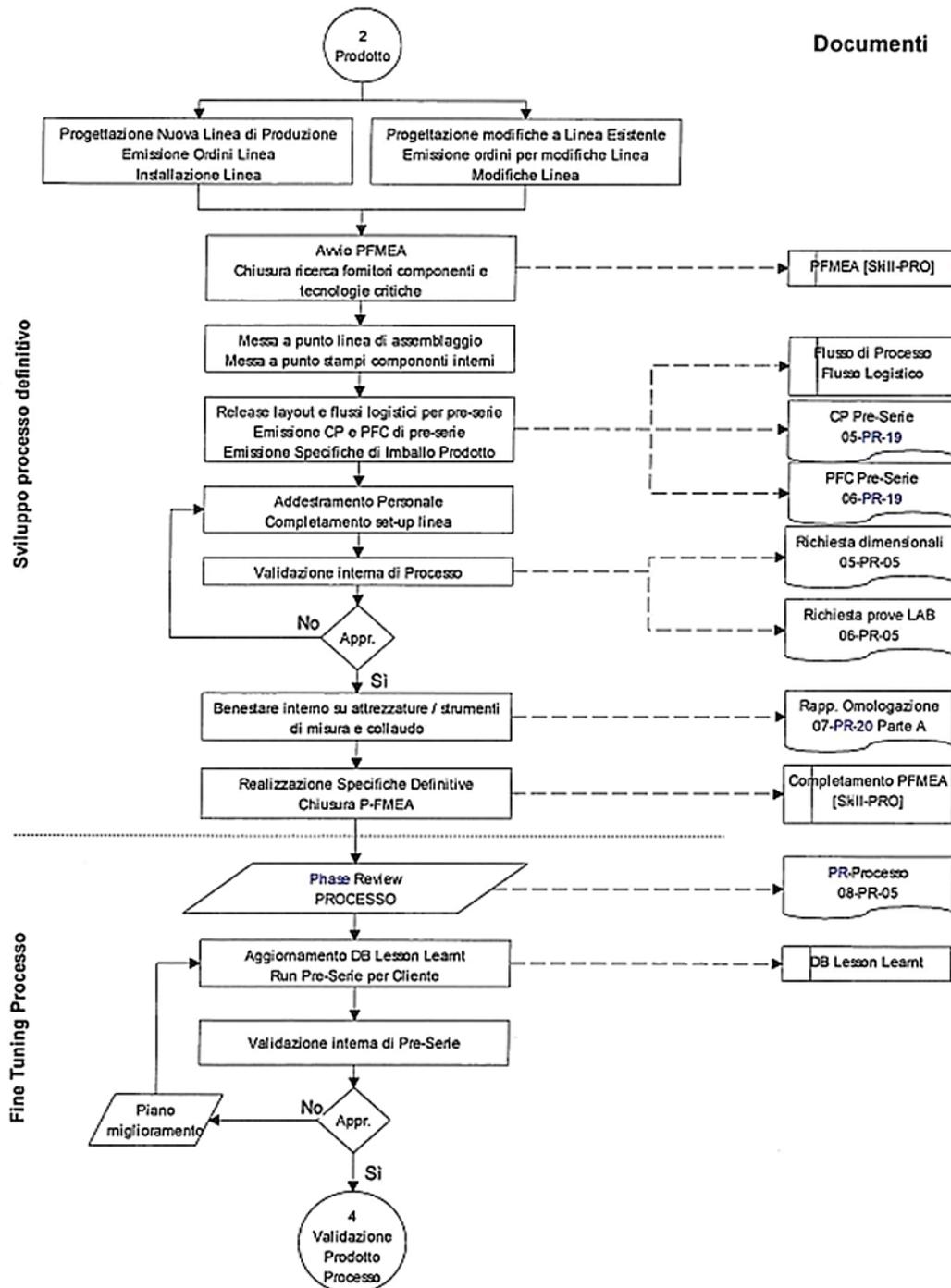


Figura 11 "Progettazione e sviluppo processo". Fonte: Cebi.

3.4. VALIDAZIONE DI PRODOTTO E DI PROCESSO

La validazione di prodotto e di processo prevede una serie di attività di verifica e ottimizzazione relative al prodotto e al processo, nonché agli strumenti di misura, aventi come fine ultimo la delibera della produzione in serie del nuovo prodotto.

Dopo aver appurato la compatibilità degli ordini di acquisto e della pianificazione delle consegne con le capacità produttive degli impianti e le richieste di mercato, si procede con le attività di *ramp up*.

Al termine di quest'ultime inizia la fase di valutazione cliente preserie nella quale si spediscono i campioni preserie al cliente per la validazione tecnica, previa determinazione dei parametri di processo definitivi, valutazione dei sistemi di misura (prove R&R) e dell'imballaggio impiegati. In caso di esito positivo derivante dalla produzione preserie, permette di definire i Piani di Fabbricazione e Controllo definitivi. Per prodotti con caratteristiche di sicurezza, come l'attuatore NPS per i clienti Renault, è inoltre richiesta l'approvazione esplicita del Piano di Controllo. Compilata la documentazione di processo è possibile effettuare una prima stesura della *phase review* di validazione.

Prima di omologare l'attrezzatura di processo, l'industrializzazione, con l'ausilio dell'ufficio tecnico e della qualità, esegue gli studi di capability per determinare gli **indici Pp e Ppk** relativi al controllo del **processo preliminare** (Vedi §6.6.2). Registrati i dati relativi a capacità e capability nel modulo "*Benestare 2-day production*", se i risultati delle valutazioni interne sono soddisfacenti l'industrializzazione provvederà all'omologazione definitiva delle attrezzature di processo.

Completate eventuali attività di validazione dei componenti (PPAP fornitori) e di validazione tecnica da parte del cliente, si effettua la chiusura delle attività di validazione di prodotto con relativa distribuzione ufficiale degli elaborati tecnici prodotti.

Giunti a questo punto ha inizio la validazione di processo che prevede l'avvio di una produzione di serie con il processo e con il prodotto definitivo. Successivamente si attesta la corrispondenza del processo e del prodotto alle specifiche richieste attraverso una verifica interna dei campioni di serie da inviare al cliente per l'approvazione finale del processo produttivo.

La delibera della produzione in serie è subordinata all'esistenza del verbale di omologazione processo e del rapporto di autoqualificazione emesso da Cebi Italy a fronte dei campioni inviati al cliente.

Il progetto viene definitivamente chiuso con la consegna del processo produttivo alla fabbricazione prodotti per mezzo della check list di rilascio.

Prima del definitivo avvio produttivo (SOP, *Star Of Production*) il cliente può richiedere la verifica finale della capacità e capability del processo mediante una *2 Days Production* (2DP).

3.5. RAMP-UP

Sulla base della complessità del progetto e degli specifici requisiti del cliente, il project manager decide se svolgere il *ramp-up* come una ulteriore fase del processo di sviluppo, o se includerla nella fase di validazione prodotto e processo. È invece responsabilità del *Quality Manager*, in accordo con il project manager, definire e monitorare le attività di *ramp-up* attraverso una specifica pianificazione.

Alcuni esempi di attività da pianificare sono rappresentati da:

- la crescita degli ordini ai fornitori;
- verifica della formazione;
- verifica della manutenzione;
- monitoraggio del tasso di scarto;
- monitoraggio dei fornitori;
- creazione e validazione dei master;
- creazione e implementazione PFC.

La fase di *ramp-up* deve coprire almeno le attività a partire dalla preserie fino alla SOP cliente e, il monitoraggio delle attività produttive di almeno tre mesi dopo la SOP cliente. In questo arco temporale si mettono in essere i piani di controllo rinforzati (GP12) che stabiliscono tutti i controlli speciali, eventualmente al 100%, da applicare integralmente per almeno 6 settimane consecutive di “zero difetti”. I risultati dei GP12, insieme ai dati di processo, vengono successivamente utilizzati per la verifica periodica della capability di processo determinata nella fase precedente.

Infine si verifica il raggiungimento degli obiettivi in termini di tempo ciclo, tasso di scarto e capability attraverso la *ramp up phase review*.

FASE 5 - Flusso del Sottoprocesso: RAMP-UP

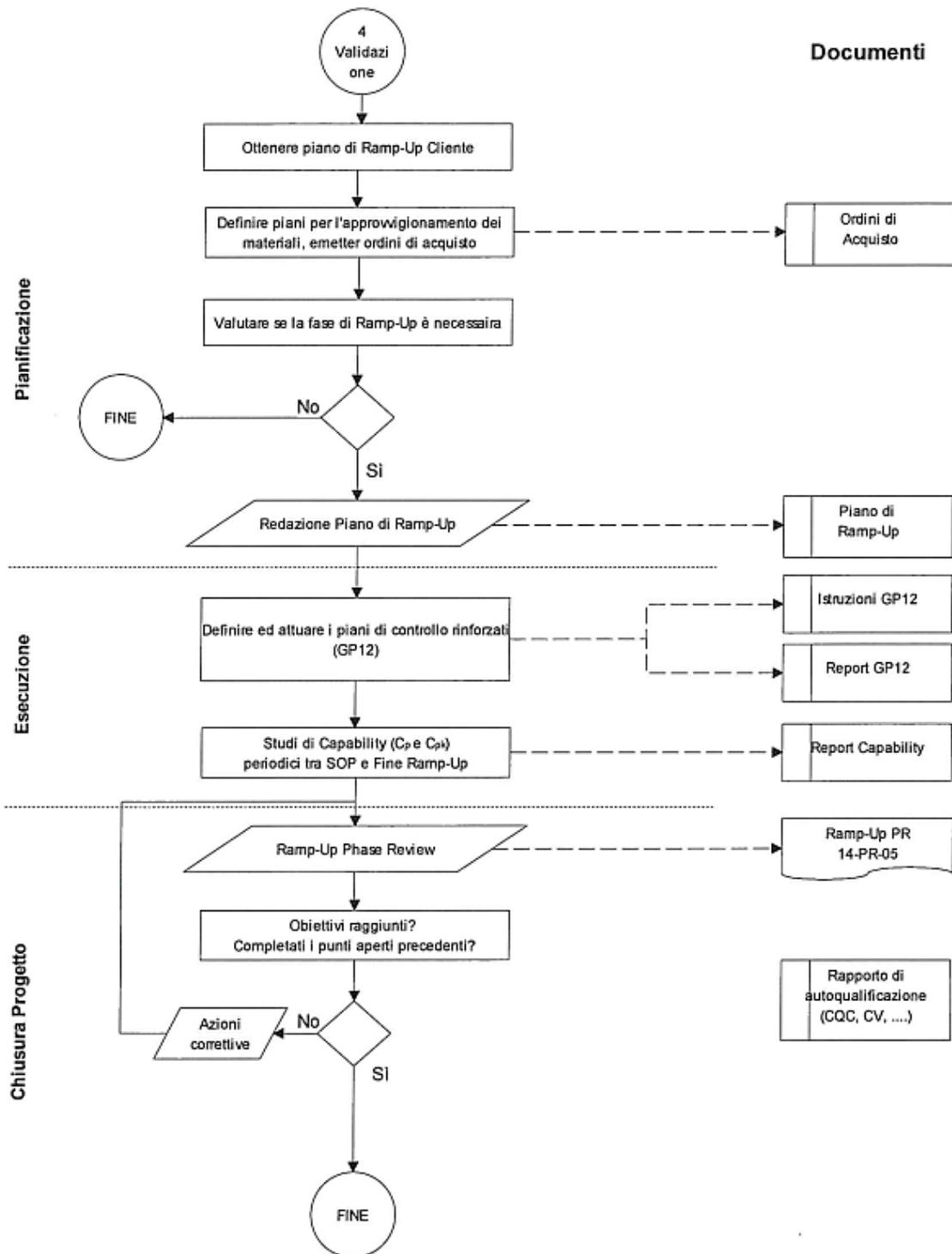


Figura 12 "Fase di ramp-up". Fonte: Cebi.

CAPITOLO IV – L’ATTUATORE SPORTELLO CARBURANTE E LA SUA EVOLUZIONE

Cebi è leader di mercato nello sviluppo e produzione di attuatori per lo sportello del carburante e il modulo di ricarica elettrica (*Fuel door actuators central locking*).

Nello specifico gli attuatori per lo sportello carburante realizzati dalla Cebi utilizzano un sistema elettromeccanico per chiudere lo sportello carburante sia per veicoli a combustione che elettrici.

Questa famiglia di prodotti può essere suddivisa in due categorie principali:

- gli attuatori lineari con una vasta gamma di applicazioni come il vano portaoggetti, la console centrale e lo sportello carburante;
- gli attuatori "push-push", basati su un sistema brevettato, che utilizza una leggera pressione per aprire lo sportellino.

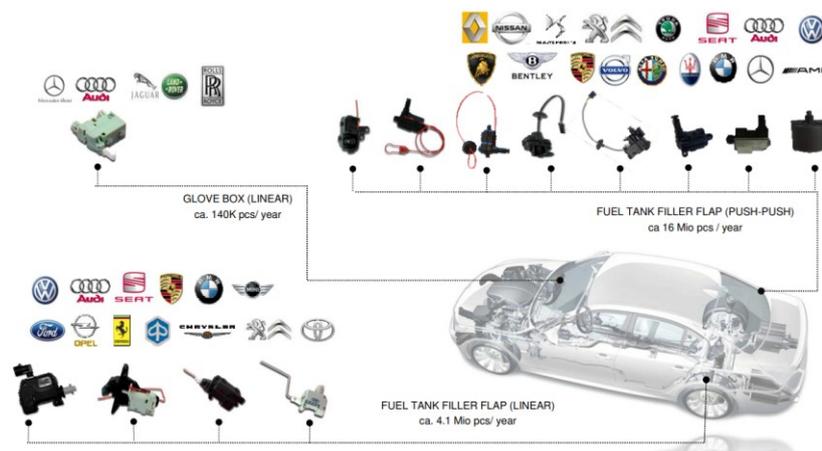


Figura 13 “Panoramica generale attuatori per lo sportello carburante”. Fonte: Cebi.

Entrambe le categorie hanno subito delle evoluzioni nel tempo coerentemente con le esigenze della clientela. Tuttavia le maggiori innovazioni sono osservabili nell’ambito degli attuatori push-push, dove le tendenze principali sono rappresentate da una elettronica sempre più complessa, dimensioni e peso ridotti e resistenza ad ambienti più severi.

Nei paragrafi successivi si esamineranno le due macrocategorie di attuatori dedicando maggiore attenzione a quella dei push-push, classe di appartenenza dell’attuatore oggetto dell’elaborato.



Figura 14 Evoluzione attuatori per sportello carburante

4.1. GLI ATTUATORI LINEARI

Storicamente gli attuatori lineari sono i diretti successori del tappo serbatoio carburante con chiave e dei sistemi ad unghiate, rappresentando quindi la prima famiglia di attuatori per lo sportello carburante apparsa sul mercato.



Figura 15 “Esempio tappo serbatoio carburante e sportello carburante a unghiate”. Fonte: Google.

Si tratta di attuatori completamente elettrici le cui componenti principali sono costituite da motore, pignone, ruota dentata e da un’asta.

Rispetto alla famiglia successiva (*push-push*) i lineari sono tipicamente meno resistenti ad intrusioni accidentali di particelle di polvere ed acqua e pertanto devono essere installati in ambienti preferibilmente asciutti.

Sebbene gli attuatori lineari siano ormai dei prodotti obsoleti per l’utilizzo descritto stanno ritornando in auge per altri impieghi, per esempio apertura/chiusura vano porta oggetti (*Glove box actuator*).



Figura 16 “Glove box actuator per i clienti Audi, Mercedes-Benz e Jaguar”. Fonte: Cebi.

4.2. GLI ATTUATORI PUSH-PUSH

Il gruppo degli attuatori *push-push* deve il nome al sistema di apertura dello sportello di rifornimento, il quale richiede una leggera pressione applicata sullo sportello (*flap*) per aprire e per chiudere lo stesso. Più precisamente il nome deriva dal numero di pressioni necessarie per far sì che l’attuatore dalla posizione di “perno chiuso” raggiunga la configurazione di “perno aperto”.

Il principio di funzionamento meccanico dei *push-push* si basa sul guidare l'apertura e la chiusura dello sportello carburante, ottenuto tramite diversi meccanismi a seconda delle varie categorie.

La funzione elettrica, comune a tutte le categorie, permette il blocco dell'attuatore in posizione sportello chiuso svolgendo una funzione di sicurezza impedendo la manomissione. Un'altra componente elettrica che può essere presente negli attuatori *push-push* è il microswitch, che segnala la posizione dello sportello carburante nel quadro comandi in vettura.

Il criterio di classificazione dei *push-push* è costituito dalla corsa del perno, da cui deriva il nome del sottogruppo stesso.

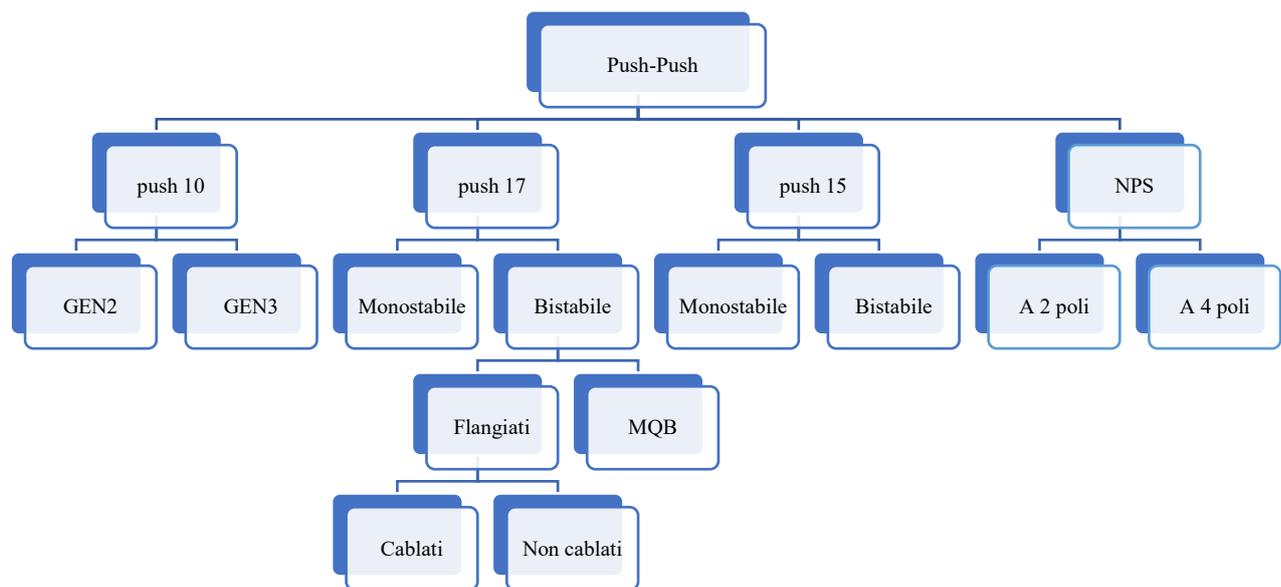


Figura 17 Classificazione degli attuatori *push-push*

4.2.1. PUSH 10

I push 10 sono i capostipiti della famiglia dei *push-push*. Il primo push 10 fu prodotto nel 2005, per poi essere sostituito dagli attuali *push-push* Gen 2 e Gen 3 entrambi dotati di micro.

4.2.2. PUSH 17

Questa classe di attuatori costituisce la seconda generazione di *push-push* tuttora in produzione.

I *push-push* 17 sono disponibili in diverse versioni sia per automobili a combustione sia per vetture PHEV e BEV e una prima distinzione li classifica in bistabili e monostabili.

I *push-push* bistabili devono il loro nome alle due posizioni stabili a riposo corrispondenti agli stati di blocco e allo stato di sblocco. Per aprire lo sportello si deve spingere su di esso: dopo aver rilasciato l'attuatore guida lo sportello nella sua posizione leggermente aperta per permettere all'utente di aprire completamente lo sportello. Analogamente per chiudere lo sportello bisogna premere sullo stesso fino alla completa chiusura dell'attuatore che bloccherà lo sportello.

I push monostabili differiscono dai bistabili per la modalità di apertura dello sportello. Essi possono essere aperti solo tramite controllo elettrico, che sbloccherà l'attuatore facendo aprire lo sportello carburante. Similmente al bistabile, in chiusura sarà sufficiente spingere lo sportello fino a chiusura dell'attuatore che bloccherà quest'ultimo.

Entrambe le famiglie di attuatori, bistabili e monostabili, possono essere dotate di un dispositivo di commutazione integrato per rilevare gli stati dei flap: "sportello carburante aperto", "sportello carburante chiuso". La presenza del microswitch, segnalata dal connettore a quattro poli, non modifica il principio di funzionamento dell'attuatore ma ne aumenta le funzionalità.

Attualmente la maggior parte dei i push 17 sono bistabili a due poli mentre i modelli a quattro poli sono disponibili solo per le automobili a ricarica elettrica del gruppo Volkswagen e Audi.

Si conclude la classificazione suddividendo a loro volta i bistabili in flangiati ed attuatori MQB sulla base della modalità di fissaggio. I push flangiati possono essere montati direttamente sul telaio (*Seltenwandrahmen*, SWR) oppure integrati nel modulo (*Tankkappenmodul*, TKM). Quest'ultima modalità prevede che l'attuatore venga montato sulla piattaforma MQB da cui prende il nome l'ultima famiglia di push 17.

La piattaforma MQB (*Modularer Querbaukasten*) del Gruppo Volkswagen rappresenta la strategia dell'azienda per la costruzione modulare di automobili. Le piattaforme modulari trasversali possono essere paragonate a delle matrici universali che rendono notevolmente flessibile lo sviluppo dei modelli con conseguente abbattimento dei costi di produzione. La particolarità di questa struttura è la capacità di accogliere tutti i vari tipi di motorizzazioni presenti in commercio, da quelli a benzina a quelli più *green* come le unità ibride e quelle elettriche.

4.2.3. PUSH 15

I push 15 sono molto simili ai push 17 in quanto sfruttano lo stesso meccanismo di funzionamento.

Rispetto ai loro predecessori offrono diversi vantaggi quali:

- maggiore resistenza ad intrusioni di particelle di polvere e acqua;
- dimensioni ridotte e compattezza;
- modularità;
- maggiore resistenza meccanica.

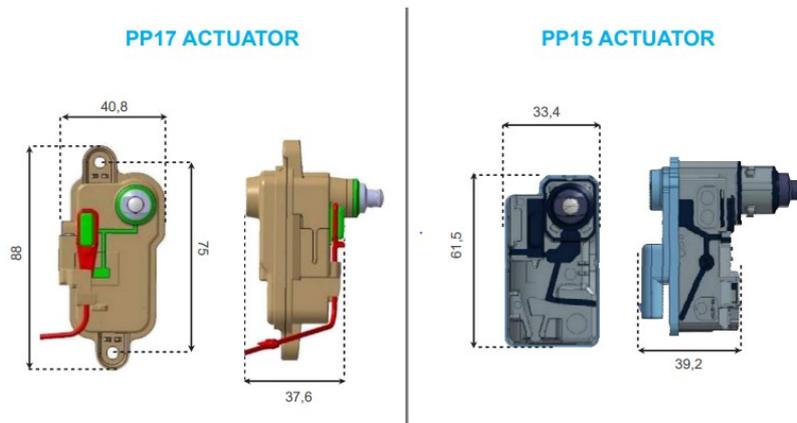


Figura 18 “Dimensioni push 17 e push 15 a confronto “. Fonte: Cebi.

Le due classi presentano similitudini nelle modalità di fissaggio, disponibile per entrambi tramite fissaggio con viti o con un sistema ad incastro, ovvero il flangiato per il push17 e il sistema a baionetta per il push 15 PSA rappresentato nella figura soprastante.

4.2.4. NPS

L’NPS, acronimo di *New Push System*, il push-push di ultima generazione, presenta delle caratteristiche innovative rispetto agli altri push attualmente nel mercato, tra cui spiccano l’elevata compattezza e il sistema di anti-manipolazione del segnale elettrico.

La particolarità di questo nuovo sistema consiste in un meccanismo innovativo del movimento del perno che punta ad essere più stabile e duraturo, e da una componente aggiuntiva al gruppo motore-vite-madrevite, responsabile della chiusura: il locker. Esso rappresenta il componente che blocca il perno in posizione chiusa ed è mosso dalla madrevite, a differenza dei sistemi precedenti nei quali era la madrevite stessa a bloccare il perno.

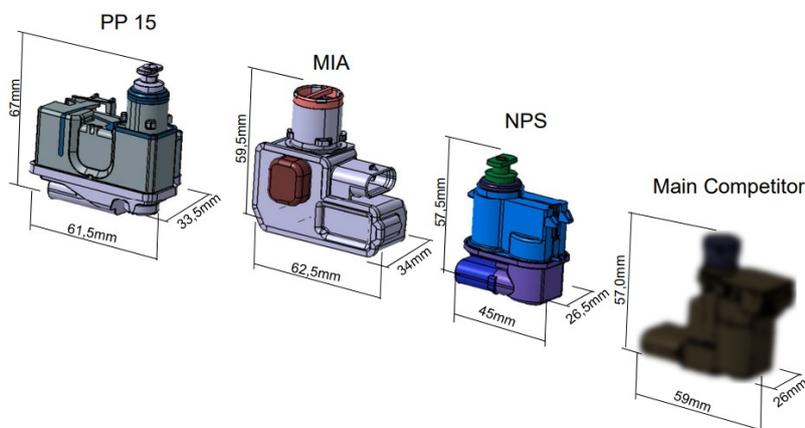


Figura 19 "Confronto dimensionale". Fonte: Cebi.

Le dimensioni ridotte e la presenza di un sistema di antimanipolazione del segnale sono solamente due dei vantaggi offerti dall’NPS, quali:

- alta resistenza ad intrusioni di particelle di polvere e a getti d’acqua ad alta pressione e temperatura (IP6K9K) ottenuta attraverso il sistema del doppio labbro costampato e la saldatura laser;
- meccanismo di funzionamento preciso e resistente caratterizzato da una stabilità nel tempo e in temperatura migliore rispetto ai push-push precedenti;
- silenziosità grazie all’azione dell’espulsore che contrasta le eventuali vibrazioni che il pezzo può subire in vettura;
- possibilità di realizzare differenti modelli con una variazione minima dei componenti (bistabile, monostabile, con o senza micro e diagnostica come mostrato in Figura 23).

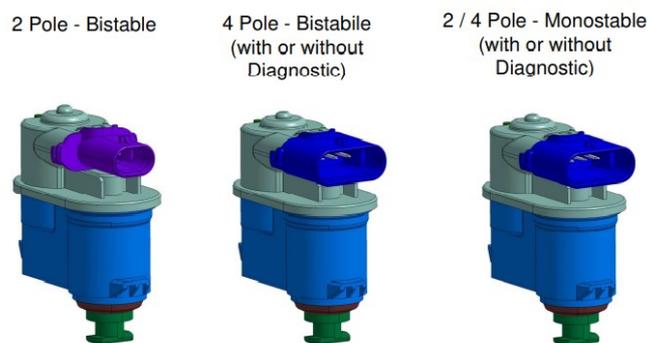


Figura 20 Varianti push-push NPS

COMPONENTE MECCANICA

Per quanto concerne il meccanismo l’NPS differisce notevolmente dai push precedentemente descritti:

- nei push 15 e push 17 il principio di funzionamento è basato su un meccanismo camma-bilanciere-perno;
- nel GEN 2 su di un meccanismo saltarello-leva di ripristino;
- nell’NPS troviamo l’anello rotativo e la camma superiore.

L’anello rotativo presenta esternamente tre dentini che lo dividono in settori di 120°. L’accoppiamento dei dentini con la camma superiore determina i punti di commutazione e conseguentemente la configurazione dell’attuatore: aperto o chiuso.

MISBRAUCH: SISTEMA ANTI-MANIPOLAZIONE DEL SEGNALE ELETTRICO

L’NPS è l’unico push-push a offrire la funzione “MISBRAUCH” (così definita in ambito aziendale), intesa come l’impossibilità di manomettere il segnale elettrico. Il sistema anti-manipolazione del segnale elettrico è disponibile solo per il modello progettato per un altro cliente in quanto dotato del circuito di diagnostica composto dal microswitch e scheda pcb.

Nella versione a quattro poli non è possibile manipolare il segnale manualmente poiché si dovrebbe spingere l’espulsore tutto in dentro fino ad arrivare alle alette mediante una superficie piatta e tenerlo premuto in modo tale da far interagire l’espulsore con il microswitch.

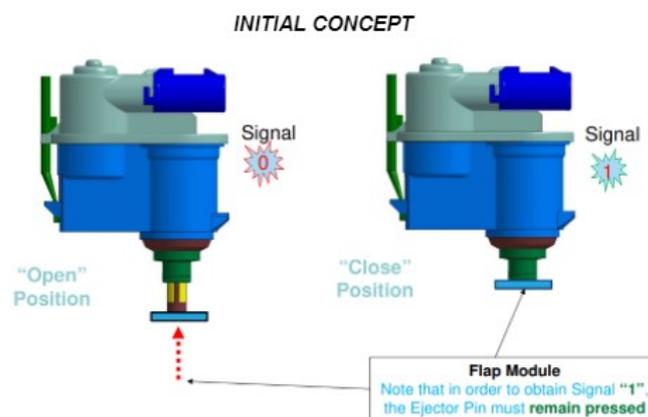


Figura 21 "Sistema antimanipolazione del segnale elettrico". Fonte: Cebi.

L’altro cliente, per rafforzare il misbrauch, ha implementato un accoppiamento tra espulsore e modulo diverso dalla versione a due poli: la differenza consiste nella lunghezza dell’espulsore che risulta più corto e dalla presenza di un guide pin sul flap del modulo. In questo modo l’espulsore deve necessariamente rientrare nella sede al centro del perno per poter raggiungere il punto in cui interagisce con il micro, assente nei due poli Renault in cui l’espulsore fuoriesce maggiormente ma si limita ad arrivare allo stesso piano delle alette del perno.

CAPITOLO V – L'ATTUATORE NPS

Si esamina il progetto dell'attuatore NPS a due poli Renault per veicoli elettrici, di cui si descriveranno le caratteristiche ritenute critiche dal cliente, i test di qualifica in fase di validazione di prodotto, i controlli effettuati per garantire la conformità dello stesso e la capacità del processo di soddisfare tali specifiche.

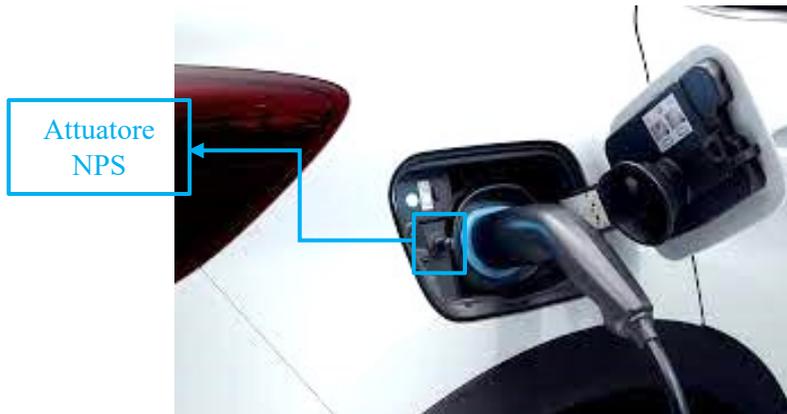


Figura 22 "Sportello di ricarica elettrica Renault con attuatore NPS". Fonte: Google

5.1. LA METODOLOGIA ANPQP

Nel capitolo III è stato presentato il processo di progettazione e sviluppo adottato internamente da Cebi in assenza di richieste specifiche del cliente. L'obiettivo di questo paragrafo è invece quello di descrivere brevemente, dal punto di vista del fornitore, l'ANPQP (*Alliance New Product Quality Procedure*): una metodologia comune del Gruppo Renault-Nissan per la cooperazione con i fornitori nella pianificazione e di sviluppo del prodotto e del processo di produzione. Tale metodologia fornisce una temporizzazione puntuale delle fasi di progettazione e sviluppo indicando per ciascuna di esse i requisiti di accesso (input), le attività previste e gli output che fungono da input per le fasi successive.

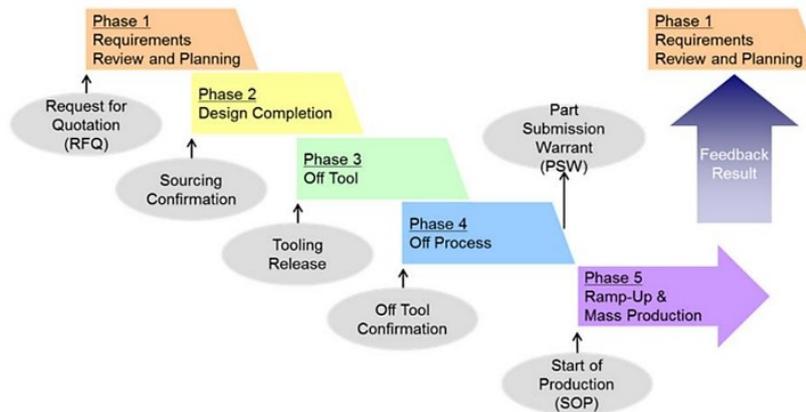
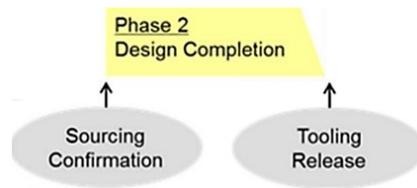


Figura 23 "Fasi della metodologia ANPQP". Fonte: ABM Management.

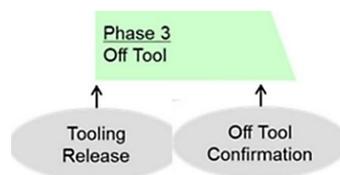
Per il produttore (fornitore) il processo di progettazione e sviluppo si attiva con il ricevimento della *Proposta di Offerta (RQF)* da parte del cliente, a cui segue la prima fase di *Revisione dei Requisiti e Pianificazione*. In funzione dei risultati dell'analisi effettuata insieme al cliente, si definiscono i requisiti tecnico-funzionali, dimensionali, di materiale ed estetici. Sempre in questa fase si effettua un'analisi di fattibilità tenendo conto dei quantitativi di prodotti richiesti dal cliente e della capacità del proprio impianto produttivo. In funzione dei risultati ottenuti, il fornitore elabora e invia al cliente la sua offerta in termini economici, tecnici, legali, standard qualitativi e logistici. Dall'altra parte il cliente seleziona il fornitore che ha presentato l'offerta migliore al quale comunica la conferma di approvvigionamento attraverso la firma del contratto (*Sourcing Confirmation, Nominal Letter*).



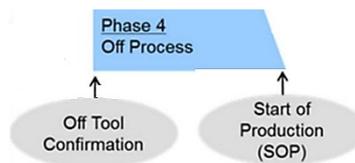
Una volta ricevuta la *Nominal Letter* si procede con il completamento del progetto (*Design Completion*) che si conclude con l'approvazione del prodotto e del processo produttivo. In questa fase si progetta il prodotto corrispondente ai requisiti del cliente, a tal fine si elaborano i dati 3D, si realizzano i disegni del prodotto finale e si conduce un'analisi DFMEA. Successivamente si elabora il DVP per la verifica della funzionalità e qualità del prodotto. Terminata la progettazione del prodotto si passa alla progettazione e pianificazione del processo in cui si definisce il ciclo di produzione, il layout di produzione e si effettua uno studio di capacità.



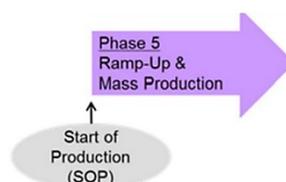
Ottenuta l'approvazione del processo (*Tooling Release*), si acquistano le linee di produzione, gli stampi e le attrezzature, contestualmente si producono i primi campioni da consegnare al cliente per la sua approvazione (*Off Tool Confirmation*) e sui quali verranno eseguiti i test DV. In questa fase è dunque richiesto lo sviluppo del processo preliminare insieme al relativo control plan, nonché l'analisi PFMEA, l'analisi degli strumenti di misura e i primi studi di capacità di processo condotti su 5 pezzi per ciascuna delle caratteristiche indicate da Renault (HCPP).



In seguito all'approvazione del processo preserie si elabora il control plan del processo definitivo e si conducono gli studi di capacità macchina e gli studi di capacità di processo, quest'ultimi condotti su 30 pezzi per ciascuna HCPP. Al fine di ottenere il via libera alla produzione (*Start Of Production*), al termine di questa fase si devono raggiungere gli obiettivi di capacità di processo, attuare i controlli aggiuntivi per l'avvio della produzione, preparare le istruzioni di lavoro e formare gli operatori.



A partire dalla SOP si assiste ad un graduale aumento dell'entità degli ordini (*Rump-up*) prima di raggiungere i volumi della produzione in serie.



Con la produzione di serie termina la gestione del processo di progettazione e sviluppo e inizia la fase di monitoraggio del processo. Quest'ultima consente di acquisire importanti informazioni di *feedback*,

quali per esempio in numero di resi da clienti o il tasso interno di scarti. Alcune di queste informazioni potrebbero evidenziare l'esigenza di modificare il progetto del prodotto e/o del processo ridefinendo alcune delle loro caratteristiche, ritornando di conseguenza alla prima fase di revisione dei requisiti e di pianificazione.

5.2. DISEGNO CLIENTE

Il disegno tecnico è una descrizione completa, precisa e rigorosa di tutte le informazioni relative a un componente industriale, avendo come principale obiettivo la sua fabbricazione. Si tratta dunque di un documento che consente, mediante un assieme di linee, di numeri, di simboli e di indicazioni scritte, di fornire informazioni sulla funzione, sulla forma, sulle dimensioni, sulla lavorazione e sul materiale relativi ad un determinato oggetto, la cui realizzazione potrà quindi avvenire senza interazioni tra chi lo ha ideato e chi dovrà fabbricarlo. A tal fine il disegno tecnico di un componente deve riportare le seguenti indicazioni, sottoforma di rappresentazioni grafiche, numeri, caratteri e simboli:

- Geometria – forma, dimensione di una parte;
- Relazioni funzionali – posizione fori e superfici;
- **Tolleranze ammesse** per soddisfare determinate funzioni;
- Materiali, trattamenti termici, rivestimenti;
- Informazioni gestionali – codice del prodotto, livello di revisione, note, autore

Usualmente il disegno tecnico si sviluppa in uno o più fogli in funzione della complessità del prodotto, in ciascuno dei quali si riporta in basso a destra il riquadro delle iscrizioni (cartiglio) che rappresenta un elemento indispensabile per l'identificazione, interpretazione e gestione del disegno. Il cartiglio è composto da una zona principale e una zona aggiuntiva.

La zona principale, posta nella parte inferiore, è obbligatoria poiché dedicata alle informazioni necessarie per la gestione del disegno all'interno e all'esterno dell'azienda, quali:

- numero o codice (DWG code) che identifica univocamente il disegno;
- titolo o denominazione del disegno (Part name), che descrive sinteticamente ciò che rappresenta dal punto di vista funzionale;
- ragione sociale, composta di scritte e simboli grafici essenziali per il riconoscimento della proprietà del disegno o dell'ente esecutore;
- simbolo del metodo di proiezione adottato, in conformità alla UNI EN ISO 5456;

- scala del disegno, secondo la UNI EN ISO 5455;
- quote senza indicazioni di tolleranza;
- responsabilità e controllo, cioè i visti dei responsabili del disegno e delle sue revisioni, indicati con nome e firma con relative date.

Nella parte superiore a quella principale è collocata la zona aggiuntiva destinata alle informazioni facoltative circa le modifiche di progetto.

MATERIAL	MATERIAL NAME	--	MASS	43 g	VOL.	---- mm ³	
	COMMERCIAL MATERIAL NAME	--	TREATMENT	SURFACE	---		
	CUSTOMER REFERENCE TABLE	--			THERMAL	---	
	MATERIAL CODE IN TAB. CUSTOMER	--					
DESIGNER	R. IONITA	CHECKED	RENAULT CODE	296938660R	SCALE		
DATE	16/12/2020	R. GROSSI	C.C.	-	A0	- : -	
	3D MODEL ANNEX		--				
	PART NAME:				DWG CODE:		
	NPS ACTUATOR				D8083.00		
GEN. TOL.		UNI EN ISO 2768-M				REV.	-

Figura 24 " Riquadro delle iscrizioni". Fonte: Cebi.

In riferimento al disegno tecnico dell'attuatore NPS, nel primo foglio sono elencate sinteticamente tutte le informazioni riguardo alle condizioni generali da rispettare, alle caratteristiche funzionali ed elettriche del pezzo, al marchio, alle condizioni di spedizioni, nonché i riferimenti e requisiti normativi.

NOTE :

NOTE 1 : GENERAL CONDITIONS

- 1.1 PRODUCT IN COMPLIANCE WITH STANDARD 00-10-415/--+
- 1.2 PROHIBITED OR RESTRICTED SUBSTANCES LIST AND DECLARATION MODES ACCORDING TO STANDARD RNES-B00027 V3.0
- 1.3 INFORMATION ONTO SUPPLIER DRAWING ACCORDING TO STANDARD 01-00-510/--+
- ⑤ 1.4 PRODUCT IN COMPLIANCE WITH STANDARD 32-03-25/--B
THE PART DOESN'T TAKE INTO ACCOUNT THE R(080) REGULATORY OF THIS SPECIFICATION
- 1.5 ANTICORROSION CODIFICATION As1/NV/Mo/ING/NT/L4&L5 ACCORDING TO 47-01-000/--E
THE PART DOESN'T TAKE INTO ACCOUNT THE R(052) REGULATORY OF THIS CDC

NOTE 2 : FUNCTIONNAL CHARACTERISTICS :

- 2.1 FP1 : THE ACTUATOR ALLOW THE CLOSING AND PRE OPENING OF THE CHARGE LID
- 2.2 FP2 : THE ACTUATOR LOCKS AND UNLOCKS THE CHARGE LID
- 2.3 FP3 : THE ACTUATOR CAN OPERATE BETWEEN -40 °C AND +80 °C
- 2.4 FP4 : THE ACTUATOR IS VALIDATED FOR 22000 OPENING/CLOSING CYCLES AND 110000 LOCKING/UNLOCKING CYCLES
- 2.5 FP5 : THE ACTUATOR IS SEALED IP6K9K ACCORDING TO STANDARD IEC 60529

NOTE 3 : ELECTRICAL CHARACTERISTICS :

- 3.1 THE ACTUATOR IS VALIDATED TO OPERATE BETWEEN 9V AND 16V
- 3.2 THE POWERING TIME OF THE ACTUATOR IS 300 ms
- 3.3 THE MAXIMUM INRUSH CURRENT OF THE ACTUATOR IS 6A
- ∇ 3.4 THE SEALED ELECTRICAL MATINK JACK IS THE REFERENCE 243406656R COMPLIANT TO SPECS 36-05-019/--L
- ⑤ 3.5 THE ELECTRICAL MOTOR OF THE ACTUATOR IS PROTECTED BY A TEMPERATURE VARIABLE RESISTANCE

NOTE 4 : MOUNTING PLANT/AFTER SALE DISMOUNTING

- 4.1 INTERFACES AND REFERENCES OF MOUNTING ARE DEFINED IN SHEET : 3/3
- 4.2 ACTUATOR RESIST AT 5 MOUNTING AND 5 DISMOUNTING

NOTE 5 : DELIVERY CONDITION

- 5.1 ACTUATOR IS DELIVERED IN OUT POSITION FOR OPENED LID

NOTE 6 : MARKING LABEL STUCK ACCORDING TO SPECIFICATION 00-10-501/--+

- 6.1 RENAULT PART REFERENCE 10 CHARACTERS
- 6.2 RENAULT PART VERSION 3 CHARACTERS
- 6.3 DAY STAMP : DAY/MONTH/YEAR - HOUR/MINUTE
- 6.4 MATERIAL MARKING
- 6.5 SHAPING OF THE MARKING SEE SHEET 2

	LIAISONS ELECTRIQUES NORME 01-58-904 ELECTRICAL CONNECTIONS TO STANDARD 01-58-904
	EN LIAISON AVEC NORME AFFECTED BY STANDARDS
<input checked="" type="checkbox"/>	SANS LIAISON AVEC NORME NOT AFFECTED BY STANDARDS

MATIERE: VOIR NOMENCLATURE MATERIAL: SEE NOMENCLATURE CONFORME AUX NORMES ISO 11469, 1629, 18064 ET 01-00-510 CORRESPONDING TO STANDARDS ISO 11469, 1629, 18064 AND 01-00-510 N° CHIER DES CHARGES FONCTION: VOIR NOTA SPECIFICATION N°: SEE REMARK CE PLAN FAIT PARTIE DE LA LISTE DIMAT ET EST EN LIAISON AVEC LA MATIERE THIS DRAWING MAKES PART OF THE DIMAT LIST AND REMAINS IN REFERENCE WITH MATERIAL

Figura 25 "Specifiche tecniche NPS". Fonte: Cebi.

Nello stesso foglio si riporta l'esploso del complessivo e la *Bill Of Materials* (BOM). Quest'ultima, detta anche distinta base si configura come una lista completa dei componenti costituenti un gruppo o sottogruppo rappresentati in un disegno tecnico.

Secondo la norma UNI ISO 7573, la BOM deve indicare:

- l'individuazione del particolare, con corrispondenza ad un numero posto sul complessivo, chiamato numero di posizione;
- la descrizione o denominazione del particolare, con il riferimento alla norma nel caso di elementi standardizzati;
- la quantità, cioè numero totali di elementi identici al particolare presenti nell'insieme, in relazione ad un unico numero di posizione;
- il materiale, con cui deve essere costituito il particolare;
- altre indicazioni quali note, riferimenti a fornitori, peso, stato di fornitura.

NOTA 7/ NOTE 7: NOMENCLATURE/ BILL OF MATERIALS

N°	DESIGNATION PART NAME	REFERENCE FOURNISSEUR SUPPLIER REFERENCE	MASS MASS (g)	MATIÈRE MATERIAL	FORNISSEUR SUPPLIER	REF COMMERCIALE COMMERCIAL REF.	COULEUR COLOR	REVÊTEMENT COATING
1	CARCASSE/HOUSING	B7368...	6.9	PP GF30 + TPV	TAROPLAST+KRAIBURG	PP 30MGF (TARO PLAST (HAIPLEN H30 HT G6 BA), black, but aging resistance TPV-NATURAL- THERMOLAST K T6GHZ (60SHA) POM-UV STABILIZED-BLACK	NOIR	-
2	PIVOT/PIVOT	B7369...	2.1	POM + TPV	CELANESE+KRAIBURG	CELANESE HOSTAFORM C 9021 LS10/1570 FS/VT TPV-NATURAL- THERMOLAST K T6GHZ (60SHA) POM-UV STABILIZED-BLACK	NOIR	-
3	INSERTION DE PIVOT/PIVOT INSERTION	B7370...	0.9	POM	DUPONT	POM SUGGESTED MATERIAL DELRIN 500P (Dupont),natural	BLANC	-
4	GROUPE D'ÉJECTION/EJECTOR PIN	B7414...	0.8	POM	DUPONT	POM - UV STABILIZED - BLACK CELANESE HOSTAFORM C 9021 LS10/1570 FS/VT	NOIR	-
5	BAGUE TOURNANTE/ROTATING RING	B7372...	0.3	POM	DUPONT	POM SUGGESTED MATERIAL DELRIN 500 T ,black	NOIR	-
6	COUVERCLE/COVER	B7373...	3.7	PP GF30	CELANESE	PP GF30 SUGGESTED MATERIAL Tecnoprene A60 K6,natural	NATURELLE	-
7	MODULE CONNECTEUR/CONNECTOR MODULE	B7392...	1.7	PP GF30 + BRONZE + TPV	TARO PLAST + KRAIBURG	PP 30MGF (HAIPLEN H30 HT G6 BA "BAKELITE"), black, but aging resistance TPV KRAIBURG THERMOLAST TVSLVZ 50 shore A, natural, ozon resistance	-	-
8	CAME SUPÉRIEURE/UPPER CAM	B7379...	1.5	POM	DUPONT	POM SUGGESTED MATERIAL Delrin 600 T,black	NOIR	-
9	RESSORT/SPRING	B7893...	0.6	ACIER AU CARBONE/ CARBON STEEL	-	EN10270-1DH	-	-
10	MOTEUR CC/ DC MOTOR	B7710...	23.0	-	MADUCHI	-	-	-
11	VIS DU MOTEUR/SCREW	B7382...	0.2	PBTGF30	DUPONT	PBT GF30 SUGGESTED MATERIAL Crastin PBT GF30 (Dupont),black	NOIR	-
12	CRONN COIJI TSSANT/SI TDTING NUT	B7383...	0.5	POMGF25	DUPONT	POM GF25 SUGGESTED MATERIAL DELRIN 5250R (Dupont),natural	RI ANC	-
13	BLOQUEUR/LOCKER	B7384...	1	PBTGF30	DUPONT	PBT 30% GF SUGGESTED MATERIAL Crastin PBT GF30 (Dupont),black	NOIR	-

Figura 26 "BOM NPS". Fonte: Cebi

Nel secondo foglio si riportano i disegni 2D delle diverse sezioni del prodotto, le quote, le tolleranze dimensionali, i punti di controllo e, nel caso dell'attuatore oggetto di studio, le HCPCP ossia le caratteristiche da controllare su espressa richiesta del cliente.

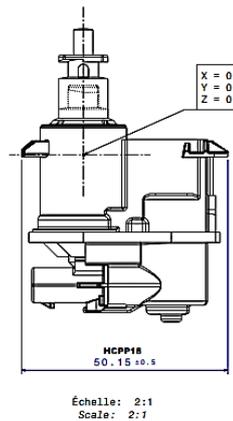


Figura 27 "Particolare del disegno cliente con quote". Fonte: Cebi/Renault.

Il terzo foglio del disegno dell'attuatore NPS illustra i dettagli relativi al montaggio dello stesso sul modulo dello sportello carburante.

5.2.1. L'IMPORTANZA DEL DISEGNO NEL CONTROLLO QUALITÀ

In passato il disegno industriale era un documento cartaceo usato principalmente a livello aziendale nell'ambito del ciclo produttivo. Le eventuali problematiche associate alla comunicazione delle specifiche del prodotto venivano risolte mediante note e accordi verbali. Oggi tale modalità di risposta non sarebbe più accettabile in quanto le aziende, per ragioni strategiche e di mercato, ricorrono frequentemente a numerosi fornitori e produttori provenienti da diversi paesi del mondo, da cui nasce l'esigenza di mezzi di comunicazione che consentano un trasferimento di informazioni preciso e univoco.

Il documento grafico assume quindi anche un ruolo **"contrattuale" tra chi progetta e chi produce o deve controllare i prodotti**. Le regole rigorose del linguaggio grafico, standardizzate e conosciute nella comunità tecnica internazionale, permettono di risolvere ogni tipo di contenzioso tra committente e contraente, tra azienda e fornitore avendo a disposizione una rappresentazione completa ed univoca del prodotto, con tutte le sue caratteristiche. Di conseguenza nel momento in cui il progettista quota un pezzo, deve sempre considerare le modalità con le quali esso verrà realizzato e controllato.

La quotatura del pezzo deve quindi non solo fornire tutte le indicazioni essenziali per la sua descrizione geometrica (quotatura di grandezza e posizione), ed evidenziare le quote fondamentali affinché il pezzo

funzioni per lo scopo al quale è destinato (quotatura funzionale), ma deve anche facilitare il lavoro di chi deve:

- eseguire il pezzo fornendogli le quote che più gli servono per impostare la lavorazione;
- collaudare il prodotto indicandogli le quote da misurare e i vari *check-points*.

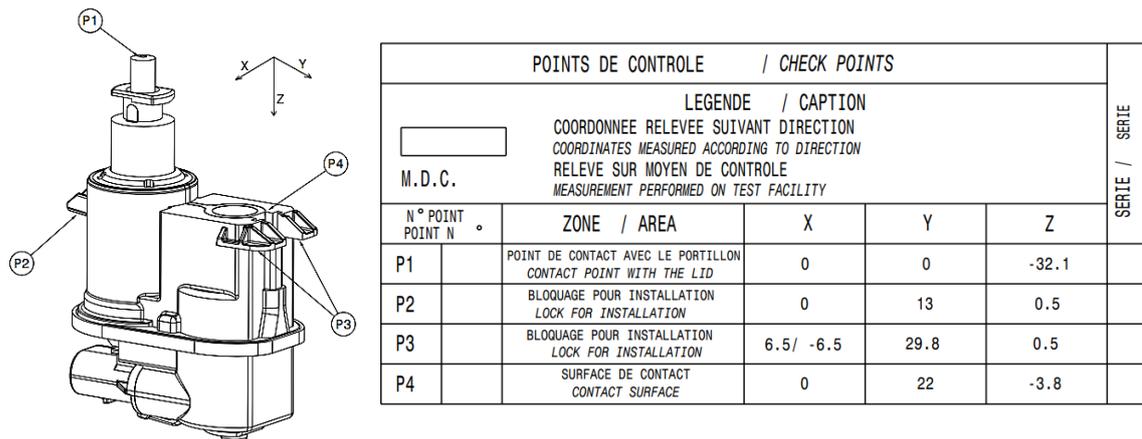


Figura 28 "Check points". Fonte: Cebi/Renault.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte si può dunque affermare che il disegno tecnico rappresenta il punto di partenza per la definizione dei controlli di prodotto e di processo.

5.2.2. LA CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE

Tutti i prodotti, nonché i relativi processi produttivi, possiedono un numero finito di caratteristiche: ciascuna di esse, seppure in un preciso ordine gerarchico di importanza, deve essere sottoposta a controlli, con modalità e frequenze da definire caso per caso.

Alcune di queste caratteristiche richiedono particolare attenzione nella programmazione dei controlli, in quanto una loro eccessiva variazione rispetto alle specifiche può compromettere la sicurezza, la conformità ai vincoli di legge e la funzionalità del relativo prodotto.

Il ragionamento si trasferisce automaticamente alle caratteristiche (parametri) dei processi produttivi, purché sia conosciuta o ipotizzabile l'influenza negativa o positiva di una loro variazione su una o più caratteristiche del prodotto.

Dalla totalità delle caratteristiche di prodotto e di processo, in base a criteri di importanza, si devono selezionare delle caratteristiche “chiave” su cui concentrare lo sforzo di controllo.

Ciascuna azienda adotta una propria classificazione delle caratteristiche di prodotto e di processo che dovrà eventualmente tradurre nella classificazione dei propri clienti attraverso tabelle di corrispondenza, di cui un esempio è rappresentato dalla Tabella 2.

Una classificazione generale suddivide le caratteristiche di processo in:

- **parametri di processo** che consentono di condurre il processo produttivo. Conoscere come essi influenzano le caratteristiche di prodotto costituisce una condizione indispensabile per passare dal controllo di prodotto al controllo di processo.
- **Caratteristiche in ottica “cliente interno”** ovvero le caratteristiche da tenere sotto controllo per evitare gravi inconvenienti sui prodotti e/o sui processi lungo il ciclo produttivo, quali per esempio scarti e fermate della linea di produzione.

Per quanto riguarda le caratteristiche di prodotto, la procedura Cebi di riferimento è la “PR-14_03 Classificazione delle caratteristiche” che definisce le regole e l’iter gestionale per l’assegnazione della classe di importanza delle caratteristiche tenendo conto dei requisiti cliente, delle norme e dei capitoli. In particolare, la procedura individua cinque classi di importanza a cui corrispondono specifici metodi di controllo e requisiti di capacità di processo:

1. Sicurezza

Lo scostamento dalle prescrizioni compromette la sicurezza per l’utente finale a seguito di mancato funzionamento, prestazioni e affidabilità del prodotto. Può avere implicazioni legali e la gestione di queste caratteristiche viene richiesta e concordata dal cliente.

Il simbolo grafico corrispondente deve essere riportato sul frontespizio di tutta la documentazione tecnica primaria e secondaria (Disegni, Control Plan, PFC, Visual Management, PFMEA, DFMEA) e sulle registrazioni (Scheda BAP e Carte di controllo).

Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti		Simbolo Alfa numerico
		D
Per tutti tranne Gruppo VW	Gruppo VW	

Per le caratteristiche di sicurezza per cui il Control Plan prevede un controllo per variabili, l’obiettivo di capacità è dato da $Cpk \geq 1,67$ per il cliente Renault e $Cpk \geq 1,33$ per altri clienti.

2. Critiche

Lo scostamento delle prescrizioni/specifiche può compromettere l'efficienza e/o l'utilizzazione del prodotto (funzionamento, prestazioni, affidabilità, costi indotti, immagine, ecc.).

Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti	Simbolo Alfa numerico
	C

Per le caratteristiche critiche per cui il Control Plan prevede un controllo per variabili, l'obiettivo di capacità è dato da $Cpk \geq 1,67$.

3. Importanti

Lo scostamento dalle prescrizioni specifiche può avere come conseguenza la riduzione parziale dell'efficienza e/o dell'utilizzabilità del prodotto.

Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti	Simbolo Alfa numerico
	+

Per le caratteristiche importanti per cui il Control Plan prevede un controllo per variabili, l'obiettivo di capacità è dato da $Cpk \geq 1,33$.

4. Secondarie

Lo scostamento dalle prestazioni specifiche può provocare solo inconvenienti di entità minima.

Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti	Simbolo Alfa numerico
	-

Per le caratteristiche secondarie per cui il Control Plan prevede un controllo per variabili è sufficiente la conformità se non diversamente specificato dal cliente.

5. Non classificate

Tutte le altre caratteristiche.

Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti	Simbolo Alfa numerico
	/

5.2.3. CLASSIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE RENAULT

Il cliente Renault classifica le caratteristiche di prodotto applicando la metodologia di Gerarchizzazione delle Caratteristiche di Prodotto e Processo (*Hiérarchisation des Caractéristiques Produit Process*, HCPP) secondo lo standard aziendale NF E 04-009. Grazie a tale strumento è possibile verificare sin dalla fase di progettazione l' idoneità del processo rispetto alle specifiche cliente, consentendo quindi l'attuazione di misure preventive prima dell'approvazione del progetto e dell'acquisto della linea di produzione.

In particolare, la metodologia HCPP identifica 4 classi di caratteristiche in ordine decrescente di gravità dell'impatto di una loro non conformità sull'utilizzatore finale, sul veicolo e sulla produzione Renault.

1. Classe 1

La caratteristica coinvolge la sicurezza dell'utilizzatore finale e la non conformità comporta l'impossibilità di utilizzare ulteriormente il veicolo con conseguente rottamazione. Dal punto di vista del cliente, la non conformità di una caratteristica di classe 1 determina l'arresto della produzione in Renault per almeno 60 minuti.



2. Classe 2

La non conformità causa un guasto al veicolo ancora marciante e richiede un'immediata riparazione o l'arresto della linea nello stabilimento Renault per 0,5 - 1 ora. Può inoltre provocare altri problemi importanti nella produzione del cliente quali per esempio interventi sulla linea produttiva con tempi di riparazione superiore a un giorno.



3. Classe 3

La non conformità determina un guasto del veicolo che necessita di un'immediata riparazione e potrebbe inoltre causare l'arresto della linea produttiva di Renault.



4. Classe 4

La non conformità può tradursi in anomalie percepite dal cliente ma generalmente tollerate.



In aggiunta Renault definisce tre ulteriori classi speciali:

- **caratteristiche di sicurezza (*Safety characteristics, S*)**, ossia caratteristiche aventi impatto sulla sicurezza del cliente provocandone l'infortunio o la morte. Pertanto, appartengono automaticamente alla Classe 1 e sono identificate con il simbolo:



Il più delle volte, si tratta di caratteristiche del prodotto, ma può anche riguardare le caratteristiche di processo.

- **caratteristiche regolamentate (*Regulated characteristic, R*)** la cui non conformità è riconducibile all'inosservanza di uno standard richiesto dal cliente ed espressamente indicato nel disegno tecnico del prodotto. Tali caratteristiche appartengono come minimo alla classe 2 e devono essere identificate con il simbolo:



- **caratteristiche di sicurezza regolamentate**



Classificazione CEBI			Classificazione Renault (HCPP)	
Classe	Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti	Simbolo alfa numerico	Classe	Simbolo grafico per disegni e intestazione documenti
Sicurezza	 Per tutti tranne Gruppo VW  Gruppo VW	D	Classe 1	  
Critiche		C	Classe 2	 
Importante		+	Classe 3	
Secondaria		-	Classe 4	
Non classificata		/		

Tabella 2"Tabella di conversione delle classi di importanza". Fonte: Cebi.

5.2.4. LE HCPP DELL'ATTUATORE NPS

L'attuatore NPS possiede una caratteristica di sicurezza e 18 caratteristiche di classe 3.

La caratteristica di sicurezza si riferisce alla presenza del sensore PTC all'interno del motore per garantire la sicurezza dell'utilizzatore finale nel caso di surriscaldamento del motore stesso durante il suo funzionamento.

Il sensore PTC (*Positive Temperature Coefficient*) è un termistore che reagisce a un cambiamento di temperatura modificando il proprio valore di resistenza, la quale cresce con l'aumentare della temperatura. Si tratta quindi di un piccolo dispositivo elettronico impiegato per:

- proteggere i circuiti elettrici mediante il monitoraggio della temperatura;
- limitare la corrente massima che scorre in un circuito.

Ⓢ 1.4 PRODUCT IN COMPLIANCE WITH STANDARD 32-03-25/--B
THE PART DOESN'T TAKE INTO ACCOUNT THE R(080) REGULATORY OF THIS SPECIFICATION

DIAGRAMME CIRCUIT CIRCUIT DIAGRAM

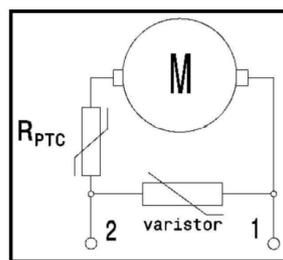
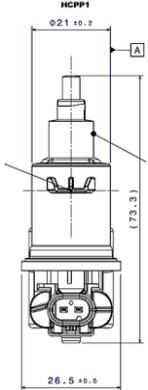
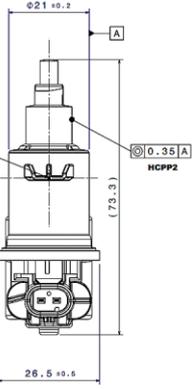
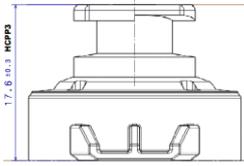
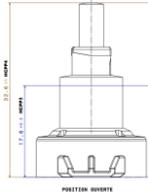


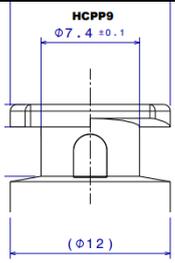
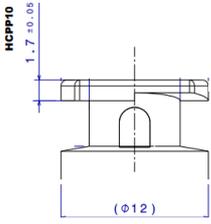
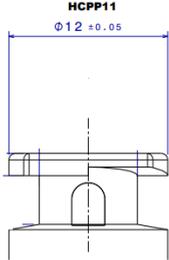
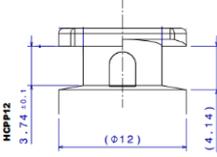
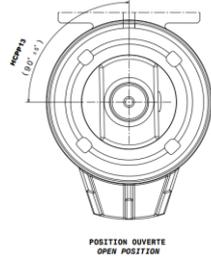
Figura 29 "Caratteristica di sicurezza NPS". Fonte: Cebi/Renault.

Per quanto concerne le altre 18 caratteristiche sono sinteticamente descritte attraverso la Tabella 3 in cui:

- si precisano i motivi per i quali è necessario controllarle insieme agli strumenti di misura utilizzati per la loro valutazione;
- si anticipano i punti di controllo, ossia lo stadio o gli stadi del ciclo di produzione nei quali si procede con la loro verifica.

	HCPP		MOTIVO DI CONTROLLO	STRUMENTO DI MISURA	PUNTO DI CONTROLLO
1		Diametro parte cilindrica guscio	Accoppiamento stabile e sicuro con il modulo. Tenuta stagna con il modulo.	Calibro	Incoming Audit di prodotto
2		Concentricità del perno rispetto al guscio dell'attuatore	Corretta centratura del perno sul modulo. Tenuta perno in quanto potenziale punto di ingresso acqua. Garantire che non ci sia nessun accesso di polvere e acqua.	Ottico	Audit di prodotto
3		Altezza perno chiuso	Accoppiamento con il modulo, è fondamentale per l'allineamento dello sportello. Se troppo alta lo sportello rimane troppo sporgente, se troppo bassa lo sportello rimane sotto il piano estetico della fiancata risultando esteticamente sgradevole. Determina inoltre l'impossibilità di chiudere lo sportello o forze di chiusura molto alte.	Comparatore	St. Collaudi automatici Audit di prodotto
4		Altezza perno aperto	Sporgenza sportello. Corretta apertura sportello. Se troppo bassa, lo sportello risulta poco scostato dalla	Comparatore	St. Collaudi automatici

			fiancata e dunque scomoda da aprire.		Audit di prodotto
5		<p>Corsa Extra-stroke (sia in chiusura che apertura)</p>	<p>Apertura dello sportello: se extra-stroke troppo lunga, lo sportello arriva a battuta meccanica sul modulo ma l'attuatore non si apre. Se troppo corta lo sportello si apre troppo facilmente.</p> <p>Forze: corsa di extra-stroke e forze sono collegati, se l'extra-stroke fosse troppo lungo avremmo delle forze troppo alte.</p>	Truschino	<p>St. Collaudi automatici (per attributi)</p> <p>Audit di prodotto</p>
6		<p>Forza di chiusura e di apertura</p>	<p>Se troppo elevata il cliente per chiudere lo sportellino dovrebbe spingere applicando molta forza, provocando in lui un senso di insoddisfazione molto elevato. Se troppo bassa si aprirebbe troppo facilmente (lo sportello carburante potrebbe aprirsi per esempio durante il lavaggio con rulli)</p>	Truschino	<p>St. Collaudi automatici</p> <p>Audit di prodotto</p>
7	Eliminata in sede di revisione				
8		<p>Forza espulsore residua</p>	<p>Per espulsione sportello: se troppo bassa, a perno quasi aperto, il pivot non avrebbe la forza necessaria per vincere il peso dello sportellino negli ultimi millimetri di corsa complicandone l'apertura manuale. Contrariamente</p>	Truschino	<p>St. Collaudi automatici</p> <p>Audit di prodotto</p>

			se troppo alta si rende meno agevole la chiusura dello sportello oppure si rischia nella fase di apertura che lo sportello venga aperto troppo violentemente.		
9		Zona del perno a sezione ristretta	Accoppiamento modulo ed interfacciamento con la controparte del flap del modulo.	Calibro	Incoming
10		Spessore alette di chiusura	Accoppiamento modulo Interfaccia con lo sportello. Le alette garantiscono la resistenza a tentativi di manomissione esterna	Calibro	Incoming
11		Diametro alette di chiusura	Accoppiamento modulo Interfaccia con lo sportello Garantiscono la corretta chiusura in marcia del modulo: se troppo grande rendono impossibile la chiusura del modulo	Ottico	Incoming
12		Luce di funzionamento e accoppiamento con il modulo	Se troppo stretta il perno non riesce a rototraslare, se troppo larga possibilità di rumore per vibrazioni e impossibilità di aprire il modulo.	Ottico	Incoming
13		Angolo di rotazione a perno aperto	Accoppiamento modulo Interfaccia con lo sportello Se troppo ampio si incastra con il modulo, se troppo stretto determina l'impossibilità di aprire il modulo	Ottico	Audit di prodotto

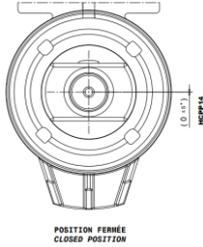
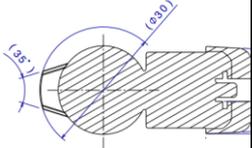
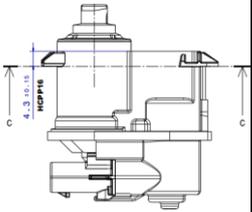
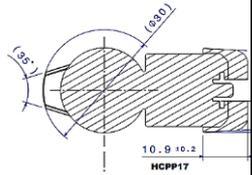
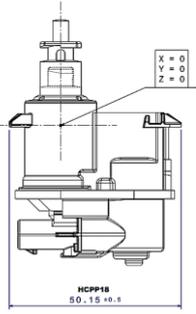
14		Angolo di rotazione a perno chiuso	Accoppiamento modulo Interfaccia con lo sportello Se maggiore di 5° possibilità di apertura anomala del modulo.	Ottico	Audit di prodotto
15		Larghezza fissaggi lato motore	Accoppiamento modulo Interfaccia con il modulo Se troppo piccolo montaggio non stabile, se troppo grande problemi di montaggio.	Ottico	Incoming
16		Altezza fissaggi	Accoppiamento modulo, interfaccia con il modulo. Se troppo piccolo montaggio non stabile Se troppo elevata problemi di montaggio	Ottico	Incoming
17		Lunghezza fissaggi lato motore	Accoppiamento modulo Interfaccia con il modulo Se troppo piccolo montaggio non stabile, se troppo elevata problemi di montaggio	Ottico	Incoming
18		Lunghezza totale fissaggi attuatore	Accoppiamento modulo Se troppo piccolo montaggio non stabile, se troppo elevata problemi di montaggio.	Calibro	Audit di prodotto

Tabella 3 "Descrizione HCPP NPS"

Prima di procedere con la descrizione dei test di qualifica e dei controlli qualità effettuati, si precisa che per la misura di ciascuna caratteristica si utilizzano strumenti tarati dal reparto metrologia o da enti specializzati.

5.3. TEST DI QUALIFICA PER VALIDAZIONE DI PRODOTTO

In sede di validazione di prodotto e di riqualifica i produttori di componenti automotive devono qualificare i propri prodotti in conformità con gli standard del settore automotive oltre agli standard di Renault.

L'attività di qualifica consiste in una serie di test di laboratorio svolti su dei campioni al fine di dimostrare che il prodotto soddisfi i requisiti cliente definiti in fase di progettazione. L'elenco di tutte le prove richieste per la qualifica di un determinato prodotto è indicato in documento, detto *Design Validation Plan* (DVP), in cui per ciascuna prova si riporta:

- il numero della prova;
- il riferimento preciso alla norma (standard, paragrafo, edizione);
- il nome corredato da una breve descrizione;
- l'elenco dei requisiti;
- l'eventuale ripetizione del test per la riqualificazione annuale;
- il numero di campioni da utilizzare;
- l'esito;
- la data;
- la firma dell'esecutore.

Per ogni test effettuato viene compilato un Rapporto di Prova (*Test Report*) nel quale sono indicati i dettagli di ciascuna prova: prodotto, codice prodotto, numero dei campioni testati, nome prova, riferimento normativo, modalità di esecuzione, requisiti, risultato, dati, eventuali fotografie che documentino la prova e/o il set-up delle attrezzature impiegate. Qualora da uno o più Test Report emerga il fallimento di una delle prove elencate nel DVP si provvederà ad una modifica del progetto e/o del processo di produzione.

Poiché le prove di validazione sono tipicamente numerose e di diversa natura (elettrica, meccanica, termica ecc.), nei paragrafi successivi si illustreranno solo alcuni dei test di laboratorio utilizzati per l'attuatore NPS prestando particolare attenzione a quelli relativi al motore con PTC (caratteristica di sicurezza).

5.3.1. CICLI VITA

Tra i test più rilevanti rientrano i cicli vita in quanto rappresentano una prova di durata nella quale influiscono tutti i carichi termici e meccanici del pezzo. L'obiettivo è dunque quello di verificare i livelli di performance del prodotto dopo un determinato numero di cicli di funzionamento ripetitivi.

Il principio di funzionamento dell'attuatore NPS è basato su due funzioni distinte: quella elettrica relativa al blocco e allo sblocco dell'attuatore e quella meccanica per l'apertura e chiusura del perno.

La norma di riferimento aziendale 32-03-251-- B prevede che la durata del pezzo rispetto alle due funzioni venga valutata separatamente sottoponendo i campioni a 110000 cicli elettrici e a 22000 cicli meccanici distinti.

Il banco di prova impiegato nel test è così composto:

- Test Control Unit per attuatore push-push CM-Torresi s/n 1B0179;
- Banco di prova speciale per la simulazione del portello carburante;
- Alimentatore DC Regolato Delta Elektronika SM35-45 cod. 1G070007;
- Camera climatica Weiss WT450/70 s/n 22605166 (ZA1456).

Poiché il banco di prova è lo stesso per entrambe le prove, quest'ultime vengono condotte contemporaneamente su 4 campioni effettuando 1 ciclo meccanico ogni 5 cinque cicli elettrici.

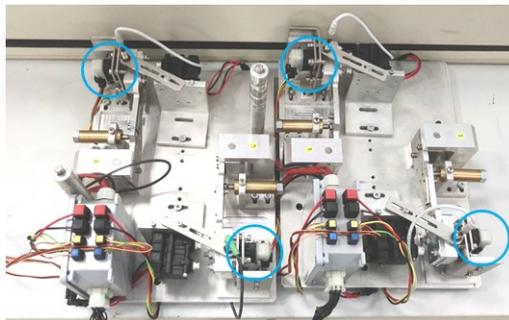


Figura 30 "Banco di prova per cicli vita". Fonte: Cebi.

CICLI ELETTRICI

Un ciclo elettrico è costituito da un'operazione di blocco e una di sblocco elettrico, durante il quale si avranno 300 ms di alimentazione (ON) e 5s di pausa (OFF).

Ogni campione verrà sottoposto a 5 blocchi di 22000 cicli sotto diversi livelli di temperatura, umidità relativa e tensione di alimentazione come schematizzato nella Figura 31.

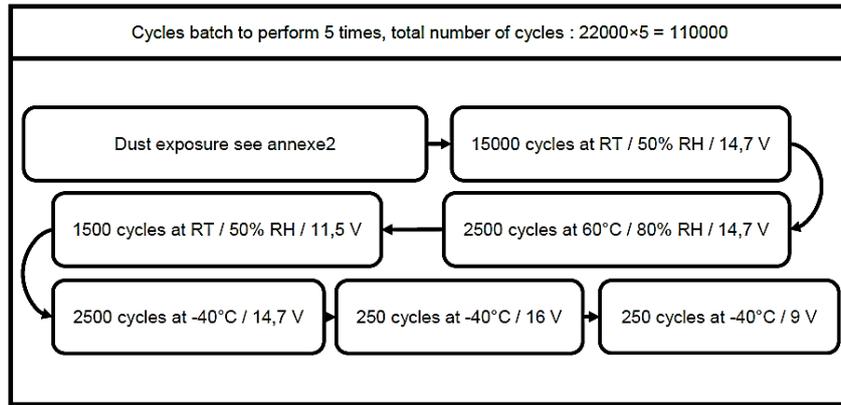


Figura 31 "Cicli elettrici". Fonte: Cebi.

Il campione supera il test se mantiene le sue principali funzioni a temperatura ambiente e l'assorbimento di corrente non supera i 6 A. Per il superamento del test è inoltre richiesto che il tempo di blocco/sblocco elettrico rispetti i valori imposta dalla relativa norma (max 150 ms a 0 km, max 250 ms dopo il test).

CICLI MECCANICI

Un ciclo meccanico è definito da una pressione per la chiusura del perno (push-in) e da una pressione per l'apertura del perno (push-out).

Ogni campione verrà sottoposto a 5 blocchi di 4400 cicli sotto le stesse condizioni (temperatura, umidità relativa e tensione di alimentazione) previste anche per i cicli elettrici:

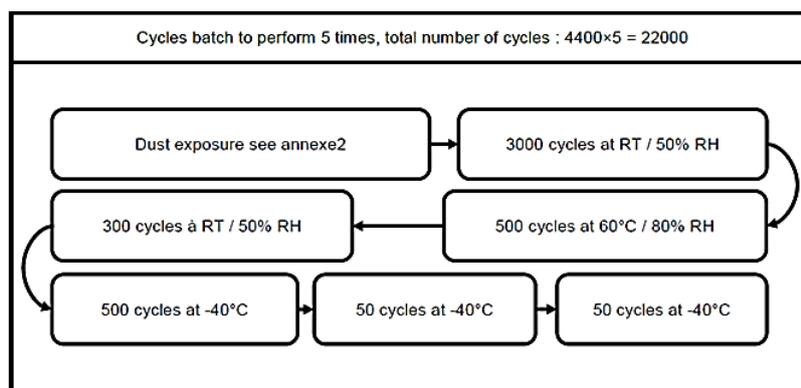


Figura 32 "Cicli meccanici". Fonte: Cebi.

In questo caso l'esito del test è positivo se a temperatura ambiente vengono preservate le principali funzioni dell'attuatore durante un ciclo di funzionamento completo. In particolare, non si devono registrare variazioni del $\pm 30\%$ rispetto ai valori nominali di queste caratteristiche:

- forza di apertura 23 ± 5 N;
- forza di chiusura 23 ± 5 N;
- altezza perno chiuso 15 ± 2 mm.

I risultati della prova con in relativi esiti sono riportati nella seguente tabella.

Measurements at new conditions (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height [mm]	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing		Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(18 – 28) N		(13 – 17) mm	Max. 150 ms		Max. 6,0 A		
1	25,4	33,8	15,93	16	16	1,61	1,58	OK
2	24,5	34,5	15,87	17	18	1,68	1,62	OK
3	26,7	32,9	15,34	16	17	1,63	1,61	OK
4	25,4	35,2	15,78	17	17	1,62	1,59	OK
Measurements after the test (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height [mm]	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing		Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(16,1 – 29,9) N		(10,5 – 19,5) mm	Max. 250 ms		Max. 6,0 A		
1	21,3	28,6	16,43	17	16	1,71	1,65	OK
2	22,7	27,5	16,27	16	18	1,56	1,63	OK
3	21,7	29,4	16,04	18	17	1,58	1,67	OK
4	20,5	28,8	16,18	18	17	1,62	1,59	OK

5.3.2. TEST DI CORROSIONE

La corrosione dei materiali metallici è il fenomeno che si innesca spontaneamente con la reazione, chimica o elettrochimica, dovuta all'aggressione di agenti ossidanti quali, ad esempio, ossigeno atmosferico, umidità, gas, soluzioni corrosive. Il manifestarsi di tale fenomeno provoca il lento deterioramento del materiale metallico, il quale subisce un progressivo e irreversibile decadimento, di natura chimica, delle sue proprietà tecnologiche. I fenomeni corrosivi hanno dunque un effetto deleterio sui dispositivi elettromeccanico fino ad impedirne il funzionamento. Pertanto, risulta necessario valutare la resistenza dei componenti alla corrosione attraverso test specifici quali ad esempio la prova di corrosione da condensazione e la prova di corrosione in nebbia salina; per la qualifica dell'NPS entrambe vengono condotte su tre campioni secondo la procedura indicata dalla norma aziendale 32-03-251 - - B.

PROVA DI CORROSIONE PER CONDENSAZIONE

Attraverso questa prova si generano le condizioni necessarie alla creazione di condensazione all'interno del campione al fine di verificarne gli effetti sul funzionamento dell'attuatore. A tal fine si sottopongono 3 campioni a 20 cicli di prova così definiti:

- 2 ore a 80°C al 98% di umidità relativa;
- 2 ore a 10°C;
- 2 ore a 80°C al 98% di umidità relativa;
- 2 ore a 10°C;
- 16 ore a 40° C.

L'attrezzatura impiegata è costituita da una camera climatica (Voetsch VC3 7034 s/n 58566124160010) dotata di un serbatoio di acqua distillata per la generazione dei livelli di umidità richiesti.

Durante e/o al termine della prova non si deve osservare né la “corrosione rossa” ossia la corrosione ferrosa del materiale né la “corrosione bianca”. Oltre alla non corrosione dei componenti interni dell'attuatore, i requisiti per il superamento della prova sono rappresentati da un mantenimento della funzione elettrica e meccanica al $\pm 30\%$ dei valori nominali dopo l'esecuzione del test:

Test condition	13V / 23°C			
Parameter	Push-in Force	Pivot position	Stall Current	Actuation Time (see FC1.1)
Before test	(18 – 28) N	(13 – 17) mm	Max. 6 A	< 150 ms
After test ($\pm 30\%$)	(16,1 – 29,9) N	(10,5 – 19,5) mm	Max. 6 A	< 250 ms

I risultati della prova con i relativi esiti sono esposti nella seguente tabella.

Measurements at new conditions (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height [mm]	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing		Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(18 – 28) N		(13 – 17) mm	Max. 150 ms		Max. 6,0 A		
1	26,2	35,1	15,71	16	16	1,65	1,61	OK
2	25,7	33,2	15,83	17	17	1,67	1,59	OK
3	26,3	33,6	15,73	17	17	1,63	1,60	OK
Measurements after the test (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height [mm]	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing		Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(16,1 – 29,9) N		(10,5 – 19,5) mm	Max. 250 ms		Max. 6,0 A		
1	25,1	32,9	16,13	17	16	1,64	1,62	OK
2	24,2	32,2	16,23	18	17	1,65	1,61	OK
3	25,7	31,5	16,19	17	18	1,64	1,61	OK

PROVA DI CORROSIONE IN NEBBIA SALINA

La prova in nebbia salina (*salt spray test*) è un test di corrosione accelerata che genera un attacco corrosivo per stabilire l'idoneità del rivestimento come protettivo dei campioni attraverso la valutazione della comparsa di ruggine dopo un periodo di tempo prestabilito. Si definisce una prova di corrosione accelerata in quanto all'interno della camera di nebbia salina vengono aggravate le condizioni che normalmente osserveremmo in natura aumentando la concentrazione di sale nell'acqua (stabilita dalla norma di riferimento) e di conseguenza le caratteristiche corrosive dell'ambiente. Tipicamente la durata del test è proporzionale alla resistenza alla corrosione del rivestimento: più il rivestimento è resistente, più tempo deve trascorrere prima di osservare la comparsa di ruggine.

Durante il *salt spray test* si introduce il particolare all'interno della camera in cui subirà 20 cicli di prova, ognuno dei quali caratterizzati dalla seguente sequenza di operazioni: esposizione del pezzo alla nebbia salina per 1h, asciugatura a 23°C per 7h, esposizione a 40°C / 95%UR per 16h e attuazione di 5 cicli di funzionamento (alimentazione a 13,5V per 300ms). Pertanto, l'esecuzione del test richiede l'utilizzo di:

- Centralina attuatore CM Torresi s/n 1K020028
- Alimentatore DC Regolato Delta Elektronika SM35-45 cod. 1G070008
- Armadio per prove di corrosione a secco ACS DCTC600P s.n. 58673 (1Z0071)
- Camera climatica ACS DM340C s/n TT01270 (ZA2993 dotata di un serbatoio in cui viene fatta una soluzione salina con parametri controllati. La durata della prova viene scelta in funzione di quanto il prodotto analizzato deve durare nel tempo.

Al termine della prova si osservano i campioni testati e si confrontano con gli stessi requisiti della prova precedente per il superamento del test, riportati nella seguente tabella:

Measurements at new conditions (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing	[mm]	Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(18 – 28) N		(13 – 17) mm	Max. 150 ms		Max. 6,0 A		
1	25,7	34,1	15,77	17	17	1,63	1,62	OK
2	27,2	33,5	15,64	17	18	1,64	1,63	OK
3	26,4	32,8	15,63	18	17	1,65	1,62	OK
Measurements after the test (23°C / 13V)								
Sample no.	Mechanical performance			Electrical performance				RESULT
	Push force [N]		Pivot height	Actuation time [ms]		Stall current [A]		
	Opening	Closing	[mm]	Lock	Unlock	Lock	Unlock	
	(16,1 – 29,9) N		(10,5 – 19,5) mm	Max. 250 ms		Max. 6,0 A		
1	25,1	32,7	15,88	18	17	1,58	1,60	OK
2	26,3	31,2	15,98	18	18	1,62	1,61	OK
3	25,3	30,6	15,91	17	17	1,63	1,61	OK

5.3.3. ASSORBIMENTO DEL MOTORE

In conformità alla norma aziendale 32-03-251 --B, la prova di assorbimento del motore consiste nel misurare i valori massimi di assorbimento di corrente dei 5 campioni a motore bloccato nelle seguenti condizioni:

- - 40°C e 9/13,5/16 V;
- 23°C e 9/13,5/16 V;
- 80°C e 9/13,5/16 V.

Ciascun campione dovrà essere alimentato per un periodo di alimentazione di $300\text{ms} \pm 10\text{ms}$.

Gli strumenti utilizzati per lo svolgimento del test sono:

- Oscilloscopio Teledyne-Lecroy, modello 4034HD, codice ZA6450;
- Sonda di corrente Teledyne-Lecroy, modello CP030, codice ZA6451;
- Alimentatore DC regolato E-A GmbH&Co.KG PS 2042-20B Art-nr. 39200114 snr 2738390454 (1Y0052);
- Camera climatica Weiss WKL 100/70 s/n 56226075130010 (ZA1670).



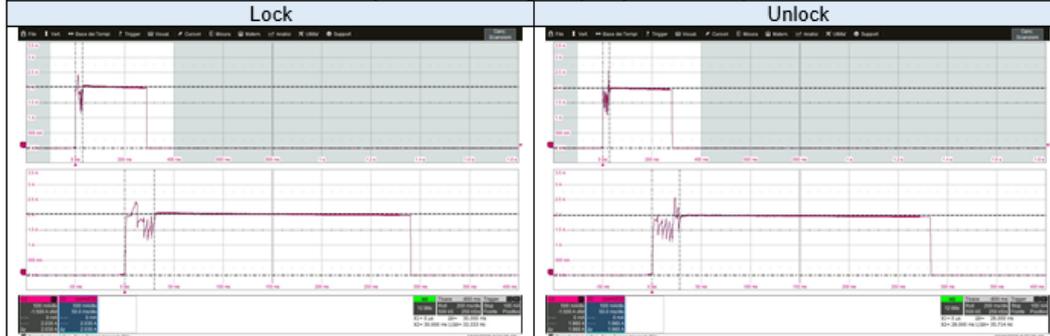
Figura 33 "Set-up attrezzatura di prova". Fonte: Cebi.

Come da disegno il criterio di accettazione è costituito da consumo di corrente inferiore a 6A.

I risultati della prova con i relativi esiti sono riportati nelle seguenti tabelle.

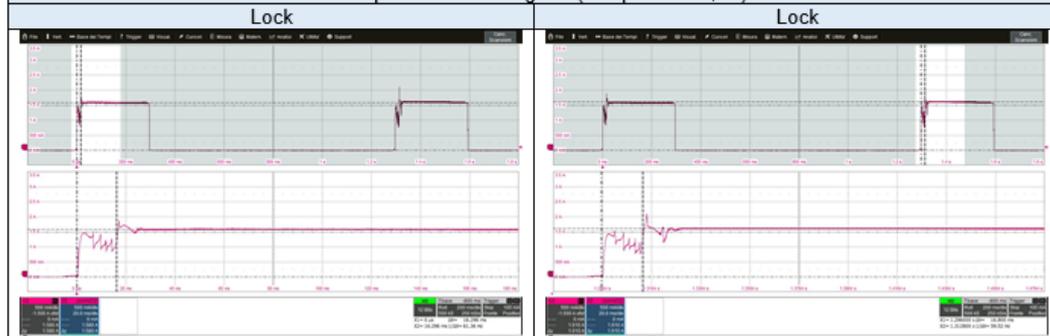
Sample no.	Current at -40°C [A]							RESULT
	9V		13.5V		16 V		Requir.	
	Lock	Unlock	Lock	Unlock				
1	1,39	1,48	2,03	1,98	2,42	2,41	< 6	OK
2	1,31	1,37	1,96	1,89	1,98	2,08	< 6	OK
3	1,49	1,51	1,98	1,87	2,53	2,51	< 6	OK
4	1,52	1,48	2,01	1,98	2,47	2,44	< 6	OK
5	1,46	1,42	1,99	2,03	2,46	2,43	< 6	OK

Example of current diagram (sample 1 – 13,5V)



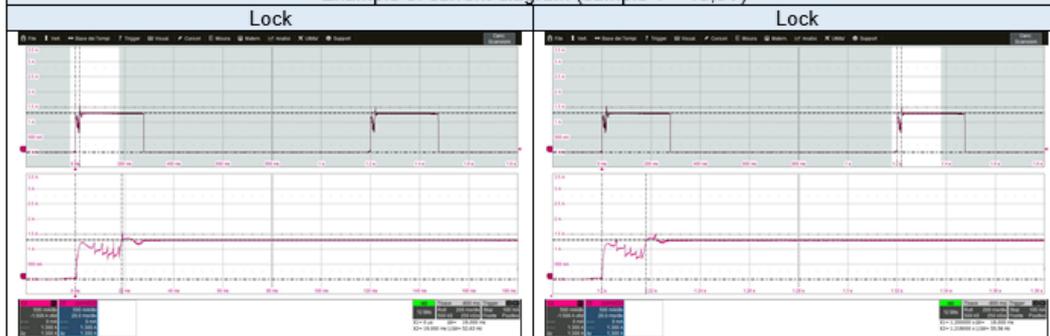
Sample no.	Current at 23°C [A]							RESULT
	9V		13.5V		16 V		Requir.	
	Lock	Unlock	Lock	Unlock				
1	1,08	1,06	1,58	1,61	1,99	1,98	< 6	OK
2	1,07	1,05	1,63	1,57	1,99	1,96	< 6	OK
3	1,07	1,09	1,62	1,70	2,11	2,06	< 6	OK
4	1,08	1,07	1,56	1,58	1,98	2,01	< 6	OK
5	1,09	1,07	1,61	1,62	1,99	1,97	< 6	OK

Example of current diagram (sample 1 – 13,5V)



Sample no.	Current at 80°C [A]							RESULT
	9V		13.5V		16 V		Requir.	
	Lock	Unlock	Lock	Unlock				
1	0,83	0,84	1,30	1,30	1,62	1,62	< 6	OK
2	0,92	0,89	1,33	1,28	1,64	1,64	< 6	OK
3	0,93	0,91	1,36	1,36	1,72	1,65	< 6	OK
4	0,85	0,86	1,37	1,34	1,65	1,63	< 6	OK
5	0,92	0,90	1,35	1,36	1,65	1,66	< 6	OK

Example of current diagram (sample 1 – 13,5V)



5.3.4. CAPACITÀ DI RITORNO DEL PTC DOPO IL TRIGGER

L'obiettivo di questa prova è dimostrare la capacità del PTC di ritornare al suo stato iniziale dopo un ciclo operativo dell'attuatore.

La procedura definita dalla norma 32-03-251 –B si articola in tre step successivi:

1. Alimentare il motore dell'attuatore a 13,5 V per 60 secondi (30 s di blocco + 30 s di sblocco);
2. staccare l'alimentazione per 60 secondi;
3. procedere ad un ciclo operativo completo costituito da 300 ms di blocco e 300 ms di sblocco.

Dal punto di vista elettrico effettuare il blocco e lo sblocco del motore consiste nel cambiare il verso della tensione.

La norma prevede l'esecuzione del test su 3 campioni sotto tre diverse condizioni di temperatura: -30 / 23 / 80 °C.

Gli strumenti impiegati per la realizzazione della prova sono:

- ECU basata su PC per la temporizzazione dell'alimentazione dell'attuatore;
- Oscilloscopio Teledyne-Lecroy, modello 4034HD, codice ZA6450;
- Sonda di corrente Teledyne-Lecroy, modello CP030, codice ZA6451;
- Alimentatore DC regolato E-A GmbH&Co.KG PS 2042-20B Art-nr. 39200114 snr 2738390454 (1Y0052);
- Camera climatica Weiss WKL 100/70 s/n 56226075130010 (ZA1670);

I risultati del test sono espressi sottoforma di curve di assorbimento di corrente di cui si riporta un esempio:



Il primo grafico mostra l'assorbimento di corrente durante l'intera prova su un arco temporale molto grande (120 s) rispetto a quello associato a un ciclo operativo completo dell'attuatore (600ms), mentre il secondo grafico non è altro che uno zoom di ciò che accade durante un normale ciclo operativo dell'attuatore.

Dal primo grafico è possibile notare come dopo un certo intervallo di tempo dall'istante in cui il motore è andato in blocco il PTC intervenga in seguito al riscaldamento del motore per evitare di danneggiarlo termicamente. Come precedentemente anticipato in un capitolo precedente, il PTC è un termistore la cui resistenza varia in funzione della temperatura. Quindi quando la temperatura all'interno del pezzo raggiunge una certa soglia, specifica del particolare PTC scelto, quest'ultimo cambia le sue caratteristiche elettriche passando da una resistenza molto bassa ad una resistenza elevata. Pertanto, in accordo con la legge di Ohm, quando la resistenza assume un valore elevato, la corrente elettrica diminuisce. Nel caso specifico dell'NPS il motore scelto è dotato di un PTC che interviene ("taglia") per valori di temperatura dai 100° C ai 120°C in quanto l'attuatore deve essere in grado di funzionare da -23° C a 80°C.

La prova è superata se al suo termine il PTC è tornato al suo stato iniziale e l'ultimo ciclo operativo è andato a buon fine. Tali requisiti devono essere soddisfatti da ciascun campione nelle tre diverse condizioni termiche.

I risultati della prova con in relativi esiti sono riportati nelle seguenti tabelle.

Test conditions: 13,5V / 23°C				
Sample no.	Step 1 = Locking+Unlocking	Step 2 = Pause	Step 3 = Operating cycle	RESULT
1	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
2	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
3	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK

Test conditions: 13,5V / 80°C				
Sample no.	Step 1 = Locking+Unlocking	Step 2 = Pause	Step 3 = Operating cycle	RESULT
1	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
2	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
3	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK

Test conditions: 13,5V / -30°C				
Sample no.	Step 1 = Locking+Unlocking	Step 2 = Pause	Step 3 = Operating cycle	RESULT
1	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
2	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK
3	Activation for 30s + 30s	60 s	Activation for 300ms + 300ms	OK

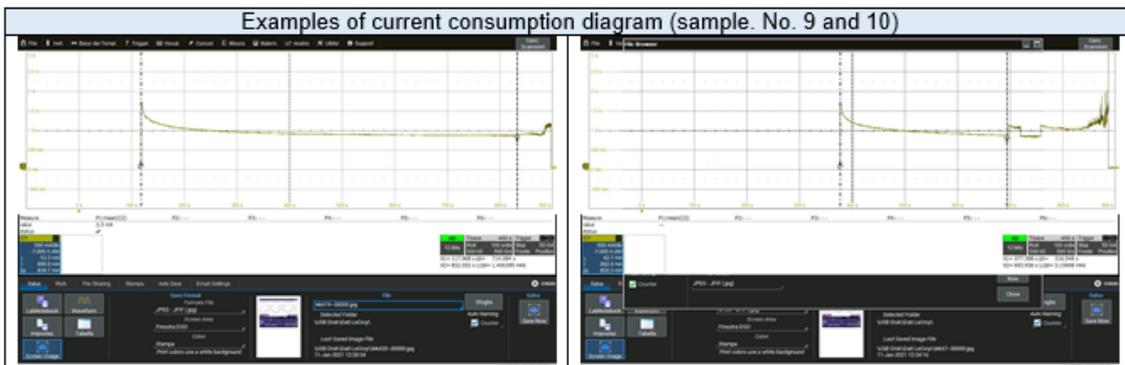
5.3.5. TEMPO DI INTERVENTO DEL PTC

Questo tipo di test richiesta da Renault consiste nell'effettuare un'analisi statistica per stimare il tempo di intervento del PTC. L'analisi si articola in due prove condotte a temperature ambiente su due diverse tipologie di campioni.

Nella prima si richiede di alimentare a 13,5 V 10 campioni speciali (privi di PTC) fino alla loro distruzione registrando per ognuno di essi il tempo trascorso prima della distruzione (Td). Di questi valori di Td si evidenzia il valore minimo, il quale rappresenta il caso peggiore (*the worst case*):

Sample no.	Motor destruction time [s]
1	1117
2	583
3	341
4	271
5	685
6	363
7	753
8	738
9	714
10	316
Td min [s]	271

La seconda fase è analoga alla prima e viene svolta utilizzando 30 campioni dotati di PTC. In questo caso, in virtù della presenza del PTC, non si registra il tempo di distruzione del motore ma il tempo richiesto prima che intervenga del PTC (Tb). Successivamente dei 30 valori di Tb si calcola il valore medio.



Sample no.	PTC trigger time [s]	Sample no.	PTC trigger time [s]	Sample no.	PTC trigger time [s]
1	10,4	11	12,4	21	8,9
2	10,5	12	13,2	22	9,6
3	13,1	13	10,2	23	13,2
4	12,7	14	10,5	24	12,5
5	12,6	15	11,8	25	9,5
6	13,2	16	9,9	26	11,0
7	12,6	17	11,2	27	10,3
8	10,3	18	13,5	28	10,1
9	9,8	19	13,7	29	13,2
10	12,1	20	12,6	30	13,5
Tb (average value) [s]					11,6
Standard deviation σ [s]					1,5
Max theoretical (+3σ) [s]					16,1

Affinché la prova dia esito positivo deve essere soddisfatta la condizione $T_b \leq 0,85 \times T_d$ che equivale ad affermare di avere almeno un margine del 15% tra il tempo di intervento del PTC e il tempo di distruzione del motore. Nel caso specifico il test è superato poiché anche al verificarsi del caso peggiore ($T_d = 271$) la condizione di accettazione risulta soddisfatta:

$$T_b = 0,043 \times T_d \leq 0,85 \times T_d$$

dove 0,043 è il rapporto tra $T_b = 11,6$ e $T_d = 271$.

5.3.6. RESISTENZA DI ISOLAMENTO

La resistenza di isolamento misura l'isolamento elettrico tra le componenti elettriche dell'attuatore che devono essere isolate. Pertanto, volendo verificare l'assenza di contatto elettrico tra di esse, l'esito della prova sarà positivo nel caso in cui si registrino valori di resistenza elevati (superiori a $100K\Omega$).

Una volta prelevati i 3 campioni da testare, la norma 32-03-251 –B suddivide la prova in due test distinti da eseguire a $23^\circ C \pm 5^\circ C$ al $60\% \pm 15\%$ di umidità relativa:

- **Test 1:** non applicabile poiché i terminali del connettore (a 2 poli) sono collegati tra loro tramite il motore CC interno;
- **Test 2:** consiste nel misurare la resistenza tra i terminali cortocircuitati tra loro e il corpo plastico dell'attuatore ricoperto da un foglio di alluminio sotto una tensione continua di **500V** per 60s (impostazione del test secondo 32-03-106 / ---). Lo strumento utilizzato per la misura della resistenza è il tester di isolamento Fluke 1507 s/n 32810110 (ZA3339).



Figura 34 "Set-up attrezzatura di prova"

I risultati della prova con i relativi esiti sono riportati nella seguente tabella:

Sample no.	Continuous voltage	Test duration	Measure [$M\Omega$]	RESULT
1	500 V	60 s	> 550	OK
2	500 V	60 s	> 550	OK
3	500 V	60 s	> 550	OK

Una prova analoga viene effettuata con una tensione di corrente alternata (test di rigidità dielettrica) al fine di verificare che non ci siano scariche elettriche, deformazioni e rotture dovute al passaggio di corrente.

5.3.7. RESISTENZA MECCANICA (BREAK IN)

Le finalità di questo test sono già state affrontate nella trattazione relativa agli audit di prodotto. In sede di qualifica questa prova viene eseguita su 9 campioni seguendo la procedura indicata dalla norma 32-03-251 –B.

L'esecuzione della prova richiede che l'attuatore venga montato su un corpo rigido con il suo sistema di fissaggio come definito sul disegno ed è chiuso in stato di blocco. Una volta bloccato l'attuatore viene sottoposto ad una forza di 150 N applicata sul punto di contatto flap/attuatore e orientato perpendicolarmente al flap in direzione dell'apertura del flap. Successivamente si procede attuando un ciclo operativo completo dell'attuatore.

La procedura descritta viene ripetuta a -30°C , 23°C , 80°C utilizzando nuovi campioni ma gli stessi strumenti di misura quali dinamometro Lloyd Instruments Lloyd Instruments LR50 K Plus (ZA2932) e la cella di carico Lloyd Instruments LC500N.



Figura 35 "Prova di break-in". Fonte: Cebi.

L'esito della prova è positivo se:

- l'attuatore non collassa sotto la forza;
- lo stato di posizione dell'attuatore non cambia;
- l'attuatore supera un test di funzionamento completo.

I risultati della prova con in relativi esiti sono riportati nella seguente tabella.

Sample no.	Sample condition	Test direction	Test speed	Test temperature	Required limit	Note	Result
1	Pivot locked	Traction	10 mm/min	23 °C	150 N	No breakage	OK
2						No breakage	OK
3						No breakage	OK
4	Pivot locked	Traction	10 mm/min	80°C	150 N	No breakage	OK
5						No breakage	OK
6						No breakage	OK
7	Pivot locked	Traction	10 mm/min	-30°C	150 N	No breakage	OK
8						No breakage	OK
9						No breakage	OK

5.3.8. RESISTENZA ALLA CADUTA

La prova di resistenza a caduta serve a verificare che in caso di caduta dell'attuatore non ci siano danni nascosti, ovvero dei danni interni che l'operatore non sia in grado di osservare dall'esterno. A tal fine la norma 32-03-251 --B richiede che 3 campioni siano lanciati in caduta libera da 1 metro di altezza su terreno duro (cemento armato) per tutti gli assi e le direzioni principali:

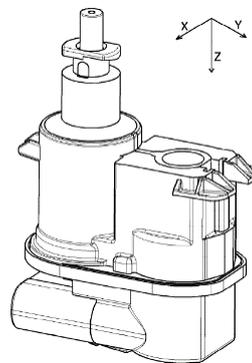


Figura 36 "Sistema di riferimento NPS". Fonte: Cebi

In seguito alla caduta si prova funzionalmente il pezzo e si ricercano eventuali danni visibili subiti nella caduta. Se entrambe le verifiche, funzionale ed estetica, hanno esito positivo il test risulta superato.

Gli esiti del test sono riportati nella seguente tabella.

Sample no.	Axis X		Axis Y		Axis Z		Function	Aspect	RESULT
	+	-	+	-	+	-			
1	1 fall	Correct	Good	OK					
2	1 fall	Correct	Good	OK					
3	1 fall	Correct	Good	OK					

5.3.9. ASSEMBLAGGIO/DISASSEMBLAGGIO POST-VENDITA

L'attuatore NPS viene venduto separatamente al modulo dello sportello carburante sul quale verrà montato. Di conseguenza il cliente Renault richiede di testare l'effettiva montabilità del pezzo sul modulo. Lo scopo della prova è quindi quello di valutare la montabilità del pezzo sul modulo e l'eventuale sostituibilità in caso di resi. Si tratta di una prova non standardizzata, le cui modalità di esecuzione sono state concordate con il cliente.

In base alla procedura concordata, in un primo step si determina la coppia di serraggio del sistema a baionetta a nuovo attraverso la relazione:

$$M = F \times d$$

dove F è la forza misurata con il dinamometro digitale Alluris FMI-220BU s/n JA9210B007 (ZA3170) e d è il braccio della forza rappresentato dalla distanza misurata dal calibro digitale 150 mm (ZA 2571).

Una rappresentazione sintetica delle modalità di esecuzione della prova è fornita dalla Tabella 4.

Movimento di installazione	Punto di applicazione e direzione della forza (F)	Distanza (d) tra l'attacco a baionetta e il punto di applicazione della forza
		

Tabella 4 "Illustrazione procedura di prova". Fonte: Cebi.

Il secondo step consiste nel replicare la misura dopo 5 operazioni di montaggio/smontaggio.

I tre campioni utilizzati superano il test se il valore della coppia misurato dopo 5 operazioni di smontaggio non differisce in maniera significativa dal valore misurato a nuovo.

I risultati della prova con in relativi esiti sono riportati nella seguente tabella.

Sample no.	Measure (new condition) [Nm]	Measure (after 5 assembly/disassembly) [Nm]	Variation	Requirement	RESULT
1	0,65	0,64	- 1,5 %	N/A	OK
2	0,61	0,60	-1,6 %		OK
3	0,59	0,61	+ 3,4 %		OK

CAPITOLO VI: CONTROLLI QUALITÀ DI PROCESSO

6.1. DOCUMENTAZIONE DI PROCESSO

La documentazione di processo è costituita dalla serie di documenti necessari all'organizzazione per garantire l'efficace pianificazione, funzionamento e controllo dei suoi processi nel lungo periodo.

È responsabilità del *Process Quality Engineer* mantenere aggiornato il database dei documenti di processo sul sistema informatico aziendale, e comunicare ai responsabili di reparto i relativi aggiornamenti. Il *Manufacturing*, su indicazione del *Process Quality Engineer*, ha il compito di mantenere aggiornate le copie cartacee in uso in produzione.

Nei successivi paragrafi si esamineranno nel dettaglio le tecniche e le relative registrazioni che si redirigono sin dalla fase di progettazione e sviluppo di prodotto.

6.1.1. "FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS"

La "*Failure Mode and Effect Analysis*" è una tecnica sviluppata intorno al 1960 per valutare e prevenire le possibili conseguenze catastrofiche dei potenziali modi di guasto. Un modo di guasto è un difetto che può mettere in crisi la funzionalità di un prodotto, necessitando di una riparazione più o meno urgente. L'analisi viene condotta da un gruppo di lavoro interdisciplinare che definisce, attraverso indicatori e un opportuno simbolismo, quelle che sono le aree di un prodotto/processo che presentano le cause di guasto o rottura più critiche sulle quali intervenire per mezzo di azioni correttive. L'utilizzo tempestivo della FMEA consente di poter prevenire gravi e costose varianti sul prodotto e sul processo successive alla fase di validazione, o perfino quando è già stato interessato l'utente finale.

Esistono difatti due tipologie di analisi FMEA: una FMEA di prodotto (Design FMEA), di responsabilità dell'area progettazione e una FMEA di processo (Process FMEA), di responsabilità dell'area industrializzazione. L'analisi deve essere eseguita non solo in fase di progettazione e sviluppo di nuovi prodotti e di nuovi processi, ma deve essere aggiornata e riesaminata in concomitanza con l'evoluzione del prodotto.

6.1.2. DESIGN FMEA

Prima di iniziare una DFMEA è necessario costituire un team di lavoro e raccogliere tutta la documentazione necessaria: disegni tecnici, campioni, distinte base, analisi FMEA di prodotti simili, ecc. L'analisi deve iniziare con uno schema funzionale a blocchi del prodotto che deve essere analizzato in modo da poter comprendere ed elencare per ciascun blocco la funzione elementare assoluta e la

caratteristica funzionale associata. Per caratteristiche funzionali si intendono le caratteristiche o le prescrizioni di progetto il cui mancato rispetto impedisce la corretta funzionalità del prodotto.

Quindi per prima cosa vengono analizzati i componenti della distinta base: a tal proposito si scompone il sotto-assieme o il prodotto in componenti, descrivendo le caratteristiche funzionali di ciascuno in termini di attributi fisici misurabili e interazioni fra i componenti. Analizzando la documentazione e lavorando in team si cerca di associare ad ogni funzione elementare uno o più modi di guasto potenziali. Con modo di guasto si indica uno scostamento di un componente o un sotto-assieme dai requisiti/specifiche di progetto che può far perdere al componente la capacità di assolvere il proprio compito. Ad ogni modo di guasto viene poi associato un effetto sulla funzione e su come esso viene percepito dal cliente finale andandone a valutare la gravità (G). La gravità infatti è la valutazione dell'effetto che il guasto, manifestandosi, provoca sul cliente finale. Si esprime attraverso un valore crescente da 1 a 10 in base a quanto il modo di guasto possa compromettere le funzionalità del prodotto in maniera più o meno reversibile e se possa mettere in pericolo la sicurezza dell'utilizzatore. Un potenziale modo di guasto che provoca un mancato rispetto dei requisiti di sicurezza presentandosi senza preavviso e compromettendo la sicurezza del veicolo, dei suoi occupanti e di altri, viene classificato con un indice di gravità pari a 10.

Definita la gravità si procede cercando una o più cause e per ciascuna di essa si valuta la probabilità (P) di accadimento. La causa ci permette di capire per quale motivo si manifesta la riduzione o l'annullamento della funzione elementare esaminata. Tipiche cause di guasto possono essere: materiale errato, eccessivo carico, durezza insufficiente, overstress elettrico, ecc. La probabilità si esprime attraverso un valore compreso tra 1 e 10 (dal meno al più probabile) e anche in questo caso esistono criteri oggettivi per l'assegnazione di un determinato valore, come ad esempio la frequenza in base agli incidenti per parte; si deve poi anche andare a valutare la rilevabilità (R) di un determinato modo di guasto attraverso una determinata modalità di controllo.

Tutte le precedenti sono delle attività che vengono predisposte e pianificate per il periodo di sviluppo del prodotto, mirando a rilevare potenziali modi di guasto attraverso un'elencazione dei controlli attualmente previsti in termini di verifiche, riesami, validazioni di progetto, prove su prototipi, test di laboratorio, ecc.

L'indice di rilevabilità permette di valutare la probabilità che il guasto, manifestandosi, non venga rilevato dai controlli esistenti sul prodotto; essa inoltre individua la capacità di non far arrivare all'utente prodotti con caratteristiche difettose ed è espressa su una scala qualitativa tra 1 e 10 (dal più al meno rilevabile). Come nei precedenti indici sono definiti criteri oggettivi per l'assegnazione della rilevabilità: se i controlli di progettazione non sono in grado di intercettare una potenziale causa ed il conseguente modo di guasto rende la rilevabilità quasi impossibile allora l'indice sarà pari a 10. Una volta individuati G, P, e R è possibile determinare l'IPR, l'indice di priorità di rischio. Questo indice è dato dal prodotto dei coefficienti di gravità, probabilità e rilevabilità e deve essere calcolato per ogni causa di guasto.

$$\text{IPR} = G \cdot P \cdot R1 \leq \text{IPR} \leq 1000$$

La valutazione consiste nello stabilire delle soglie di valori IPR o dei valori dei coefficienti al di là delle quali raccomandare delle azioni correttive di miglioramento. Le attività di miglioramento hanno lo scopo di ridurre la gravità dell'effetto, la probabilità delle cause e la rilevabilità. Le attività che comportano una riduzione di G e P sono inerenti alla revisione del progetto, attraverso ad esempio l'utilizzo di esperimenti programmati, di modifiche delle tolleranze e di modifiche alle specifiche sui materiali. Le attività che invece comportano una riduzione dell'indice di rilevabilità R sono l'inserimento di prove sperimentali, verifiche, riesami, revisioni e validazioni di progetto.

6.1.3. PROCESS FMEA

La PFMEA segue a grandi linee il procedimento della DFMEA. Anche in questo caso è necessario definire il team di lavoro interfunzionale e poi andare a raccogliere tutta la documentazione necessaria che però non farà riferimento esclusivamente al prodotto, bensì piuttosto a quello che è il processo produttivo. Troveremo infatti il flow-chart preliminare, il layout di processo, i cicli di lavoro, la Design FMEA, ecc. L'analisi deve iniziare con l'identificazione delle varie fasi elementari e operazioni del processo produttivo che devono essere descritte esplicitando lo scopo dell'operazione e/o controllo. A ciascuna fase possono essere associate caratteristiche di prodotto e di processo alle quali devono essere associati uno o più modi di guasto potenziali che possono mettere in crisi il processo di produzione. Individuati i modi di guasto, la determinazione dell'indice IPR è sempre la stessa: si determina un valore per la gravità dell'effetto, un valore per la probabilità della causa e un valore per la rilevabilità del modo di guasto mediante una determinata azione di controllo e si moltiplicano i tre fattori.

I criteri per l'assegnazione dei punteggi sono gli stessi della DFMEA, focalizzandosi nell'analisi sul processo di produzione più che sul prodotto. Tipologie di controllo tipiche in questi casi sono: dispositivi antierrore, dispositivi audiovisivi di allarme, test in linea o fuori linea, verifica di set up delle macchine. I criteri di intervento sono gli stessi della DFMEA ed è importante evidenziare che in una corretta politica di zero difetti i coefficienti P ed R tendono al valore 1.

Vengono poi definiti i provvedimenti raccomandati atti a ridurre il valore dell'indice di priorità di rischio originario: ad esempio modifiche di prodotto e di processo, che consentono di ridurre la probabilità e miglioramenti dei controlli esistenti per aumentare la rilevabilità delle cause e dei modi di guasto.

Se l'indice priorità di rischio è significativamente alto e/o lo è il parametro di gravità sarà necessario intraprendere delle azioni correttive che verranno riportate nel documento insieme al responsabile di tali azioni e alle relative scadenze di implementazione. Per verificare la "bontà" delle azioni intraprese si ricalcherà l'indice di priorità di rischio: se risulta inferiore rispetto il precedente allora le azioni correttive avranno avuto successo, misurabile nella riduzione del suddetto indice.

6.1.4. CONTROL PLAN

Il “*Control Plan*”, noto anche come griglia di controllo, riporta sinteticamente tutte le operazioni di controllo effettuate durante la lavorazione del prodotto, dall’accettazione alla spedizione del prodotto finito, al fine di garantire un risultato senza difetti e mantenere il processo in controllo nel lungo periodo. Per la corretta ed efficace individuazione delle ispezioni di prodotto e di processo si ricorre preliminarmente a una analisi dei modi di fallimento (PFMEA), tipicamente condotta da un team di lavoro interdisciplinare.

Tutti i *Control Plan* Cebi si scompongono nelle seguenti sezioni:

- intestazione
- griglia di controllo suddivisa per fasi di processo
- control plan core team
- storico delle revisioni
- approvazione speciale per i prodotti di sicurezza.

L’intestazione riporta tutte le informazioni necessarie per identificare univocamente il processo quali:

- **Control plan name** – coincide con il nome del prodotto da realizzare, nel caso in esame l’attuatore NPS.
- **Control plan number** – identificativo numerico del control plan.
- **Process phase** – rappresenta la fase di avanzamento del progetto (prototipazione, produzione preserie, produzione in serie).
- **DWG N°** - codice cliente associato al prodotto.
- **CEBI IT DWG** – codice interno Cebi del prodotto.
- **Customer** – cliente/i a cui è destinato il prodotto.
- **Customer logo** – logo del cliente o dei clienti.
- **Supplier** – fornitori della materia prima e delle componenti.
- **Production site** – stabilimento produttivo.

 CEBITALY Assicurazione Qualità 01-20-19-02 2021-06-16 Livello di confidenzialità: confidential		CONTROL PLAN		Rev. XX Date: gg/mm/aaaa Pagina: 1 di 3
CONTROL PLAN NAME:			Codice Doc	CP_nnnYm
CUSTOMER:	SUPPLIER: CEBI ITALY	SUPPLIER CODE:	ASSEMBLY LINE:	
PROTOTYPE	PRE-LAUNCH	PRODUCTION	FIRST REVISION DATE:	
DWG No :	CEBI DWG:	DESCRIPTION	ODM/GS:	

Figura 37 "Intestazione Control Plan". Fonte: Cebi.

L'intestazione è seguita dalla griglia di controllo, ossia una tabella le cui colonne riportano le caratteristiche da testare con i relativi metodi di misura, la frequenza di controllo e la dimensione del campione:

No.	OP.	DWG.	CHARACTERISTICS		CHARACTERISTIC / PARAMETER TO BE TESTED	SPECIAL CHAR. CLASS.	PROD / PROC SPEC. / TOLER.	EVALUATION MEASUREMENT TECHNIQUE	METHODS		CONTROL METHOD	REACTION PLAN
			MACHINE / DEVICE / JIG / TOOLS	PART NAME / OPERATION DESCRIPTION					SAMPLE			
									SIZE	FREQ.		
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												

Figura 38 "Griglia di controllo". Fonte: Cebi.

La tabella si suddivide in diverse sezioni corrispondenti alle diverse fasi del ciclo di vita del processo produttivo da cui discenderanno gli specifici documenti di processo:

- **Incoming inspection components for suppliers** – insieme delle operazioni di ispezione condotte su tutto il materiale di fornitura esterna destinato ai cicli produttivi.
- **Assembly process** – operazioni di verifica svolte durante la fase di assemblaggio dei componenti.
- **GP12 reinforced controls** – tutti i controlli aggiuntivi relativi all'esecuzione delle operazioni produttive che vengono eseguiti nella fase di "ramp-up".
- **Process audit** – controlli effettuati su un numero limitato di prodotti finiti prelevati a fine linea.
- **Finished product audit from outgoing goods warehouse** – l'audit di magazzino consiste in una serie di controlli condotti su prodotti finiti imballati e stoccati in magazzino PF.
- **Requalification** – verifiche periodiche sul prodotto e sulle componenti con caratteristiche critiche, in genere costituite da test di laboratorio per verificarne la conformità lato normativo e lato cliente.

6.1.6. SCHEDA BENESTARE DI AVVIO PRODUZIONE

La scheda Benestare di Avvio Produzione (Scheda BAP) sintetizza tutte le operazioni richieste per avviare la produzione alla fine di ogni set-up, dopo eventuali interventi di manutenzione e quando espressamente richiesto dal PFC.

Il benessere di avvio produttivo prevede:

- la verifica dei parametri di set-up delle macchine e delle linee;
- il passaggio dei master e dei pezzi trappola per testare la correttezza della risposta delle linee;
- la verifica della presenza di cassette e contenitori per la raccolta di prodotti finiti, semilavorati e scarti;
- il pre-avvio della produzione e controllo di conformità dei primi pezzi.

In particolare, per ogni controllo da effettuare devono essere specificati la stazione di riferimento, la caratteristica di qualità da controllare e la relativa classificazione (di sicurezza, critica, importante, secondaria), le tolleranze (se presenti), la descrizione dello strumento da utilizzare, la frequenza del controllo ed il numero di pezzi da sottoporre a verifica.

L'esito del BAP è positivo solo se tutti i controlli indicati nella scheda BAP sono stati superati con esito positivo, mentre la mancanza o l'esito negativo anche di uno solo dei controlli richiesti costituisce esito negativo per l'intero BAP. L'esito negativo non autorizza l'avvio della produzione e richiede l'attivazione del piano di reazione per ripristinare le anomalie che lo hanno provocato con conseguente ripetizione dei controlli.

	CEBITALY Assicurazione Qualità 04-PFC-12_01 2020-11-10	SCHEDA B.A.P.	Rev. XX Data: gg/mm/aaaa Pagina: 1 di 1			
Prodotto:	Codice Doc: BAPnnnYm					
Cliente:	Tipo:					
Inserire Codici Prodotto finito interessati						
B.A.P.						
CONTROLLI DA EFFETTUARE AD AVVIO PRODUTTIVO						
CHECK N°	STAZ. N°	CARATTERISTICA DA CONTROLLARE	CIC	DIMENSIONI	DESCRIZIONE MEZZO	FREQ.
1						INIZIO PRODUZIONE
2						INIZIO PRODUZIONE
3						INIZIO PRODUZIONE
4						INIZIO PRODUZIONE
5						INIZIO PRODUZIONE
6						INIZIO PRODUZIONE
7						INIZIO PRODUZIONE
8						INIZIO PRODUZIONE
9						INIZIO PRODUZIONE
10						INIZIO PRODUZIONE
11						INIZIO PRODUZIONE
12						INIZIO PRODUZIONE
13						INIZIO PRODUZIONE
14						INIZIO PRODUZIONE
15						INIZIO PRODUZIONE
PIANO DI REAZIONE						
<ul style="list-style-type: none"> • IN CASO DI DUBBI SUI CONTROLLI DA EFFETTUARE, CONSULTARE I PFC DELLE STAZIONI E/O CONSULTARE IL PERSONALE DELLA QUALITÀ. • IN CASO DI CONTROLLO BAP NON CONFORME A QUANTO INDICATO NEI PUNTI DI CONTROLLO, FERMARE LA PRODUZIONE ED AVVERTIRE IL PERSONALE DELLA QUALITÀ, SEGNALANDO LA NON CONFORMITÀ (RILEVATA). 						
GESTIONE REVISIONI						
REV.	DATA	DESCRIZIONE				WISTO

Figura 41 "Scheda BAP". Fonte: Cebi.

L'implementazione del piano di monitoraggio pre-lancio richiede l'installazione di una o più stazioni GP12, imperativamente fuori linea, separate e indipendenti dal processo di produzione standard e situate alla fine del processo dopo il confezionamento. Salvo diverse indicazioni del cliente la postazione o le postazioni GP12 rimarranno sul posto per tutta la durata della fase di *ramp-up* o per almeno due settimane dopo l'inizio della serie.

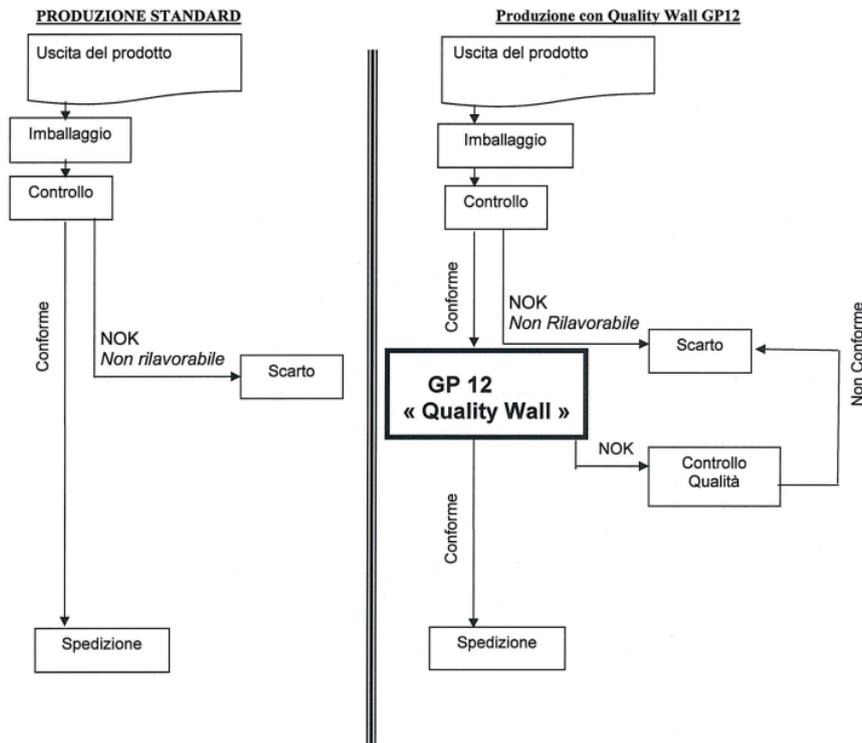


Figura 43 "Confronto tra produzione standard e produzione con Quality Wall GP12". Fonte: Cebi.

Durante il suo operato l'addetto preposto ai controlli GP12 è guidato dalla scheda controlli GP12 corredata da immagini che ne facilitano la comprensione. La scheda riporta inoltre il piano di reazione da attuare in seguito al rilevamento di difettosità del prodotto e le richieste specifiche del cliente in merito alla durata dei controlli GP12.

I controlli GP12 predisposti per l'attuatore NPS prevedono 7 controlli aggiuntivi di natura sia visiva che funzionale:

1. verifica della posizione, nitidezza e conformità della timbratura laser



2. verifica dell'integrità e dell'aspetto generale dell'attuatore



3. verificare pushando il perno che questo scorra senza frizionare e che torni nella posizione di riposo autonomamente



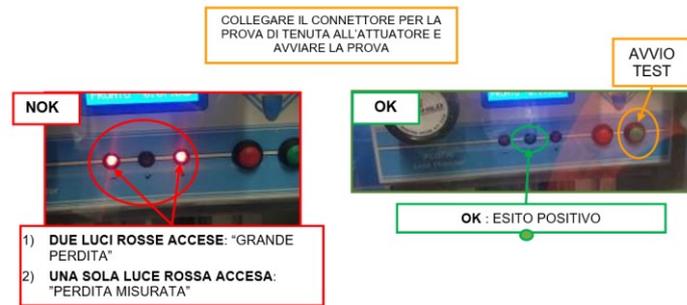
4. verifica della corretta saldatura del coperchio



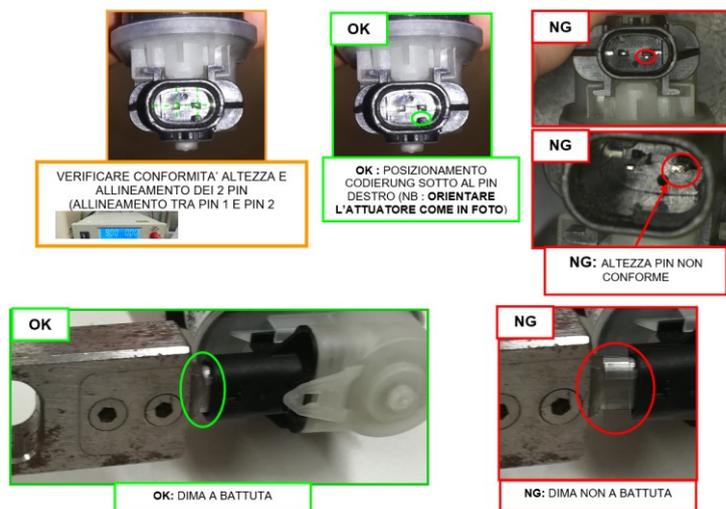
5. verifica della corretta funzionalità elettrica dell'attuatore



6. effettuare la prova di tenuta ad aria mediante apposita attrezzatura



7. verifica della corretta altezza e allineamento dei due pin nella sede connettore e conformità codierung con apposita attrezzatura



6.1.9. PIANO DI FABBRICAZIONE E CONTROLLO

Il Piano di Fabbricazione e Controllo (PFC) rappresenta una sorta di manuale per aiutare l'operatore nella realizzazione del prodotto finito ed è generalmente redatto per ogni postazione o fase di lavoro.

Il documento riporta inoltre il/i codice/i prodotto, la descrizione delle singole operazioni, i materiali e i componenti necessari, le istruzioni di lavoro, eventuali parametri macchina da controllare e le istruzioni di controllo e autocontrollo estratte dal CP e i piani di reazione.

Al fine di facilitare la lettura e la comprensione del documento:

- le informazioni vengono organizzate in appositi riquadri con bordature diverse;
- le istruzioni di lavorazione sono corredate di fotografie poste alla fine della scheda;
- per i controlli visivi si indica sempre il riferimento a campioni fisici con immagini che specifichino i limiti di accettabilità.



Figura 44 "Estratto PFC della stazione ST90 della linea di assemblaggio NPS"

6.1.10. REACTION PLAN

Durante il processo di realizzazione di un prodotto si possono rilevare delle non conformità che la norma UNI EN ISO 9001:2015 definisce come il mancato soddisfacimento di un requisito applicabile e definito dalle specifiche. Tale requisito potrà riferirsi ad un prodotto o ad un processo, di conseguenza si parla rispettivamente di non conformità di prodotto e di non conformità di processo.

In funzione della fase del ciclo produttivo in cui viene riscontrata la non conformità si applica uno specifico piano di reazione che definisce le azioni da intraprendere per la loro gestione.

In particolare, la procedura Cebi "PR-08_02 Controllo e Trattamento del Prodotto Non Conforme" individua 4 piani di reazione:

- PR1- INCOMING COMPONENTI E SEMILAVORATI

Qualora si rilevi una non conformità in fase di accettazione è richiesta la compilazione di un RNC (rapporto di non conformità) con l'obiettivo di rendere disponibili le informazioni relative allo scarto a tutti gli enti interessati (qualità, produzione, logistica, ecc.). Il lotto da cui è stato prelevato lo scarto dovrà essere segregato e l'ingegnere di qualità di processo, in accordo con i supplier quality manager, dovrà stabilire il trattamento finale del materiale scartato: selezione interna, selezione esterna o deroga momentanea. Qualsiasi sia la decisione, essa dovrà essere notificata al fornitore.

- PR2-TRASFERIMENTO COMPONENTI/SEMILAVORATI DA MAGAZZINO A LINEE DI ASSEMBLAGGIO, FABBRICAZIONE SEMILAVORATI, ASSEMBLAGGIO PRODOTTO FINITO, COLLAUDO PRODOTTO,

TRASFERIMENTO PRODOTTO COLLAUDATO DA LINEE DI ASSEMBLAGGIO A DELIBERA PRODOTTO FINITO, FALLIMENTO CONTROLLO BAP (MASTER)

I materiali scartati risultanti dal ciclo di lavorazione devono essere raccolti in appositi contenitori predisposti lungo il processo produttivo. Questi contenitori devono essere regolarmente svuotati a fine turno prelevando i prodotti e identificati attraverso un cartellino rosso da applicare sull'imballo. È responsabilità della produzione e della qualità stabilire se la causa della non conformità è attribuibile a lavorazioni interne o affidate esternamente. Qualora in seguito all'apertura di un RNC emerga la responsabilità di un fornitore, quest'ultimo dovrà effettuare ed inviare un'analisi "8D-Problem Solving".

- **PR3-AUDIT DI PRODOTTO**

Le non conformità relative a prodotti finiti prelevati dall'ultima stazione di assemblaggio, quindi non direttamente intercettate dalla linea, sono gestite in maniera analoga alle precedenti: anche in questo caso verrà aperto un rapporto di non conformità e si cercherà di individuare l'intervallo temporale in cui le non conformità si sono manifestate in modo da poter identificare e segregare gli stock prodotti in quell'intervallo temporale. Per l'identificazione dei problemi si procede con la metodologia del problem solving.

- **VERIFICA AFFIDABILITÀ PRODOTTO FINITO, AUDIT DI PRODOTTO FINITO**

Le non conformità individuate attraverso un audit di prodotto finito da magazzino vengono gestite con le stesse modalità della procedura precedente.

6.2. I CONTROLLI IN ACCETTAZIONE

6.2.1. ACCETTAZIONE ARRIVI IN CEBI

In funzione del livello di criticità che assume per il prodotto finito o delle richieste specifiche del cliente, il materiale in arrivo deve superare diversi tipi di controllo successivi:

- controllo generale correttezza DDT e integrità imballo;
- controllo accettazione logistico;
- controllo accettazione qualità.

Secondo la procedura aziendale, appena ricevuta la merce, si verifica la correttezza della documentazione di trasporto (DDT) e l'integrità dell'imballo. Se entrambe le verifiche si concludono con esito positivo il materiale può essere inviato al magazzino per il controllo logistico.

Contrariamente, in caso di documentazione di trasporto errata il materiale viene respinto, mentre di fronte a una non conformità dell'imballo la procedura indica due diverse modalità di risposta. Nel caso che l'imballo danneggiato contenga merce urgente il materiale viene posizionato nell'area "Imballi Danneggiati" in attesa di essere prelevato per la verifica di integrità del materiale. Nel caso in cui la merce risulti integra si prosegue con il controllo di accettazione logistico, previa sostituzione dell'imballo; altrimenti si effettua il reso al fornitore. Se invece l'indisponibilità della merce non determina l'arresto della produzione essa viene respinta e si procede con l'apertura di un Rapporto di Non Conformità (RNC).

Il controllo logistico inizia con l'identificazione del materiale da sottoporre al controllo dell'imballo singolo e si conclude con la stampa del cartellino identificativo che ne attesta l'esito positivo. Nel caso in cui emergano lievi danneggiamenti dell'imballo il materiale può essere accettato in deroga con l'apposizione del cartello "accettato", con data e firma dell'operatore della qualità. Qualora invece l'imballo risulti gravemente danneggiato, si apre un RNC al fornitore e si verifica la conformità del materiale. Se anche il materiale ha subito dei danni rilevanti la merce viene resa al fornitore, altrimenti si sostituisce l'imballo e si procede con il controllo accettazione qualità.

La modalità di esecuzione del controllo accettazione qualità è funzione di un criterio di rotazione e dipende dai risultati ottenuti sulle consegne precedenti, pertanto è di fondamentale importanza la manutenzione della "Lista Fornitori in Controllo" che segnala i fornitori da sottoporre a controllo sulla base di una loro classificazione. Se il materiale da essi fornito è soggetto a verifica si avvia il piano di controllo, altrimenti viene direttamente classificato come disponibile per la produzione.

Il piano di controllo, insieme alle schede di controllo caratteristiche, definisce le caratteristiche di qualità da controllare e le relative modalità di controllo. Se l'esito delle verifiche è positivo il materiale viene stoccato nel magazzino materie prime e reso disponibile per la produzione, mentre in caso di parametri non conformi al relativo disegno cliente si deve identificare il materiale non conforme con un'etichetta rossa e aprire un RNC con conseguente inserimento nell'apposita sezione del gestionale "AS400" di eventuali addebiti da contestare al fornitore.

Il sistema informatico aziendale "AS400" segnala i codici da sottoporre a controllo congiuntamente alla frequenza di controllo. Secondo la procedura di accettazione i nuovi prodotti che si trovano nella fase di preserie sono in regime di "*Safe launch plan*" e non possono avere accesso diretto alla procedura *Skip-Lot*, ma devono essere sottoposti a controlli di accettazione con frequenza 1/1. Gli altri codici a disegno devono essere controllati con esito positivo per almeno due lotti consecutivi (frequenza 1/1) per avere accesso alla procedura *Skip-Lot*.

La verifica periodica avviene sulla base del numero di lotti entrati in magazzino con frequenze stabilite in funzione della criticità del prodotto:

- i prodotti “**di sicurezza**” devono essere controllati con una frequenza minima di 1/5;
- i prodotti definiti “**critici**” in base alla valutazione di rischio (FMEA) o su specifiche richieste del cliente devono essere oggetto di controllo con una frequenza minima di 1/10;
- i prodotti “**normali**” possono essere controllati con una frequenza da 1/10 a 1/99 in base allo storico, alla valutazione del fornitore, alla dimensione e alla frequenza del lotto;
- i prodotti “**free-pass**” non necessitano di alcun controllo, per essi è richiesta la sola autocertificazione del fornitore. Tipicamente questi prodotti sono rappresentati da materie prime sottoposte a particolari trattamenti termici o superficiali certificati dal fornitore stesso. Possono accedere al livello “free-pass” anche quei componenti non critici per la funzionalità del prodotto che hanno registrato almeno due cicli completi di *Skip-Lot* con esito positivo.

Indipendentemente dalla classe di prodotto, dopo ogni lotto soggetto ad una RNC la frequenza di controllo deve essere riportata ad 1/1 per almeno due lotti consecutivi re-inizializzando la procedura.

6.2.2. CONTROLLI ACCETTAZIONE QUALITÀ NPS

Tutti i componenti dell’attuatore NPS sono acquistati esternamente da fornitori certificati IATF 16949:2016 o da fornitori certificati ISO 9001:2015 impegnati in un percorso di certificazione IATF. Tali certificazioni costituiscono un requisito minimo per poter operare nel settore automotive, dove i prodotti devono soddisfare i massimi livelli di qualità, sicurezza e affidabilità, a partire dai singoli componenti la cui qualità determina il valore del prodotto finale.

Essendo l’attuatore NPS un nuovo prodotto in regime di “*Safe launch plan*”, tutti i lotti dei singoli componenti sono sottoposti a controlli di accettazione con una frequenza 1/1.

Il numero di articoli ispezionati per ogni lotto è a discrezione del *Quality Manager* e del *Process Quality Engineer* sulla base della dimensione del lotto e della frequenza di arrivo.

Per ogni componente le modalità di campionamento, le caratteristiche controllate, la classe di importanza di quest’ultime e lo strumento di misura utilizzato sono indicati nell’*Inspection Plan*.

A scopo esemplificativo si riportano gli estratti dell’*Inspection Plan* del perno relativi alle HCPP. Nel caso specifico il campionamento del perno prevede il prelievo di un pezzo per ogni cavità dello stampo fornitore da ciascun lotto da esso ricevuto.

Operazione: B7368.xx_Operazione-Incoming [Italian]		Stazione di Metrologia - prova: Incoming	Tipo di prova: Controllo lotto
4	Q4	+	
<p>Tipo di strumento di prova:</p> <p>Classe caratteristica: + Caratteristica importante</p> <p>Classe errori: Principale</p> <p>Dimensione disegno: 7,4 +/-0,1 mm</p> <p>Grandezza nominale: 7,40 mm</p> <p>LNI: 7,30 mm</p> <p>LNS: 7,50 mm</p> <p>Piano di campionamento casuale: Incoming, 1 pz. / Cavità / Lotto produttiv</p> <p>Formula:</p> <p>Variabile:</p>			
5	Q5	+	
<p>Tipo di strumento di prova:</p> <p>Classe caratteristica: + Caratteristica importante</p> <p>Classe errori: Principale</p> <p>Dimensione disegno: 1,7 +/-0,05 mm</p> <p>Grandezza nominale: 1,700 mm</p> <p>LNI: 1,650 mm</p> <p>LNS: 1,750 mm</p> <p>Piano di campionamento casuale: Incoming, 1 pz. / Cavità / Lotto produttiv</p> <p>Formula:</p> <p>Variabile:</p>			
6	Q6	+	
<p>Tipo di strumento di prova:</p> <p>Classe caratteristica: + Caratteristica importante</p> <p>Classe errori: Principale</p> <p>Dimensione disegno: 3,7 +/-0,1 mm</p> <p>Grandezza nominale: 3,70 mm</p> <p>LNI: 3,60 mm</p> <p>LNS: 3,80 mm</p> <p>Piano di campionamento casuale: Incoming, 1 pz. / Cavità / Lotto produttiv</p> <p>Formula:</p> <p>Variabile:</p>			
7	Q7	+	
<p>Tipo di strumento di prova:</p> <p>Classe caratteristica: + Caratteristica importante</p> <p>Classe errori: Principale</p> <p>Dimensione disegno: 12 +/-0,05 mm</p> <p>Grandezza nominale: 12,000 mm</p> <p>LNI: 11,950 mm</p> <p>LNS: 12,050 mm</p> <p>Piano di campionamento casuale: Incoming, 1 pz. / Cavità / Lotto produttiv</p> <p>Formula:</p> <p>Variabile:</p>			

Figura 45 "Estratto Inspection Plan riguardo le HCAPP verificate durante il controllo in accettazione". Fonte: Cebi.

6.3. I CONTROLLI IN LINEA

I controlli automatici (al 100%) *in process* rappresentano uno dei principali strumenti per garantire l'idoneità di processo prevenendo e intercettando le non conformità.

La prevenzione della realizzazione di parti non conformi si persegue attraverso la predisposizione di controlli automatici lungo la linea di produzione, in particolare dopo operazioni sul semilavorato che potrebbero influire in modo decisivo sulla conformità o meno dell'attuatore e ne determinano lo scarto immediato. L'intercettazione dei prodotti finiti non conformi è invece demandata alle stazioni di collaudo poste a fine linea (EOL).

Nella sua configurazione attuale la linea di assemblaggio dell'attuatore NPS è costituita da:

- due stazioni di assemblaggio e caricamento manuale, la prima per il montaggio del gruppo perno e della molla nel guscio dell'attuatore (ST10), la seconda per l'inserimento del gruppo motore e del locker (ST90, dotata di telecamera per ispezioni visive);
- una stazione automatica per il controllo della correttezza del codice motore (con PTC) e della presenza della molla (ST110);
- tre stazioni di assemblaggio automatico dell'upper cam, del coperchio e del connettore;
- una stazione di saldatura laser con controlli di processo integrati;
- una stazione automatica per le prove di tenuta ad aria;
- quattro stazioni di collaudo automatiche;
- una stazione per la timbratura laser del marchio, del part number, del codice Cebi del prodotto, della data e dell'orario di produzione

Le diverse stazioni sono disposte secondo un layout ad anello che offre il vantaggio della compattezza e della ricircolazione dei pallet vuoti rendendoli nuovamente disponibili alla prima stazione presente nella linea.

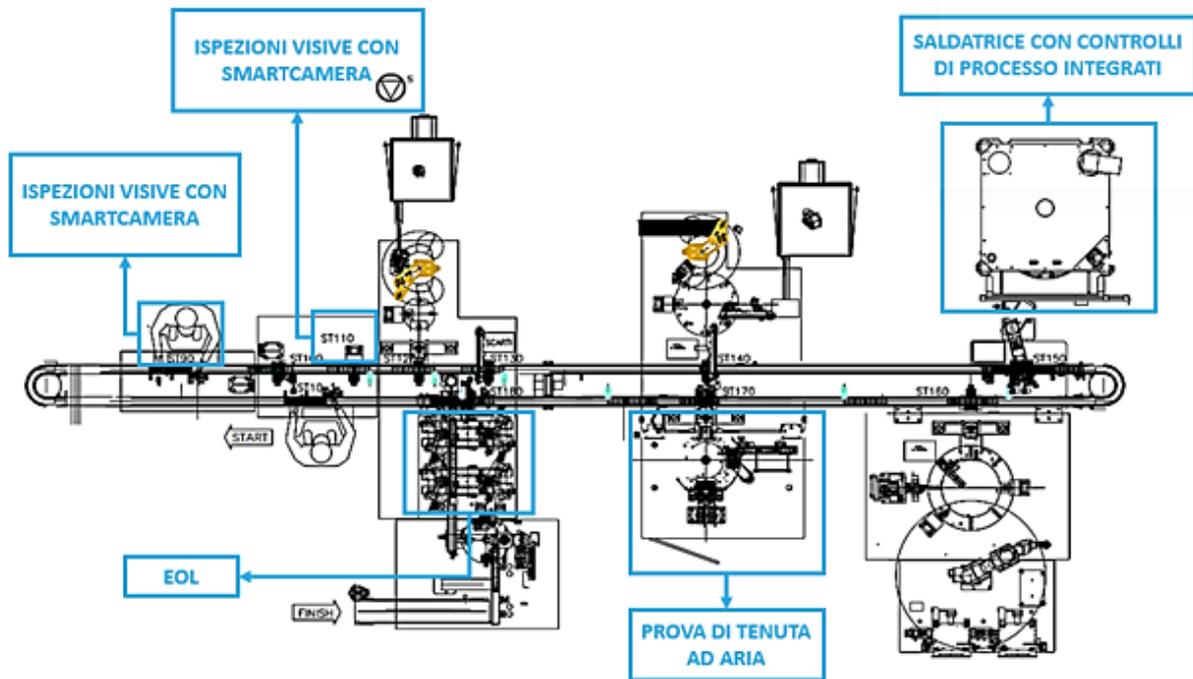


Figura 46 "Layout della linea di assemblaggio dell'attuatore NPS con indicazione dei punti di controllo"

6.3.1. ISPEZIONI VISIVE MEDIANTE SMART CAMERA

Seguendo il ciclo di assemblaggio la prima forma di controllo automatico che si incontra nella linea è costituita da soluzioni integrate di ispezione visiva in grado di effettuare una grande varietà di ispezioni e misurazioni con velocità di elaborazione e livelli di risoluzione elevati.

La smart camera OMRON FHV7 presente nella stazione ST90 è una fotocamera compatta progettata per applicazioni avanzate di controllo qualità come la rilevazione della presenza e del posizionamento delle componenti con una precisione superiore a quella umana. Come tutte le smart camera, la OMRON FHV7 è in grado di rilevare e mostrare a video le non conformità per ciascun prodotto attraverso il confronto tra l'immagine acquisita e le immagini di riferimento salvate in memoria. La peculiarità di questo modello è l'algoritmo di compressione ad alta velocità delle immagini che consente di comprimere le immagini ispezionate ad alta velocità permettendo il salvataggio di tutti i dati delle immagini anche durante la misurazione e la massima tracciabilità nei processi di produzione dove il controllo della qualità è fondamentale.



Figura 47 "Smart camera OMRON FHV7 in linea di assemblaggio".

Nel caso specifico la OMRON FHV7 si occupa di verificare:

- la presenza e il corretto posizionamento del gruppo pivot;
- la presenza dei 3 punti di ingrassaggio;
- il corretto orientamento della madre vite sul motore;
- il corretto orientamento del motore nel guscio.



Figura 48 "Verifica della presenza e posizionamento gruppo pivot e dei tre punti di ingrassaggio".

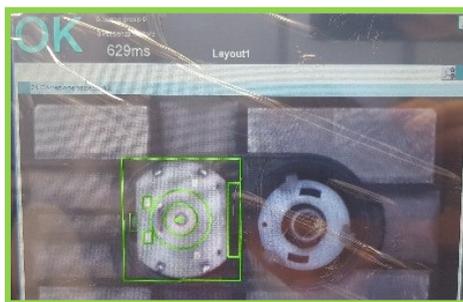


Figura 49 "Verifica corretto orientamento della madre vite sul motore e del gruppo motore nel guscio"

Per quanto riguarda la stazione ST110, la smartcamera OMRON FQ2-D rispetto all'altra telecamera offre anche funzionalità avanzate tra cui la ricerca forma, l'ispezione colore, OCR, la lettura e la verifica dei codici. Questa smartcamera è stata infatti installata per verificare la correttezza del codice motore e della presenza della molla di compressione. Occorre verificare la correttezza del codice motore perché sulla stessa linea viene assemblato un'altra versione di NPS con un motore privo di PTC. In process non sono previsti controlli specifici relativi al PTC, le sue caratteristiche tecnico funzionali vengono testate solamente in fasi di qualifica del prodotto.



Figura 50 "Motore con PTC"



Figura 51 "Verifica presenza della molla di compressione".

Per poter testare il corretto funzionamento di queste smartcamere nel rilevare tutti i vari componenti, riconoscerli ed essere in grado esprimere un giudizio sulla loro conformità (OK o NOK) vengono utilizzati dei pezzi master. I pezzi master soddisfano solo determinate specifiche tralasciandone alcune: ad esempio un pezzo master per la ST90 potrebbe essere un semiassemblato con tutti i punti di ingrassaggio e con tutti i componenti correttamente posizionati eccetto il motore, mentre un possibile pezzo master per la stazione ST110 potrebbe essere un semiassemblato con la molla correttamente inserita ma con un motore col codice errato (e quindi privo di PTC). I master consentono di accertare se effettivamente il sistema di controllo, nel caso in esame la smartcamera, scarta il pezzo indicandone la corretta motivazione (in relazione agli esempi precedente: il pezzo non è conforme per errato posizionamento del motore oppure il pezzo non è conforme per codice motore errato).

6.3.2. CONTROLLO INTEGRATO PROCESSO DI SALDATURA LASER

La stazione di saldatura laser è costituita da una saldatrice laser con controllo di processo integrati in grado di saldare e testare il corretto andamento del processo di saldatura di due semiassemblati in contemporanea. Questo modello di saldatrice offre la possibilità di settare i parametri di processo e di controllo da pannello. In funzione dei valori da essi assunti, l'unità di controllo della saldatrice laser determina la corretta esecuzione della saldatura.

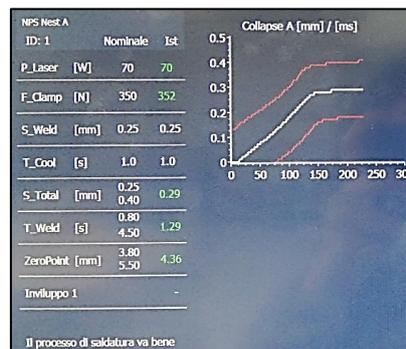


Figura 52 "Parametri di processo e di controllo della saldatrice a laser"

I **parametri di processo** sono costituiti da:

- potenza del fascio laser (P_{Laser});
- forza applicata dalla campana di saldatura sul coperchio dell'attuatore (F_{Clamp});
- “affondamento” del coperchio sul guscio durante l'erogazione di potenza (S_{Weld});
- tempo di raffreddamento (T_{Cool}).

I **parametri di controllo** sono invece rappresentati da:

- affondamento totale (S_{Total}) composto da
 - affondamento durante l'erogazione di potenza (S_{Weld});
 - affondamento che il coperchio subisce dopo l'erogazione del fascio laser durante tutto il tempo raffreddamento (T_{Cool}), considerando che la campana di saldatura continua ancora ad applicare sul coperchio dell'attuatore la forza (F_{Clamp});
- tempo di saldatura durante l'erogazione del fascio laser (T_{Weld});
- quota in cui la campana si appoggia sul pezzo e inizia l'affondamento (*ZeroPoint*).

Qualora il valore di uno di questi parametri esca dalla finestra descritta dai limiti di controllo è previsto lo scarto immediato del pezzo bloccandone prosecuzione lungo la linea. Particolarmente importante è l'affondamento totale, poiché in presenza di uno scarso collasso la saldatura non è in grado di soddisfare i livelli di ermeticità richiesti dalla specifica del grado di protezione IP6K9K, d'altro canto un'eccessiva saldatura rischierebbe di danneggiare i componenti (es. cricche su coperchio o guscio) o di modificare gli ingombri dei componenti interni causando malfunzionamenti (es. albero motore che andrebbe a contatto con il coperchio e/o testa della vite senza fine che andrebbe a frizionare sul guscio impedendo il movimento del locker e di conseguenza le funzioni di blocco/sblocco elettrico).

6.3.3. PROVA DI TENUTA AD ARIA

La stazione di tenuta ad aria compressa (*leak testing*) presente in linea ha la funzione di fornire rapidamente una prima verifica dell'ermeticità pneumatica di un particolare rispetto all'intrusione di corpi solidi e particelle d'acqua. La tenuta stagna dell'attuatore in esame può dipendere da diversi fattori:

- qualità della saldatura;

- concentricità del perno con la parte cilindrica del guscio (HCPP2);
- qualità del processo di stampaggio 2K utilizzato per la realizzazione del doppio labbro;
- dall'anello in gomma presente nell'attacco del connettore.

Diversamente da altri tipi di misura, ad esempio dimensionale, il controllo di perdita richiede quasi necessariamente un'apparecchiatura. Nello specifico la stazione di tenuta nella linea di assemblaggio NPS utilizza il Leak Detector FCO730 di Furness Controls. Questo rilevatore di perdita risponde alle esigenze di collaudo multiplo, come nel caso in esame dove la stazione è costituita da una tavola rotante con 8 posaggi. Inoltre, Leak Detector FCO730 grazie alla porta di comunicazione consente la programmazione, il controllo e l'acquisizione dati. Lo stesso rilevatore di perdita viene impiegato durante i collaudi fuori linea come strumento "standalone".



Figura 53 "Stazione di tenuta ad aria"

Il sistema di tenuta automatico presente in linea fornisce visivamente indicazioni di Buono (spia verde), Scarto (spia rossa) e il valore di perdita. Nel caso in cui il pezzo non superi la prova, la stazione successiva a quella di tenuta segrega automaticamente lo scarto. Quest'ultima può essere identificata ripetendo la prova in laboratorio qualità immergendo il particolare scartato in una vasca d'acqua in modo tale da individuare visivamente il punto di fuoriuscita d'aria.

In entrambi i casi, in linea o fuori linea, il test si basa sulla generazione di uno sbalzo di pressione tra la zona considerata ermetica e l'esterno del pezzo. Questa prima fase prende il nome di **riempimento** (*filling*) che nel caso dell'attuatore NPS avviene attraverso il foro presente nel connettore con un valore di pressurizzazione pari a 0.1 bar. La tipologia di riempimento scelta è in pressione poiché la depressione tende a fare collabire la saldatura difettosa e quindi falsare il risultato della prova.

Alla fase di riempimento segue la fase di **assestamento** (*settling*), necessaria per stabilizzare i valori di pressione della misura di fuga. Solo al termine di queste due fasi avremo l'esecuzione della effettiva **misurazione** (*test*) della perdita. La prova ha esito se l'eventuale perdita misurata è inferiore a 1 mbar.

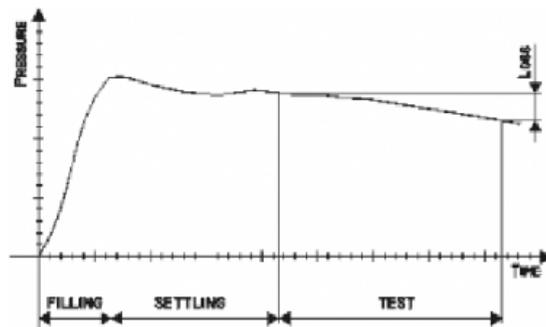


Figura 54 " Fasi prova di tenuta"

6.4. COLLAUDI AUTOMATICI

I controlli *End Of Line* (EOL) sono affidati alle quattro stazioni di collaudo, ognuna delle quali effettua automaticamente operazioni di rodaggio meccanico, rodaggio elettrico, verifica delle caratteristiche elettrico- funzionali e misura delle principali quote a disegno.



Figura 55 "Stazioni di collaudo"

Il ciclo di collaudo si apre con il rodaggio meccanico necessario per il corretto assestamento delle componenti all'interno dell'attuatore. Tale attività consiste nell'apertura e chiusura del perno tramite asse elettrico.

Nella fase successiva avviene il rodaggio elettrico, che inizia (a perno chiuso) con il blocco elettrico del locker che viene azionato dalla madrevite assemblata sulla vite senza fine calettata sull'albero motore. Dalla misura del transitorio si verifica che lo shifting del locker in avanti avvenga in maniera sufficientemente veloce. Analogamente si procede con lo shifting di ritorno del locker. Se dalle misure

del transitorio risultasse che l'avanzamento e/o il ritorno del locker non avvenga in maniera sufficientemente veloce o non si verifichi affatto, il sistema di controllo scarterà il pezzo.

Terminato il rodaggio elettrico si procede con il collaudo funzionale durante il quale si valuta il corretto funzionamento dell'attuatore e si misurano le quote critiche a disegno.

Poiché l'assemblato giunge alla fase di collaudo funzionale nella configurazione perno chiuso, la prima operazione che viene eseguita consiste nella misura della quota a perno chiuso (**HCPP3**). Successivamente si procede con due programmi di apertura attraverso i quali è possibile effettuare un controllo per attributi dell'extra-stroke (**HCPP5**) definito come la corsa che il perno deve percorrere verso l'interno dell'attuatore a partire dalla quota di perno chiuso per raggiungere il punto di commutazione, ossia il punto in cui si ha il passaggio da perno chiuso a perno aperto.

Il primo programma di apertura è stato progettato in modo tale da fallire (l'attuatore non si deve aprire): spingendo il perno all'interno dell'attuatore facendogli percorrere una corsa inferiore a quella associata al limite inferiore dell'extra-stroke, di conseguenza il perno non si deve aprire. Qualora invece il perno risulti aperto al ritrarsi dell'asse, il pezzo viene scartato per la causale "*overstroke inferiore al limite minimo*".

Diversamente il secondo programma di apertura è stato sviluppato per concludersi con successo: l'asse elettrico spinge il perno all'interno dell'attuatore facendogli percorrere una corsa pari a quella associata al limite superiore dell'extra-stroke; pertanto, il perno si deve aprire in caso contrario il pezzo viene scartato per "*overstroke superiore al limite massimo*". Risultato dunque evidente come questa determinata caratteristica non venga misurata in modo puntuale; tuttavia, questo tipo di controllo per attributi è accettato dal cliente in quanto effettuato sul 100% della produzione.

Giunti a questo punto il trasduttore solidale all'asse elettrico procede con la misura della quota perno aperto (**HCPP4**) e si passa al ciclo di collaudo relativo all'espulsore il cui scopo è quello di misurare la forza residua dell'espulsore (**HCPP8**) e l'altezza dell'espulsore.

Concluse le misurazioni associate all'espulsore si riprende il ciclo relativo al perno con le misure delle forze di chiusura e apertura (**HCPP6**) il cui controllo verrà approfondito nel paragrafo successivo. Per la misurazione della forza di chiusura è dunque necessario riattivare il programma di chiusura, con conseguente misurazione del transitorio. In questo stadio del ciclo di collaudo possono dunque ripresentarsi scarti per madre vite pigra o bloccata, si verifica l'effettiva chiusura del perno (in caso contrario si scarta per "*perno non chiuso*") e si testa la funzionalità elettrica in termini di assorbimento di corrente del motore durante lo sblocco del locker con un tempo di attuazione definito. I pezzi che superano questo stadio vengono sottoposti al programma di apertura con lo scopo di misurare la forza di apertura. A questo punto il ciclo di collaudo può concludersi con esito positivo, oppure con scarto per "*forza di apertura*" o "*scarto generico*" nel caso in cui il perno sia rimasto chiuso.

Le misure relative alle HCPP acquisite nella fase di collaudo vengono memorizzate in un apposito database (*EOL DATABASE*) in modo tale da poter essere successivamente utilizzate per fini di analisi, mentre i risultati dei singoli cicli di collaudi sono visualizzabili in linea tramite pannello.

CERBI ITALY Assicurazione Qualità 01-PAN-04_00		CONTROL PLAN				Rev. 02 Data: 23/11/2021 Pagina: 6 di 10			CUSTOMER: 		
CHARACTERISTICS				METHODS							
No.	OP.	MACHINE / DEVICE / JIG / TOOLS	PART NAME / OPERATION DESCRIPTION	CHARACTERISTIC / PARAMETER TO BE TESTED	SPECIAL CHARG. CLASS.	PROD / PROC SPEC / TOLER.	EVALUATION MEASUREMENT TECHNIQUE	SAMPLE	CONTROL METHOD	REACTION PLAN	
1.	7120 7130 7140 7150	ACTUATOR ASSEMBLY LINE 1K0035	EOL FUNCTIONALITY TEST STATIONS	CHECK EOL PARAMETER SETUP	+	AS PER EOL PARAMETER SHEET Q409106 ST TT	OPERATOR PANEL	/	START SHIFT / CHANGE CODE	START OF PRODUCTION APPROVAL (BAP)	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
2.				CHECK FUNCTIONALITY OF EOL TEST STATIONS	+	AS PER MASTER LIST Q409106 ST TT	MASTER	/	START SHIFT / CHANGE CODE	START OF PRODUCTION APPROVAL (BAP)	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
3.				CHECK OPEN PIVOT POSITION	+	33.6 ± 1.0 mm	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
4.				CHECK PIVOT PUSH IN FORCE	+	F = 25 ± 5 N	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
5.				CHECK CLOSED PIVOT POSITION	+	H = 15.9 ± 0.3 mm	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
6.				CHECK ELECTRICAL FUNCTIONALITY	/	/	DEDICATED STATION	100%	AUTO	NO	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
7.				CHECK ELECTRICAL ACTUATION TIME	/	T = 300 ms	DEDICATED STATION	100%	AUTO	NO	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
8.				CHECK MAX CURRENT CONSUMPTION	/	I = 0.9 - 1.5 A	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
1.				CHECK OPEN EXPULSOR POSITION WITH CLOSED PIVOT	/	/	DEDICATED STATION	100%	AUTO	NO	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
2.				CHECK PIVOT OPENING STROKE	A	1.5 ± 0.3 mm	DEDICATED STATION	100%	AUTO	NO	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
3.				CHECK PIVOT CLOSING STROKE	A	1.5 ± 0.5 mm	DEDICATED STATION	100%	AUTO	NO	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
4.				CHECK PIVOT PUSH OUT FORCE	+	F = 25 ± 5 N	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2
				CHECK FORCE AT PIVOT OPEN	+	F = 7 ± 5 N	DEDICATED STATION	100%	AUTO	REGISTRATION ON EOL DATABASE	REJECT AS PER PROC PR-08 PR2

Figura 56 "Estratto Control Plan relativo ai controlli automatici a fine linea".

6.4.1. CONTROLLO AUTOMATICO FORZA-SPOSTAMENTO NEI PROGRAMMI DI APERTURA E DI CHIUSURA

Le forze di apertura e di chiusura sono delle caratteristiche di prodotto che influiscono in maniera rilevante sul corretto funzionamento in vettura in quanto possono impedire l'apertura e/o la chiusura dello sportello carburante oppure renderne troppo agevole l'apertura in situazioni non desiderate. Data l'importanza funzionale di queste caratteristiche è stato necessario implementare un sistema in grado di misurare, monitorare e controllare il valore di queste caratteristiche. Tale sistema si basa sul burster DIGIFORCE 9307 appositamente sviluppato per monitorare i processi di produzione contraddistinti da operazioni ripetitive in cui è necessario analizzare le relazioni funzionali tra due o più grandezze fisiche rilevanti per il processo, nel caso in esame costituite dalla forza e dallo spostamento. L'acquisizione e la registrazione delle due misure avvengono sincronicamente durante il processo di produzione. Tali dati devono essere sottoposti a una verifica funzionale per poter tracciare la curva di misurazione dalla cui valutazione si ottiene l'esito del controllo.

La curva di misurazione è un grafico nel piano cartesiano X/Y, dove nelle ascisse si riporta lo spostamento espresso in millimetri mentre nelle ordinate si indica la forza espressa in Newton, che mostra l'andamento della forza in funzione dello spostamento. La sua valutazione avviene attraverso elementi grafici di diversa forma geometrica, dette finestre, che generalmente delimitano l'area di accettabilità entro la quale un pezzo viene giudicato OK e quindi conforme. Nel caso specifico all'interno del rettangolo mostrato a video viene calcolato il valore massimo in termini di forza durante la chiusura/apertura dell'attuatore.

La curva di misurazione insieme ai risultati della sua valutazione vengono mostrati a video sul display del burster e inviati al sistema di controllo della linea (PLC). Mediante il sistema operativo di DIGIFORCE 9307 impiega solamente 25 ms per elaborare l'esito della valutazione globale, il cui risultato è espresso in termini di "OK" o "NOK".

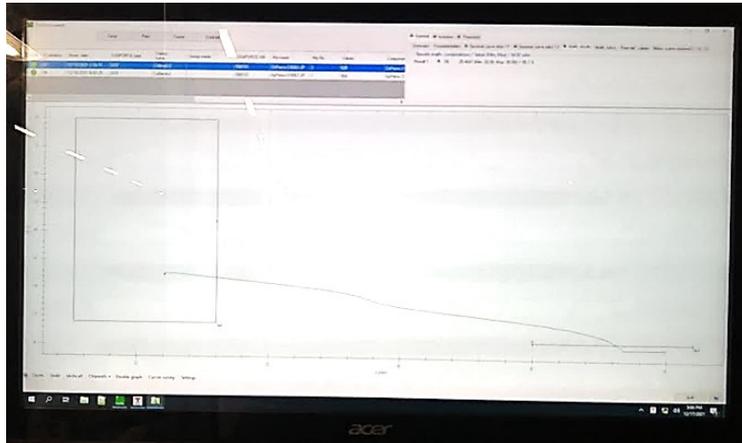


Figura 57 "Programma di apertura".

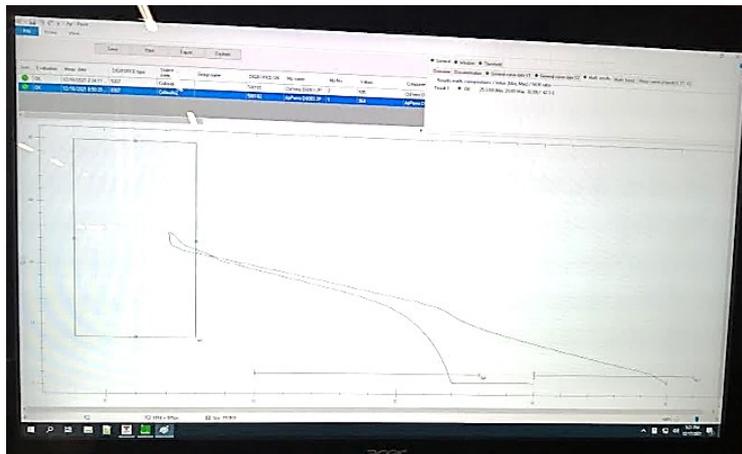


Figura 58 "Programma di chiusura"

6.5. I CONTROLLI FUORI LINEA

I controlli fuori linea assumono notevole importanza nei primi lanci produttivi per la programmazione dei collaudi automatici, fase in cui le principali caratteristiche del prodotto vengono valutate in laboratorio qualità dai collaudatori.

Una volta programmate e settate le stazioni EOL, i controlli fuori linea sono previsti solo per quelle caratteristiche di prodotto che non possono essere misurate agevolmente *in process* o richiederebbero

tempi proibitivi per questioni legati al tempo ciclo. Si tratta di verifiche che possono essere effettuate sull'intera produzione o su un numero limitato di pezzi come nel caso degli audit di prodotto.

Con riferimento all'attuatore NPS, le HCPP ispezionate fuori linea dai collaudatori sono:

- la concentricità del perno rispetto al guscio dell'attuatore (**HCPP2**);
- l'angolo di rotazione a perno aperto (**HCPP13**);
- l'angolo di rotazione a perno chiuso (**HCPP14**);
- lunghezza totale attuatore (**HCPP18**).

6.5.1. GLI AUDIT DI PRODOTTO

In aggiunta ai controlli di qualità precedentemente illustrati e ai controlli GP12, l'azienda pianifica e conduce audit di prodotto da processo e audit di prodotto da magazzino al fine di garantire la qualità dei prodotti e del servizio nel tempo, in conformità alle richieste del cliente ed eventuali normative vigenti. L'audit di prodotto da processo è condotto su materiale prelevato a bordo linea, normalmente costituito da tre prodotti, durante il quale si misurano le principali caratteristiche dimensionali e funzionali del prodotto. Per ciascuna specifica selezionata si registra il valore del risultato del test, il numero di campioni esaminati, la quantità di difetti riscontrati per ogni classe di difettosità e nel caso in cui la caratteristica controllata sia soggetta a controllo statistico di processo i valori di Cpk. Inoltre, nel caso in cui vengano rilevate delle NC, sarà applicato il piano di reazione PR3 se sono state riscontrate a seguito di audit di prodotto finito da processo mentre nel caso di audit di prodotto finito di magazzino si applica il piano di reazione PR4).

Siccome i pezzi controllati non sono destinati al cliente, questo tipo di audit può prevedere anche l'esecuzione di prove distruttive.

Nel caso specifico dell'NPS le caratteristiche di qualità oggetto di verifica sono le seguenti:

- Corretta configurazione
- Corretta timbratura
- Quota perno chiuso
- Quota perno aperto
- Quota perno aperto misurata sull'aletta
- Corsa di extra-stroke (overstroke)
- Forza di chiusura (PUSH IN)
- Forza apertura (PUSH OUT)
- Corretta funzionalità elettrica

- assorbimento massimo del motore del motore durante lo sblocco elettrico
- Allineamento dei pin del connettore
- Controllo tenuta pneumatica

cebi		CEBI ITALY Assicurazione Qualità	Audit di Prodotto Finito Sintesi dei Risultati			Ordine: 0	
Fornitore: CEBI Italy S.p.A.		DUNS-Nr: 485372274	Descrizione Prodotto: BLOC BSC PP15 SNAP-IN RENAULT	Data Disegno: D7077.02	Processo Capability Ca (C _{pk})	Quantità del lotto: 3	
Nr. Fornitore: 00056202/00			Codice Prodotto: D7077.02			Data di Produzione: 4/21/2020	
Pos.	Caratteristiche / Specifiche	Risultato del Test Valore	Processo Capability Ca (C _{pk})	Quantità Campioni	Quantità / Criticità / Rischio		
					A	B	C
1	Corretta configurazione (OK/NO/OK)			3			
2	Corretta l'imbratura (OK/NO/OK)			3			
3	Quota perno chiuso (17,8 ± 0,3 mm) DERIVATA			3			
4	Quota perno aperto (33,8 ± 1 mm)			3			
5	Quota perno aperto su filetta (25,1 ± 0,3 mm)			3			
6	Overstroke (1,5 ± 0,3 mm)			3			
7	Forza aggancio perno PUSH IN (25 ± 5 N)			3			
8	Forza sgancio perno PUSH OUT (25 ± 5 N)			3			
10	Corretta funzionalità elettrica (9V - 16V)			3			
11	Corretto assorbimento a 13V (8 A)			3			
12	Allineamento pin lato connettore (DMA ZA5001 -A)			3			
13	Controllo tenuta pneumatica (Vmax=1 mbar)			3			
14							
15							
16							
17							
18							
19							
Note:				Totale:			
				Decisioni			
				<input type="checkbox"/> Accettazione / Selezione <input type="checkbox"/> Riconferma e seguile / richieste			<input type="checkbox"/> Introdurre modifica della specifica <input type="checkbox"/> Cambio / rilocazione Processo
				Firma: 10/13/2021			Toccaqui Tomes
				Data			Auditor

Figura 59 "Report Audit di prodotto dell'NPS". Fonte: Cebi.

Le prove distruttive previste per tutti i push-push sono tre:

- **Break- in**, si tratta di una prova antieffrazione eseguita da perno chiuso elettricamente e locker ingaggiato. Applicando una forza di 150 N in direzione dell'attuatore il perno deve rimanere chiuso, di conseguenza il flap del modulo non si deve aprire.
- **Break-out** costituisce anch'essa una prova antieffrazione finalizzata a simulare l'azione di un ladro che tenta di aprire lo sportello carburante con un piede di porco. Le modalità di esecuzione sono le stesse della prova precedente, cambia solo la direzione della forza: da perno chiuso elettricamente e locker ingaggiato si tenta di aprire lo sportello carburante esercitando una forza di 200 N nella direzione opposta al push.
- **Tiraggio del perno** rappresenta una prova per simulare eventuali *misuse* del cliente. La prova viene eseguita da perno chiuso con locker aperto cercando di aprire lo sportello tirandolo verso l'esterno con una forza di 80N.

Per i push con il guscio saldato con il coperchio tramite saldatrice a laser è prevista un'ulteriore prova per testare la conformità della saldatura. Questa prova, indicata come prova di strappo, è eseguita sottoponendo il pezzo ad una forza di 300 N mediante pressa.

L'audit di prodotto di magazzino è invece condotto sul materiale pronto per la spedizione. Il materiale soggetto ad audit deve quindi essere prelevato dal magazzino prodotti finiti e le valutazioni devono includere anche l'imballaggio ed essere in grado di rilevare eventuali danneggiamenti del prodotto derivanti dalle operazioni di imballo e movimentazione. A differenza del caso precedente, i 3 pezzi prelevati per le verifiche ispettive sono contabilizzati nel gestionale e sono destinati al cliente, di conseguenza non possono essere oggetto di prove distruttive.

Entrambe le tipologie di audit sono pianificate per famiglie di prodotto e, all'interno di ciascuna famiglia, per classi di prodotto omogenee. La pianificazione è tale che, ruotando sui diversi codici, ciascuna classe di famiglia di prodotti sia sottoposta ad audit non meno di due volte nell'arco di 12 mesi.

6.6. L'ANALISI DI CAPACITÀ DI PROCESSO

Un prodotto risulta qualitativamente valido quando è realizzato entro le tolleranze definite a disegno, vale a dire con un processo capace e stabile. Per "processo capace" si intende un processo che è il più possibile centrato e poco disperso in relazione alle tolleranze prescritte.

L'analisi di capacità di processo ha l'obiettivo di valutare la centratura e la variabilità del processo in riferimento ad una specifica caratteristica del prodotto, definita dalla documentazione tecnica. Questo studio può essere condotto su un processo:

- nuovo, per prevedere se e come il processo rispetterà le tolleranze;
- esistente (o a regime), al fine di attivare eventuali azioni correttive o migliorare i livelli qualitativi attraverso la riduzione della variabilità del processo.

A seconda della tipologia di processo, nuovo o esistente, lo studio di *process capability* consiste nel calcolo di determinati indici. In presenza di un processo esistente e stabile, la cui variabilità è esclusivamente associata a cause comuni di variazione, gli indici utilizzati sono il Cp ed il Cpk. Invece, quando si ha a che fare con un processo che non è in controllo statistico (es. nuovo processo), per verificare se questo soddisfa le richieste del cliente, i due indici Cp e Cpk sono sostituiti dagli indici di prestazione Pp e Ppk. In quest'ultimo caso si parla più propriamente di *process performance*.

Analizzando il progetto NPS è possibile mostrare un esempio applicativo sia dello studio preliminare di un nuovo processo sia uno studio di capacità di un processo a regime. Il primo si riferisce al processo di produzione dell'NPS, mentre il secondo riguarda il processo di piantaggio della vite sul motore.

6.6.1. STUDIO DI CAPACITÀ DI UN PROCESSO A REGIME

Lo studio di capacità di un processo a regime si colloca nella fase di monitoraggio e del miglioramento continuo. Una condizione essenziale per il calcolo degli indici di capacità è che il processo sia stabile, cioè in controllo statistico. Tale proprietà del processo può essere valutata attraverso le carte di controllo. Ritornando alla capacità del processo, essa si valuta confrontando la tolleranza prescritta da progetto con la tolleranza industriale, ossia calcolando gli indici C_p e C_{pk} .

L'indice di capacità di processo (*Process Capability*) è un parametro adimensionale definito dalla seguente formula:

$$C_p = \frac{\text{Tolleranza di progetto}}{\text{Tolleranza industriale}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

La tolleranza industriale si riferisce alla variabilità naturale del processo che può essere influenzata da diversi fattori quali: operatori, materiali, metodi di lavoro, macchine, sistema di misurazione e di raccolta dati, ambiente circostante, ecc. Matematicamente, la tolleranza industriale è definita dall'ampiezza della curva Gaussiana, 6σ . Quando, come per il processo di piantaggio della vite sul motore, sono disponibili le carte di controllo per variabili σ può essere stimata utilizzando:

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2 .$$

Per tolleranza di progetto si intende invece l'intervallo tra il limite di specifica superiore (USL) e il limite di specifica inferiore (LSL) stabiliti dal progettista.

In funzione del valore di C_p si possono effettuare delle considerazioni in merito all'utilizzo dell'intervallo di specifica:

- per $C_p > 1$ i limiti naturali del processo rientrano in quelli di specifiche che equivali ad affermare che il processo non utilizza l'intero l'intervallo di specifica;
- per $C_p = 1$ i limiti naturali del processo coincidono con quelli delle specifiche di progetto, pertanto il processo utilizza tutto l'intervallo di specifica.
- per $C_p < 1$ il processo utilizza più del 100% dell'intervallo di specifica, ossia la variabilità naturale del processo eccede la variabilità di progetto.

Convenzionalmente per processi non particolarmente critici si ritengono accettabili valori di $C_p \geq 1,33$, mentre per processi critici si considera accettabile i valori di $C_p \geq 1,67$. Tuttavia, le precedenti

disuguaglianze non sono delle condizioni sufficienti per determinare la capacità del processo. Il limite principale del C_p è quello di non localizzare la posizione della media definita dal punto di massimo della gaussiana che descrive il processo. Quanto scritto si traduce nella possibilità di avere processi con lo stesso valore di C_p ma le cui medie sono posizionate in punti diversi all'interno dell'intervallo o al di fuori di esso; potremmo dunque avere un processo preciso, ma non accurato. Per superare il limite del C_p si introduce l'indice di capacità critica di processo C_{pk} che fornisce indicazioni riguardo la centratura del processo e la vicinanza della media rispetto ai limiti di specifica. Per il suo calcolo sono richiesti gli indici di capacità di processo per specifiche unilaterali, C_U e C_L .

$$C_U = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_L = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

dove al posto della media del processo μ si utilizza lo stimatore $\bar{\bar{x}}$.

Determinati gli indici C_U e C_L , il C_{pk} è definito come valore minimo tra i due in quanto considera la situazione più critica rappresentata dalla maggiore vicinanza ai limiti di specifica.

$$C_{pk} = \min\{C_U, C_L\}$$

Il C_{pk} esprime dunque la minima distanza della media del processo dai limiti di specifica, normalizzata a 3 volte la deviazione standard. In base ai valori di C_p e C_{pk} si possono avere diverse situazioni:

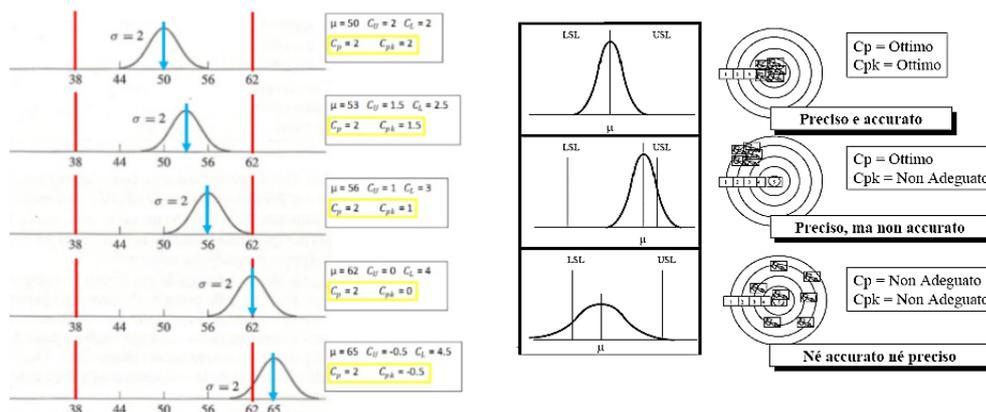


Figura 60 "Differenze tra C_p e C_{pk} ". Fonte: Google.

La situazione ottimale è costituita da un processo nel quale il valore medio coincide con il valore di specifica, in tal caso il processo dice centrato e $C_p = C_{pk} \geq 1,33$. È questo il caso del processo di piantaggio della vite sul motore esaminato nella sezione dedicata alle carte di controllo. Anticipando i

valori calcolati per la costruzione della carta x-R, si determina la capacità del processo in relazione alla quota di piantaggio ($x = 41.25 \pm 0.15\text{mm}$):

$$USL = 41.40 \text{ mm} \quad LSL = 41.10 \text{ mm} \quad \bar{x} = 41,2497\text{mm} \quad \bar{R} = 0.0912\text{mm} \quad \hat{\sigma} = 0.035$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} = 1.42$$

$$C_U = \frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}} = 1,42 \quad C_L = \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}} = 1,42 \quad \rightarrow C_{pk} = \min\{C_U, C_L\} = 1,42$$

Un valore di $C_{pk} = 1$ rappresenta una situazione limite poiché un limite di tolleranza naturale coincide con un limite di specifica. Si considerano invece inaccettabili i casi in cui:

- $0 < C_{pk} \leq 1$, valori tipici di un processo non centrato e caratterizzato da un crescente tasso di scarto;
- $C_{pk} \leq 0$, valori per il quali non solo il processo non è centrato, ma addirittura la media del processo è al di fuori dei limiti di specifica causando un elevato tasso di scarto.

Concludendo, quando si calcolano gli indici di capacità si deve disporre di un sistema di raccolta dati e di un piano di campionamento adeguatamente progettato affinché i risultati siano rappresentativi della popolazione. È altresì rilevante non sottovalutare gli errori di misura dovuti all'incertezza intrinseca degli strumenti e dei metodi di misura adottati. Pertanto al fine di ottenere risultati attendibili è bene condurre l'analisi di capacità utilizzando dalle 60 a 100 valori misurati con strumenti opportunamente tarati.

6.6.2. STUDIO PRELIMINARE DI CAPACITÀ DI UN PROCESSO

Nella fase iniziale di accertamento di idoneità di un nuovo processo, come quello dell'NPS, si richiede uno studio preliminare di capacità al fine di verificare se questo sia in grado di soddisfare le specifiche del cliente.

Trattandosi di un nuovo processo in fase di pilotaggio non è possibile calcolare gli indici C_p e C_{pk} perché viene meno la condizione di processo in controllo statistico. In questi casi l'*Automotive Industry Action Group* (AIAG) raccomanda l'utilizzo degli indici di prestazione del processo P_p e P_{pk} .

Quest'ultimi sono definiti in maniera analoga agli indici di capacità, dai quali differiscono per due aspetti:

- non tengono conto dei sottogruppi (es. per macchine, operatori ect.) a causa dell'assenza di un piano di campionamento;
- stimano la variabilità di processo attraverso la deviazione standard campionaria

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

La capacità preliminare di processo (*Preliminary Process Capability*) verifica se il nuovo processo può soddisfare una determinata specifica. Esso è definito dal seguente rapporto:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6s}$$

Analogamente al C_p , il P_p è utilizzato per valutare la capacità rispetto alla variazione di processo. Per analizzare la capacità rispetto anche alla centratura si ricorre invece al P_{pk} così definito:

$$P_{pk} = \min(P_U, P_L)$$

Dove P_U e P_L sono gli indici di prestazione di processo per specifiche limitate.

- $P_U = \frac{USL - \bar{x}}{3s}$
- $P_L = \frac{\bar{x} - LSL}{3s}$

6.6.3. LO STRUMENTO PER LO STUDIO PRELIMINARE DI CAPACITÀ

Attualmente il progetto NPS si trova nella fase 4 della metodologia ANPQP. In questo stadio Renault richiede di attuare uno studio preliminare di capacità per ciascuna delle HCPP a disegno su 30 pezzi proveniente dall'ultimo run di produzione. A tal fine Renault fornisce ai suoi fornitori il software TAG (*Test d' Aptitude Graphique*), ossia uno strumento che consente di verificare graficamente la capacità del processo per ciascuna delle 18 caratteristiche di prodotto, suddivise per classi di importanza. Gli input da fornire al TAG per ciascuna HCPP sono il numero identificativo, il valore nominale, l'intervallo di tolleranza, la classe di appartenenza, i 30 valori misurati. In funzione dei dati inseriti il programma calcola gli indici P_p e P_{pk} e consente di analizzare i dettagli sulla capacità di ciascuna caratteristica.

File Edit View Window ?

TAG - [HCPP Capability Process.ms5]

TAG files

- HCPP Capability Process.inf
- Detail3_HCPP16
- Detail3_HCPP16
- Detail3_HCPP16
- TAG Screwing files

Rank	Used Distribution	Description	Ident. / Plot num.	Class	n	Nominal	LT	UT	Ø	Mean Value	Standard Deviation	Ppk value	Ppk Accept.	Ppk Lower	Ppk Upper	Pp Value	Pp Accept.	OK Ratio Status	OK Ratio %	OK	NG
1	Normal	Diameter Reference A	HCPP1	3	30	20.8	21.2	20.8943	0.0264	1.19	Accepted	1.19	Accepted	3.87	2.53	Accepted	OK	100	30	0	
2	Normal	Concentricity of lock axis	HCPP2	3	30	0	0.35	0.0580	0.0146	1.33	Accepted	1.33	Accepted	6.68	4.00	Accepted	OK	100	30	0	
3	Normal	Closed position	HCPP3	3	30	15.6	16.2	15.9797	0.0396	1.85	Accepted	1.85	Accepted	3.20	1.85	Accepted	OK	100	30	0	
4	Normal	Unlocking position	HCPP4	3	30	32.6	34.6	33.1830	0.0323	6.02	Accepted	6.02	Accepted	14.63	10.32	Accepted	OK	100	30	0	
5	Normal	Opening stroke	HCPP5	3	30	1	2	1.3947	0.0602	2.19	Accepted	2.19	Accepted	3.35	2.77	Accepted	OK	100	30	0	
6	Normal	Closing force	HCPP6	3	30	20	30	24.1567	0.4523	3.06	Accepted	3.06	Accepted	4.31	3.68	Accepted	OK	100	30	0	
7	Normal	Opening force	HCPP7	3	30	20	30	24.4300	0.4419	3.34	Accepted	3.34	Accepted	4.20	3.77	Accepted	OK	100	30	0	
8	Normal	Pivot reaction in opened po...	HCPP8	3	30	2	12	10.4967	0.3518	1.42	Accepted	1.42	Accepted	1.42	4.74	Accepted	OK	100	30	0	
9	Normal	Diameter fin locking	HCPP9	3	30	7.3	7.5	7.4353	0.0172	1.26	Accepted	1.26	Accepted	1.26	1.94	Accepted	OK	100	30	0	
10	Normal	Height end fin	HCPP10	3	30	1.65	1.75	1.6967	0.0109	1.42	Accepted	1.42	Accepted	1.63	1.52	Accepted	OK	100	30	0	
11	Normal	Diameter end fin	HCPP11	3	30	11.95	12.05	12.0047	0.0122	1.23	Accepted	1.23	Accepted	1.23	1.36	Accepted	OK	100	30	0	
12	Normal	Fin height	HCPP12	3	30	3.64	3.84	3.7587	0.0222	1.22	Accepted	1.22	Accepted	1.22	1.50	Accepted	OK	100	30	0	
13	Normal	Angle open position	HCPP13	3	30	80	100	96.6897	0.3117	3.54	Accepted	3.54	Accepted	3.54	10.69	Accepted	OK	100	30	0	
14	Normal	Closing stroke	HCPP14	3	30	1	2	1.2767	0.0537	1.72	Accepted	1.72	Accepted	4.49	3.10	Accepted	OK	100	30	0	
15	Normal	Lock width	HCPP15	3	30	7.6	7.8	7.7047	0.0287	1.11	Accepted	1.11	Accepted	1.11	1.16	Accepted	OK	100	30	0	
16	Normal	Lock thickness	HCPP16	3	30	4.15	4.45	4.2993	0.0273	1.82	Accepted	1.82	Accepted	1.84	1.83	Accepted	OK	100	30	0	
17	Normal	Lock height	HCPP17	3	30	10.7	11.1	10.8577	0.0431	1.22	Accepted	1.22	Accepted	1.87	1.55	Accepted	OK	100	30	0	
18	Normal	Distance between fixations	HCPP18	3	30	49.65	50.65	50.1520	0.0212	7.82	Accepted	7.82	Accepted	7.82	7.85	Accepted	OK	100	30	0	

Figura 61 " Risultati studio di capacità preliminare del processo di assemblaggio dell'attuatore NPS tramite TAG".

In seguito all'elaborazione dei risultati numerici TAG fornisce una loro visualizzazione grafica il cui principio valutazione è schematizzato dal diagramma:

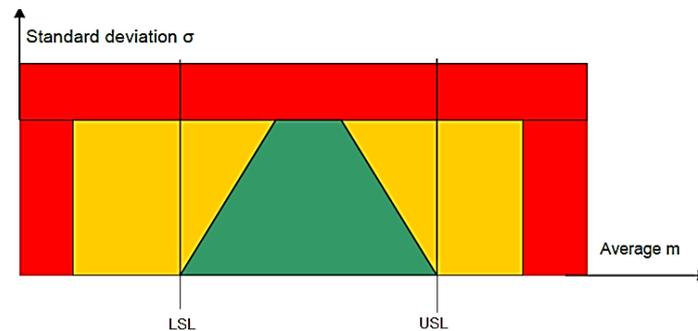


Figura 62 "Principio di valutazione del software TAG".

Le caratteristiche di processo vengono rappresentate attraverso dei punti che possono ricadere in una delle seguenti zone a seconda dei valori assunti dalla media e dalla dispersione:

- la zona verde che corrisponde alla zona di accettazione;
- la zona gialla in cui ricadono le caratteristiche rifiutate a causa della posizione (media) del processo di cui si deve correggere la centratura;
- la zona rossa nella quale il TAG posiziona le caratteristiche rifiutate per l'elevata variabilità del processo e/o a causa della mancata centratura del processo.

I limiti di accettabilità che delimitano la zona verde assumono tipicamente una forma trapezoidale o triangolare in funzione dei valori calcolati dal TAG tenendo conto dei limiti di specifica (LSL e USL) e della dimensione del campione (30), nello specifico:

- all'aumentare dell'intervallo di specifica la base del trapezio o del triangolo tende ad allargarsi aumentando la zona di accettabilità;
- al diminuire della dimensione del campione, la zona di accettabilità tende a restringersi per tener conto della minore capacità del campione di rappresentare fedelmente la popolazione.

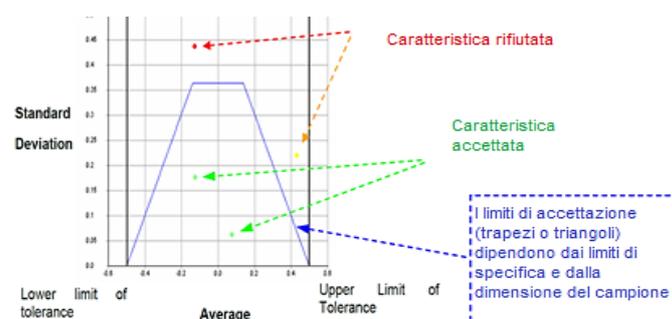


Figura 63 "Interpretazione dei risultati grafici di capacità tramite TAG"

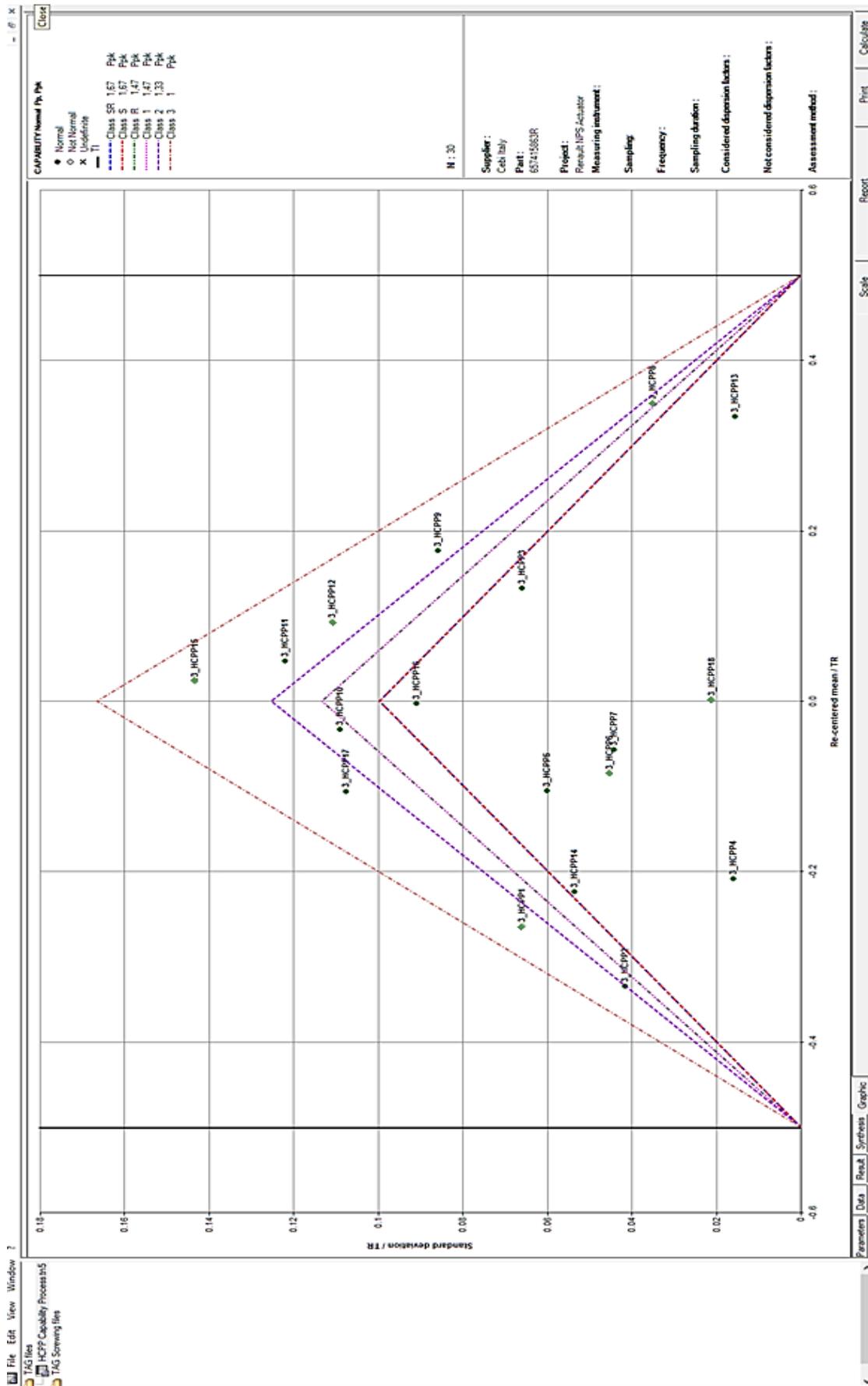


Figura 64 "Risultati grafici dello studio di capacità preliminare del processo di assemblaggio dell'attuatore NPS in riferimento alle HCPP".

Poiché le HCPP dell'attuatore NPS sono tutte di classe 3 (esclusa quelli di sicurezza soggetta a un controllo per attributi) i limiti di accettabilità da considerare sono definiti dal triangolo più grande corrispondenti ad un P_{pk} pari a 1. Dal grafico si evince la capacità del processo di soddisfare tutte le 18 HCPP a disegno che ne determinano l'approvazione da parte di Renault. Nonostante ciò, osservando il posizionamento delle diverse HCPP si nota che:

- la capacità del processo può differire sensibilmente da una caratteristica all'altra, come accade per esempio per l'HCPP1 e l'HCPP18;
- alcune caratteristiche, sebbene rientrino nei limiti, nel tempo potrebbero rischiare di uscirne.

Il secondo punto si riferisce ad esempio alla HCPP 15 che rispetto alle altre specifiche è affetta da un'elevata dispersione in relazione a quelli che sono i limiti di accettabilità. In particolare, l'HCPP 15 si riferisce alla larghezza dei fissaggi dal lato motore presenti nel guscio. Quest'ultimo è un componente acquistato esternamente, pertanto i problemi di variabilità sono riconducibili al processo del subfornitore. Altri esempi di HCPP potenzialmente a rischio, in questo caso a causa della centratura del processo, sono le HCPP 1, HCPP2, HCPP 8.

6.7. CARTA X-R: QUOTA PIANTAGGIO DELLA VITE SUL MOTORE

Quando si definiscono i controlli da attuare su un nuovo prodotto e sul relativo processo risulta utile analizzare le esperienze pregresse in relazione a prodotti simili.

Sebbene l'attuatore NPS si distingua notevolmente dai precedenti push-push, il principio di funzionamento è lo stesso: la componente elettronica consente il blocco (quando l'autovettura è chiusa) e lo sblocco (quando invece si apre l'autovettura) del perno dell'attuatore in modo tale che poi si possa aprire o chiudere lo sportello movimentando il perno dell'attuatore. Quindi dal punto di vista funzionale l'NPS può essere assimilato ai suoi predecessori. Uno dei componenti fondamentali per il corretto funzionamento dell'attuatore è rappresentato dal motore che azionandosi fa traslare il locker che blocca il perno impedendo di conseguenza l'apertura dello sportello a vettura chiusa.

Il motore arriva nella linea di assemblaggio dell'NPS come il semilavorato D8289.01 dopo essere stato sottoposto all'operazione di piantaggio nella tavola esterna PIA01.



Figura 65 "Tavola esterna PIA01 per il piantaggio della vite sul motore"

Per esperienza tutti i piantaggi sono definiti critici perché una quota e una forza di piantaggio non corrette influenzano negativamente il funzionamento dell'attuatore.

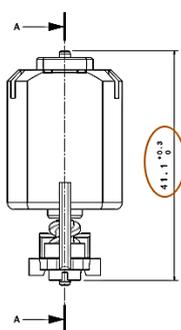


Figura 66 "Quota di piantaggio". Fonte: Cebi.

Una bassa forza di piantaggio genera poca interferenza, rischiando di ottenere uno sfilamento della vite calettata sull'albero motore durante il ciclo di vita del prodotto. Contrariamente, un'alta forza di piantaggio genera un'interferenza eccessiva che può determinare un rigonfiamento del materiale plastico della vite aumentando il rischio di cricche e di interferenza tra madrevite e vite verificandosi un mancato scorrimento della madrevite e quindi di conseguenza anche del locker.

Per quanto riguarda la quota di piantaggio:

- se troppo bassa la vite risulta troppo inserita. In tal caso potrebbero insorgere problemi di rotazione dell'albero motore;
- se troppo alta la vite risulta poco inserita determinando una variazione dell'alloggiamento della vite e del locker e conseguentemente lo scorrimento del locker.

Per le motivazioni descritte si è ritenuto opportuno monitorare il processo di piantaggio in relazione alla quota di piantaggio attraverso le carte di controllo della media e dell'escursione (carte \bar{x} -R). Quest'ultime costituiscono un metodo grafico per valutare se un processo è in stato di controllo e permettono di evidenziare rapidamente comportamenti anomali dovute a cause speciali. La carta \bar{x} monitora il livello medio di qualità del processo, cioè misura la variabilità tra i campioni ovvero la variabilità del processo nel tempo. La carta R misura invece la variabilità all'interno dei campioni stessi

ovvero la variabilità del processo in un dato istante. In altri termini, l'uso della carta \bar{x} -R consente di monitorare contemporaneamente la centratura del processo (carta \bar{x}) e l'evoluzione della sua variabilità (carta R). L'applicazione di questi strumenti consente di prevenire la produzione di pezzi difettosi, forniscono informazioni sulla capacità e sulla stabilità nel tempo, nonché informazioni diagnostiche deducibili dall'andamento dei punti campionari.

Nel progettare le carte \bar{x} -R bisogna definire tre elementi: le modalità di effettuazione della singola misura, la dimensione campionaria n , la frequenza di campionamento.

Le misure vengono effettuate in linea dall'operatore attraverso un calibro tarato dal reparto metrologia. La dimensione campionaria n deve essere mantenuta costante in quanto i limiti di controllo dipendono da essa. Nel caso in esame la dimensione campionaria è stata fatta coincidere con il numero dei posaggi della tavola di piantaggio. Un singolo campione sarà dunque formato da 6 motori prelevati consecutivamente, uno per ciascun posaggio.

Per la fissazione della frequenza di campionamento non esistono delle regole fisse, va valutata caso per caso poiché è estremamente difficile stabilirla a priori a causa dei numerosi parametri in gioco: tipologia di processo, cadenza produttiva, stabilità di processo, tempo di controllo ecc.

Nel caso in esame il campionamento viene effettuato tutti i giorni lavorativi ad ogni turno (6:00-14:00, 14:00-22:00, 22:00-6:00) e ad ogni cambio codice (prodotto). Quindi supponendo che non ci siano variazioni di codice e di lavorare su 3 turni, al termine di una settimana lavorativa di 5 giorni si saranno effettuati 15 campionamenti.

La carta \bar{x} -R relative alla quota di piantaggio è stata costruita considerando 25 campionamenti effettuati nelle giornate lavorative comprese tra il 21/9/2021 al 12/10/2021. Un campionamento è dunque identificato da un determinato campione di dimensione n , una data di prelievo, un determinato turno lavorativo (ora). Graficamente un campionamento corrisponde ad una colonna della carta e a un punto sulle carte di controllo.

Il modo in cui è stata stabilita la composizione del campione e la frequenza di campionamento risponde a due esigenze legate alle funzioni delle due carte:

- 1) massimizzare la probabilità di osservare cambiamenti del valor medio tra i campioni;
- 2) fare in modo che la variabilità all'interno dei campioni sia dovuta solamente a fattori casuali.

Terminata la progettazione delle carte di controllo, si procede con l'acquisizione dei dati. Le quote di piantaggio misurate vengono registrate in linea dall'operatore in una tabella Excel.

Il foglio Excel è appositamente progettato per la costruzione automatica delle due carte. Inseriti il valore nominale (x), il limite superiore (USL) e il limite inferiore (LSL), tramite apposito filtro Excel colora in verde le misure che ricadono all'interno dei limiti di controllo (LIC=limite inferiore di controllo e LSC=limite superiore di controllo), in giallo le misure che ricadono fuori dai limiti di controllo ma dentro i limiti di specifica (USL e LSL) e in rosso quelli che ricadono fuori dai limiti di specifica. Una

volta terminate le registrazioni, il file esegue tutti i calcoli intermedi necessarie per la determinazione della linea centrale (C) e dei limiti di controllo definiti come nella Tabella 5.

	CARTA \bar{x}	CARTA R
C	$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m}$	$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$
LCL	$\bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$	$D_3 \cdot \bar{R}$
UCL	$\bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$	$D_4 \cdot \bar{R}$

Tabella 5 Limiti di controllo carta x-R

dove \bar{x}_i è il valore medio dell'i-esimo campione di dimensione n , $R_i = x_{i,max} - x_{i,min}$ è l'escursione dell'i-esimo campione e A_2, D_3, D_4 sono valori tabulati in funzione di n .

Un aspetto da sottolineare è l'assenza di alcun legame statistico-matematico tra i limiti di controllo e i limiti di specifica del processo. I limiti di controllo vengono individuati in base alla variabilità naturale del processo (di solito $\pm 3\sigma$), mentre i limiti di specifica sono individuati indipendentemente dal comportamento naturale del processo. Quest'ultimi sono solitamente definiti dalla clientela o dal progettista.

cebi	CEBI ITALY Assicurazione Qualità	Prodotto: ATTUTORE NPS RENAULT Disegno: D8289.01 Caratteristica: QUOTA PIANTAGGIO VITE SU MOTORE															TREND ANNO 2021					Foglio n° 1 Mezzo Unità di misura mm							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Lim. max.	Lim. min.	Val. nominale
Posaggio		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
Pos. 1A		41.24	41.21	41.24	41.20	41.28	41.31	41.25	41.22	41.30	41.26	41.28	41.27	41.28	41.26	41.21	41.21	41.24	41.27	41.24	41.19	41.27	41.24	41.28	41.31	41.21	Lim. max.	41.40	
Pos. 2A		41.27	41.31	41.28	41.31	41.31	41.23	41.25	41.26	41.20	41.24	41.19	41.29	41.28	41.21	41.30	41.27	41.24	41.19	41.25	41.26	41.28	41.26	41.21	41.27	Lim. min.	41.10		
Pos. 3A		41.28	41.27	41.27	41.29	41.28	41.29	41.19	41.28	41.31	41.29	41.28	41.22	41.29	41.27	41.20	41.29	41.21	41.25	41.22	41.24	41.23	41.29	41.26	41.19	41.23	Val. nominale	41.25	
Pos. 4A		41.21	41.23	41.27	41.23	41.20	41.27	41.21	41.26	41.30	41.19	41.22	41.21	41.31	41.24	41.28	41.29	41.21	41.22	41.22	41.29	41.26	41.19	41.23	41.26	41.21			
Pos. 5A		41.25	41.25	41.20	41.19	41.22	41.28	41.21	41.20	41.23	41.21	41.30	41.31	41.20	41.22	41.30	41.30	41.28	41.24	41.20	41.21	41.27	41.23	41.31	41.24	41.22			
Pos. 6A		41.26	41.26	41.31	41.27	41.19	41.25	41.28	41.26	41.23	41.29	41.19	41.21	41.30	41.26	41.29	41.20	41.25	41.31	41.19	41.23	41.22	41.21	41.31	41.23	41.26			
ΣX		247.51	247.53	247.57	247.49	247.48	247.63	247.39	247.50	247.57	247.48	247.44	247.51	247.64	247.53	247.49	247.59	247.46	247.53	247.26	247.41	247.51	247.45	247.65	247.44	247.39			
- x		41.25	41.26	41.26	41.25	41.25	41.27	41.23	41.25	41.26	41.25	41.24	41.25	41.27	41.26	41.25	41.27	41.24	41.26	41.21	41.24	41.25	41.24	41.28	41.24	41.23	Target		
R		0.07	0.10	0.11	0.12	0.12	0.08	0.09	0.08	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.06	0.10	0.10	0.07	0.09	0.05	0.10	0.05	0.10	0.08	0.12	0.06	N. campioni	6	

Figura 67 "Tabella registrazione delle misure relative ai 25 campionamenti utilizzati per la costruzione delle carte"

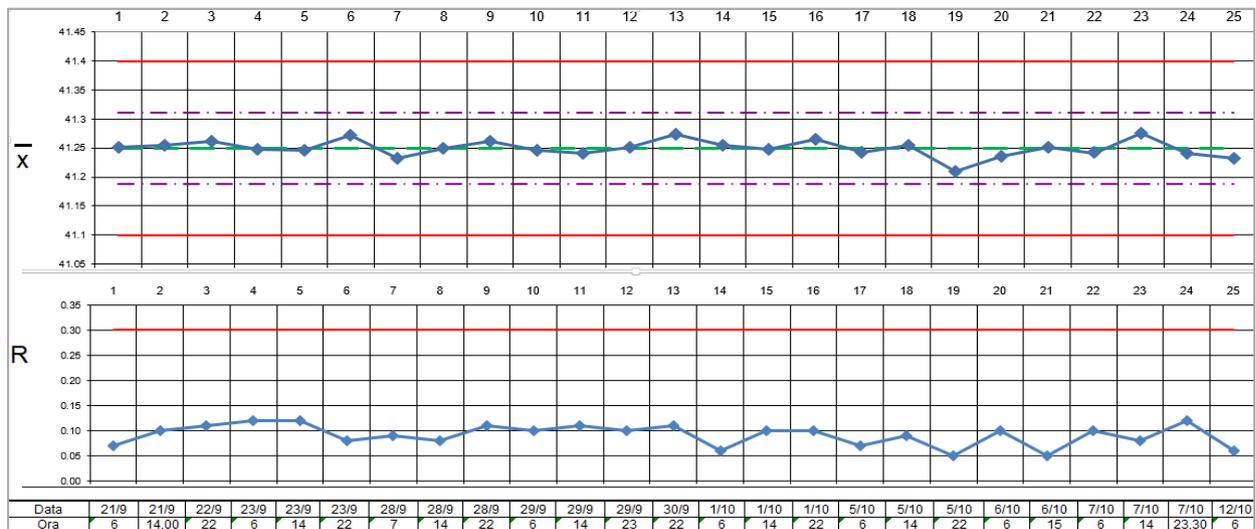


Figura 68 "Carte di controllo quota di piantaggio"

I grafici devono essere compresi tra i limiti di controllo (colore viola, tratteggio Linea-Punto). Nel caso il grafico superi tali limiti il processo è fuori, pertanto l'operatore deve avvertire la Qualità e la Manutenzione per ripristinare i parametri operativi. Qualora invece i grafici superino i limiti di specifica (in Rosso), oltre ad avvertire la Qualità e la Manutenzione NON può essere emesso il Benestare a Produrre.

ESITO CAPABILITY OK			
N° dati	25	Tpre	0.3
Xmed	41.2497	Tnat	0.2112
Rmed	0.0912	Cpki	1.4175
σ	0.0352	Cpks	1.4238
Rilevato Minimo			
Cp	1.42	1.33	
Cpk	1.42	1.33	

Figura 69 "Risultati foglio Excel"

Il file Excel utilizzato restituisce inoltre come risultato sia i valori numerici di C_p e C_{pk} (in questo caso $C_p=1.42$ e $C_{pk}= 1.42$) sia l'esito capability in termini di stato "OK"/"NOK" ottenuto confrontando il valore di C_p e C_{pk} rilevati con quelli di riferimento ($C_p=1.33$ e $C_{pk}= 1.33$). L'esito in termini di stato consente all'operatore in linea di segnalare alla Qualità la deriva del processo pur non possedendo le conoscenze statistiche necessarie.

6.7.1. INTERPRETAZIONE DELLA CARTA X-R

L'obiettivo delle carte di controllo è di identificare ogni evento non riconducibile alla variabilità naturale del processo e prendere opportuni provvedimenti. A tal fine è necessario interpretare attentamente le due carte per poter individuare un processo fuori controllo anche in assenza di punti al di fuori dei limiti. Le carte della media e della dispersione devono essere analizzate separatamente, ma il loro confronto può aiutare a identificare le cause speciali che hanno causato la deriva del processo.

L'interpretazione delle carte è immediata in presenza di punti fuori dai limiti di controllo. Poiché punti di questo tipo sarebbero molto rari se fossero presenti solo cause comuni di variazione, uno o più punti fuori controllo sono sintomo di cause speciali di variazione (es. sistema di misura, parti macchina usate, cambiamento fornitore ecc.) che devono essere immediatamente rimosse. I punti fuori controllo devono essere evidenziati sulla carta per analisi e azioni correttive.

È invece necessario prestare più attenzione per individuare altre cause di fuori controllo quali: sequenza, tendenze, vicinanza ai limiti di controllo o alla linea centrale, periodicità.

Una **sequenza** è costituita da una serie di almeno 7 punti che cadono consecutivamente in una stessa banda rispetto alla linea centrale. Sono anomale anche anomali i casi in cui 10 punti su 11 consecutivi cadono da un lato della linea. Questo andamento indica che il processo ha iniziato un cambiamento.

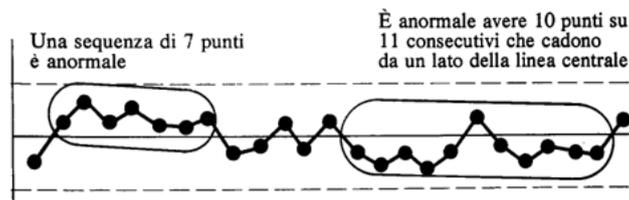


Figura 70 "Sequenza". Fonte: slide corso di Gestione Industriale della Qualità".

Una serie di punti che presentano un andamento continuo crescente o decrescente rappresenta invece una **tendenza**, la quale segnala una deriva in atto del processo. Tuttavia, nel caso della carta R, una sequenza sotto la media delle dispersioni o una tendenza decrescente può indicare una minore dispersione dei valori di produzione, che è generalmente un fatto positivo da analizzare per una più estesa applicazione o per consolidare il miglioramento di processo.

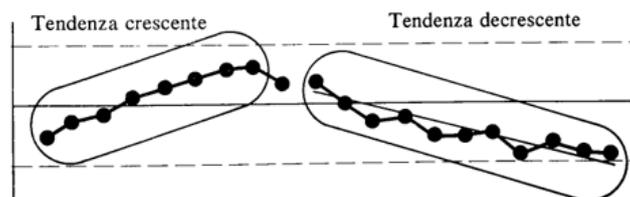


Figura 71 "Tendenza". Fonte: slide corso di Gestione Industriale della Qualità ".

La vicinanza di 2 o 3 **punti consecutivi in prossimità di UCL e LCL** potrebbe segnalare aggiustamenti del processo troppo frequenti oppure al convogliamento di più linee in un'unica linea.

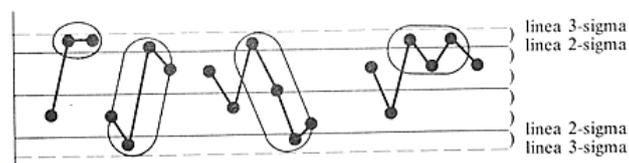


Figura 72 "Addensamento in prossimità dei limiti di controllo". Fonte: slide corso di Gestione Industriale della Qualità".

La **vicinanza alla linea centrale** di diversi punti potrebbe non essere legata al processo in sé, ma all'inserimento dei dati omogenei nei sottogruppi da cui deriva un'ampiezza dei limiti troppo elevata.

Potrebbe accadere in presenza di un errato calcolo dei limiti di controllo o ad una errata formazione dei sottogruppi.

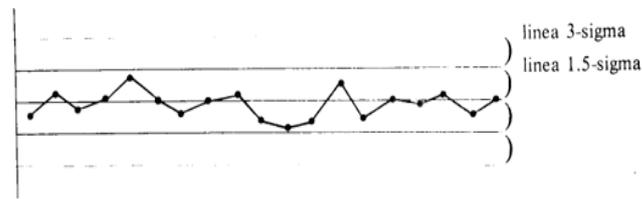


Figura 73 "Addensamento in prossimità della linea centrale". Fonte: slide corso di Gestione Industriale della Qualità"

Infine, l'ultimo comportamento anomalo è costituito dalla **periodicità** dei punti che graficamente si manifesta attraverso una curva con andamento ciclico oppure attraverso 14 punti consecutivi che si alternano su e giù. La periodicità può essere legata all'affaticamento degli operatori oppure a variazioni ambientali di funzionamento del processo.

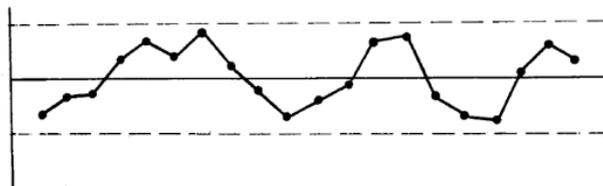


Figura 74 "Periodicità". Fonte: slide corso di Gestione Industriale della Qualità

Alla luce delle regole guida nell'interpretazione delle carte di controllo, il processo di piantaggio della vite sul motore risulta essere sotto controllo. Il risultato è confermato dall'assenza di rilievi da parte del cliente riconducibili al processo di piantaggio.

CAPITOLO VII - GESTIONE CLIENTE E MONITORAGGIO QUALITÀ IN GARANZIA

7.1. GESTIONE DEI RECLAMI

Qualora non si sia stati in grado di intercettare delle non conformità di prodotto o di processo prima della consegna del prodotto al cliente, verrà ricevuto un reclamo da parte di quest'ultimo seguito eventualmente dal ricevimento di resi.

La comunicazione di un reclamo da parte del cliente al *Customer Quality* può avvenire in due modalità diverse: per e-mail o tramite portale cliente. Una volta presa visione del documento ufficiale, il *Customer Quality* richiede un campione di 25-30 pezzi fallati, provvede a gestire i reclami utilizzando il formato *8D report* e ad inviare tempestivamente una comunicazione scritta riguardo alle azioni intraprese per evitare il ripetersi delle NC riscontrate. Non appena completata l'identificazione del problema viene emesso il *quality alert*, che dovrà essere affisso sulla bacheca della linea fino alla completa chiusura del reclamo.

L'urgenza e la natura delle azioni correttive dipendono dalla classificazione dei difetti reclamati dal cliente in base alla gravità e all'impatto sul cliente e/o sull'utilizzatore finale. Una classificazione adottata dalla maggior parte dei clienti Cebi è la seguente:

CLASSE	DEFINIZIONE INTERNA	CONSEGUENZE
A1	Gravissimo – Sicurezza	Rischi di sicurezza per l'utilizzatore. Arresto del veicolo.
A	Grave o problema ripetuto (non coinvolge la sicurezza)	Inaccettabile. Porterà sicuramente ad un reclamo dal campo.
B	Importante	Fastidioso, spiacevole. Probabile reclamo dal campo. Non in specifica. Possibile interferenza con le procedure operative del cliente.
C	Lieve	Miglioramento necessario. In caso di aumento della frequenza del problema sono possibili reclami dal campo e interferenza con le procedure operative del cliente.

Tabella 6 "Classificazione dei difetti. Fonte: Cebi".

Per ogni nuovo problema registrato è inoltre necessario verificare se si tratta di un errore ripetuto; in tal caso si deve aggiornare e analizzare la PFMEA per comprendere la ragione per cui lo specifico modo di guasto non è stato previsto.

In caso di resi da cliente, il *Customer Quality* provvede anche ad analizzare i singoli prodotti registrando i risultati dell'analisi con il possibile coinvolgimento del laboratorio per l'esecuzione di test specifici relativamente all'analisi dei resi.

7.1.1. 8D REPORT

L'8D Report è uno strumento dell'automotive per la gestione, l'analisi e la correzione dei problemi e delle non conformità. La sua struttura si articola in 8 sezioni corrispondenti alle 8 discipline coinvolte:

1. **Formazione del team di lavoro** (entro 24 ore dall'arrivo del reclamo), si identifica un gruppo di lavoro con le necessarie conoscenze di prodotto e di processo.
2. **Descrizione del problema** (entro 24 ore dall'arrivo del reclamo), si identificano i “chi, cosa, dove, quando, perchè, come e quanto” del problema precisando inoltre obbligatoriamente indicare se lo stesso tipo di problema si è già verificato in passato.
3. **Definizione del piano di contenimento** (entro 24 ore dall'arrivo del reclamo), consiste nella definizione e nella implementazione delle azioni di contenimento per isolare i clienti dal problema, nel caso di difetti ricorrenti è necessario predisporre dei controlli rinforzati.

Nel mondo dell'automotive la definizione del piano di contenimento è particolarmente importante in ragione degli elevati volumi produttivi su scala globale. In questo contesto è cruciale riuscire a isolare il problema nella minor tempo possibile. La prima azione da intraprendere è sicuramente la selezione di tutti i prodotti usciti dalla linea a cui segue la loro oggettivazione in modo tale da poter fornire al cliente un “Break Point”, ossia un istante temporale oltre il quale si è certi che la merce ricevuta sia stata controllata e risulti conforme.

4. **Identificazione e verifica delle cause primarie** al fine di spiegare perchè il problema si è presentato e il motivo per il quale non è stato intercettato. La tecnica per l'analisi e l'individuazione delle cause è la metodologia “5 WHY's”, la quale consente di esaminarne separatamente l'occorrenza e la rilevabilità. Per l'identificazione dei potenziali fattori che determinano il guasto si ricorre invece al metodo di Ishikawa, 4M, *failure tree analysis*.
5. **Identificazione e pianificazione delle azioni correttive permanenti**, in particolare bisogna indicare almeno un'azione correttiva sia per evitare la creazione del difetto (*occourence*) sia per la mancata intercettazione del difetto (*detection*).
6. **Attuazione e verifica dell'efficacia delle azioni correttive permanenti**
7. **Prevenzione della ripetizione del problema**, costituita dall'insieme di interventi sul sistema di gestione, sulle operazioni, sulle pratiche e sulle procedure per prevenire il ripetersi del problema affrontato e problemi simili. A tal fine è importate aggiornare le analisi FMEA, i control plan, i piani di manutenzione e le “*lessons learnt*”.

8. **Riconoscimenti al gruppo di lavoro**, rappresentati dai ringraziamenti formali al team di lavoro da parte dell'organizzazione.

7.1.2. RESI DA STABILIMENTO E DA GARANZIA

I resi da clienti si suddividono in due macrocategorie: i resi da stabilimento o i resi da garanzia.

Generalmente i resi da stabilimento, noti anche come resi 0 km, sono più gravi di quelli da garanzia in quanto riguardano pezzi difettosi che non essendo stati intercettati dai controlli interni arrivano nella linea di produzione del cliente. Per quest'ultimo comporta la messa fuori linea della vettura in assemblaggio o il disassemblaggio del componente interessato, a seconda della fase di produzione in cui viene riscontrato il problema. Quanto appena detto si traduce in un danno economico che inizialmente il cliente addebiterà al 100% al produttore (nel caso specifico Cebi). L'importo dell'addebito verrà successivamente ricalcolato alla luce dei risultati delle analisi dei resi applicando il fattore tecnico vigente.

Il ricevimento di un reclamo da stabilimento richiede l'immediata attuazione di una serie di azioni di contenimento a carico dell'azienda, quali: la selezione interna dello stock, la selezione presso il cliente (se richiesto) e la sostituzione diretta di eventuali spedizioni in transito. La selezione presso in cliente può riguardare sia le giacenze di magazzino sia le vetture già prodotte, in ogni caso si dovrà procedere con la sostituzione dei pezzi non conformi con pezzi conformi in quantità tali da non arrestare la produzione del cliente. Contemporaneamente si chiede al cliente di inviare i prodotti difettosi da analizzare per individuare le cause di guasto e le relative responsabilità: interna (problemi di progetto, errato assemblaggio, componenti non conformi) o esterna (*misuse* del cliente, in tal caso il reclamo viene rifiutato).

I resi da garanzia si riferiscono invece ai pezzi restituiti in un momento successivo all'entrata in funzione della vettura. La durata della garanzia è stabilita dal cliente, normalmente pari a due anni a partire dalla data di immatricolazione dell'auto e non dalla sua fabbricazione. Analogamente a quanto accade per i resi a 0 km, i resi da garanzia sono oggetto di analisi e di addebito, tuttavia non prevedono necessariamente l'attivazione di un piano di contenimento.

FATTORE TECNICO

Il fattore tecnico definisce la quota percentuale di responsabilità finanziaria dell'organizzazione per le parti sostituite dal rivenditore che sono coperte dal periodo di garanzia. Dal punto di vista del fornitore, questo è un indicatore chiave che si traduce direttamente in costi di non qualità, in particolare in costi per insuccessi esterni.

La determinazione del suo valore dovrebbe iniziare immediatamente dopo la SOP (inizio produzione di serie) con l'analisi dei primi resi, le prime contrattazioni con i clienti avvengono solitamente alcuni mesi dopo il lancio del progetto. In tal caso si analizzano già diverse decine di parti fornendo dunque un vantaggio al fornitore.

Per la valutazione finale si tiene conto:

- il numero di pezzi analizzati in un dato periodo;
- il numero di pezzi per i quali il difetto è di responsabilità del produttore;
- il numero di pezzi per i quali non è stato confermato alcun difetto dal cliente finale (NTF).

Il valore del fattore tecnico può subire delle variazioni nel tempo in funzione della performance di qualità raggiunta: questo valore può essere ridotto in presenza di azioni attuate dall'organizzazione per i difetti identificati oppure aumentato. L'incremento del fattore tecnico potrebbe essere legato a un problema cronico del processo, ai sottocomponenti o al progetto.

7.1.3. ANALISI RESI

L'analisi dei resi dai clienti consiste nell'identificazione delle cause dei guasti al fine di fornire un feedback ai clienti in merito ai pezzi falliti, stabilire la responsabilità del guasto (processo Cebi o fornitore Cebi, stabilimento cliente, *misuse* utente finale), e in caso di responsabilità Cebi, per individuare opportunità di miglioramento dei progetti e/o dei processi produttivi.

Il processo inizia con la ricezione dei resi, i quali devono essere successivamente stoccati in un'area dedicata e adeguatamente identificati in modo da garantire che non siano usati senza autorizzazione del reparto qualità. Successivamente si registra la bolla di consegna in AS400 nella sezione "Gestione Movimenti Magazzino MS" (Mag. Scarti Cliente) inserendo le seguenti informazioni:

- data e numero della bolla di consegna;
- codice articolo interno (Cebi) e codice cliente (stabilimento)
- quantità pezzi resi.

Una volta registrati i dati della bolla nel gestionale questi vengono automaticamente trasferiti e resi disponibili al reparto qualità su SQ Intranet, un software interno dedicato alla gestione delle analisi. Le parti identificate sono successivamente imballate in apposite scatole etichettate con le relative informazioni. Dopo questa prima fase di ricezione e identificazione dei pezzi si procede con l'analisi dei resi che può articolarsi in due diverse tipologie di analisi successive: analisi di primo livello e analisi

di secondo livello. Una volta verificata l'effettiva presenza del guasto ne si analizzano le cause e le parti responsabili con conseguente compilazione dell'8D report, mentre in caso di pezzi non affetti da guasti (*Not Trouble Found, NTF*) se ne analizza il trend per la determinazione del fattore tecnico.

Nel calcolo del fattore tecnico viene preso in considerazione il report mensile relativo ai primi guasti verificatisi nel primo mese sul campo. Tale report deve mostrare tutti i dati provenienti dalle curve MIS MIS00 e MIS01 evidenziando attraverso un'analisi di Pareto le famiglie di prodotto più colpite e, all'interno di ogni famiglia, gli articoli più colpiti. Nello stesso report deve essere inserito l'aggiornamento del costo di garanzia.

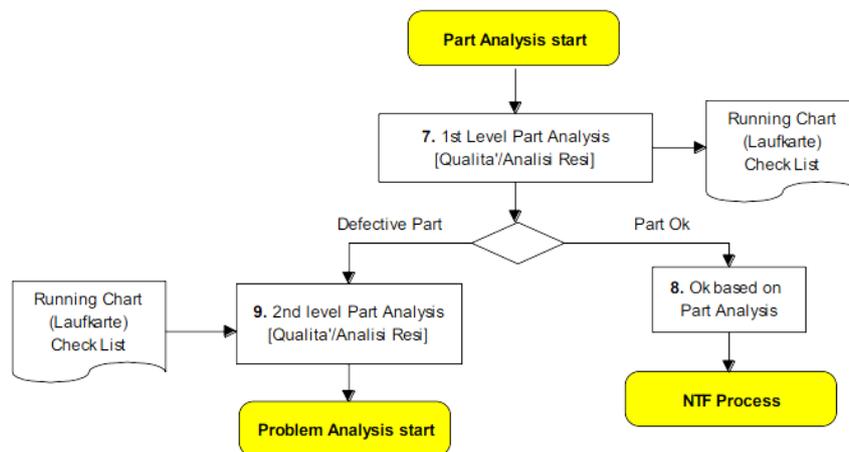


Figura 75 "Analisi dei resi. Fonte: Cebi".

ANALISI RESI DI PRIMO LIVELLO (1st LEVEL PART ANALYSIS)

L'analisi di primo livello inizia con l'acquisizione della descrizione del difetto dichiarato dal cliente. Se quest'ultima non fosse disponibile si procederebbe direttamente con il controllo estetico e meccanico, a cui segue il controllo elettrico e funzionale. Per ogni test effettuato, oltre alla descrizione del controllo ed i relativi esiti, nel *Running Chart (Laufkarte)* si riporta la funzione o la caratteristica a cui si riferiscono e lo strumento da utilizzare. Il *Running Chart* è un documento condiviso con il cliente che certifica le modalità di esecuzione dell'analisi di una data famiglia di prodotto (Push-push, serbatoi, pompe ecc.).

1 st level analysis								
Step	Descrizione Controllo	Funzione/caratteristica rilevante	Strumento e Riferimento	fatto	data	Firma	esito	Ok/Not Ok Misure/Valori
10	Identificazione progressivo pezzi	Na	na					
20	Ispezione Visiva Esterna	Integrita', Corretto assemblaggio, segni di usura	Visivo/occhio nudo					

30	Verifica funzione push	Apertura e chiusura perno	Manuale					
40	Controllo funzionale elettrico a banco	Corretto funzionamento a bassa tensione (9v)	Attrezzatura specifica					
50		Corretto funzionamento a tensione esercizio (13v)	Alimentatore - Attrezzatura specifica					
60		Corretta commutazione microswitch (13V)	Attrezzatura specifica					
70	Verifica Montabilità (solo per i ritorni da Stabilimento)	Conformita' di caratteristiche di montabilità	Calibro – rif. Piano di Controllo					
80	Posizionamento puntale in posizione lock	Dimensione conforme	Comparatore – rif. Piano Controllo					
90	Overstroke	Dimensione conforme	Comparatore – rif. Piano Controllo					
100	Controllo forze	Forza push – entrata perno	Dinamometro – rif. Piano Controllo					
110		Forza push – uscita perno	Dinamometro – rif. Piano Controllo					

Tabella 7 "Running Chart della famiglia push push, analisi di primo livello. Fonte: Cebi".

Qualora durante l'analisi venga rilevato un difetto che coinvolga una caratteristica ispezionata in linea si procede con il re-test della linea stessa. Se invece dall'analisi risulta che le parti sono correttamente funzionanti e nessun difetto è stato rilevato, le parti sono dichiarate "Ok in base all'analisi di primo livello" e successivamente indirizzate al processo dedicato alla gestione degli NTF.

ANALISI RESI DI SECONDO LIVELLO (2nd LEVEL PART ANALYSIS)

Nell'eventualità in cui l'analisi di 1° livello non è stata in grado di determinare la causa, si prosegue con un'analisi di secondo livello che prevede l'apertura del pezzo per l'analisi dei componenti, ulteriori test di laboratorio fino all'identificazione della causa principale del guasto. Anche le prove condotte durante l'analisi di secondo livello sono documentate nell'apposita *Laufkarte*.

2 nd level analysis								
Step	Descrizione Controllo	Funzione/caratteristica rilevante	Strumento e Riferimento	fatto	data	Firma	esito	Ok/Not Ok Misure/Valori
120	Apertura	Na	Na					
140	Verifica motore	Funzionamento in alimentazione diretta (orario/antiorario) – assorbimento	Alimentatore - soglia					
150	Lunghezza pin motore	Conformita' a disegno	Calibro – Rif. Piano Controllo					
160	Verifica Cablaggio	Continuita' elettrica (statica e con movimento cablaggio)	Multimetro (ohmetro)					
170		Conformita' crimpatura	Visivo/Microscopio					

180	Verifica saldatura micro	Conformita' saldatura	Visivo/Microscopio					
190	Verifica meccanica	Integrita' componenti (assenza rotture) e deformazioni	Visivo, occhi nudo					
200		Presenza impurita'	Visivo, occhi nudo					
210		Presenza ossidazioni	Visivo, occhi nudo					
220	Verifica dimensionale dei componenti interessati alla non conformita'	Individuazione root cause	Metrologia					

Tabella 8 "Running Chart della famiglia push push, analisi di primo livello. Fonte: Cebi".

ANALISI DEL PROBLEMA

L'analisi del problema consiste nell'individuazione delle cause di guasto (*"failure root cause"*) applicando la metodologia "5 WHY's" integrata nell'8D report, mentre per l'identificazione dei fattori di guasto si suggerisce l'utilizzo del metodo Ishikawa, 4M, *failure tree analysis*.

Una volta identificate le cause dei guasti e le responsabilità, i resi vengono archiviati in un'area dedicata per almeno 2 anni. Tutti i dati e le informazioni riguardanti i risultati dell'analisi globale sono archiviati nella Intranet di SQ in modo tale da verificare se lo stesso problema è già stato affrontato ed efficacemente risolto. In caso affermativo, non vengono avviate nuove azioni correttive.

Qualora si manifesti un nuovo problema imputabile al processo di un fornitore Cebi, si richiede a quest'ultimo di effettuare l'analisi dei resi, compilare l'8D report e attuare le azioni correttive necessarie. Se invece il guasto sia attribuibile al processo Cebi si procede con la compilazione dell'8D report da inviare al cliente, a cui segue la predisposizione ed attuazione dell'Action Plan con esso condiviso.

Il processo si conclude con la verifica dell'efficacia delle azioni correttive implementate.

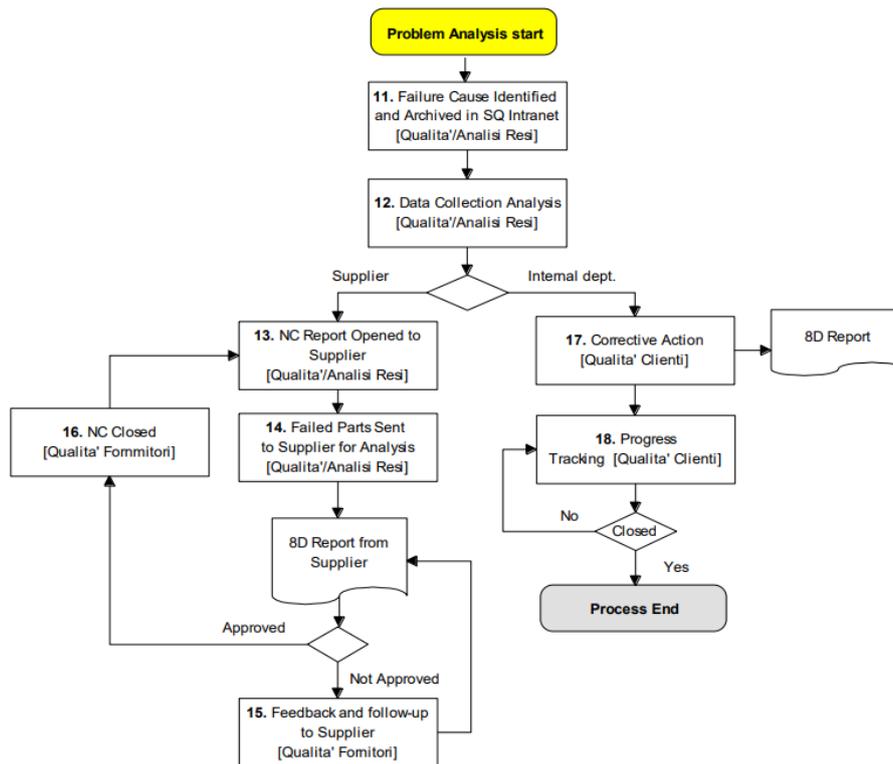


Figura 76 "Analisi del problema. Fonte: Cebi".

GESTIONE NTF

Il trend degli NTF (pezzi ritenuti non affetti da guasti dall'azienda) deve essere costantemente monitorato in quanto può segnalare delle problematiche del processo produttivo non rilevate dal sistema di controllo ed essere eventualmente impiegato per il calcolo del fattore tecnico (*Filed Technical Factor*). Pertanto è stato predisposto un processo dedicato alla gestione degli NTF che si attiva al soddisfacimento di particolari criteri (*Triggering Criteria*).

Uno specifico *Triggering Criteria* è definito in funzione di:

- alte percentuali di parti risultate OK dall'analisi ($\geq 30\%$);
- significative quantità di resi da analizzare.

Altri fattori che contribuiscono a far scattare il processo NTF possono essere rappresentati da:

- lancio di un nuovo prodotto;
- rilevanza per il cliente;
- reclamo nuovo/frequente.

Qualunque sia il criterio di attivazione, esso viene applicato a livello di specifico prodotto. Nell'eventualità in cui il criterio risulti soddisfatto, deve essere definita una linea guida specifica per coprire in modo sistematico le aree in cui i test standard non sono in grado di identificare alcun difetto. Pertanto sulla base delle informazioni disponibili possono essere sviluppati nuovi test sul prodotto e/o sul processo, ad esempio cicli termici e analisi delle vibrazioni. In realtà queste indagini supplementari possono essere predisposte in presenza di un ragionevole sospetto che si stia verificando un nuovo difetto.

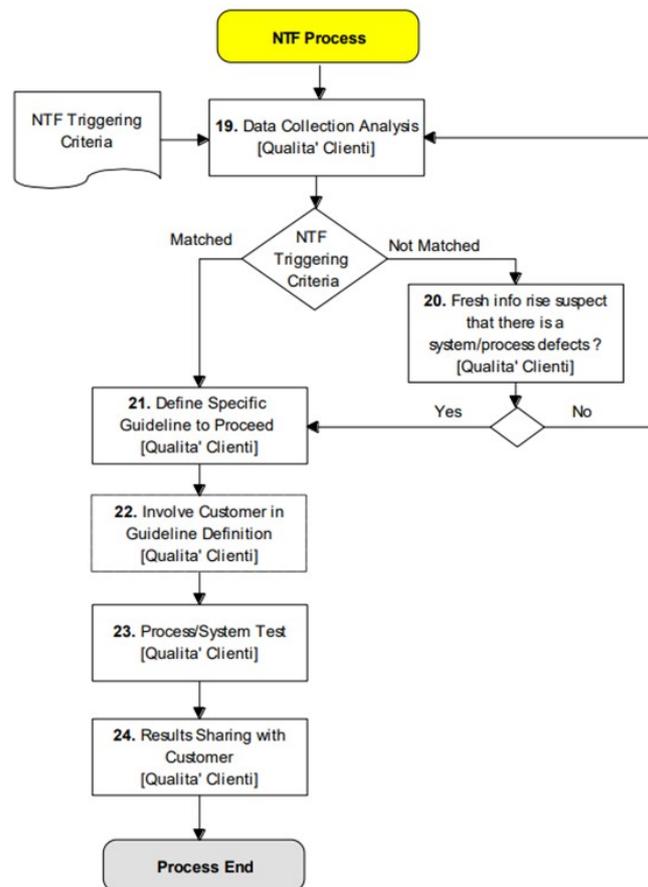


Figura 77 "Gestione NTF. Fonte: Cebi".

7.2. KPI E CURVE MIS

Per valutare l'andamento qualitativo dei prodotti e dei processi, in ottica di miglioramento continuo, l'azienda elabora appositi indicatori: gli Indici di Qualità di Stabilimento. Quest'ultimi comprendono indicatori di diversa natura spesso in relazione tra loro, quali: indici DES (Difettosità, Efficienza, Scarti), scarti presso stabilimento clienti, scarti in accettazione, indici di incidenti, indici di addebiti.

Per poter essere utilizzati efficacemente per il controllo qualità, tali indici vengono monitorati nel tempo e sono oggetto di analisi statistiche periodiche. In particolare, la direzione analizza a cadenza mensile:

- l'incidenza dei resi e degli scarti valorizzati sul fatturato;
- gli indici di qualità;
- le analisi statistiche periodiche, per esempio analisi di Pareto degli scarti per le linee di prodotto, consuntivo mensile dell'andamento qualitativo per singolo fornitore e per singolo componente, consuntivi mensili del livello di servizio offerto dal fornitore.

È inoltre previsto almeno un riesame all'anno da parte della direzione durante il quale si discutono i valori consuntivi di tutti i vari indicatori aziendali, si definiscono i KPI con i relativi target per il periodo successivo e i piani di miglioramento. In linea di massima i piani di miglioramento devono riportare l'area oggetto dell'azione (Qualità, Sicurezza, Ambiente), l'obiettivo, la descrizione dell'attività coinvolte, gli indicatori con cui monitorare il miglioramento, l'individuazione Responsabile dell'attuazione, l'individuazione delle risorse e dei mezzi, la definizione dei tempi e delle modalità di intervento.

7.2.1. INDICE DI DIFETTOSITÀ

L'indice di difettosità (indice D) è definito come il rapporto, espresso in PPM, tra il numero dei pezzi resi da stabilimento cliente a km zero e il numero dei pezzi spediti. Si tratta di un indice globale calcolato su base mensile.

L'andamento delle difettosità nel tempo è rappresentato mediante un grafico dove nelle ascisse si riportano il tempo espresso in mesi, mentre nelle ordinate si riportano i valori dell'indice D e le quantità spedite. In questo diagramma è quindi possibile rappresentare contemporaneamente l'andamento dell'indice D, l'andamento dell'indice D progressivo e dello spedito. Nello stesso grafico si indica inoltre il target rappresentato da una retta orizzontale in quanto ritenuto costante per tutto il periodo di riferimento, tipicamente rappresentato da un anno. Dal significato dell'indice stesso appare dunque evidente che i valori di difettosità non debbano superare il target fissato, in caso contrario è necessario redigere un opportuno *Action Plan* per il contenimento e la risoluzione del problema.

Successivamente si approfondisce l'analisi effettuando due analisi di Pareto:

- la prima ha lo scopo di identificare quali articoli siano più soggetti a resi;
- la seconda ha l'obiettivo di determinare le difettosità più ricorrenti.

L'indice D, come gli altri indici DES, è visualizzato nelle linee di produzione attraverso strumenti di Visual Management in modo tale da rendere evidenti le possibili criticità.

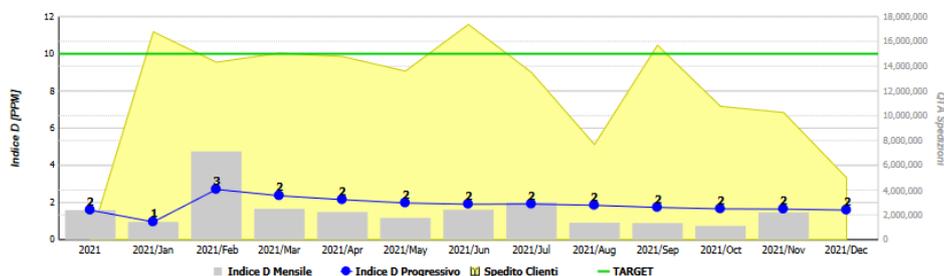


Figura 78 "Indice D anno 2021. Fonte: Cebi".

7.2.2. INDICE DI SCARTI INTERNI

Durante l'esecuzione dei processi il reparto Produzione effettua il versamento degli scarti con le relative causali. Il versamento degli scarti consiste nello spostamento contabile dei pezzi scartati dal Magazzino Prodotti Finiti al Magazzino Accantonamenti e nello spostamento fisico in apposite gabbie rosse al fine di impedirne l'utilizzo. Questi dati, incluse le causali, sono opportunamente gestiti dal sistema informatico per essere utilizzati sia nelle riunioni settimanali sia per il calcolo mensile dell'indice S.

L'indice S è il rapporto, espresso in termini percentuali, tra il valore totale dello scarto ed il valore del prodotto finito senza difetti, calcolato rispetto ad un determinato prodotto.

Il valore del prodotto finito senza difetti coincide con il prodotto tra le quantità realizzate per il costo di produzione unitario, mentre il valore totale dello scarto interno corrisponde al prodotto tra il numero di scarti e il valore del prodotto finito senza difetti.

Per analizzare l'andamento degli scarti interni si calcola sia l'indice S mensile sia l'indice S progressivo (cumulativo). L'andamento di entrambi è rappresentato in un diagramma cartesiano in cui nelle ascisse si riporta il tempo in mesi e nelle ordinate il valore degli indici.

Attualmente il valore target da non superare è fissato al 2%, in caso contrario si deve definire un *action plan* per il contenimento e la risoluzione del problema. Per individuare le aree di intervento o di miglioramento si conduce un'analisi di Pareto che evidenzia gli scarti responsabili della maggior parte dei costi di scarto (costi di non qualità derivanti da insuccessi interni).

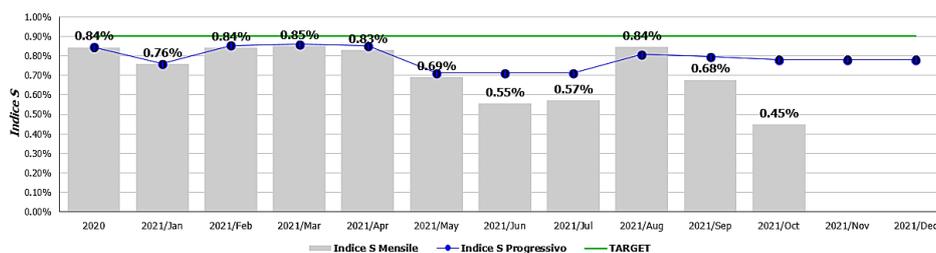


Figura 79 "Indice S anno 2021". Fonte: Cebi

7.2.3. INDICE DI INCIDENTI

L'indice di incidenti è il numero di resi da clienti per responsabilità interna registrati in un mese. Al fine di trarne informazioni più significative, sullo stesso grafico che ne rappresenta l'andamento si riporta lo spedito mensile e la media progressiva del conteggio degli incidenti, ovvero il valore cumulativo dell'anno calcolato come media degli incidenti su dodici mesi.

Un'analisi più approfondita dell'indice prevede la stratificazione dei dati per famiglia di prodotto e per gruppo clienti. Le due stratificazioni sono indipendenti, ma possono essere confrontate per trarne informazioni aggiuntive.

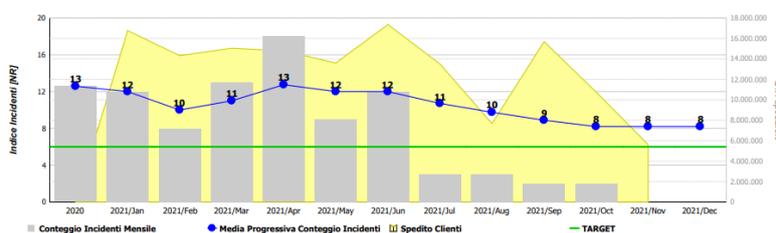


Figura 80 "Indice di incidenti 2021". Fonte: Cebi

7.2.4. CURVE MIS

Le curve MIS (*Month In Service*) sono la rappresentazione grafica di dati particolarmente utili resi disponibili dalle case automobilistiche ai suoi fornitori. Generalmente i dati messi a disposizione dei fornitori sono di tre tipi:

- dati basati sugli incidenti (limitati ai reclami e al conteggio);
- dati basati sul tasso di produzione e/o vendita;
- dati sulla garanzia inclusi i *Month In Service*.

La capacità di legare un difetto a una data di produzione, un mese di servizio o qualche misura simile è di grande valore quando si valuta il problema e si sviluppa una risposta. È stato inoltre ampiamente riconosciuto che per avere un processo di garanzia efficace, la data di nascita di un componente è fondamentale, la tracciabilità dei sottosistemi può dunque diventare un vantaggio competitivo per produttori e fornitori. Nel mondo automotive le curve MIS sono notevolmente importanti perché a partire dai dati di garanzia forniscono indicazioni riguardo il numero di pezzi espresso in PPM di un certo prodotto che falliscono in vettura dopo un determinato periodo di tempo dalla data di immatricolazione. Questo intervallo di tempo è espresso in termini di Mesi in Servizio (*Month In*

Service, MIS) definito come il periodo di tempo durante il quale il veicolo viene utilizzato dal cliente finale. Il presupposto abituale è che 30 giorni di utilizzo equivalgano all'unità di indice (30 giorni = 1 MIS). La curva MIS 01 fornisce informazioni riguardo il numero di pezzi che falliscono in vettura dopo 30 giorni dall'immatricolazione. Dei valori alti nelle MIS 01, MIS 02, MIS 03 sono sintomo di un problema di produzione legato per esempio al progetto, all'assemblaggio o a *misuse* del cliente. I periodi di tempo più comunemente osservati: 3 mesi (MIS03), 12 (MIS12) e 24 (MIS24) mesi.

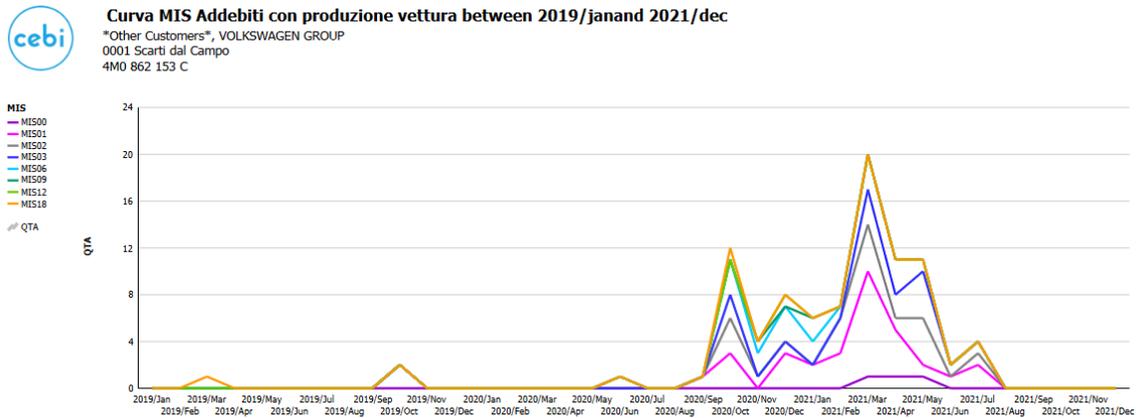


Figura 81 "Esempio curve MIS. Fonte: Cebi"

CONCLUSIONE

Nel lavoro di tesi è stato illustrato il progetto sviluppato nello stabilimento Cebi di Ancona, durante l'attività di tirocinio svolta nel periodo da Agosto a Dicembre 2021. Lo studio si è incentrato su una linea di assemblaggio semiautomatica recentemente sviluppata per la produzione di un attuatore per lo sportello di ricarica per veicoli elettrici Renault.

A partire dal disegno cliente sono state individuate tutte le caratteristiche di prodotto o di processo da controllare su cui concentrare lo sforzo di controllo, ossia le HCPP. Di ciascuna sono state analizzate l'influenza sul corretto funzionamento dell'attuatore, definiti i punti di controllo e indicati gli strumenti di misura impiegati per la loro rilevazione.

I punti di controllo individuati sono essenzialmente tre: accettazione, in linea e fuori linea.

Alcune HCPP possono essere controllate solo in accettazione in quanto relative a componenti acquistate esternamente, mentre quelle riferite al processo o all'assemblato finale possono essere valutate sia in process sia off-line, altre ancora per loro natura possono essere controllate solo fuori linea.

L'attenzione è stata concentrata sui controlli automatici basati sull'utilizzo di dispositivi tecnologicamente avanzati, quali per esempio smartcamera e burster, che consentono di ottimizzare i controlli in linea sia in termini di tempo sia in termini di precisione. Tali sistemi permettono di acquisire e memorizza un numero elevati di dati in tempi estremamente ridotti, rendendoli disponibili per analisi successive. In particolare si è voluto evidenziare l'importanza di prevenire la creazione di non conformità predisponendo azioni ispettive lungo la linea di assemblaggio dopo operazioni critiche, senza dover attendere i controlli *end of line* automatici. Di quest'ultimi è stato esposto il principio di funzionamento dei collaudi e l'integrazione con il burster per il controllo della forza di apertura e di chiusura.

È stato condotto uno studio preliminare di capacità di processo al fine di verificare se questo sia in grado di soddisfare le specifiche rispettandone le tolleranze. Trattandosi di un nuovo processo in fase di accertamento di idoneità non è stato possibile calcolare gli indici C_p e C_{pk} , in questi casi l'AIAG raccomanda l'utilizzo degli indici di prestazione del processo P_p e P_{pk} .

L'analisi è stata condotta su 30 pezzi per ciascuna delle diciotto HCPP, le cui misure sono state effettuate fuori linea dai collaudatori dell'Ufficio Qualità. Per il calcolo degli indici e l'interpretazione grafica della capacità di processo è stato utilizzato il software TAG di Renault.

Description	Ident. / Plot num.	Class	n	Ppk value	Ppk Accept.	Ppk Lower	Ppk Upper	Pp Value	Pp Accept.
Diameter Reference A	HCPP1	3	30	1.19	Accepted	1.19	3.87	2.53	Accepted
Concentricity of lock axis	HCPP2	3	30	1.33	Accepted	1.33	6.68	4.00	Accepted
Closed position	HCPP3	3	30	1.85	Accepted	3.20	1.85	2.52	Accepted
Unlocking position	HCPP4	3	30	6.02	Accepted	6.02	14.63	10.32	Accepted
Opening stroke	HCPP5	3	30	2.19	Accepted	2.19	3.35	2.77	Accepted
Closing force	HCPP6	3	30	3.06	Accepted	3.06	4.31	3.68	Accepted
Opening force	HCPP7	3	30	3.34	Accepted	3.34	4.20	3.77	Accepted
Pivot reaction in opened po...	HCPP8	3	30	1.42	Accepted	8.05	1.42	4.74	Accepted
Diameter fin locking	HCPP9	3	30	1.26	Accepted	2.63	1.26	1.94	Accepted
Height end fin	HCPP10	3	30	1.42	Accepted	1.42	1.63	1.52	Accepted
Diameter end fin	HCPP11	3	30	1.23	Accepted	1.49	1.23	1.36	Accepted
Fin height	HCPP12	3	30	1.22	Accepted	1.78	1.22	1.50	Accepted
Angle open position	HCPP13	3	30	3.54	Accepted	17.85	3.54	10.69	Accepted
Closing stroke	HCPP14	3	30	1.72	Accepted	1.72	4.49	3.10	Accepted
Lock width	HCPP15	3	30	1.11	Accepted	1.21	1.11	1.16	Accepted
Lock thickness	HCPP16	3	30	1.82	Accepted	1.82	1.84	1.83	Accepted
Lock height	HCPP17	3	30	1.22	Accepted	1.22	1.87	1.55	Accepted
Distance between fixations	HCPP18	3	30	7.82	Accepted	7.88	7.82	7.85	Accepted

Figura 82 "Indici di performance del processo di assemblaggio dell'attuatore NPS"

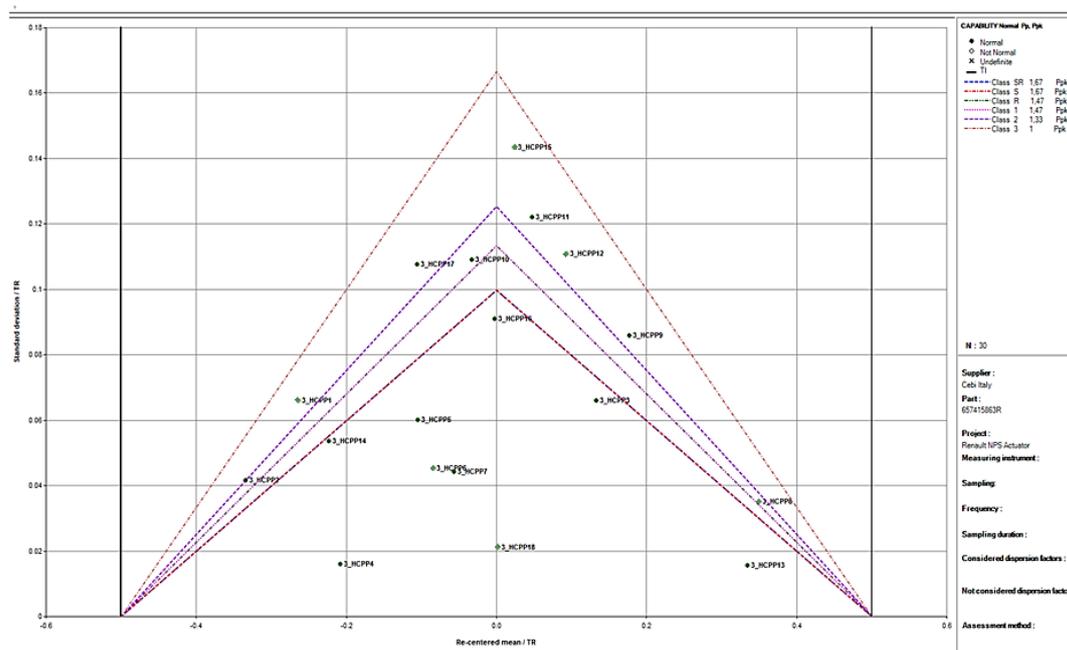


Figura 83 "Risultati grafici dell'analisi processo tramite TAG".

Dall'analisi effettuata il processo risulta in grado di soddisfare ampiamente le specifiche richieste.

Per il futuro l'obiettivo è quello di migliorare la centratura del processo in riferimento alle HCPP collocate in prossimità dei lati obliqui del triangolo più esterno (area di accettabilità di tutte le HCPP di classe 3) e la variabilità delle HCPP in prossimità del vertice.

La trattazione prosegue con l'analisi del processo di piantaggio della vite sul motore in relazione alla quota di piantaggio, effettuato su una stazione esterna alla linea di assemblaggio in quanto critico per la

funzionalità dell'attuatore. Gli strumenti impiegati sono la carta di controllo x-R e gli indici di capacità di processo C_p e C_{pk} .

Dalle carte di controllo emerge che il processo di piantaggio è sotto controllo. Per quanto riguarda gli indici di capacità, entrambi assumono valori superiori ai valori di riferimento. Inoltre essendo $C_p = C_{pk}$ il processo risulta centrato. Pertanto, in riferimento alla quota di piantaggio il processo risulta essere preciso ed accurato.

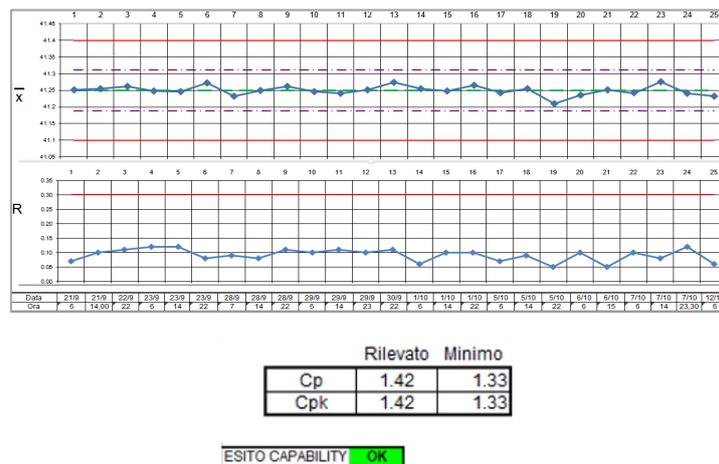


Figura 84 "Carte di controllo e risultati capability"

Per garantire la conformità dei prodotti, lo studio è stato esteso alla gestione dei reclami dei clienti e dei fornitori da implementare quando il progetto raggiungerà la produzione di serie, utilizzando metodologie innovative, quali per esempio la metodologia *8D report*, le procedure dell'analisi dei resi e la gestione dei *Not Trouble Found*.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- *Statistica Process Control (SPC): il controllo statistico del processo*. Febbraio 2019. Anfia Service.
- *Project Management & Quality Assurance on Renault-Nissan projects*. Novembre 2021. ABP MANAGEMENT
- Charpentier F., *Analyse de la norme expérimentale XP E 04-009*, Ecole centrale de Nantes, 2020
- Chirone E., Tornincasa S., *Disegno tecnico industriale*, Il capitulo, 2018, Vol. 1.
- ISO 9000:2015 *Quality Management Systems*.
- IATF 16949:2016 Standard per il sistema di gestione per la qualità automotive.
- Mirandola R. [et. Al], *Sistemi Qualità*, ETS EDITRICE PISA, 1991, Seconda edizione.
- Montgomery D., *Controllo statistico della qualità*, McGraw-Hill, Milano, 2006, Seconda edizione.
- Slide corso “Gestione Industriale della Qualità”, Carmine Dazj, 2020/21, UNIVPM.

SITOGRAFIA

- <https://www.automotivequal.com>
- <https://bimaticsrl.it/>
- <https://www.burster.com>
- <https://www.evosys-laser.com/>
- <https://industrial.omron.it>
- <https://www.mate-lab.com>
- <https://meetheskilled.com/>
- <https://nebbiasalina.com>
- <https://wikipedia.org>
- <https://www.cebi.com>
- <https://www.datavaluemagazine.com>
- <https://www.fortest.it>
- <https://www.iso.org>
- <https://www.qualitiamo.com>
- <https://www.smeup.com>

- <https://www.automotivequal.com>
- <https://www.qualityi.it>

RINGRAZIAMENTI

In primis un ringraziamento speciale al mio relatore, Professor Dazj, per i suoi indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse e per avermi seguito durante questa delicata fase del mio percorso universitario.

Ringrazio Cebi Italy per avermi dato l'opportunità di lavorare a questo stimolante progetto, per l'ospitalità e per le skills acquisite sul campo.

Un ringraziamento speciale va al mio correlatore, l'Ing. Gaetano Sessa, e al mio tutor aziendale, l'Ing. Giovanni Morini. Grazie perché senza i vostri preziosi consigli, la vostra disponibilità e immensa pazienza questo lavoro di tesi non esisterebbe nemmeno. Grazie soprattutto perché nei momenti di difficoltà mi avete sempre spronata e incoraggiata.

Ringrazio, inoltre, tutto il Team Qualità con cui ho avuto modo di collaborare, in particolar modo ai Collaudatori.

Un grazie di cuore alla mia famiglia che mi ha sempre dato fiducia, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.

Non posso non ringraziare la mia ex-coinquilina Francesca per aver rallegro la mia permanenza a Fermo e per aver sopportato le mie giornate di "studio matto e disperatissimo".

Infine, grazie anche a chi, non credendo in me, mi ha dato lo stimolo di continuare.