

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale In Ingegneria Gestionale A.a. 2021/2022 Sessione di Laurea Ottobre 2022

Applicazione del metodo DMAIC per l'ottimizzazione dei piani qualità: caso Michelin

Migrazione dei piani di controllo qualità su piattaforma digitale

Relatore: Prof. Maurizio Galetto Candidato: Syria Zanardo A mia nonna Grazia, la mia più grande fan.

Ai miei nonni Liliana, Adelio e Renzo che vorrei fossero qui.

Sommario

<i>1</i> .	Introduzione	5
1	1.1. Obiettivo della tesi	5
1	1.2. Contesto	6
2.		
2	2.1. L'azienda	
	2.1.1. La storia	
_		
	2.2. L'organizzazione qualità	
<i>3</i> .	Approccio e metodologie usate in Michelin	11
3	3.1. Approccio Lean Six Sigma	11
3	3.2 Problem Solving	
4.	Materiali e Metodi	
-	4.1 DMAIC	
	4.1.1. Definire	
	4.1.2. Misura	
	4.1.3. Analisi	44
	4.1.3. Implementare	
	4.1.4. Controllo	47
4	4.2 FMEA	48
<i>5</i> . (Caso studio	52
5	5.1. II problema	52
5	5.2 L'applicazione del metodo DMAIC	52
	5.2.1. Applicazione della fase di "Definizione"	
	5.2.2. Applicazione della fase di "Misurazione"	
	5.2.3. Applicazione della fase di "Analisi"	
	5.2.4. Applicazione della fase "Implementazione"	
6. I	Risultati	
<i>7</i> .	Conclusioni	99
Rif	bliografia	106

1. Introduzione

1.1. Obiettivo della tesi

L'obiettivo della tesi è rappresentato dell'applicazione dei principi e delle tecniche Lean Six Sigma al fine di ottimizzare il processo dei controlli su pneumatici autocarro (pneumatici da camion, agro, metro e genio civile) prima cottura (nei reparti "Avanti Cottura").

La metodologia principale adottata per il raggiungimento di tale obiettivo è il DMAIC che, oltre ad essere ben strutturata permette attraverso le sue fasi di acquisire una visione globale e dinamica del problema.

Il seguente lavoro sarà così organizzato:

- nei primi capitoli della tesi si affronteranno i temi sui materiali e i metodi di supporto all'applicazione pratica, riferimenti alla letteratura esistente;
- nella seconda parte della tesi viene presentata l'analisi svolta con la metodologia
 DMAIC: i diversi strumenti e le attività adottate per definire e trovare la soluzione al problema.

Il seguente lavoro si focalizza sui "controlli qualità" svolti in Michelin dal team Garanzia Qualità (GQ).

Lo scopo di GQ è di garantire che le attese del cliente siano rispettate secondo gli alti standard qualitativi dell'azienda.

I controlli qualità possono essere di due tipologie:

- processi e procedure: controlli che vengono effettuati sulle macchine di produzione;
- prodotto: controlli svolti sui prodotti uscenti dalle macchine.

L'obiettivo è il trasferimento di tutti i controlli presenti in formato cartaceo, sottoforma di checklist, in una piattaforma digitale GD2RQ. Questo dà la possibilità di revisionare tutti i controlli svolti fino ad ora per comprendere quali siano veramente indispensabili per la produzione e quali invece superflui.

Si è previsto di ridurre i controlli attuali del -15% e di ridurre il tempo impiegato per eseguire i controlli del -20%.

Sarà necessario anche un aumento delle polivalenze e un aumento delle conoscenze informatiche.

Gli ultimi due obiettivi sono estremamente importanti per garantire una maggior efficienza dell'attività.

1.2. Contesto

Le analisi e le considerazioni del lavoro sono emerse dopo un periodo di affiancamento dei controllori, necessario per comprendere quale fosse il flusso del lavoro e quali fossero le attività svolte.

È stato adottato così, nei primi mesi, il metodo "Gemba Walk", applicato poiché ha un'influenza immediata e significativa sulle attività dell'organizzazione (Dana, 2015). "Gemba Walk" è una tecnica utilizzata per osservare e capire come viene svolto il lavoro e significa "camminata nel luogo reale".

Una passeggiata "Gemba" permette di:

- osservare, ossia guardare le persone svolgere il lavoro (fondamentale per comprendere i controlli, i quali sono centrali per l'intera tesi);
- comprendere quale sia il luogo di lavoro, ossia osservare le persone nel luogo effettivo in cui viene svolto il lavoro (in quali reparti e soprattutto sotto reparti);
- interagire con le persone che svolgono il lavoro, creando confidenza e cercando di comprendere quali fossero i problemi in essere.

"Gemba Walks" fornisce una visione ravvicinata e dettagliata dei comportamenti in azione e sono un potente strumento per identificare le opportunità di miglioramento (Dalton, 2019).

In particolare, la tecnica ha permesso di comprendere quali siano i reparti in cui si svolgono i controlli:

- preparazione, costituito da 3 sotto reparti, nei sotto reparti sono state raggruppate le macchine per sottofamiglie¹ e sono presenti 13 sottofamiglie di macchine;
- assemblage, costituito da 2 sottofamiglie di macchine;
- cottura, costituito da un'unica sottofamiglia di macchine.

2. L'azienda e il campo di applicazione

2.1. L'azienda

Michelin (Manifattura francese di pneumatici Michelin società in accomandita per azioni) è una multinazionale con sede a Clermont-Ferrand, in Francia, il cui core-business è la produzione e vendita di pneumatici.

Fondata nel 1889, è uno dei marchi leader nel suo settore, ed è anche nota internazionalmente per gli opuscoli da viaggio che portano il suo nome, le <u>Guide Michelin</u>, divenute uno standard di riferimento sia per l'industria alberghiera che per quella della ristorazione di alta qualità.

In tutto il mondo la Michelin ha circa settanta stabilimenti che producono 180 milioni di pneumatici ogni anno venduti in 170 Paesi; la quota di penetrazione nel mercato del settore ammonta a circa il 20%.

Il suo Centro Tecnologico, cuore del settore Ricerca e Sviluppo, ha sedi in Europa, America del Nord e Asia. Al centro del loro focus c'è la mobilità, essenziale per lo sviluppo umano, l'attività di innovazione infatti è continua per renderla più sicura, efficiente e sostenibile.

La priorità di Michelin è offrire ai clienti una qualità incondizionata (Michelin, 2022).

2.1.1. La storia

Fin dalla sua fondazione nel 1889, la missione di Michelin è quella di contribuire al progresso di una mobilità sostenibile di beni e persone attraverso la produzione e

¹ Il raggruppamento è tale per cui le macchine che sono sottoposte agli stessi controlli fanno parte della stessa sottofamiglia

commercializzazione di pneumatici per tutti i tipi di veicoli, dalle due ruote a differenti tipologie di vetture: trasporto pesante, avio, agricolo e movimento terra. Michelin è attiva, anche, in molte competizioni <u>automobilistiche</u> e <u>motociclistiche</u> (Orientamento.unina, 2022).

Tra gli anni 1890 e il 1911 la casa francese fu direttamente impegnata nelle corse automobilistiche. Ha partecipato come fornitore di pneumatici dal 1973 al 2008, portando notevole sviluppo nel settore: ha, infatti, introdotto la costruzione radiale nel 1984, e la costruzione multi-mescola nel 1994.

Le moto, inoltre, gommate Michelin in 36 anni hanno ottenuto 360 vittorie e vari titoli mondiali.

Michelin ritorna nella categoria come fornitore unico del motomondiale nel 2016 e dal 2011 diventa, anche, unico fornitore del campionato mondiale Rally (Michelin, 2008).

2.1.2. I valori

I valori di sostenibilità di Michelin si basano su "All Sustainable Strategy" o "Strategia delle 3 P" (People, Planet, Profit), in cui la sostenibilità economica e finanziaria, necessaria per assicurare un futuro duraturo all'Azienda, coesiste con il rispetto e lo sviluppo delle persone e l'attenzione verso il pianeta.

- La "P" di "People" si concretizza nell'attenzione verso le persone e si focalizza sul ruolo fondamentale che esse ricoprono nell'attuazione della strategia del Gruppo.
- La "P" di "Planet" si manifesta nell'impegno di Michelin nell'affrontare le sfide ambientali di oggi e di domani al fine di promuovere uno sviluppo sostenibile e raggiungere l'obiettivo di carbon neutrality ²entro il 2050.
- La "P" di "Profit" è la sfera che rappresenta la volontà di Michelin di generare valore sia all'interno sia all'esterno dei confini aziendali, senza mai perdere di vista l'imprescindibile legame con le sfere People e Planet (Miatton, 2022).

² Risultato del bilanciamento tra emissioni di gas serra generate ed emissioni riassorbite. Diventare Carbon Neutral significa quindi farsi carico della propria impronta climatica e scegliere di rendere le proprie attività non impattanti verso il clima

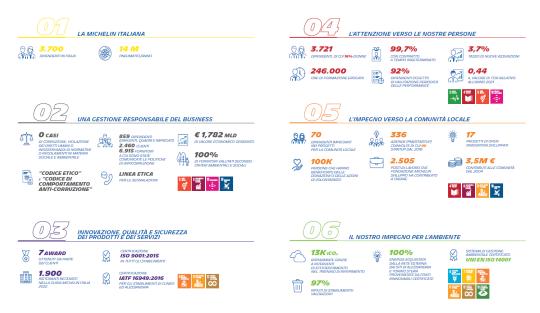


Figura 1 I valori Michelin

2.2. L'organizzazione qualità

Gli pneumatici rappresentano il punto di contatto che c'è fra la superficie stradale e il veicolo; perciò, ricoprono un ruolo imprescindibile in termini di sicurezza, ecco perché la qualità è l'aspetto fondamentale di questo settore.

Michelin, infatti, lavora secondo specifici standard di riferimento seguendo le norme ISO 9001, ISO 14001 e IATF 16949 (Michelin, 2017).

Esistono diversi standard ISO, uno di questi è ISO 9000, relativo ai sistemi di gestione della qualità e progettato per aiutare le organizzazioni a garantire la soddisfazione delle esigenze dei clienti e delle altre parti interessate.

La ISO 9000 tratta i fondamenti dei sistemi di gestione della qualità, inclusi gli otto principi di gestione su cui si basa la famiglia di standard.

ISO 9001 è uno degli standard della famiglia ISO 9000. La ISO 9001 si occupa dei requisiti che le organizzazioni devono soddisfare attraverso gli standard. Gli organismi di certificazione di terze parti certificano le organizzazioni che soddisfano i requisiti della ISO 9001, tale norma è uno degli strumenti di gestione più utilizzati al mondo.

La ISO 9001, Quality Management Standard, è lo standard riconosciuto a livello internazionale per la gestione della qualità delle imprese. Si applica ai processi che creano e controllano i prodotti e i servizi forniti da un'organizzazione, prescrive un controllo sistematico delle attività per garantire che le esigenze e le aspettative dei clienti siano

soddisfatte (tale norma è progettata e destinata ad applicarsi praticamente a qualsiasi prodotto o servizio, realizzato da qualsiasi processo in qualsiasi parte del mondo) (Isuf Lushi, 2016).

Riconosciuta a livello internazionale, la UNI EN ISO 14001 certifica l'applicazione di un sistema di gestione ambientale finalizzato ad individuare, monitorare e migliorare le proprie interazioni con l'ambiente nel suo complesso. È dunque testimonianza dell'intento, da parte dell'impresa, di ridurre al minimo il proprio impatto ambientale e descrive i processi da attuare perché questo miglioramento sia concreto e percepibile.

La certificazione 16949 dell'International Automotive Task Force (IATF) per il settore automobilistico e degli pneumatici facilita l'implementazione di strumenti e metodologie Lean Six Sigma (Neves, 2018).

IATF 16949 comprende i requisiti di base ISO 9001 più particolari addenda per il settore automobilistico.

L'obiettivo della norma è: lo sviluppo di un SGQ (Certificazione del sistema di gestione per la qualità) che preveda il miglioramento continuo, enfatizzando la prevenzione dei difetti e la riduzione delle variazioni e degli sprechi nella filiera (International Standard, 2015).

3. Approccio e metodologie usate in Michelin

3.1. Approccio Lean Six Sigma

Lean Six Sigma unisce strumenti e tecniche delle metodologie Lean e Six Sigma per produrre risultati reali.

Scopre gli scarti di processo, riduce le attività senza valore aggiunto e aumenta la capacità organizzativa.

I due approcci, Lean e Six Sigma, si combinano per accelerare miglioramenti e risultati. Allo stesso tempo, aumentano l'agilità e la reattività organizzativa.

Lean è una metodologia di trasformazione del business che deriva dal Toyota Production System.

All'interno della metodologia Lean c'è un'attenzione incessante sulla comprensione e sull'aumento del valore del cliente, è necessario infatti svolgere solo attività a valore aggiunto cercando di ridurre le attività non necessariamente a valore aggiunto ed eliminare quelle a non valore aggiunto.

La riduzione del tempo ciclo avviene eliminando tutte le forme di:

- muda, termine giapponese che serve per indicare "rifiuti";
- muri, termine giapponese che significa "sovraccarico di persone e macchine";
- mura, termine giapponese che indica "irregolarità nel flusso di lavoro o irregolarità nella domanda".

All'interno dell'impresa, questi tre concetti sono collegati in modo circolare, ovvero lo spreco provoca irregolarità, sovraccarico che provoca spreco, e così via.

Pertanto, è importante affrontare tutti e tre i concetti per migliorare le prestazioni del sistema. Non si può semplicemente ottimizzare le prestazioni dei singoli reparti, che possono creare sprechi o irregolarità altrove.

Sebbene l'eliminazione di muda, muri e mura sia fondamentale per il pensiero snello, altrettanto fondamentale è una chiara comprensione del valore come definito dal cliente finale di un prodotto, servizio o entrambi.

È necessario analizzare quali siano le attività svolte, infatti, il primo passo per applicare la Lean Organization è quello di svolgere attività a valore aggiunto per il cliente. Per questo le attività si qualificano in:

- Attività a valore aggiunto, attività per cui il cliente è disposto a pagare poiché considerate di valore e fondamentali;
- Attività non a valore aggiunto, comportano sprechi per questa ragione il cliente non è disposto a pagare per questo tipo di attività;
- Attività non necessariamente a valore aggiunto, attività che non creano valore ma stante le attuali tecnologie e impianti produttivi sono inevitabili.

Le attività che non creano valore vanno eliminate mediante un processo di miglioramento continuo. È, invece, importante focalizzarsi e analizzare tutte le attività non necessariamente a valore aggiunto per diminuirle in percentuale (Milano, 2015).

L'obiettivo portante di questa metodologia è quello di tendere ad un processo di cui output sia privo di difetti, anche se il concetto di "0 difetti" è irraggiungibile poiché secondo Crosby, le cose del mondo che ci circondano non si ripetono mai allo stesso modo tutto ciò per via della variabilità. È illusorio pensare che tutto ciò che viene prodotto sia perfettamente conforme alle specifiche e pensare che i processi produttivi abbiano 0 difetti. Con Crosby si intende non come un dato da raggiungere ma come una tendenza, la tendenza sarà quella di ridurre allo 0 i difetti, in maniera asintotica (Galetto, Appunti corso "Ingegneria della qualità", 2021).

Taiichi Ohno, il padre del Toyota Production System, ha identificato sette forme di rifiuti:

- produzione eccessiva (fare più di quanto serve immediatamente);
- tempo di attesa;
- movimento non necessario;
- trasporto;
- elaborazioni inappropriate;
- inventario in eccesso;
- difetti.

Altri, tra cui Womack, Bicheno e Holweg, hanno aggiunto più forme di rifiuti, come i seguenti esempi:

- rifiuti associati alla realizzazione efficiente del prodotto sbagliato;
- spreco di potenziale umano non sfruttato;
- spreco di comunicazioni o informazioni eccessive;
- spreco di risorse naturali;
- spreco di tempo (reattivo) in cui la maggior parte della giornata lavorativa viene spesa urgentemente per risolvere problemi importanti.

I rifiuti sono qualsiasi attività che utilizza risorse ma non produce valore.

L'approccio Lean utilizza la metodologia 5s.

Si articola in cinque principi con l'obiettivo di ottenere processi con un alto livello di prestazioni. Inoltre, questa metodologia serve come base per l'implementazione di altri strumenti di miglioramento continuo.

I cinque principi sono i seguenti:

- **separare o classificare**: questa prima fase consiste nell'individuare la natura di ogni elemento, cioè nel separare i diversi elementi (siano essi attrezzature, strumenti, materie prime, informazioni, ecc.). Questo principio serve per ottimizzare gli ambienti di lavoro fisici, evitare gli sprechi, ridurre i costi e facilitare la pulizia e la manutenzione dei materiali. Pertanto, questa fase cerca di utilizzare nel modo più efficiente possibile le risorse e i materiali disponibili.
- ordinare: questa seconda fase consiste nell'organizzare i materiali o le
 informazioni ritenute necessari nello spazio di lavoro in modo efficiente, cioè
 aiuta a stabilire il modo in cui i materiali o le informazioni devono essere
 identificate e collocate, al fine che sia facile, comodo e veloce trovarle, utilizzarle,
 conservarle e sostituirle;
- pulire: la terza fase consiste nella pulizia dell'ambiente, delle informazioni e dell'area di lavoro. Cerca di determinare le diverse fonti di sporcizia e contaminazione per eliminarle attraverso azioni che ne garantiscano la scomparsa;
- **standardizzazione**: è indispensabile garantire che le pratiche raggiunte con i suddetti principi prosperino diventando uno standard per l'intera azienda;

• manutenzione o disciplina: Quest'ultima fase della metodologia 5S ha il compito di convertire tutte le procedure, gli standard e i diversi controlli stabiliti nelle fasi precedenti, in una cultura del rispetto e dell'autocontrollo, che promuove le buone abitudini e la filosofia che tutto può essere fatto nel migliore dei modi all'interno dell'azienda. La disciplina è il percorso che porta alla creazione di abitudini basate su standard, è insita nella persona, esiste nella sua mente e nella sua volontà e quindi non può essere né misurata né quantificata. Inoltre, è fondamentale perché, senza di essa, l'attuazione dei quattro principi precedenti si deteriorerebbe precipitosamente (Implementazione del metodo 5S in un impianto di produzione , 2020).

Six Sigma è un concetto sviluppato nel 1985 da Bill Smith di Motorola, conosciuto come "il padre del Six Sigma".

Six Sigma è una metodologia di trasformazione aziendale che massimizza i profitti e offre valore ai clienti. Si concentra sulla riduzione della variazione e sull'eliminazione dei difetti utilizzando vari strumenti e tecniche statistiche basate sui dati.

Six Sigma si affida a un gruppo di persone addestrate con Green Belt, Black Belt e Master Black Belt per lavorare su progetti e portare avanti iniziative di miglioramento utilizzando un metodo iterativo di risoluzione dei problemi in cinque fasi per migliorare i processi esistenti.

Il metodo fondamentale alla base del Lean Six Sigma è il DMAIC: Definisci, Misura, Analizza, Migliora, Controlla.

Entrambe le metodologie (Lean e Six Sigma) si concentrano sui processi aziendali e sulle metriche di processo e si sforzano di aumentare la soddisfazione dei clienti fornendo prodotti e servizi di qualità.

L'approccio Lean ha una visione più olistica o sistemica, utilizza strumenti come: la mappatura del flusso di valore o l'analisi del valore, il bilanciamento del flusso di lavoro e i sistemi di segnalazione pull kanban per attivare il lavoro, semplificare e migliorare l'efficienza dei processi e aumentare la velocità di consegna.

L'approccio Six Sigma, invece, è una potente metodologia di risoluzione dei problemi che adotta un approccio analitico e più basato sui dati utilizzando strumenti per eliminare le variazioni e fornire prodotti e servizi privi di errori.

Gli strumenti principali sono:

- project Charter;
- voce del cliente (VOC);
- voce del Business (VOB);
- voce del dipendete (VOE);
- SIPOC.

Negli ultimi anni, Lean Six Sigma ha anche incorporato componenti dell'approccio basato sui sistemi al miglioramento dei processi che si trova nella Teoria dei vincoli (TOC) di Goldratt. Il TOC vede il business come un sistema di processi interconnessi e interdipendenti in cui gli input e gli output di ogni passo possono limitare o vincolare le prestazioni dell'insieme. Questa situazione è analoga a una catena collegata in cui le prestazioni della catena sono buone solo quanto il suo anello più debole. Pertanto, per migliorare le prestazioni complessive si devono raggiungere i seguenti obiettivi:

- comprendere l'intera catena, invece che i singoli anelli isolati;
- identificare in qualsiasi momento l'anello o la barriera più debole alle prestazioni complessive del sistema;
- isolare e rafforzare le prestazioni dell'anello più debole per migliorare il sistema generale.

Tutte le altre parti del sistema sono quindi subordinate e le loro prestazioni locali possono anche essere depotenziate per rafforzare l'anello più debole.

Le fasi dei processi aziendali sono gli anelli della catena del sistema aziendale. Attraverso la mappatura, l'analisi e il monitoraggio dei processi, è possibile comprendere il sistema e aiutare a isolare ed elevare il vincolo di limitazione delle prestazioni, che può quindi essere eliminato e il processo ottimizzato.

Lean Six Sigma realizza la trasformazione del business attraverso l'esecuzione coordinata di molteplici progetti di miglioramento dei processi e design.

Queste trasformazioni comportano numerosi vantaggi quali:

- selezione dei giusti progetti per il miglioramento o la progettazione;
- esecuzione dei progetti utilizzando le metodologie Lean Six Sigma;
- gestione continua dei processi (compresa la continua eliminazione degli sprechi e delle attività non a valore aggiunto) per raggiungere le strategie e gli obiettivi aziendali.

La prima e la terza componente sono di natura strategica, mentre la seconda componente è di natura tattica.

Definire, misurare, analizzare, migliorare e controllare rappresentano il ciclo di base e iterativo di risoluzione dei problemi della metodologia Lean Six Sigma utilizzato per migliorare i processi di lavoro esistenti.

Il DMAIC è composto da cinque differenti fasi, nello specifico:

- definizione, l'obiettivo della fase di definizione è concentrare lo sforzo di miglioramento sul problema corretto e definire l'ambito e gli obiettivi di miglioramento misurabili. Il DMAIC ha inizio con la definizione del Project Charter che oltre ad indicare il gruppo di persone coinvolte nel progetto fissa gli obiettivi da raggiungere e anche i rischi che si possono incontrare per giungere tali obiettivi imposti. I clienti di processo vengono identificati, segmentati e vengono utilizzate varie tecniche per comprendere i loro requisiti critici attraverso la voce del cliente, del business e del dipendente (VOC, VOB e VOE). Il SIPOC aiuta a comprendere e a definire chi siano i fornitori, quali siano gli input, le fasi del processo, gli output e quali siano i clienti;
- **misura**, monitora il funzionamento del processo e visualizza singolarmente o in forma aggregata le attività, cercando di comprendere quale sia il flusso di lavoro, grazie all'utilizzo della Value Stream Map;
- analisi, l'obiettivo della fase di analisi è determinare cosa è sbagliato e cosa sta
 causando variazioni ed eccezioni indesiderate del processo. Molto importante è
 l'analisi della causa principale durante questa fase: fornendo informazioni
 sull'impatto del personale, delle regole e dei percorsi alternativi attraverso il
 processo. Si devono comprendere, infatti, quali siano le cause radici per arrivare
 a soluzioni strutturate;

- miglioramento, durante la fase di miglioramento, vengono valutate soluzioni alternative. Viene selezionata e sperimentata l'alternativa migliore e viene progettato un piano di attuazione. È possibile progettare, valutare e confrontare più modelli di stato futuro da diverse prospettive, compreso il loro impatto sul valore aggiunto, il tempo di attesa, il rischio, il riutilizzo e i controlli normativi;
- controllo, durante la fase di controllo il processo migliorato viene preparato per l'ambiente di produzione. I risultati della fase includono in genere piani di implementazione, formazione e comunicazione, un'analisi costi-benefici, un piano di trasferimento della proprietà e le misure per controllare il processo e mantenerlo.

Oltre alle fasi elencate c'è anche una fase aggiuntiva, ossia, la fase di realizzazione. L'obiettivo della fase di realizzazione è replicare e standardizzare le implementazioni di soluzioni di successo. La replica si riferisce all'implementazione della soluzione in altre business unit, aree geografiche, team o sedi.

Molte aziende adattano i metodi, gli strumenti e le tecniche Lean Six Sigma per soddisfare le proprie esigenze e requisiti (Hans Skalle, 2013).

3.2 Problem Solving

Il termine problem solving, risoluzione di un problema, indica un'attività finalizzata all'analisi e alla risoluzione dei problemi usando tecniche e metodi generici o ad hoc.

Ogni problema risolto migliora la performance e spesso dev'essere applicato uno standard, fondamentale per ridurre la variabilità.

La risoluzione di un problema aumenta lo spirito del team (poiché insieme si diminuiscono gli inconvenienti) e permette all'organizzazione di essere più efficienti (poiché vengono diminuite le interferenze).

Il problema, che può essere semplice o complesso, è il mancato raggiungimento delle performance e questo significa che c'è possibilità di miglioramento delle prestazioni.

I problemi vanno risolti perché generano variabilità, tutto ciò che è soggetto alla variabilità porta ad una cattiva qualità.

Per comprendere se le performance sono quelle attese si deve:

- misurare le performance e i progressi nella fase di conoscenza (i risultati non stabili e non ad un livello previsto generano variabilità);
- applicare gli standard in caso di scostamenti dalle performance attese e
 predefinite, aiutano a ridurre la variabilità e a migliorare la situazione,
 permettendo di raggiungere stabilità nel tempo. Gli standard, però, non anticipano
 i problemi poiché sono solo uno strumento di managment visuale.

Il problema si verifica quando il livello di performance atteso è diverso dal livello di performance raggiunto, la differenza prende il nome di deviazione.

Per risolvere il problema è necessario che questo sia visibile e inoltre è importante che abbia le seguenti caratteristiche:

- facile: si osservano le condizioni di apparizione del problema;
- efficace: il ritorno alla norma è veloce;
- principio di responsabilità: i problemi si risolvono dove si verificano e nello stesso tempo.

I problemi, quindi, vanno risolti nel posto reale (dove si è verificato il problema) e in tempo reale (prima si lavora per trovare le cause e meglio sarà).

È importante che i dati siano reali, le informazioni devono essere fattuali.

È necessario che siano presenti tutte le competenze necessarie per identificare la causa del problema.

Il problema dev'essere:

- strutturato (descritto con precisione);
- compreso da tutti;
- il più limitato possibile (in questo modo sarà più efficiente il team ad applicare la risoluzione).

Il diagramma di Ishikawa serve per inquadrare il problema, nel caso di elevata complessità questo dev'essere suddiviso in sottoproblemi.

Il Fishbone diagram (noto anche come diagramma di Ishikawa) è stato creato con l'obiettivo di identificare e raggruppare le cause che generano un problema di qualità.

Il diagramma Fishbone rappresenta principalmente un modello di presentazione suggestiva per le correlazioni tra un effetto e le sue molteplici cause che si verificano. La struttura fornita dal diagramma aiuta i membri del team a pensare in modo molto sistematico.

Alcuni dei vantaggi della costruzione di un diagramma Fishbone sono:

- aiuta a determinare le cause alla radice di un problema o di una caratteristica di qualità utilizzando un approccio strutturato;
- incoraggia la partecipazione di gruppo e utilizza la conoscenza di gruppo del processo.

Il problema è ben compreso quando si ha la correlazione: oggetto – difetto trovato, in questo modo si ha una definizione semplice del problema. Se il team non riesce a trovare questa correlazione lineare allora il problema è da scomporre in sotto problemi al fine che sia definito più semplice. (ILIE, 2010)

4. Materiali e Metodi

4.1 DMAIC

L'approccio Lean Six Sigma utilizza il metodo DMAIC, viene applicato per identificare le cause profonde di un problema esistente e propone soluzioni che possono avere un impatto significativo sull'organizzazione.

Le fasi di DMAIC e gli strumenti utilizzati all'interno di ciascuna fase sono numerosi, è importante quindi analizzare ogni fase e ogni strumento utilizzato per arrivare a delle soluzioni strutturate. (Jiju Antony, 2012)

4.1.1. Definire

Lo scopo di questa fase è determinare i requisiti del cliente, del processo e definire di conseguenza l'ambito e gli obiettivi del progetto di miglioramento.

Durante la fase di definizione si utilizzano vari strumenti come:

- project charter, anche detta carta cantiere;
- il diagramma SIPOC;
- la voce del cliente;
- la voce del business;
- la voce del dipendente (VOC, VOB e VOE rispettivamente).

Nella fase iniziale del progetto è opportuno preparare il project charter, rappresentato in figura 2, per: fissare gli obiettivi attesi, indicare il team coinvolto nel progetto e soprattutto considerare i rischi che possono emergere per arrivare agli obiettivi fissati.

Un diagramma SIPOC è uno strumento utilizzato per identificare tutti gli elementi rilevanti di un progetto di miglioramento. Viene utilizzato per definire i processi aziendali in cui il team identifica e mappa le relazioni di base tra fornitori, input, fasi del processo, output e clienti, come mostrato nella Figura 3. Il diagramma SIPOC viene sviluppato dal team dopo il brainstorming e la discussione con gli stakeholder.

Per garantire che gli obiettivi siano realistici e in linea con i requisiti del cliente, i dati vengono raccolti e analizzati sulla base del concetto di "VOC".

L'intervista ai clienti, al business e ai dipendenti è fondamentale per comprendere quali siano le problematiche riscontrate quotidianamente e quali siano i difetti di processo che causano ostacoli sotto più punti di vista.

Project Name			-				
Project Description							
Project Manager		Date Approved					
Project Sponsor		Signature					
В	usiness Case	Expected Goals/Deliverables					
Tea	am members						
Name	Role						
		-					
Risk	Risk and Constraints			Milestones			
				·			

Figura 2. Project Charter



Figura 3. SIPOC diagram

4.1.2. Misura

Il primo passo per una fase di misurazione è identificare quale sia il flusso di lavoro per comprendere e qualificare le attività svolte, questo dà la possibilità di misurare in percentuale quali e quante siano le attività a:

- valore aggiunto;
- non valore aggiunto;
- non valore aggiunto necessario.

Grazie all'analisi si riesce a comprendere su quali attività focalizzarsi maggiormente e soprattutto si riesce a comprendere quanti siano i difetti all'interno del processo.

Lo strumento che aiuta a comprendere quale sia il flusso di lavoro è la Value Stream Mapping (VSM).

VSM è la mappatura di un processo e dei flussi informativi all'interno di un'organizzazione, aiuta a comprendere se le attività e i servizi generano valore per un cliente. (Martin, 2013)

L'intero Processo, lo stabilimento e gli impianti possono essere tutti mappati.

I benefici generati da questo strumento permettono di:

- visualizzare l'intero processo;
- adottare un linguaggio comune;
- dimostrare i collegamenti tra le operazioni;
- identificare il flusso;
- identificare i rifiuti;
- andare verso il miglioramento continuo.

È importante disegnare la mappa dello stato attuale suddividendo i turni di lavoro (per comprendere se durante turni diversi vengono svolte le medesime attività) e varie ore giornaliere.

L'obiettivo della VSM è evidenziare i rifiuti per eliminarli.

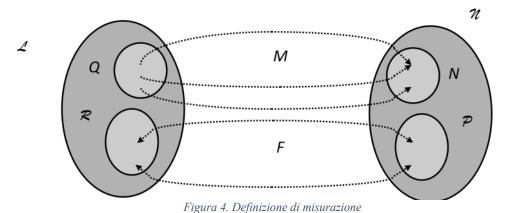
I sintomi primari dei problemi sono:

- sovraproduzione;
- attesa;

- trasporto;
- inventario;
- movimento;
- elaborazione eccessiva;
- difetti;
- NVA e NVAN.

Un ulteriore strumento importante nella fase di misurazione è la creazione di un indicatore che permetta di assegnare valori numerici alle manifestazioni di una proprietà.

La misurazione, definita come operazione empirica di assegnazione delle misure alle manifestazioni delle caratteristiche, è un omomorfismo del sistema empirico \mathcal{L} nel sistema numerico N.



Il sistema relazione empirico (insieme rappresentato a sinistra in figura 4) di una certa caratteristica è definito:

$$\mathcal{L} = \langle Q, R \rangle \tag{4.1}$$

L'equazione (4.1) mostra che il mondo reale viene rappresentato con \mathcal{L} , ossia il sistema relazione empirico (sistema costituito da un insieme di manifestazioni e relazioni tra le manifestazioni).

Dove si ha:

- Q: è l'insieme delle manifestazioni;
- q_i: è la manifestazione i-esima della caratteristica q;

- i: indice di manifestazione;
- R: è l'insieme delle relazioni empiriche tra le manifestazioni della caratteristica
 R= {R₁,R₂,...R_n};
- R_j: è la relazione j-esima;
- j: indice di relazione.

Le manifestazioni sono le realizzazioni empiriche di ciò che si sta osservando, definito il contesto. Ad esempio: i diversi livelli di temperatura che si percepiscono sono le diverse manifestazioni della temperatura.

Le relazioni, invece, legano tra loro le manifestazioni. Sempre considerando il caso definito in precedenza: al mattino il livello della temperatura è più basso rispetto a quello che si può osservare nel pomeriggio (si può avere una relazione di maggioranza o minoranza). La mappatura che si fa dal sistema empirico al sistema dei simboli è una mappatura omomorfica, ossia non è detto che ad un simbolo corrisponda un'unica manifestazione. Le relazioni possono essere di tre tipi:

- equivalenza ~
- ordinamento <
- combinazione °

Invece, l'insieme di destra mostrato in figura 4, indica il sistema di relazione numerico \mathcal{N} di una certa caratteristica ed è definito nel seguente modo, nell'equazione (4.2):

$$\mathcal{N} = \langle N, P \rangle \tag{4.2}$$

Dove si ha:

- N: è un generico insieme di numeri;
- P: è l'insieme delle relazioni definite su N, $P = \{P_1, P_2, ..., P_n\}$;
- N: è il sistema numerico relazionale (di solito coincide con il sistema dei numeri reali).

C'è la possibilità di usare qualsiasi simbolo non necessariamente i numeri, è importante che con i simboli si possano indicare le manifestazioni.

Se, ad esempio, si volesse misurare il livello di gravità in un pronto soccorso si potrebbero utilizzare sia i numeri sia i colori (ossia il bianco per indicare la gravità minore e il rosso per quella maggiore).

Ogni manifestazione verrà rappresentata da un simbolo e ogni relazione verrà rappresentata da una proprietà nel sistema dei simboli.

In un contesto in cui, ad esempio, considero più masse posso avere: una massa maggiore di un'altra oppure due masse combinate danno la terza massa. Ad ogni massa assegno un simbolo (di solito vengono indicate come M₁, M₂, M_{3...}) e ad ogni relazione tra le masse associo una proprietà di numeri.

Essendo le masse un fenomeno fisico di tipo estensivo, il tipo di misura gode di tutte le proprietà: maggioranza, minoranza, uguaglianza, disuguaglianza e composizione.

La corrispondenza tra le relazioni e le proprietà è "1:1" per questa ragione nella figura 4 si parla di isomorfismo.

Nel complesso la rappresentazione del sistema relazionale empirico nel sistema relazionale di simboli è omomorfica (più manifestazioni possono essere rappresentate dallo stesso simbolo).

Sono fondamentali due proprietà nella rappresentazione:

- empiricità;
- oggettività.

Una scala di misurazione S è un insieme di oggetti tali da essere caratterizzati da una ben definita manifestazione della proprietà indagata $si \in Q$, selezionati in base al costrutto \mathcal{L} , come spiegato dall'equazione (4.3).

Formano un insieme standard di riferimento per la misurazione degli oggetti dell'insieme Ω .

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots\}$$
(4. 3)

Una scala di misurazione può essere formalmente espressa dal seguente sistema relazionale, come indicato dall'equazione (4.4):

$$S = <\mathcal{L}, \mathcal{N}, M, F >$$

$$(4.4)$$

Ad esempio, se si considera la temperatura in una stanza la scala sarà un insieme di punti fissi a cui paragonare il valore individuato nella stanza.

Si prendono i valori specifici legati alle singole manifestazioni che soddisfano determinati criteri con cui si vuole costruire la scala. Il principio prevede che si prendano degli elementi della scala tale per cui chi viene prima venga posizionato in posizione precedente rispetto di chi viene dopo (questa manifestazione soddisfa il principio di minoranza) si riporta la manifestazione sulla scala (analogamente con i numeri: il numero 1 deve precedere il 2 e così via).

Si nota dove la manifestazione \mathcal{L} si posiziona rispetto gli elementi della scala, per questa ragione la scala altro non è che un insieme di manifestazioni che vengono prese come riferimento.

Non è detto che esista un'unica funzione che permetta di rappresentare le manifestazioni con i simboli ma si possono rappresentare anche con più funzioni diverse. È necessario che le funzioni siano correlate tra loro affinché il concetto di misura si concretizzi in maniera corretta. In questo modo la condizione di unicità si esprime dicendo che pur essendoci delle funzioni diverse che mappano le manifestazioni dei simboli, esistono delle trasformazioni di scala che applicate alle varie funzioni permettono di passare da una funzione all'altra.

Il concetto di unicità si concretizza nel fatto che se si applica una trasformazione (da una funzione in un'altra) rimane sempre invariato il significato della misura. Le trasformazioni, quindi, sono ammissibili per la scala se mantengono il principio di unicità della misura.

Ad esempio, la temperatura (non assoluta, che viene misurata con termini convenzionali) può essere misurata in gradi °C ma anche in gradi °F, si ha la stessa misura ma con due funzioni di mappature diverse. Esiste, infatti, una trasformazione di scala (si aggiunge una costante) che permette di passare da una scala all'altra.

Quando invece si considerano le grandezze si hanno i multipli e sottomultipli, si può passare dai m ai mm come dai m ai km (la trasformazione avviene tramite divisione o moltiplicazione) che si misurino i m o i km il risultato non varia. A seconda della tipologia di scala sono ammissibili diversi tipi di trasformazioni:

- di similitudine M' = kM;
- di potenza $M' = kM^n$;

- lineare M' = a + kM;
- monotona crescente $M' = f_1(M)$;³
- di permutazione $M' = f_2(M)$;⁴

Per cui una trasformazione di scala è ammissibile quando il significato non cambia. Per comprendere se il significato rimane o meno invariato viene effettuato il test di ammissibilità: si verifica che le trasformazioni non cambino le relazioni tra le manifestazioni e le proprietà.

Si hanno quattro differenti tipi di scale:

- 1. Nominale;
- 2. Ordinale;
- 3. Lineare di intervallo e logaritmica di intervallo;
- 4. Di rapporto.

L'ordine elencato parte dalla scala "meno raffinata", ossia che possiede meno proprietà.

Nello specifico la scala nominale ha le seguenti proprietà, come indicato dalla tabella 1:

Tipologia	Operazione Empirica	Trasforma-zioni permesse	Misura di Posizione	Misura di dispersione	Correlazioni	Test di significatività
Nominale	Determinazione di non equivalenza	Permutazione	Moda	Informazione H	-	χ^2

Tabella 1. Scala nominale

La scala nominale permette di distinguere oggetti che si considerano diversi o equiparare oggetti che si considerano uguali.

L'unica relazione esistente è quella di equivalenza (e di conseguenza anche la non equivalenza), come indicato dall'equazione (4.5).

$$\mathcal{L} \equiv <\mathcal{Q}, \sim>$$

(4.5)

La Q rappresenta il sistema di manifestazione, nello specifico: $q_i \sim q_k$ (oppure si può anche avere il contrario).

³ Con f₁ si intende qualsiasi funzione monotona crescente

⁴ Con f₂ si intende qualsiasi funzione che determina una sostituzione uno a uno degli elementi

Un esempio di scala nominale è il numero della maglia dei giocatori, il quale un tempo indicava la posizione occupata in campo: i giocatori delle due squadre, infatti, avevano gli stessi numeri da 1 a 11, per cui il numero 1 indicava il portiere.

L'unica proprietà applicabile è quella di equivalenza, che con i numeri prende il nome di uguaglianza.

Quando viene costruita la scala, questa deve rispettare le condizioni considerate. È necessario prendere le categorie di riferimento per definire la scala, che sono le rappresentazioni di manifestazioni diverse nel sistema empirico.

Per cui, ad esempio, tutti gli allievi che sono paragonabili alla categoria "maschi" verranno classificati in quel gruppo.

La trasformazione ammessa è la permutazione, la dimostrazione dell'ammissibilità della trasformazione dev'essere valida in generale ma la non ammissibilità può anche essere dimostrata in senso stretto (con un contro esempio).

$$q_i \sim q_k$$
 (4. 6)

$$M(q_i) = M(q_k) \tag{4.7}$$

$$M \to M'$$

Nell'equazione (4.8) si applica la trasformazione di permutazione Con $M' \neq M'$

$$M'(qi) = M'(qk)$$
(4.9)

L'equazione (4.9) mostra che dopo la trasformazione vale sempre l'uguaglianza. Lo stesso principio vale anche per la proprietà di non equivalenza.

La statistica ammissibile è la moda, ossia il valore che si raggiunge più volte. Nel caso multimodale (più massimi) considero la moda come indice di posizione.

La rappresentazione della scala prevede che l'asse delle "x" rappresenti le diverse categorie, non un asse metrico, per cui l'ordine viene adottato in maniera convenzionale.

Per indicare la dispersione si utilizza l'informazione H, come indicato dall'equazione (4.10):

$$H = log_2(n) \tag{4.10}$$

Più il numero n è grande e più la dispersione sarà grande.

Il test d'ipotesi si basa sull'utilizzo della distribuzione della χ^2 .

Quando si ha una scala nominale con un certo numero di categorie M, le diverse categorie si classificano con indice i=1...m.

L'osservazione di una determinata popolazione comporta che alcuni siano destinati nella categoria P1 e altri nella categoria P2.

Nel caso in cui non si conoscesse la popolazione si deve fare un test d'ipotesi:

L'ipotesi nulla è rappresentata dall'equazione (4.11):

$$Ho = P_1 = P_2 = P_3 = \cdots$$
 (4.11)

Mentre l'ipotesi alternativa è mostrata dall'equazione (4.12):

$$Ha = P_1 \neq P_2 \neq P_3, \dots$$
 (4. 12)

Per ogni campione vengono fatte un certo numero di osservazioni per verificare che le osservazioni sia destinate alla categoria categoria i-esima: n_i.

X_i= successi di i, manifestazioni che rientrano nella categoria i-esima.

Per numeri grandi:

$$zi = \frac{x_i - n_i P_i}{\sqrt{n_i P_i (1 - P_i)}}$$
(4. 13)

La variabile z_i, indicata dall'equazione (4.13) si distribuisce secondo una gaussiana standardizzata.

Se ipotizzo che tutte le P sono uguali tra loro, posso scrivere la relazione come mostrato nell'equazione (4.14):

$$\chi_0^2 = \sum_{i}^{m} \frac{(x_i - Pn_i)^2}{n_i P(1 - P)}$$
(4. 14)

Di solito si è nella seguente situazione:

- n_i: è noto;
- xi: è noto (dagli esperimenti);
- P: non è noto ma si può stimare facendo una media pesata di tutte le osservazioni per le diverse categorie, come mostrato dall'equazione (4.15).

$$\bar{P} = \sum_{i}^{m} \frac{P_i}{n_i} \tag{4.15}$$

Si considerano tutte le osservazioni delle varie categorie e si confrontano con la χ^2 andando a vedere se i valori rientrano nel primo range, indicato dall'equazione (4.16):

$$\chi^2_{\nu,\frac{\alpha}{2}} \tag{4.16}$$

Oppure nel secondo range, come mostra l'equazione (4.15):

$$\chi^2_{\nu,1-\frac{\alpha}{2}}$$
 (4. 17)

La tabella 2 mostra le caratteristiche della tabella ordinale:

Tipologia	Operazione empirica	Trasformazioni permesse	Misura di Posizione	Misura di dispersione	Correlazioni	Test di significativà
Ordinale	Determinazione di ordinamento	Funzioni monotone crescenti	Mediana	Frattili	Correlazione di Spearman	Test del segno

Tabella 2. Scala ordinale

La manifestazione del sistema empirico è caratterizzata dall'ordinamento, per cui le manifestazioni possono essere di equivalenza ma anche di maggioranza e/o minoranza, come riportato nell'equazione (4.18).

$$\mathcal{L} \equiv \langle Q, \sim, \rangle \rangle \tag{4.18}$$

Per costruire la scala si prendono le manifestazioni dal sistema che diventeranno manifestazioni di riferimento. Il segno di maggioranza si colloca tra un livello ed un altro. Un esempio di scala ordinale è la scala Moss, essa assume come riferimento la durezza di dieci minerali numerati progressivamente da 1 a 10. Ciascuno è in grado di scalfire quello che lo precede ed è scalfito da quello che lo segue.

Le trasformazioni ammissibili sono le funzioni monotone crescenti, come riportato nell'equazione (4.19)

$$M(q_i) < M(q_k) \tag{4.19}$$

Applicando la trasformazione si ha:

$$f_1[M(q_1)] = M'(q_1)$$
(4. 20)

$$f_1[M(q_k)] = M'(q_k)$$
(4. 21)

$$M'(q_i) < M'(q_k)$$

$$(4. 22)$$

La funzione monotona crescente preserva la proprietà di maggioranza, come dimostrato dall'equazione (4.22)

Anche la trasformazione di equivalenza viene rispettata, come indicato nelle equazione (4.23) e (4.24):

$$M(q_i) = M(q_k) (4.23)$$

$$M'(q_i) = M'(q_k)$$
(4. 24)

La scala ordinale non ammette la trasformazione di permutazione perché le trasformazioni devono mantenere la proprietà di ordinamento.

Come misura di posizione si ha la mediana (è ammessa inoltre anche la moda, valida per la scala nominale).

Per la dispersione si utilizza il range interquartile, mentre per la misurazione di correlazione si utilizza Spearman, come riportato dall'equazione (4.25).

Se si osservano due atleti in diverse gare: che correlazione c'è tra di loro? A seconda del comportamento osservato la correlazione può essere positiva o negativa:

$$r_{s} = 1 - \frac{6\sum_{i}^{n} d_{i}^{2}}{n(n^{2} - 1)}$$
(4. 25)

Dato un certo valore di riferimento le osservazioni che si fanno si distribuiscono in maniera da essere mediamente maggiori o minori rispetto al valore di riferimento. Si avranno così n valori positivi e n valori negativi.

Con il test d'ipotesi testo che i valori negativi siano uguali ai valori positivi, si fa il test d'ipotesi sulla percentuale, se lo sbilanciamento è più spostato da una parte allora rifiuto l'ipotesi nulla H₀.

La tabella 3 mostra le caratteristiche della scala lineare di intervallo.

Tipologia	Operazione empirica	Trasformazioni permesse	Misura di Posizione	Misura di dispersione	Correlazioni	Test di significatività
Lineare di intervallo	Determinazione di uguaglianza tra intervalli	Similitudine e traslazione	Media aritmetica	Deviazione standard, varianza	Coefficiente di correlazione di <i>Pearson</i>	Test t e Test F

Tabella 3. Scala lineare di intervallo

La scala lineare di intervallo ha ampio utilizzo nella scienza. Le manifestazioni si distinguono per una differenza tra una manifestazione e l'altra che si può caratterizzare come uguaglianza tra i vari intervalli di manifestazioni.

Se dovessi misurare la temperatura in °C, le diverse manifestazioni potranno essere valutate con differenze di valori equivalenti: manifestazioni che danno 10 °C e manifestazioni che danno 20 °C, stanno ad una distanza tra loro: 20-10 °C.

Considerando i due intervalli $\frac{10}{20}$ e $\frac{50}{40}$, stanno ad una distanza analoga. Sono analoghi per ciò che riguarda lo spazio dei simboli ed equivalenti per ciò che riguarda lo spazio di manifestazioni.

In questa scala si inserisce il concetto di distanza. Non si tratta di una scala ricca di proprietà, malgrado sia molto usata, perché manca il termine "0 assoluto" (o anche detto 0 di riferimento).

Si trova la proprietà di uguaglianza, come riportato dall'equazione (4.26); la proprietà di composizione invece non è valida per valori assoluti ma lo è tra intervalli di valore.

$$q_{i}{\sim}q_{k} \tag{4. 26} \label{4. 26}$$
 Oppure

$$q_i \neq q_l \tag{4.27}$$

L'equazione (4.27) significa che:

$$q_i > q_l$$
 oppure $q_i < q_l$

L'equazione (4.28) riporta un intervallo che va da:

$$q_i - q_l \tag{4.28}$$

L'intervallo riportato può essere confrontato con un altro intervallo, come mostra l'equazione (4.29)

$$q_i - q_l \sim q_k - q_m \tag{4.29}$$

Si definisce l'equivalenza tra intervalli che porta alla legge di composizione, come riportato dall'equazione (4.30).

$$q_i - q_l \circ q_k - q_m \tag{4.30}$$

La composizione riportata dall'equazione (4.30) dà l'intervallo di composizione È come se si trattassero delle grandezze di cui non si conosce l'origine effettiva, non si conosce, infatti, quale sia il punto d'inizio si riesce a conoscere gli intervalli (come se avessi dei bastoni che spuntano dall'acqua ma non so a che livello siano posizionati).

$$\mathcal{L} \equiv \langle Q, \sim, \succ, ° \rangle \tag{4.31}$$

L'equazione (4.31) mostra le caratteristiche della scala.

Per costruire la scala lineare di intervallo si prende un valore iniziale s_i; s_{i+1}; s_{i+2} e i successivi valori ad una determinata distanza tra di loro. Nella scala non è presente lo 0, come detto all'inizio, ma si può assegnare ad un valore della scala il valore 0 per poi procedere. Data la scala in questi termini si possono affinare gli intervalli e definire i sottomultipli e i multipli cadenzati a livelli uguali. Questo accade con la scala °C: si prende uno 0 convenzionale (punto triplo dell'acqua) poi il valore di ebollizione dell'acqua e da lì si definiscono gli altri valori della scala.

La trasformazione ammissibile è quella di similitudine: da M si passa a M' come indicato dall'equazione (4.32):

$$M \to M' = a + kM \tag{4.32}$$

La proprietà ammissibili sono quelle di maggioranza o minoranza e la proprietà di uguaglianza, come riportato dalle equazioni di seguito:

$$M(q_1) = n_1 (4.33)$$

$$M(q_2) = n_2 \tag{4.34}$$

Se:

$$n_1 = n_2$$
 (4. 35)

$$n'_1 = a + kn_1$$
; $n'_2 = a + kn_2$ (4. 36)

Per cui posso affermare che:

$$n_1' = n_2' \tag{4.37}$$

Come detto prima la proprietà di composizione sui valori assoluti della scala non si applica ma si applica agli intervalli, la legge di composizione è interpretata come legge di addizione e si esprime in sei assiomi⁵:

1. a + b appartiene ancora all'insieme dei simboli N;

(4.38)

2. se $a \ge b$; $\exists k / a = b + k$;

(4.39)

3. a + b = b + a;

(4.40)

35

⁵ Con a,b,c che appartengono all'insieme dei numeri

4.
$$a + (b + c) = (a + b) + c;$$
 (4. 41)

5. se
$$a = b \rightarrow a + c = b + c$$
; (4. 42)

6. se
$$a < c$$
 e trovo che $a_1 = a_2 = a_3 = \cdots = a_i \to \exists t \ / \ c < ta_t$, con $a_t = a_1 = a_2 = \cdots = a_i$ (4. 43)

Le proprietà di somma non sono soddisfatte sulla scala di intervallo poiché gli assiomi 2 e 6 non sono soddisfatti ma tutti gli assiomi sono, invece, soddisfatti se applicati all'intervallo stesso. La scala di intervallo, infatti, come detto in precedenza, non gode della proprietà di composizione.

M si trasforma in M' applicando la trasformazione lineare alla scala di intervallo, come riportato dall'equazione (4.43):

$$M' = \alpha + \beta M^6 \tag{4.44}$$

Si dimostra in questo modo che il primo assioma è soddisfatto, come riportato dall'equazione (4.45):

$$a + b \rightarrow \alpha + \beta a + \alpha + \beta b$$
(4. 45)

Raggruppando l'equazione (4.45) si ha:

$$2\alpha + \beta(a+b) \tag{4.46}$$

Applicando la trasformazione, l'equazione dimostra che il tutto appartiene ancora ad N. Caso non verificato, invece, con l'assioma 2, infatti:

$$a \ge b \tag{4.47}$$

.

⁶ Con α e β non riferiti alla statistica

$$a = b + k \tag{4.48}$$

Applicando la trasformazione:

$$\alpha + \beta a > \alpha + \beta b$$

(4. 49)

$$\alpha + \beta \alpha = \alpha + \beta b + \alpha + \beta k \tag{4.50}$$

$$a = \frac{\alpha}{\beta} + (b + k)$$

(4. 51) L'equazione (4.51) mostra che l'uguaglianza non è soddisfatta, dal momento che è

presente una parte aggiuntiva.

Analogamente, non è soddisfatto l'assioma 6⁷, infatti:

$$c \le ta \tag{4.52}$$

A seguito della trasformazione si ottiene:

$$\alpha + \beta c - \alpha - \beta n0 \le (\alpha + \beta tat - \alpha - \beta tn0)$$
(4. 53)

$$\beta(c - n0) \le \beta t(at - n0) \tag{4.54}$$

$$c - n0 \le t(at - n0) \tag{4.55}$$

La somma, quindi, non è applicabile alla scala stessa, come dimostrato dall'equazione (4.55).

La somma invece sugli intervalli è una proprietà ammissibile. Sono ammissibili tutti le precedenti misure di posizione elencate fino ad ora, ossia: moda, mediana con l'aggiunta della media aritmetica.

Un operatore di tipo statistico è ammissibile se porta allo stesso valore o punta alla stessa manifestazioni, come riportato dall'equazione (4.56).

⁷ Viene applicata la trasformazione: a₁-n₀, ad esempio il termine β subisce la seguente trasformazione: $α + βa_1 - α - βn_0$.

$$E[\alpha + \beta x] = \alpha + \beta E[x]$$
(4. 56)

I due termini dell'equazione (4.56) non sono uguali ma puntano alla stessa manifestazione, cambia solo l'entità numerica del simbolo ma la manifestazione è la stessa.

Per le misure di dispersione si introducono la varianza e la deviazione standard.

Il coefficiente di correlazione può assumere valori tra -1 e 1 e indica quanto due variabili sono correlate tra loro, come riportato dall'equazione (4.57):

$$\rho = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \tag{4.57}$$

Nello specifico si ha:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$
(4. 58)

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$$
(4. 59)

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2$$

I test di significatività presenti sono il test: T di student e F di Fisher.

La tabella 4 mostra la scala logaritmica di intervallo.

Tipologia	Operazione	Trasformazioni permesse	Misura di Posizione	Misura di dispersione	Correlazioni	Test di significatività
Logaritmica di intervallo	Determinazione di uguaglianza tra i rapporti	Di potenza	-	Variazione percentuale	-	-

Tabella 4. Scala logaritmica di intervallo

Oltre alle proprietà di equivalenza e di maggioranza si ha anche la legge di composizione, applicata ai rapporti: $\frac{B}{A} = \frac{C}{B} = \frac{D}{C}$

$$\log(B) - \log(A) = \log(C) - \log(B) = \log(D) - \log(C)$$
(4. 60)

Applicando l'opportuna trasformazione l'equazione si riduce alla scala lineare di trasformazione.

$$B' - A' = C' - B' = D' - C'$$
(4. 61)

È possibile tornare nella situazione dell'equazione (4.60) facendo l'inverso.

a viene confrontato con n_0 , ossia quante volte n_0 sta in a, come riportato dall'equazione (4.62):

$$\frac{a}{n_0} = \log\left(\frac{a}{n_0}\right) = \log(a) - \log(n_0) = A' - n_0'$$
(4. 62)

Nell'equazione (4.62) si torna alla scala d'intervallo.

La trasformazione ammessa è la trasformazione di potenza, che porta ad una trasformazione lineare, come riportato dalla relazione (4.63):

$$M' = kM^{\beta} \rightarrow logM' = \log(\alpha) + \beta\log(M)$$
(4. 63)

Dall'equazione (4.63) si ottiene un nuovo valore trasformato su scala di intervallo, in modo tale che possa essere trattata come una scala di intervallo lineare.

La tabella 5 mostra le caratteristiche della scala di rapporto.

Tipologia	Operazione empirica	Trasformazioni permesse	Misura di Posizione	Misura di dispersione	Correlazioni	Test di significatività
Scala di rapporto	Determinazione di uguaglianza tra intervalli e rapporti	Di similitudine	Media geometrica, media armonica	Variazione percentuale	-	-

Tabella 5. Scala di rapporto

Scala che riconduce alla concezione della misurazione classica.

$$\mathcal{L} \equiv <\mathcal{Q}, \sim, >, ^{\circ} > \tag{4.64}$$

L'equazione (4.64) indica che è ammessa anche la proprietà di composizione.

Un esempio di scala di rapporto è il caso delle masse. Le masse, infatti, possono comporsi: due masse le posso sommare e dall'unione otterrò la terza massa.

Essendo definita in questo modo la scala ho uno 0 assoluto, definito anche fattore di scala. Come detto in precedenza, mettendo insieme tanti kg si arriva ai multipli e ai sottomultipli e in maniera analoga si ragiona con i K. La scala di rapporto fa riferimento allo 0 assoluto. In base all'agitazione delle particelle si arriva alla temperatura mentre lo 0 assoluto corrisponde alla quiete assoluta.

La trasformazione ammissibile per la scala di rapporto è la similitudine, con questa trasformazione le proprietà non variano, come riportato dall'equazione (4.65). Le altre trasformazioni non valgono (poiché in quel caso si ha un cambiamento delle proprietà).

$$M' = kM^8 \tag{4.65}$$

Per le misure di posizione si ha la media geometrica, come indicata dall'equazione (4.66) e la media armonica, come riportato dall'equazione (4.67).

$$m_{g} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} x_{i}}$$

$$m_{a} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{x_{i}}}$$
(4. 66)

Per la misura di dispersione si ha la variazione percentuale, ossia $\frac{s}{x}$.

Le grandezze che si possono esprimere attraverso questa scala sono le grandezze fisiche classiche.

La definizione di indicatore è strettamente connessa con il concetto di "obiettivo di rappresentazione" (Galetto, 2021).

-

⁸ Rimane invariata l'ampiezza di unità di misura

Un obiettivo di rappresentazione è una descrizione finalizzata a rendere tangibile un contesto empirico per effettuare valutazioni, confronti, previsioni, prendere decisioni, ecc. Esempi di contesto possono essere: un processo manifatturiero (quando si opera nel campo della gestione della produzione), un sistema di gestione degli approvvigionamenti (nel campo della logistica) e così via.

Dato un contesto si possono definire uno o più obiettivi di rappresentazione. Al concetto di indicatore di prestazione si può associare la seguente definizione: "Un set di indicatori (o un indicatore) è un'entità che, assegnato un dato contesto, "operazionalizza" il concetto di obiettivo di rappresentazione"

Ad esempio, se il contesto è un "processo logistico" di un'azienda e l'obiettivo di rappresentazione è "la classificazione dei fornitori", due possibili indicatori per operazionalizzare l'obiettivo sono il "tempo di consegna" ed il "numero di colli danneggiati".

In generale, si può dimostrare che, dato un obiettivo di rappresentazione, non è possibile generare in maniera algoritmica un set di indicatori capace di descriverlo. Il processo di individuazione degli indicatori richiama, in un certo senso, il problema dell'identificazione delle varabili significative per descrivere un determinato fenomeno fisico.

In base all'approccio rappresentazionale, le misure possono essere interpretate come un sottoinsieme degli indicatori. La principale differenza tra misura ed indicatore è data dal modo con cui avviene la mappatura delle relazioni del sistema empirico.

La definizione di indicatore, infatti, non richiede l'isomorfismo tra le relazioni del sistema empirico e quelle del sistema simbolico.

Condizione che, invece, è richiesta per le misure. Ciò significa che, mentre una misura è sicuramente un indicatore, non è vero il contrario.

Un indicatore si dice "di base", se esso è ottenuto tramite la diretta osservazione di un sistema empirico. Esempi di indicatori di base sono: il numero di prodotti difettosi in una linea di produzione, il numero complessivo di parti prodotte, il tempo che intercorre tra due eventi successivi, ecc.

Un indicatore, invece, si dice "derivato" se si ottiene dall'aggregazione di due o più indicatori di base. Tipici esempi di indicatori derivati di un processo manifatturiero sono: la somma dei prodotti realizzati da più linee di produzione, la quantità media di difettosi

prodotti per una data unità di tempo, il numero massimo di prodotti difettosi realizzati in un giorno, ecc...

In generale, dato un obiettivo di rappresentazione, non è detto che l'indicatore (o set di indicatori) in grado di rappresentarlo sia unico.

Si può dimostrare che, per uno stesso obiettivo di rappresentazione, si possono identificare più indicatori (o set di indicatori), indipendenti tra loro, capaci di rappresentarlo.

Il fatto che tale "condizione di unicità" non sia soddisfatta implica una serie di conseguenze nell'uso degli indicatori. La più evidente è che la scelta della mappatura nel sistema simbolico rappresenta, almeno, in parte, un margine di arbitrarietà: assegnati a due o più indicatori per un determinato obiettivo di rappresentazione, è possibile che non esista, a priori, alcuna trasformazione che codifichi automaticamente un indicatore nell'altro e che conduca allo stesso risultato finale.

Un secondo aspetto riguarda la comparabilità di due processi similari. A parità di obiettivo di rappresentazione, due contesti potrebbero non essere confrontabili se descritti da indicatori diversi.

D'altro canto, va ricordato che anche per le misure non è verificata la condizione di unicità. Le richieste di omomorfismo per la mappatura delle manifestazioni empiriche e di isomorfismo per la mappatura delle relazioni danno origine ad una classe di scale equivalenti ai fini di rappresentazione di misura. Ogni scala può essere trasformata in un'altra scala all'interno della classe di equivalenza, mantenendo inalterato il significato della misurazione. Tutte le possibili trasformazioni formano la cosiddetta "classe di trasformazione ammissibile".

L'imperfetta oggettivazione del modello e l'incompleta definizione dell'obiettivo di rappresentazione sono all'origine del concetto di incertezza. In particolare, l'incertezza di misura è considerata una conseguenza delle imperfezioni nella definizione del processo di misura e il risultato dell'imprecisa determinazione delle osservazioni o delle leggi empiriche. Un concetto simile può essere definito per gli indicatori.

Oltre alla condizione di unicità, gli indicatori di prestazione possono essere classificati in base alle proprietà riportati in tabella 6.

Categoria	Proprietà	Breve descrizione
	Coerenza con l'obiettivo di rappresentazione	Un indicatore deve operazionalizzare adeguatamente l'obiettivo di rappresentazione
	Livello di dettaglio	Un indicatore deve presentare il giusto dettaglio informativo
Proprietà generali	Non contro-produttività	Un indicatore non deve generare effetti negativi sugli altri indicatori
	Impatto economico	Un indicatore deve minimizzare l'impatto economico connesso con il suo utilizzo
	Facilità d'uso	Un indicatore deve essere facilmente interpretato e utilizzato
Proprietà di un insieme di indicatori $S = \{I_i, I_j, I_k\}$	Esaustività	Un insieme di indicatori deve rappresentare adeguatamente le dimensioni del sistema da modellizzare
	Non ridondanza	Un insieme di indicatori non deve contenere ridondanze
Proprietà degli indicatori derivati $ (I_i, I_j, I_k) \rightarrow I_{TOT} $	Monotonia	L'incremento o il decremento di un singolo indicatore deve determinare un corrispondente incremento/decremento dell'indicatore derivato associato
	Compensazione	Singoli indicatori possono o meno generare effetti di compensazione nell'indicatore derivato costituente
Proprietà accessorie	Obiettivi di lungo periodo	Un indicatore deve incoraggiare il raggiungimento degli obiettivi di lungo periodo
	Impatto verso gli attori del processo	Per ciascun indicatore deve essere considerato l'impatto verso gli attori del processo (stakeholders)

Tabella 6. Proprietà degli indicatori di prestazione

4.1.3. Analisi

Dopo aver raccolto tutte le informazioni sul processo nella fase precedente (Misura) si devono esplorare i dati raccolti, analizzare, verificare e dare priorità alle possibili cause profonde e alla loro relazione con l'output.

La fase di analisi prevede l'identificazione delle possibili cause radice, dopo aver studiato le cause connesse al problema.

Il primo passo in questo caso è l'identificazione delle possibili cause principali con il diagramma di Ishikawa.

Da questo strumento si analizzano le cause emerse per arrivare alle cause radici con i 5 perché.

Nel diagramma di Ishikawa le cause sono generalmente raggruppate in categorie principali per identificare queste fonti di variazione, come mostrato in figura 5 (Liliana, 2016). Le categorie in genere includono:

- **persone**: chiunque sia coinvolto nel processo;
- **metodi**: come viene eseguito il processo e i requisiti specifici per farlo, ad esempio: politiche, procedure, regole, regolamenti e leggi;
- **macchine**: qualsiasi attrezzatura, computer, strumenti, ecc. necessari per portare a termine il lavoro;
- **materiali**: materie prime utilizzate durante il processo, utilizzati per produrre il prodotto finale;
- **misurazioni**: dati generati dal processo che vengono utilizzati per valutarne la qualità;
- **ambiente**: le condizioni, come: posizione, ora, temperatura e cultura in cui il processo opera.

Il diagramma di Ishikawa viene definito come una rappresentazione grafica che illustra schematicamente le relazioni tra il problema e le sue cause.

L'effetto o il problema negativo studiato è "la testa di pesce" e le potenziali cause e sottocause definiscono la "struttura a lisca di pesce".

Pertanto, il diagramma rivela chiaramente le relazioni tra un problema identificato in un prodotto e le sue potenziali cause.

Ishikawa Diagram è un semplice strumento grafico per comprendere le cause che producono difetti di qualità e viene utilizzato per analizzare la relazione tra un problema e tutte le possibili cause. Tutte le categorie di cause iniziano con la lettera M (macchine, metodi, uomo, materiali, manutenzione, ambiente, gestione) per gli ambiti produttivi.

Una volta compreso quali siano le cause connesse al problema è necessario comprendere quale sia o quali siano le cause radice per giungere a definire una soluzione ottimale. Questo per arrivare ad un risultato strutturato e duraturo. Lo strumento per comprendere la causa radice o le cause radici è l'approccio dei 5-Whys. (Perry, 2018)

Taiichi Ohno, ex vicepresidente esecutivo di Toyota Motor Corporation ha incorporato questa metodologia nell'area di produzione dell'impianto, incoraggiando il suo staff ad osservare l'area di produzione senza preconcetti. Chiedendosi "perché" cinque volte su ogni questione.

Si potrebbe trovare la risposta con meno di cinque perché oppure ne potrebbero essere necessari uno o due in più, ma di solito porre la domanda cinque volte porterà alla risposta corretta. Ogni "perché" può portare a una serie di altre domande a cui è necessario rispondere prima di procedere al successivo "perché" e potrebbe essere necessario uscire dall'organizzazione per trovare quelle risposte. La chiave è assicurarsi di aver compreso appieno il problema prima di agire.

Il metodo prevede che le domande vengano fatte durante sedute di brainstorming per comprendere i bisogni e generare idee.

Il Brainstorming classico prevede che (Francesca Montagna, 2015):

- ci sia un facilitatore, ossia colui che guida la discussione e obbliga a generare idee,
 "tirare fuori" i bisogni ed evita che la discussione si areni. Il suo compito è fare una collezione di tutte le idee emerse;
- i partecipanti della seduta devono essere preparati agli argomenti, per cui vanno preparati con: immagini, video, parole, disegni, frasi. Dopo la fase di preparazione i partecipanti hanno del tempo a disposizione per pensare e successivamente per esporre le loro proposte;
- durante l'esercizio e con il passare del tempo ci sono sempre più persone che si propongono per esporre la loro idea e la loro opinione. C'è un processo costruttivo di generazione delle idee. Per questa ragione il guidatore guida il discorso e le

idee. La figura del facilitatore è centrale per l'intero processo poiché l'incontro dipende da come indirizza il discorso.

Nella fase di analisi vengono usati come strumenti decisionali i diagrammi (Six Sigma Performance, 2020). Rientrano tutti i diagrammi che permettono di mettere in relazione due o più variabili. I principali diagrammi usati sono:

- diagrammi di frequenza: La curva di frequenza è la rappresentazione grafica della distribuzione delle frequenze delle classi. Data una popolazione suddivisa in classi statistiche con intervalli ben determinati e ogni classe è associata a una frequenza statistica;
- diagrammi di dispersione: Il grafico di dispersione, detto anche grafico a nuvola di punti, scatter plot o scatter graph è un tipo di grafico in cui due variabili di un set di dati sono riportate su uno spazio cartesiano. I dati sono visualizzati tramite una collezione di punti ciascuno con una posizione sull'asse orizzontale determinato da una variabile e sull'asse verticale determinato dall'altra.
- regressione: è una tecnica usata per analizzare una serie di dati che consistono in una variabile dipendente e una o più variabili indipendenti. Lo scopo è stimare un'eventuale relazione funzionale esistente tra la variabile dipendente e le variabili indipendenti.
- diagrammi di interazione: interazioni tra più oggetti, e rappresenta la sequenza temporale delle azioni da eseguire. I diagrammi di sequenza derivano dai casi d'uso, per cui per ogni caso d'uso abbiamo un diagramma di sequenza.
- main effects plot: permette di esaminare le differenze tra le medie di livello per uno o più fattori.

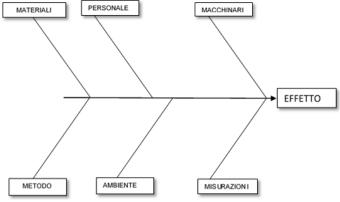


Figura 5. Diagramma di Ishikawa

4.1.3. Implementare

Come primo passo verso il miglioramento del sistema è necessario revisionare l'intero processo di flusso informativo e diminuire tutte le attività non a valore aggiunto.

Le attività non a valore aggiunto sono quelle parti del processo che possono essere eliminate o riprogettate per rendere il processo complessivo più efficace, mentre le attività non necessariamente a valore aggiunto devono essere ridotte in numero ed efficientate.

Per aumentare l'efficienza delle attività non necessariamente a valore aggiunto devono essere adottati degli standards o modi operatori (Amare, 2012). La procedura operativa standard, se realizzata e concretizzata come componente di un efficace sistema di gestione, aiuta a coltivare funzioni trasparenti, attuare misure di prevenzione degli errori, facilitare azioni correttive e trasferire conoscenze e competenze.

4.1.4. Controllo

La fase di controllo è significativa poiché tutti gli sforzi profusi dal team saranno vani se non verranno adottate misure adeguate a sostenere i miglioramenti individuati e attuati. Pertanto, l'obiettivo della fase di controllo è stabilire misure per standardizzare, monitorare e integrare i cambiamenti nel quadro esistente.

Si suggerisce un piano di controllo al fine di mantenere i miglioramenti. Considerando il fatto che la gestione delle informazioni è una combinazione di coinvolgimento umano e tecnologia dell'informazione. I sistemi utilizzati per il processo devono essere progettati con attenzione. Come identificato in precedenza, anche la mancanza di standardizzazione è causa di variazioni.

Al fine di porre una misura di controllo sulle cause individuate, occorre definire obiettivi a livello strategico e il management deve definire i limiti di controllo in un'ottica di miglioramento del livello di qualità Lean Six Sigma delle operazioni. Questi limiti di controllo generati dal processo possono essere utilizzati per generare grafici di controllo degli attributi per comprendere la variazione nel processo e prendere contromisure. Saranno monitorate le seguenti misure:

- errori totali;
- percentuale di record controllati.

Il piano di controllo indicato dovrebbe essere documentato all'interno del sistema di qualità dell'organizzazione, come l'ISO attualmente seguito dall'organizzazione. Questo permette di avere:

- 1. un migliore controllo delle informazioni;
- 2. una disponibilità di informazioni corrette e tempestive;
- 3. nel complesso, un migliore controllo delle operazioni e dell'utilizzo delle risorse. Verrà evitata la duplicazione delle attività, con conseguente riduzione della manodopera.
- 4. soprattutto crea la fiducia dei clienti all'interno dell'azienda e migliora la soddisfazione dei clienti, con conseguenti ordini ripetuti e una migliore fidelizzazione dei clienti.
- 5. un vantaggio competitivo sul mercato.

4.2 FMEA

La FMEA, AMDEC nel mondo Michelin, è stata introdotta per la prima volta nell'industria aerospaziale negli anni '60 (Chiozza, 2009).

A differenza di altri metodi concorrenti di prevenzione dei guasti, FMEA è stato descritto in termini universalmente comprensibili e ciò ha promosso applicazioni che collegavano aziende e settori.

In particolare, l'industria automobilistica ha portato FMEA nel mainstream adottando il metodo come sistema primario per la riduzione degli errori e dei rischi.

La metodologia FMEA possono ridurre notevolmente i requisiti di tempo per soddisfare e garantire che tutte le attività coinvolte siano coordinate.

Si studiano quali siano gli effetti del modo di guasto che impattano sul sistema. Si cerca di intervenire in modo da migliorare ed evitare le cause che portano al guasto, ad esempio si conduce un'analisi preventiva sui modi di guasto di un prodotto ma anche sui modi di guasto del processo (per realizzare il prodotto).

Si deve imparare ad analizzare sul campo i modi di guasto che si presentano, si basa su strumenti grafici per raccogliere, sintetizzare, analizzare informazioni che emergono dalle analisi svolte.

Gli indici che compongono l'indicatore finale sono:

• Indice di gravità G, come mostrato in tabella 7: è un valore espresso su una scala qualitativa, generalmente compreso tra 1 e 10, che esprime il grado di danneggiamento a cui è soggetto il prodotto per un dato modo di guasto. Vanno in seguito esplicitate le cause che determinano un particolare modo di guasto.

Tipo di reazione del cliente	G
Non rileva nessun disagio perché l'effetto	1
non provoca variazioni di prestazione	
Può non rilevare un decadimento delle	2,3
prestazioni	
Rileva un evidente decadimento delle	4,5,6
prestazioni	
Insoddisfazione per la perdita del servizio o	7,8
funzione principale	
Perdita della funzione principale con rischio	9
per il cliente	
Subisce un danno (a cose o persone)	10

Tabella 7. Punteggio di gravità del modo di guasto

• Indice di probabilità P, come indicato dalla tabella 8: Individua la "probabilità" di accadimento di un determinato modo di guasto. È un valore espresso su scala qualitativa, compreso tra 1 e 10.

Probabilità della causa	P
Si ritiene improbabile che quella causa si verifichi	1
Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell'1/10.000	2,3
Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell'1/1.000	4,5,6
Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell'1/100	7,8
È abbastanza probabile	9,10

Tabella 8. Punteggio per la probabilità della causa

• Indice di rilevabilità del guasto R, come riportato in tabella 9: Individua la capacità di non far arrivare all'utente prodotti con caratteristiche difettose. È un valore espresso su una scala qualitativa compreso tra 1 e 10.

Rilevabilità del guasto	R
Si ritiene molto probabile che il guasto sia rilevato (evidente)	1
La probabilità che il guasto sia rilevato è moderata	2,3,4,5
La probabilità che il guasto sia rilevato è piccola (serve un controllo)	6,7,8
La probabilità che il guasto sia rilevato è molto piccola	9
È improbabile rilevare il guasto (guasto nascosto o incontrollabile)	10

Tabella 9. Punteggio per rilevabilità del guasto

Il prodotto dei tre indici dà l'indice di priorità di rischio, IPR (detto anche RPN – Risk Priority Number) definisce la priorità dei modi di guasto (ordinamento delle criticità dei modi di guasto).

Questo è un indice che varia tra 1 e 1000.

IPR serve per sintetizzare e prendere decisioni, se il prodotto è elevato significa che si deve agire rapidamente per rimuovere la causa che porta al "modo di guasto". Se, invece, il valore è basso non vi è un problema di priorità assoluta, si può intervenire con meno prontezza.

Per prioritizzare l'intervento oltre a IPR si guarda con particolare attenzione l'indice di gravità G.

L'indice di priorità di rischio IPR è stato realizzato attribuendo proprietà a scale I, P e R che in realtà non esistono (sono, infatti, scale che hanno al massimo proprietà di ordinamento) con il prodotto si aggiungono ulteriori proprietà (di rapporto).

Il principale difetto dell'utilizzo di questo approccio è la presenza di buchi, poiché è un prodotto.

Il valore massimo raggiunto è 1000 e il valore precedente è il 900 c'è un buco tra 900 e 1000. È importante conoscere tali limiti per usare l'indice in maniera efficiente.

L' Obiettivo della FMEA è quello di ridurre l'indice IPR di tutti i possibili modi di guasto (Galetto, Appunti corso "Ingegneria della qualità", 2021).

5. Caso studio

•

5.1. Il problema

Come anticipato nel capitolo 1, il team GQ svolge controlli qualità di:

- processo e procedura: sono controlli da effettuare su tutte le famiglie di macchine di produzione con frequenza trimestrale (tranne le presse, nel reparto cottura che hanno una frequenza annuale);
- prodotto: questi controlli, invece, vengono effettuati direttamente sul prodotto finito con differenti frequenze.

Entrambi sono presenti in checklist cartacee, questo rende complesso il tracciamento dei controlli effettuati, non è facilmente possibile risalire allo storico delle verifiche effettuate e alle allerte relative alle non conformità trovate.

Le non conformità sono inviate via e-mail al responsabile della linea di produzione ed inserite in un archivio digitale manualmente. Il processo di verifica e chiusura delle azioni è macchinoso con conseguente riduzione di performance e perdita di tempo. Mantenere uno storico in grado di fornire delle analisi, essere consultato con celerità e fornire rapidamente degli output è un'attività lunga e complessa. Un ulteriore elemento di complessità è dato dal fatto che ad oggi il sistema per verificare la frequenza dei non conformi è dinamico ed occorre periodicamente effettuare dei bilanci per comprendere se l'effettiva frequenza dei controlli sia da modificare o meno. Il rischio è che con il progressivo aumento delle tecnologie ci sia un disallineamento.

5.2 L'applicazione del metodo DMAIC

Per l'intero progetto è stato adottato il metodo DMAIC al fine di risolvere problemi in essere per arrivare a soluzioni durature e strutturate.

Come detto nel <u>capitolo 1.2.</u> il primo metodo adottato è stato il Gemba Walk, pratica Lean, che è servito per comprendere:

- il lavoro dei controllori: verifica dei bandages⁹ prima che questi vengano cotti, verifica dei bandages che presentano uno scostamento percentuale dal peso di riferimento, controlli delle macchine di produzione e dei prodotti realizzati ed interventi a macchina (per risolvere i problemi al fine di non interrompere la produzione).
- il perimetro del lavoro: tre diversi reparti in "Avanti cottura", ossia prima che il bandage venga cotto, costituiti a loro volta da ulteriori sottoreparti.
- i problemi in essere.

5.2.1. Applicazione della fase di "Definizione"

5.2.1.1.Project Charter

Il progetto inizia una volta definito il Project Charter, utilizzando lo strumento descritto nel capitolo 4.1.1, si riesce a:

- definire e descrivere il contenuto del progetto, grazie a queste informazioni il team
 ha potuto comprendere in cosa consistesse il passaggio al digitale e la motivazione
 per cui avvenisse;
- indicare i responsabili del progetto e i membri del team;
- indicare la data di approvazione;
- definire il Business Case;
- definire gli obiettivi previsti, il team si è riconosciuto negli obiettivi previsti condividendo l'importanza e l'efficienza di questi;
- definire i rischi che possono emergere per giungere agli obiettivi fissati;
- indicare e definire le Milestones: hanno fatto sì che il programma prefissato fosse scansionato nel tempo e rispettato, con delle fasi da completare prima di iniziare le successive.

⁹ Pneumatico prima di essere vulcanizzato

Project Name Migrazione dei piani di			i controllo qual	ità su piattaforma digitale	(GD2RQ)
Project Description		Il progetto "processo di ottimizzazione digitale e dinamico)" si impone di revis definizione, misurazione, analisi, impl	sionare i contro	lli, tramite l'approccio "DN	•
Project Manager		Syria Zanardo		Date Approved	15-mar
Project Sponsor		Daniele Accardi		Signature	
В	usiness Case			Expected Goals/Deliv	verables
Il passaggio dalla carta al digitale pone l'opportunità per revisionare globalmente i piani di qualità di controllo. L'utilizzo del sistema digitale favorisce il tracciamento, l'aggregazione dei controlli i quali senza GD2RQ sono più dispersivi.			Trasferimento del 100% dei controlli su GD2RQ Revisione del 100% dei controlli		
Te	am member	s	Riduzione dei controlli attuali del 15%		
Name		Role	Riduzione del tempo impiegato per eseguire i controlli del 20%		
Gianluca Auricchio		GQ	Aumento delle polivalenze		
Fabrizio Bergo		GQ	Aumento con	Aumento conoscenze informatiche	
Riccardo Rabitti		GQ			
Sabrina Rosini		GQ			
Roberto Targa		GQ			
Risk	and Constra	ints		Milestones	
			11-apr	Terminare	e "Define"
			02-mag	Terminare	"Measure"
1. Perdita di zona di confort e apertura di	nuove attivi	tà a causa delle polivalenze	20-mag	Terminare	"Analize"
Lentezza nella gestione delle risposte alle allerte Soprawalutare/sottovalutare i controlli			15-giu	Implem	entation
4. creazione di problemi dovuto all'uso di sistemi digitali			01-ago	Con	itrol
			01-ott	Verificare il corretto fu	nzionamento di GD2RQ

Figura 6. Project Charter del progetto di ottimizzazione

Come riportato in figura 6, il progetto prende il nome di "Migrazione dei piani di controllo qualità su piattaforma digitale" e punta ad ottenere un salvataggio dei controlli effettuati (una volta che il controllo è stato completato questo viene archiviato in stato "completo e conforme" e tornerà in stato "da completare" nel periodo successivo, in linea con la frequenza stabilita). Sarà possibile avere anche uno storico dei controlli passati.

Nello storico si possono trovare differenti "stati" dei controlli:

- da completare, controlli ancora da effettuare;
- completato e conforme, il controllo effettuato risulta essere conforme;
- non conforme e non chiuso, il controllo non è conforme come invece dovrebbe essere (ad esempio: la pulizia del luogo di lavoro non è come definito dallo standard) i controllori mandano un'allerta con fotografie in allegato della non conformità. Rimane nello stato "aperto" fino quando i responsabili di linea non risolvono la non conformità e aprono un'azione.
- non conforme e chiuso, dopo che l'allerta viene inviata al responsabile della macchina questo ha attuato l'azione per eliminare la non conformità in essere.

I controlli devono essere revisionati e analizzati al 100% al fine di ottenere un'ottimizzazione di questi.

Questo progetto ha un impatto positivo, sia in termini economici poiché saranno eliminate le checklist cartacee con il passaggio al digitale, sia perché saranno ottimizzate le attività svolte (poiché le attività a NVA verranno eliminate mentre quelle a NNVA analizzate per arrivare ad una diminuzione di esse), rendendo così più efficace e lean il lavoro svolto dai controllori.

Gli obiettivi che si vogliono ottenere sono:

- trasferimento dei controlli (100%) su piattaforma digitale (GD2RQ);
- revisione globale dei controlli (con analisi di essi);
- riduzione dei controlli attuali del 15 % (la necessità della riduzione è sentita sia dai controllori che dai ROR);
- riduzione del tempo impiegato per eseguire i controlli del 20%;
- aumento delle polivalenze (è necessario che i controllori abbiano tutti lo stesso livello di conoscenza e sappiamo effettuare tutti gli stessi tipi di controlli);
- aumento delle conoscenze informatiche, con l'uso giornaliero della piattaforma digitale (e altri programmi necessari per effettuare controlli).

I rischi sono strettamente connessi agli obiettivi poiché per raggiungere questi si potrebbe incorrere in rischi considerevoli e molto penalizzanti per la qualità.

I rischi sono stati considerati e pensati durante una seduta di brainstorming in cui l'intero team ha condiviso i pericoli in cui si può incorrere:

- perdita della zona di confort e apertura di nuove attività a causa delle polivalenze, cioè è difficile comprendere rapidamente un nuovo modo di lavorare e le azioni possono essere fatte in maniera più lenta rispetto al passato;
- 2. lentezza nella gestione delle risposte e alle allerte, ossia dal momento che le allerte devono essere gestite su piattaforma digitale le azioni alle non conformità possono tardare ad arrivare a causa del cambiamento apportato all'intero sistema. È importante però evitare questo rischio poiché le non conformità devono essere trattate nel minor tempo possibile, dal momento che ne rimane traccia e vengono analizzate durante gli audit;

- sopravvalutare o sottovalutare i controlli: questo è il rischio con il peso maggiore poiché si hanno sia macro-controlli che sottofamiglie di controlli e tutti devono avere ugual peso;
- 4. creazione di problemi dovuti all'uso di sistemi digitali, ossia la bassa conoscenza del digitale potrebbe portare i controllori a commettere errori, i quali comparirebbero nello storico dei controlli.

Sono state fissate milestones che sono in linea con il metodo, che è stato adottato per giungere al miglioramento.

La prima milestone è relativa alla fase di "Definizione", la quale dev'essere completata entro l'11 aprile. Questa fase è articolata da sottofasi:

- project charter;
- gantt (basato sulle milestone imposte nel project Charter);
- SIPOC;
- definizione del flusso;
- VOC, VOE e VOB.

La milestone a seguire è la fase di "Misurazione" da completarsi entro il 2 maggio costituita da:

- creazione dell'indicatore (con il metodo FMEA);
- VSM.

La milestone relativa alla fase di "Analisi" è formata da:

- assegnazione dei punteggi alla matrice (definita nella fase precedente);
- Ishikawa Diagram;
- 5 Whys.

La penultima milestone è relativa alla fase di "Implementazione" ed è costituita da:

- standardizzazione dell'attività "Verifica a crudo dei bandages";
- modo operatori dell'uso di GD2RQ;
- modo operatorio dell'uso di GD2RQ lato ROR;

- modo operatorio dell'uso del server della manutenzione delle macchine;
- modo operatorio per verificare i piani di qualità delle macchine controllate.

La milestone finale, da ottenere entro il primo agosto, è relativa alla fase di controllo. Fino alla fine sarà verificata l'efficacia del nuovo modo di lavorare, considerando di quanto cambia il tempo per svolgere tutte le attività in avanti cottura.

5.2.1.2. Gantt Chart

In parallelo al Project Charter è stato realizzato un Gantt, come riportato dalla figura 7, diagramma che permette di definire le attività precedenti e successive. Inoltre, indica il periodo massimo di lavoro di ogni attività.

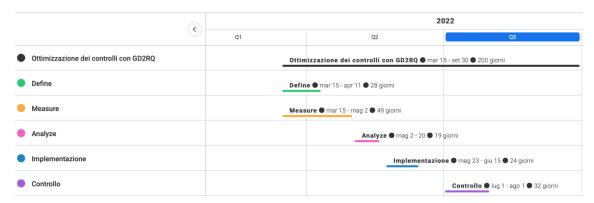


Figura 7. Gantt Chart del progetto di ottimizzazione

È stato importante proseguire con il SIPOC perché aiuta a comprendere il perimetro su cui ci si deve focalizzare e in cui si svolge l'intero progetto di tesi.

5.2.1.3. SIPOC

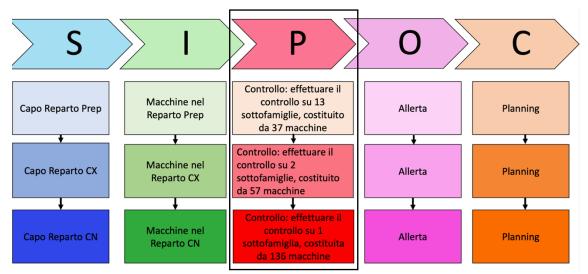


Figura 8. Diagramma SIPOC del progetto

Il cuore del progetto è il controllo, questo perché il focus è incentrato sull'ottimizzazione dei controlli qualità.

Al fine di comprendere il perimetro del lavoro è stato necessario raggruppare le macchine in base alla tipologia di controlli effettuati su di esse. Se i controlli sono simili, allora le macchine saranno raggruppate nella medesima sottofamiglia.

Sono stati identificati tre differenti reparti:

- Preparazione (Prep), costituita da tre sotto reparti:
 - o CT, con cinque sottofamiglie di macchine differenti;
 - o CF-Gomma, con sei tipologie di macchine differenti;
 - o CF-Tela, con due tipologie di macchine.

Per un totale di 13 sottofamiglie di macchine.

- CX/Assemblage, costituito da due sottofamiglie di macchine:
 - Macchine di confezione;
 - Macchine di finizione.
- Cottura (CN), costituito da un'unica sottofamiglia di macchine:
 - o Presse

Grazie alla suddivisione si riesce a comprendere quali siano le varie lettere che compongono la scritta SIPOC e permette di identificare il perimetro di lavoro, il caso in esame è riportato in figura 8:

- S: supplier. I nostri supplier sono i capi reparto dei differenti reparti, i quali mettono a disposizione le macchine situate nei rispettivi reparti;
- I: Input. Gli input sono le varie macchine sottoposte ai controlli;
- P: processo. Il cuore del progetto è costituito dai controlli (relativi alle diverse tipologie di macchine);
- **O**: output è rappresentato dall'allerta che deriva dal controllo;
- C: costumer. Nel nostro caso il cliente a cui rispondiamo è il planning perché rispecchia il cliente finale ed esprime le sue esigenze.

5.2.1.4. Definizione del flusso di lavoro

La fase di definizione permette di comprendere inoltre il flusso di lavoro. Questo è stato compreso a fondo affiancando i controllori durante le ore lavorative, come accennato all'inizio.

Le attività svolte nei turni possono essere divise in:

- C: controlli, sono sia quelli relative ai "processi e procedure" che al "prodotto";
- CV: controllo dei bandages a crudo, attività che viene fatta su tutti e i 3 turni con una percentuale da verificare rispetto alla produzione richiesta;
- MC: marcia corrente, interventi fatti dai controllori sulle macchine in caso di problemi, attività necessaria al fine di non interrompere la produzione. Spesso i controllori vengono chiamati a macchina a verificare se i prodotti che stanno utilizzando sono conformi alle specifiche di qualità. La loro presenza è quindi necessaria per validare la qualità del prodotto nel caso di problemi.
- Verifica dei bandages con uno scostamento percentuale dal peso ritenuto opportuno, i prodotti vengono controllati ed eventualmente i controllori inseriscono dei controlli da fare in dopo cottura.

Le attività come marcia corrente e verifica dei bandage con uno scostamento percentuale dal peso ottimale si verificano più volte all'interno del turno.

5.2.1.5. VOC, VOE, VOB

Oltre al flusso di lavoro si devono comprendere anche i problemi in essere, sia lato qualità (per cui team GQ) che lato produzione (per cui capi reparto, planning).

Per definire quali siano i bisogni, i requisiti necessari e le cause del problema abbiamo dovuto procedere con la VOC: voce del cliente (le figure che sono state identificati come clienti sono i capi reparto e il planning, lato produzione), VOE (voce del controllore GQ) e VOB (voce del business, RGQA¹⁰).

Per arrivare a soluzioni strutturate gli stakeholders sono stati sottoposti alle stesse domande:

-

¹⁰ Responsabile garanzia qualità atelier

- cosa attrae i nostri clienti? Questa domanda aiuta a comprendere la visione del mercato che i clienti hanno dell'azienda;
- cosa il team GQ potrebbe fare meglio? Aiuta a comprendere a livello di qualità come si potrebbe migliorare;
- quali sono stati i problemi che hai riscontrato con il team GQ e che i controllori avrebbero potuto evitare?
- qual è la cosa che il team GQ non dovrebbe mai smettere di fare, a livello di qualità?
- in cosa il team GQ potrebbe migliorare al fine di soddisfare al massimo il cliente?
- siete completamente soddisfatti dal lavoro svolto dal team GQ?

	Тарре	Definizione	VOCASSEMBLAGE
1	Raccogliere la voce del costumer	Costatazione del problema messo in evidenza dai bisogni e dalle esigenze	Buono al "primo colpo"
2	Identificazione le cause del problema	Analizzare la causa radice entro il perimetro	Aumentare il livello performance sui prodotti
3	Determinare esigenze critiche del cliente	Definire le attese del business (misurabile)	Aumentare : Know- How New-In L'interazione tra controllori e fabbricante

Tabella 10. Voc- Assemblage

	Тарре	Definizione	VOC-IPO
1	Raccogliere la voce del costumer	Costatazione del problema messo in evidenza dai bisogni e dalle esigenze	Maggiore collaborazione tra GQ e fabbricanti
2	Identificazione le cause del problema	Analizzare la causa radice entro il perimetro	Complessità degli input inseriti da GQ che vengono dai controlli effettuati, ente a sè
3	Determinare esigenze critiche del cliente	Definire le attese del business (misurabile)	Aumentare: La comunicazione e la collaborazione tra Team e Fabbricanti; Soluzioni condivise più ottimali

Tabella 11. Voc- IPO

	Tappe	Definizione	VOC- Prep
		Costatazione	I controlli devono
		del problema	essere concordati
1	Raccogliere la	messo in	insieme al ROR per
_	voce del cliente	evidenza dai	arrivare a focus
		bisogni e dalle	specifici, da seguire nel
		esigenze	tempo
	Identificazione	Analizzare la	Migliorare il rapporto
2	le cause del	causa radice	tra Team GQ e
	problema	entro il	reparto, ente troppo a
	problema	perimetro	sè
3	Determinare esigenze critiche del cliente	Definire le attese del business (misurabile)	-Distaccare la gerarchia con il ROR -Trovare le migliori soluzioni finalizzate all'ottenimento del miglior risultato globale -Le soluzioni devono essere: facili, veloci e soprattutto condivise - Aumentare l'equilibrio tra produzione e team GQ

Tabella 12. Voc- Prep

	Тарре	Definizione	VOC-Planning
1	Raccogliere la voce del cliente	Costatazione del problema messo in evidenza dai bisogni e dalle esigenze	Ottimizzare il numero di pneumatici sottoposti a bloccaggi
2	Identificazione le cause del problema	Analizzare la causa radice entro il perimetro	Affinare le analisi per ridurre le gomme bloccate per verifiche
3	Determinare esigenze critiche del cliente	Definire le attese del business (misurabile)	Rapidità di analisi al fine di spedire velocemente al cliente Aumentare il coordinamento con il planning al fine di comprendere cosa deve avere priorità Organizzare meglio la gestione delle delle priorità Il Team GQ deve comprendere quando sta facendo controlli di sovraqualità, unncessary processing

Tabella 13. Voc-Planning

La "voce dei reparti" in cui si svolge il lavoro dei controllori hanno portato a comprendere i diversi bisogni sentiti, i problemi in essere e le esigenze critiche. Le differenti interviste sono state riassunte di seguito (dal momento che spesso le esigenze critiche e i bisogni coincidevano):

- Il bisogno di un cliente è: "Buono al primo colpo", la causa per cui non si verifica ciò è, secondo il cliente, il basso livello di performance sui prodotti.
- Le sue esigenze critiche, pertanto, sono: aumentare il know-how del personale GQ, Aumentare il New-in.
- Il bisogno del cliente è: "maggiore collaborazione tra il team GQ e la fabbricazione". La causa che sta alla base della divergenza dei due è l'alta complessità degli input inseriti dal team GQ che provengono dai controlli effettuati. Il problema esiste perché (secondo il cliente) il team GQ è un ente troppo a sé stante. Le esigenze critiche sono: Aumentare la comunicazione tra team e fabbricazione e far sì che le soluzioni siano condivise tra le parti.

• I controlli da eseguire devono essere concordati insieme al ROR per arrivare a focus specifici da seguire nel tempo. Questo è un ulteriore bisogno emerso dall'intervista. La causa del problema è uno scarso rapporto tra il team GQ e i reparti. Anche in questo caso è emerso che il team GQ è un ente troppo a sé stante. Le esigenze critiche sono: distaccare la gerarchia con i capi reparto (evitare che il distacco tra le figure sia elevato), trovare in condivisione le migliori soluzioni (il tutto finalizzato all'ottenimento del miglior risultato globale), le soluzioni trovate devono essere facili, veloci e soprattutto condivise, ed è necessario aumentare l'equilibrio tra produzione e team GQ.

	Тарре	Definizione	VOB- RGQA
1	Raccogliere la voce del business	Costatazione del problema messo in evidenza dai bisogni e dalle esigenze	Compredere se ciò che si offre dà valore aggiunto al cliente
2	Identificazione le cause del problema	Analizzare la causa radice entro il perimetro	Poca capacità di identificazione del rischio e mancanza di metodologia
3	Determinare esigenze critiche del business	Definire le attese del business (misurabile)	Organizzare meglio e più rapidamente il controllo Comprendere quando è necessario un controllo rafforzato Saper valutare la tipologia di rischio

Tabella 14. Voc- RGQA

Dalla voce del business, come riportato in tabella 14, è emerso che il bisogno del cliente è comprendere se ciò che si offre dia realmente valore aggiunto, la causa del problema è la poca capacità di identificazione del rischio e mancanza di una metodologia.

Le esigenze critiche del business sono: organizzare meglio e più rapidamente il controllo, comprendere quando è necessario un controllo rafforzato e saper valutare la tipologia di rischio.

	Тарре	Definizione	VOE- Controllore qualità
1	Raccogliere la voce del cliente	Costatazione del problema messo in evidenza dai bisogni e dalle esigenze	Comprendere quali sono i controlli a VA, controlli che devono essere effettuati se la non conformità è frequente
2	Identificazione le cause del problema	Analizzare la causa radice entro il perimetro	Ottimizzare i tempi di risposta delle allerte. Aumentare il livello di collaborazione tra team GQ e produzione
3	Determinare esigenze critiche del cliente	Definire le attese del business (misurabile)	-Diminuire movimentazione dei FP, i bandage vengono movimentati solo perchè non sono registrati (addetto non registra, non va il lettore) -Aumentare i riscontri dei ROR per le segnalazioni, diminuendo anche il divario tra gli attori -Migliorare situazione della zona dei non conformi, segnalazione che viene fatta ma che non ha impatto sul futuro

Tabella 15. Voe- controllore qualità

È molto importante comprendere quale sia il bisogno sentito dal controllore GQ, poiché svolge direttamente i controlli. Il suo bisogno principale, come riportato in figura 15, è capire quali siano i controlli a VA (i controlli devono essere effettuati se la NC è frequente e ha una gravità elevata). Le esigenze critiche del lavoratore sono: Diminuire la movimentazione dei bandages che hanno uno scostamento percentuale dal peso ideale, aumentare i riscontri dei responsabili di linea (a seguito delle segnalazioni), diminuire il divario tra produzione e team GQ.

La fase iniziale è stata necessaria per definire il flusso di lavoro, il perimetro d'interesse e comprendere i bisogni, i problemi e le esigenze critiche dei diversi attori coinvolti nel processo. Questo permette di passare alle seguenti fasi del metodo.

5.2.2. Applicazione della fase di "Misurazione"

Obiettivo principale di questa fase è raccogliere nel modo più approfondito e preciso possibile i dati che caratterizzano il processo in analisi, per individuare le azioni in grado di produrre un deciso e duraturo miglioramento.

Gli strumenti usati in questa fase sono:

- VSM (value stream map);
- creazione di un indicatore risultante che permetta di dare il giusto peso ai controlli e aiuti a comprendere come trattarli.

5.2.2.1. VSM

La VSM (mappatura della catena del valore) aiuta ad avere una visione della situazione reale e permette di comprendere lo stato corrente del processo.

I tre strumenti principali che permettono di strutturare la metodologia del VSM sono:

- mappatura delle attività e dei flussi;
- analisi delle attività e classificazione di esse in VA/NVA/NNVA;
- ricerca dei rifiuti.

Per mappare le attività e i flussi è stato necessario suddividere la giornata in turni di lavoro.

Nel caso in esame sono presenti tre turni al giorno composti da otto ore per turno.

Questa divisione è necessaria poiché le attività sono differenti in base al turno di lavoro.

Per comprendere il flusso delle attività sono stati affiancati i controlli e cronometrati.

Questo è stato necessario per capire quale fosse la distribuzione percentuale delle differenti attività nel turno e di conseguenza per comprendere il peso percentuale di ogni

attività sul valore.

Per costruire la VSM si è ricorso alle "schede", le quali vengono distinte in base a:

- Task of processus (compito di processo), mostrata in Figura 9;
- Task of control (compite di controllo), mostrata in Figura 10;
- Wait or storage (attesa), mostrata in Figura 11.

Le schede includono informazioni che descrivono: l'attività, la durata, la frequenza, il responsabile dell'attività e permettono di qualificare l'attività: VA/NVA/NNVA.



Figura 9. Scheda di processo usata nella mappatura del flusso

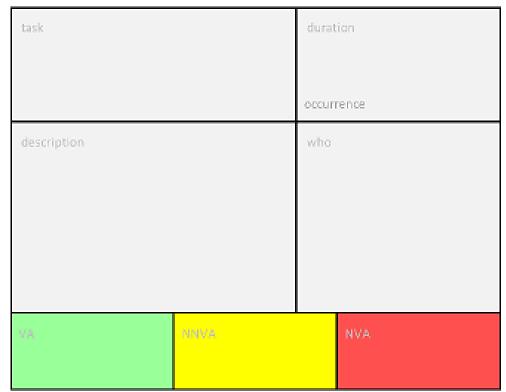


Figura 10. Scheda compito di controllo usata nella mappatura del flusso

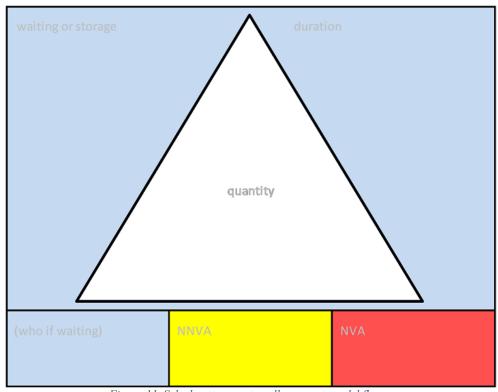


Figura 11. Scheda attesa usata nella mappatura del flusso

Le schede hanno permesso di schematizzare il susseguirsi delle attività e la loro distribuzione nei turni, come riportato in figura 12.



Figura 12. VSM del caso studio

Ogni riga, in figura 12, corrisponde ad un turno: 6- 14; 14-22; 22-6. Nella parte laterale invece sono state inserite le tabelle che mostrano la distribuzione percentuale delle attività.

Le attività che si possono trovare nel primo turno sono riportate in tabella 16.

Attività	Peso percentuale nel turno	Classificazione
Verifica dei bandages a crudo che presentano uno scostamento percentuale rispetto al peso opportuno	20%	NNVA
Controllo di prodotti da inserire nei bandages nel reparto Assemblage e CT	11%	NNVA
Trattamento dei non conformi con registrazione del prodotto	4%	NVA
Riunione	6%	VA
Break	9%	
Pausa pranzo	6%	
Verifica a crudo dei bandages	37%	NNVA
Marcia corrente	7%	VA

Tabella 16. Attività effettuate nel 1° turno

Il secondo turno, invece, presente le attività riportate in tabella 17:

Attività	Peso percentuale nel turno	Classificazione
Verifica dei bandages a crudo che presentano uno scostamento percentuale rispetto al peso opportuno	13%	NNVA
Controllo processo e procedure		NNVA
Controllo di prodotti da inserire nei bandages nel reparto Assemblage	33%	NNVA
Controllo processo-procedure		NNVA
Verifica a crudo dei bandages	33%	NNVA
Pausa	6%	
Break	9%	
Marcia corrente	6%	VA

Tabella 17. Attività effettuate nel 2° turno

Le attività svolte nel terzo turno di lavoro sono riportate nella tabella 18:

Attività	Peso percentuale nel turno	Classificazione
Verifica dei bandages a crudo che presentano uno scostamento percentuale rispetto al peso opportuno	13%	NNVA
Controllo di prodotti da inserire nel reparto CT		NNVA
Controllo di prodotti da inserire nel reparto Assemblage	33%	NNVA
Controllo di processo- procedura		NNVA
Verifica dei bandages a crudo	26%	NNVA
Marcia corrente	13%	VA
Break	9%	
Pausa	6%	

Tabella 18. Attività effettuate nel 3° turno

Le attività sono state analizzate e qualificate in attività a:

- Valore aggiunto;
- Non valore aggiunto;
- Non necessariamente a valore aggiunto.

È stato possibile classificare le attività durante una sessione di Brainstorming, in cui la domanda principale usata è stata: "Il cliente sarebbe disposto a pagare per questa attività?" È emerso dalla riflessione che solo due attività sono a VA:

• La riunione (6% del tempo occupato), anche se questa l'attività non rispecchia fedelmente il requisito per essere classificata come "attività a valore aggiunto" il team ha ritenuto opportuno classificarla tale per via della sua importanza nello

svolgere e prioritizzare le mansioni giornaliere. Il suo peso sulla giornata è così basso da non rappresentare in questa fase di studio un ulteriore elemento di approfondimento;

Marcia corrente, definita a VA poiché il controllore risolve problemi a macchina,
 la sua presenza è importante per il continuo della produzione.

L'unica attività definita a NVA dal team è stata "Trattamento dei bandages non conformi".

Tutte le altre attività sono state definite NNVA, il cliente non sarebbe disposto a pagare per queste attività ma è necessario che vengano effettuate per mantenere, confermare, aumentare i livelli qualitativi per soddisfare tutte le richieste del cliente.

È quindi importante analizzarle per comprendere come diminuire la percentuale di queste attività e come agire per cambiare questo risultato.

Per le attività analizzate si può creare una distribuzione percentuale delle differenti attività su tutti tre i turni di lavoro, come riportato in figura 13.

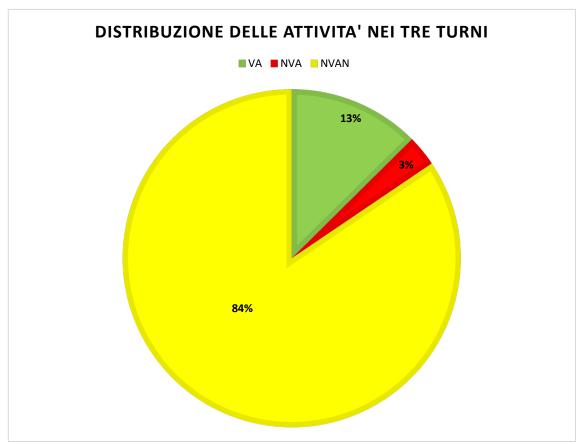


Figura 13. Grafico a torta della distribuzione percentuale del tempo su tutti e tre i turni

È necessario lavorare sulle attività NVA e NNVA. Affinché questo fosse possibile è stato necessario analizzare i singoli controlli per comprendere quali potessero essere ridotti, aumentati, eliminati o confermati.

I controlli sono stati inseriti in una matrice (input della piattaforma digitale), alla base del lavoro è stato adottato il metodo delle 5S, come descritto nel <u>capitolo 3.1.</u>, poiché aiuta a formulare proposte per migliorare il processo.

La matrice è stata così scomposta:

- Separare, come mostra la figura 14, sono state separate:
 - o Le sottofamiglie di macchine;
 - o I controlli relativi alle sottofamiglie di macchine.

Separare				
Sottofamiglie	Controlli			

Figura 14. Scomposizione della matrice con metodo 5S- Separare

Ordinare, è stato necessario trovare un modo per ordinare i vari controlli.
 L'ordinamento è riuscito grazie tre distinti indicatori, il prodotto ha permesso di ottenere l'indicatore risultante GPF, come mostra la figura 15.

Ordinare						
G	Р	F	Tempo[min]	GPF		

Figura 15. Scomposizione della matrice con metodo 5S-Ordinare

 Pulire, dagli algoritmi creati si comprende quali controlli devono essere confermati, eliminati o modificati (in termini di intervento), come mostrato in figura 16.

Pulire						
Eliminare(NVA)	Tempo risparmiato su attività a NVA	Confermare(VA)	Intervengo (NNVA)			

Figura 16. Scomposizione della matrice con metodo 5S-Pulire

• Standardizzare: se il risultato della fase precedente è "Intervenire" grazie all'algoritmo comprendo se i controlli sono da aumentare o diminuire in termini di frequenza. Questo permette di standardizzare i controlli, come mostrato in figura 17.



Figura 17. Scomposizione della matrice con metodo 5S-Standardizzare

L'ultima S del metodo è la "Disciplina" ossia il mantenimento dei risultati raggiunti tramite controlli periodici e revisioni. Sarà possibile toccare questo punto una volta che i controlli saranno riportati su piattaforma digitale.

5.2.2.2. Creazione dell'indicatore

Per ottenere una misura dei controlli sono stati definiti tre indicatori di base, questi hanno un impatto significativo sui controlli.

Il primo indicatore, che ha un'influenza molto alta sui controlli, è G, indicato in tabella 19.

L'indicatore indica la gravità dell'effetto sul prodotto, ossia se il controllo (da parte dei controllori qualità) non venisse effettuato che ripercussione avrebbe sul prodotto?

Il valore, espresso su una scala qualitativa, è compreso tra 1 e 10.

Il seguente indicatore coincide con l'indicatore definito dalla metodologia FMEA di Toyota applicato al caso Michelin.

Defin	izioni dell'indicatore G	
Effetto	Gravità dell'effetto sul prodotto (lato clienti)	Numero
•	Il mancato controllo porta ad un prodotto inutilizzabile rispetto alle norme governative, influisce sul funzionamento sicuro del prodotto	10
sicurezza	Il mancato controllo porta ad un prodotto inutilizzabile ma non pregiudica il funzionamento sicuro (es: marcaggio errato)	9
Perdita delle prestazioni	Il mancato controllo porta ad un prodotto funzionante ma con performance inferiori	7,8
	Il mancanto controllo porta ad un prodotto con difetti che non impattano sulla performance, è reclamato dalla maggior parte dei clienti (>75%)	5,6
Insoddisfazione lato clienti	Il mancanto controllo porta ad un prodotto con difetti che non impattano sulla performance, è reclamato da molti clienti (50%)	3,4
	Il mancato controllo potrebbe portare ad un difetto che non impatta sulle performance, richiesto dai clienti più esigenti (<25%)	2
Nessun effetto	Il mancato controllo non ha conseguenze ed effetto sul prodotto	1

Tabella 19. Indicatore G

I punteggi, riportati in tabella 19, con valori pari a:

- 10-9 indicano che il mancato controllo porta ad un prodotto inutilizzabile rispetto alle norme governative ma nello specifico:
 - 10 significa che il mancato controllo influisce sul funzionamento sicuro del prodotto;

- Se invece il punteggio assegnato ha valore pari a 9 significa che il mancato controllo non ha impatto sul funzionamento sicuro del prodotto, ma questo rimane comunque inutilizzabile.
- 7/8 (da assegnare in base alla gravità considerata più inerente) il mancato controllo porta ad un prodotto funzionante ma con performance inferiori;
- Scendendo nella scala, il mancato controllo potrebbe portare ad un prodotto con difetti che non impattano sulla performance, ma il prodotto è reclamato in % differente dai clienti¹¹:
 - o 5-6: i clienti reclamano più del 75% dei prodotti;
 - o 3,4: i clienti reclamano il 50% dei prodotti;
 - 2: meno del 25% dei clienti reclamano il prodotto, tale controllo è richiesto dai clienti più esigenti.
- Se la gravità ha un valore pari ad 1 significa che il mancato controllo non ha conseguenze ed effetto sul prodotto.

Un altro indicatore che ha un impatto importante sui controlli è il numero di volte (che poi si traduce in percentuale) che a seguito del controllo (di processi e procedure o di prodotto) si è trovata una non conformità e di conseguenza i controllori hanno dovuto fare l'allerta ai capi reparto.

L'indicatore definito è l'indicatore P, mostrato in tabella 20, indica la probabilità di trovare una non conformità durante il controllo.

È un valore espresso su scala qualitativa, compreso tra 1 e 10.

-

¹¹ Per cliente si intende il reparto successivo

Definizione dell'indicatore P							
Probabilità di trovare NC durante il controllo	Numero						
E' abbastanza probabile che si verifichi	10,9						
La probabilità che quella causa si verifichi è dell'ordine dell'1/100	7,8						
La probabilità che quella causa si verifichi è dell'ordine dell'1/1000	4,5,6						
La probabilità che quella causa si verifichi è dell'ordine dell'1/10000	2,3						
Si ritiene improbabile che quella causa si verifichi	1						

Tabella 20. Indicatore P

Tale suddivisione è stata fatta prendendo come riferimento l'indicatore P del metodo FMEA.

Nel nostro caso le probabilità sono state calcolate in base all'allerta effettuata su una determinata macchina rispetto al tempo che è intercorso rispetto all'allerta successiva.

Per un punteggio pari a:

• 10,9 indicano che è molto probabile che si riscontri una non conformità durante il controllo;

- 7-8: la probabilità che quella causa si verifichi è dell'ordine $\frac{1}{100}$;
- 4,5,6: la probabilità che si verifichi la non conformità è dell'ordine $\frac{1}{1000}$;
- 2-3 la probabilità che la causa si verifichi è dell'ordine $\frac{1}{10000}$.
- Con un punteggio pari ad 1 si ritiene improbabile che quella causa si verifichi.

L'ultimo indicatore F è relativo alla frequenza di controllo, come indicato in tabella 21. Il valore è espresso anch'esso su scala qualitativa, compreso tra 1 e 10.

Definizione dell'indicatore F	
Frequenza di controllo	Numero
Il controllo viene effettuato con frequenza annuale	10
Il controllo viene effettuato con frequenza semestrale	9
Il controllo viene effettuato con frequenza trimestrale	8
Il controllo viene effettuato con frequenza mensile	5
Il controllo viene effettuato con frequenza settimanale	4
Il controllo viene effettuato con frequenza giornaliera (su 1 turno)	3
Il controllo viene effettuato su 2 turni	2
Il controllo viene effettuato su tutti e 3 i turni	1

Tabella 21. Indicatore F

Il controllo può essere effettuato con differenti frequenze:

- frequenza annuale;
- frequenza semestrale;
- frequenza trimestrale;
- frequenza mensile;
- frequenza settimanale;
- frequenza giornaliera in un 1 turno;
- frequenza giornaliera in 2 turni;
- frequenza giornaliera su 3 turni.

Il prodotto degli indicatori porta ad un indicatore risultante GPF che in base al valore che acquisisce si qualifica come:

Valore	Classificazione
1	Irrilevante
2-50	Basso
50-100	Medio
100-200	Alto
200-500	Molto alto
500-1000	Critico

Tabella 22. Indicatore risultante GPF

Più il valore è alto, come riportato in tabella 22, e più significa che il controllo¹² è indispensabile, invece quando l'indicatore GPF acquisisce un valore pari a 1 significa che il controllo è irrilevante e sarà necessario eliminarlo.

I sotto indicatori sono definiti su scale ordinali a dieci livelli; in aggiunta, essi non sono oggettivi, in quanto l'assegnazione dei punteggi è un'operazione soggettiva.

L'indicatore risultante GPF non è coerente con le proprietà di scala dei tre sotto indicatori elencati, che vengono di fatto promossi da scale ordinali soggettive a scale di rapporto.

L'indicatore risultante non è una misura per almeno due ragioni:

• I sotto indicatori non sono oggettivi e di conseguenza nemmeno GPF può esserlo;

¹² I controlli sono sempre di tipo processi e procedura o di prodotto

 L'aggregazione attraverso GPF viola la proprietà di scala dei sotto indicatori, promuovendole da proprietà di ordinamento a rapporto. Ciò compromette l'isomorfismo tra le relazioni nel sistema empirico e quelle del sistema simbolico.

Dopo aver definito i punteggi degli indicatori è necessario trovare gli algoritmi che indichino le azioni correttive:

- Eliminare: riferito a tutte le attività a non valore aggiunto;
- Mantenere: riferito alle attività a valore aggiunto;
- Intervenire: riferito ai controlli non necessariamente a valore aggiunto.

Gli algoritmi hanno permesso di attribuire lo stesso peso a tutti i controlli.

Si confermano i controlli quando si verifica l'equazione (5.2.2.1):

$$GPF > 80 \land F = 1$$
 (5.2.2.1)

Questo significa che malgrado G abbia un effetto elevato e la probabilità di trovare una non conformità durante il controllo è alta, il controllo non può essere effettuato su più di tre turni al giorno (ha già la frequenza di controllo più alta). La frequenza del controllo viene quindi confermata.

Si elimina un controllo, invece, se l'equazione (5.2.2.2) è soddisfatta:

$$GPF < 11 \land G = 1 \land P = 1$$
 (5.2.2.2)

Ossia, il controllo è non a valore aggiunto se la gravità dell'effetto sul prodotto è pari ad 1 (ossia il mancato controllo non ha effetto e conseguenze sul prodotto) e contemporaneamente P=1 (ossia si ritiene improbabile che quella causa si verifichi). Per cui elimino se GPF è almeno minore di 11.

Questo vuol dire che a prescindere dalla frequenza di controllo dev'essere eliminato perché il mancato controllo non ha conseguenze ed effetto sul prodotto, questa motivazione è incentivata dal fatto che si ritiene improbabile che ci sia una non conformità (dallo storico dei controlli passati, verifica fatta nella posta elettronica¹³, non si è trovata una non conformità relativa a quel determinato controllo).

Si deve intervenire, invece, quando: Sia "Eliminare" che "Confermare" sono falsi.

Devo comprendere però come intervenire, quindi:

• Si riduce la frequenza del controllo se l'equazione (5.2.2.3) è soddisfatta:

$$(GPF > 99 \land P < 7 \land Eliminare = FALSO) \lor G < 3$$

$$(5.2.2.3)$$

Per cui si decide di intervenire sulla frequenza del controllo quando sussiste almeno una delle due condizioni:

Se G<3 (vengono quindi ridotti tutti i controlli che presentano una gravità pari a 1 o 2) oppure se l'indicatore risultante è ritenuto basso (poiché è minore di 99).

• Si aumenta la frequenza del controllo quando l'equazione (5.2.2.4):

$$(P > 8 \lor G > 2) \land (GPF > 99 \land F > 5)$$
(5.2.2.4)

Si decide di intervenire sulla frequenza del controllo se sussistono entrambe le condizioni: Si ha una probabilità molto alta che si possa trovare una non conformità durante il controllo (poiché P>8 e quindi acquisisce valori pari a 9 o 10) oppure se G>2 (per cui assume valori almeno pari a 3).

Contemporaneamente l'indicatore risultante assume valori almeno pari a 99 e F>5, vuol dire che GPF è ritenuto alto e poiché il controllo non è così frequente è necessario aumentare la frequenza di controllo.

-

¹³ Le allerte in precedenza venivano segnalate tramite posta elettronica dai controllori ai responsabili della linea di produzione interessata

5.2.3. Applicazione della fase di "Analisi"

Dopo aver raccolto tutte le informazioni sul processo, nella fase precedente (Misura), è ora necessario analizzare i dati per individuare le cause della bassa performance e validare la teoria attraverso l'utilizzo di alcuni tools.

Sono stati utilizzati, infatti, strumenti che permettessero di analizzare quanto emerso:

- Diagramma delle frequenze, in base ai risultati degli algoritmi si utilizzano i diagrammi delle frequenze per comprendere come agire sui controlli.
- Ishikawa Diagram (dalle interviste è possibile comprendere quali siano i problemi e le cause relative);
- 5 Whys, dalle differenti cause emerse dall'ishikawa è possibile porsi continuamente la domanda "Perché" per giungere alla causa radice;

5.2.3.1. Diagramma delle frequenze

Tornando alla matrice e all'assegnazione dei punteggi, un esempio di applicazione è mostrato in figura 18:

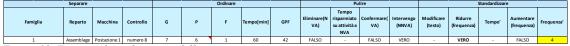


Figura 18. Esempio di applicazione della matrice

Sono stati assegnati i punteggi ritenuti opportuni sia dal team GQ (tecnici qualità e responsabili qualità) che da alcuni membri della produzione. In base valori imposti, gli algoritmi puntano ad una soluzione da adottare.

Nel caso in esame stiamo parlando di un determinato tipo di controllo che si è deciso di ridurre poiché oltre ad essere l'azione consigliata dall'algoritmo è stato ritenuto opportuno dall'intero team, durante la seduta di brainstorming.

Come mostrato in figura 18, si vede che l'algoritmo risulta essere "falso" per eliminare, analogamente per confermare e per questa ragione si deve intervenire, l'algoritmo suggerisce di intervenire con la riduzione del controllo perché soddisfa i requisiti descritti in precedenza.

Per quanto riguarda i singoli controlli appartenenti alla famiglia di controlli delle macchine, invece, non è stato applicato lo stesso ragionamento ma è stato utilizzato il diagramma delle frequenze.

Dai diagrammi (in base al risultato emerso) e dopo una seduta di brainstorming si è deciso se adottare o meno il cambiamento consigliato.

Il diagramma delle frequenze utilizzato presenta sull'asse delle ordinate il numero di controlli e sull'asse delle ascisse l'azione indicata dall'algoritmo "ridurre" oppure "aumentare".

I sotto controlli, appartenenti al macro-controllo e messi all'interno del diagramma, hanno lo stesso peso e vengono trattati nello stesso modo.

Da quanto mostra il diagramma, si ha un esempio di macro-controllo da ridurre: come suggerisce l'algoritmo (da trimestrale com'era in origine a semestrale, frequenza superiore).

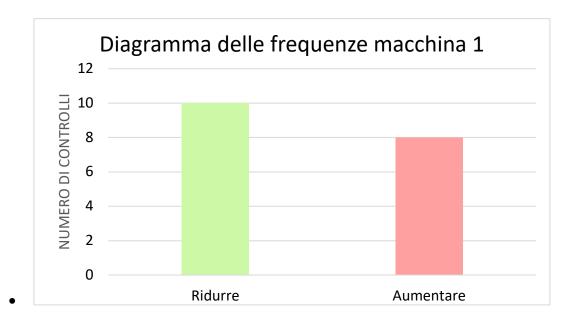


Figura 19. Diagramma delle frequenze della macchina 1

Si è deciso di non adottare quanto suggerito dall'algoritmo poiché dalla seduta di brainstorming è emerso che l'attuale frequenza di controllo è corretta e ideale, come riportato dalla figura 19.

Mentre per due macchine è stato consigliato di aumentare la frequenza di controllo, poiché la maggior parte dei sottocontrolli puntava alla soluzione indicata. Il caso è

indicato in figura 20. Si è deciso durante la sessione di brainstorming di adottare il suggerimento dell'algoritmo e del diagramma (passando così la frequenza di controllo da trimestrale a mensile) perché ritenuto giusto dall'intero team.

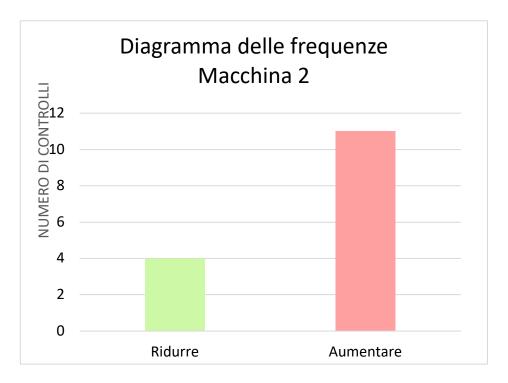


Figura 20. Diagramma delle frequenze macchina 2

Per altre macchine, invece, l'algoritmo ha consigliato di ridurre la frequenza di controllo (per cui da trimestrale a semestrale) e tale consiglio è stato adottato dal team.

Questo perché dal diagramma, come mostrato in figura 21, la maggior parte dei sottocontrolli puntava alla soluzione indicata.

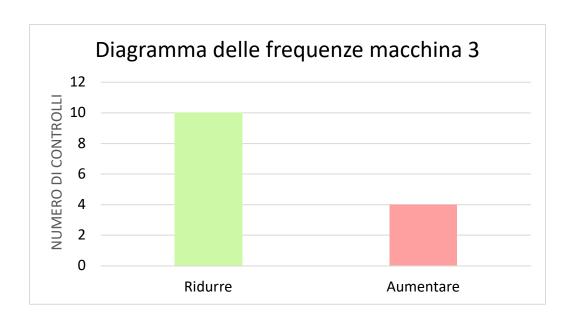


Figura 21. Diagramma delle frequenze macchina 3

Si è proceduto con lo stesso ragionamento per i sotto controlli appartenenti a macrocontrolli, mentre per i singoli controlli si decideva in base a quanto indicato direttamente dall'algoritmo con l'autorizzazione e condivisione dell'intero team.

5.2.3.2. Ishikawa's Diagram

A seguito delle varie interviste sono emersi: i bisogni, i requisiti critici e le cause del problema. Come detto nel <u>capitolo 5.2.3</u>, con il diagramma di Ishikawa è possibile rappresentare graficamente i problemi (posti nella parte destra del grafico, come mostrato dalla figura 22) per il quale si intende trovare una soluzione duratura. Le relative cause sono invece indicate nella parte sinistra e opportunamente classificate.

I problemi, emersi nella fase di definizione, che si devono risolvere sono:

- controlli NNVA/NVA;
- bassa interazione tra team GQ e ROR.

Si è giunti alle relative cause dei problemi: dividendo le cause in base alle 6 M, con l'aggiunta della settima M: management, (poiché è stata ritenuta importante la presenza di questa categoria), come mostrato in figura 22.

È stato possibile individuare le cause grazie ad una seduta di Brainstorming con i controllori.

Sono emerse in questo modo le cause relative ai problemi sentiti dai clienti, dal dipendente e dal business.

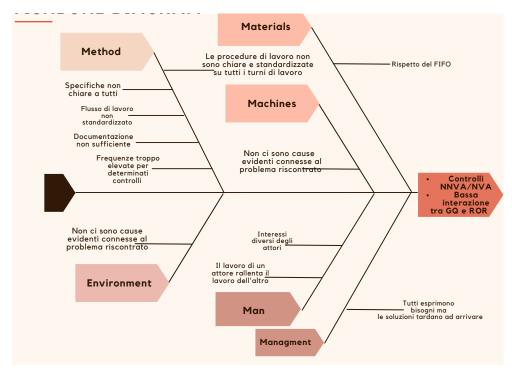


Figura 22. Ishikawa Diagram del caso

- Per la categoria "Metodi" sono state definite più cause connesse al problema controlli NNVA/NVA:
 - Le specifiche non sono chiare a tutti: i controllori lavorano in modo differente e le conoscenze in merito ai controlli processi-procedure non sono uguali per tutti;
 - o Il flusso di lavoro non è standardizzato: si adottano metodi differenti in base alle conoscenze e all'esperienza senza seguire i modi operatori;
 - o La documentazione non è sufficiente;
 - O Le frequenze di realizzazione controllo sono troppo elevate in alcuni casi, malgrado i controlli non portino ad un valore aggiunto (poiché le gravità sono basse e contemporaneamente le frequenze di controllo troppo elevate).
- Per la categoria Macchine non sono state trovate cause connesse ai problemi che si sono riscontrati;

- Per la categoria Materiali è emersa una sola causa connessa al problema "bassa interazione tra team GQ e ROR":
 - o Rispetto del FIFO: porta ad un cattivo rapporto tra le due figure;
- La categoria Environment non ha cause connesse ai problemi emersi;
- Anche per la categoria Man sono state trovate più cause connesse al problema
 "bassa interazione tra GQ e ROR":
 - Il lavoro di un attore rallenta il lavoro dell'altro, questa causa si verifica perché le due figure hanno obiettivi e funzioni diverse;
 - o Gli interessi dei due attori sono differenti;
- Per la categoria Management, invece, è emersa una sola causa connessa al problema "bassa interazione tra GQ e ROR", ossia:
 - o Tutti esprimono i bisogni ma le soluzioni tardano ad arrivare.

5.2.3.3. 5 Whys

Le cause dei problemi devono essere analizzate per giungere alle cause radici, al fine di arrivare a soluzioni strutturate e durature.

Per questa ragione è stato utilizzato il metodo dei 5 perché, per comprendere quali siano le cause radice.

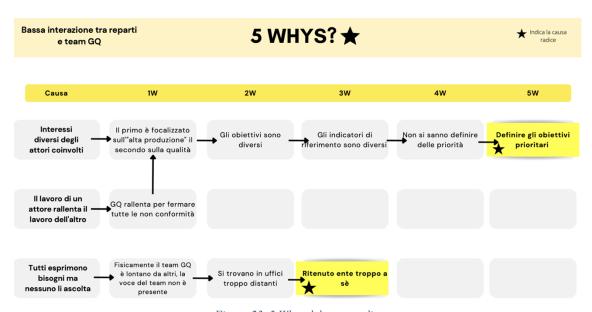


Figura 23. 5 Whys del caso studio

Le varie cause sono state analizzate e hanno condotto a soluzioni da adottare, al fine di eliminare il problema.

Sia per la causa "Interessi diversi degli attori coinvolti" e sia "Il lavoro di un attore rallenta il lavoro dell'altro" è stata trovata la stessa soluzione, riportata in giallo: "Definire gli obiettivi prioritari", come riportato in figura 23.

La soluzione è condivisa poiché durante la sessione di brainstorming la risposta al terzo "perché" della seconda causa coincideva con la risposta del secondo "perché" della prima causa.

Grazie all'analisi, si è infatti compreso che le due cause coincidono dal momento che condividono la stessa soluzione. L'azione relativa rimane aperta, presentando il problema e la soluzione trovata.



Figura 24. 5 Whys relativo ai prodotti con scostamento percentuale dal peso ottimale

Si è deciso di affrontare la causa "Movimentazione elevata di prodotti" con il metodo dei "5 Whys" al fine di giungere, anche in questo caso, ad una soluzione duratura.

Grazie alla domanda continua "perché" posta ai controllori si è giunti alla soluzione "Standardizzare tutti gli strumenti (pistole scanner)", riportata in figura 24.

Anche in questo caso l'azione rimane aperta, presentando alla produzione il problema e la soluzione trovata.

5.2.4. Applicazione della fase "Implementazione"

È necessario adottare, in questa fase, delle azioni di miglioramento.

Si è deciso di procedere realizzando dei modi operatori di alcune attività qualificate in precedenza NNVA.

Questo è stato necessario poiché, come emerso dalle stesse attività e dal Ishikawa's Diagram le specifiche non sono chiare a tutti e il flusso di lavoro non è standardizzato.

Come primo passo verso il miglioramento del sistema sono state considerate le singole attività e compreso se le specifiche di queste fossero chiare a tutti.

L'attività NNVA di cui è stato creato un modo operatorio, al fine di standardizzare il flusso lavoro e rendere le specifiche oggettive, è l'attività di verifica a crudo dei bandages. Il modo operatorio permette di rendere noto a tutti quali siano gli steps per portare a termine l'attività nella maniera più efficiente possibile. Soprattutto permette a tutti i controllori di svolgere l'attività nel medesimo modo e con le medesime quantità.

Un esempio dei primi passaggi dell'attività standardizzata sono riportati nella figura 25.

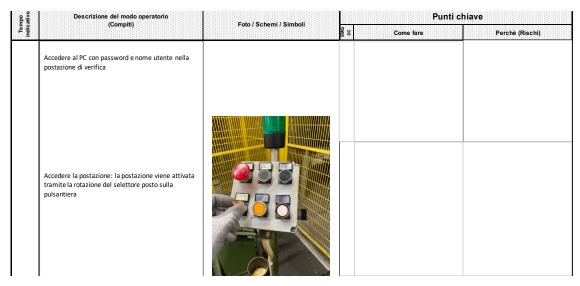


Figura 25. Modo operatorio verifica dei prodotti a crudo

Sono stati creati altri standard relativi a programmi informatici, necessari per svolgere le attività di controllo.

Alcuni sottocontrolli, infatti, vengono completati se la verifica viene fatta tramite pc.

Si è sentito il bisogno di creare dei modi operatori perché in precedenza la maggior parte dei controlli che dovevano essere effettuati tramite pc non venivano completati su server dedicati ma chiedendo le informazioni ai responsabili della produzione o a coloro che erano a stretto contatto con la produzione.

Questo scambio di informazioni faceva perdere molto tempo ai controllori e si è deciso così di realizzare dei modi operatori al fine di rendere i controlli più efficienti.

Un esempio è relativo al server per verificare la scadenza della certificazione degli addetti a macchina, prima della creazione di uno standard il tempo per svolgere l'attività era maggiore di 25 minuti (tempo variabile in funzione della disponibilità dei responsabili di linea). Con lo standard il tempo si è ridotto a 5 minuti, grazie a semplici passaggi su server dedicati si riesce a realizzare in autonomia il controllo, senza incorrere in tempi d'attesa. Un altro standard che si è creato è relativo all'uso corretto della piattaforma digitale:

- Lato controllori;
- Lato responsabili della produzione.

Nel primo caso il modo operatorio è relativo a:

- come salvare il completamento del controllo e la sua conformità;
- come salvare il completamento del controllo e la sua non conformità. La non conformità comporta, però, notificare l'allerta ai responsabili della produzione, al fine di eliminare quanto non conforme.

Come mostra la figura 26, il modo operatorio indica quali siano i campi da completare e cosa inserire nei riquadri.

Dal lato responsabili di produzione, invece, è stato necessario effettuare dei modi operatori in merito alle risposte delle allerte e la corretta visione di queste, un esempio del modo operatorio che è stato realizzato è indicato in figura 27.

Anche in questo caso lo standard mostra quali siano i campi da completare e i passaggi necessari per prendere visione di tutte le non conformità del reparto di cui si è responsabili.

Una volta che il controllore notifica la non conformità, in poco tempo, il responsabile della linea di produzione deve mettere in atto le azioni necessarie per eliminare la non conformità. Tali azioni vengono salvate e sono visibili nello storico.

Oltre alle risposte e ai commenti relative alle allerte sono anche visibili le date di "segnalazione controllo" e "realizzazione azione".

È compito del controllore, una volta ricevuta la risposta dal responsabile della produzione, accertarsi che l'azione sia stata attuata in maniera corretta e che la non conformità sia stata adeguatamente eliminata. Fino ad allora l'allerta rimane aperta e attiva.

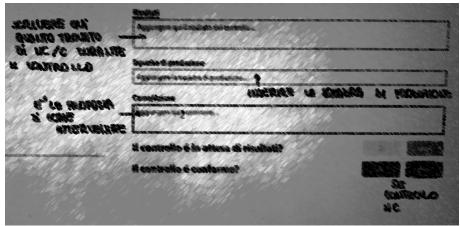


Figura 26. Modo operatorio piattaforma digitale lato operatore

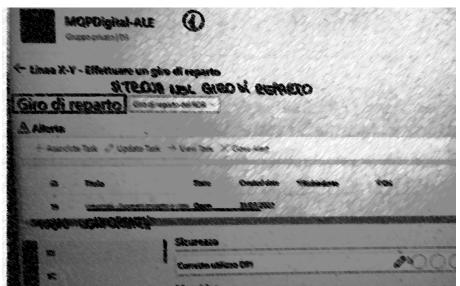


Figura 27. Modo operatorio piattaforma digitale lato responsabili della linea

L'ultimo standard che si è attuato è stato relativo all'uso di un server, necessario per realizzare il completamento di un controllo.

Prima dell'analisi, al fine di realizzare correttamente il completamento del controllo, era necessario ottenere le informazioni dai responsabili della linea.

In questo caso il tempo di realizzazione era molto variabile poiché dipendeva dalla disponibilità del responsabile della linea di produzione. Ora invece, grazie a semplici passaggi, il controllo può essere effettuato in autonomia dai controllori.

Il tempo per la corretta realizzazione è passato da 25 minuti (circa) a 5 minuti. Un esempio dello standard realizzato è quanto riportato dalla figura 28.



Figura 28. Modo operatorio stato macchina

Anche in questo caso, il modo operatorio mostra quali sono i parametri da controllare e quali siano i campi da compilare al fine che il controllo sia completato correttamente. Sono state realizzate delle nuove linee guida, presenti in formato digitali, che oltre ad essere facilmente consultabili sono anche tutti accertate (dal momento che alcuni bloccaggi si riferivano a macchine non più presenti oppure non erano più necessari da controllare).

Grazie a quanto realizzato è stato possibile eliminare una % di bloccaggi da controllare.

Reparto	Impianti	Totali	Eliminati	Da aggiungere	% BIP eliminati
	Macchina 1	4	4		100%
	Macchina 2	12	12		100%
	Macchina 3	6	4		67%
	Macchina 4	5	3		60%
	Macchina 5	29	15		52%
	Macchina 6	6	3		50%
Reparto 1	Macchina 7	21	7		33%
	Macchina 8	8	2		25%
	Macchina 9				
	Macchina 10	9	2		22%
	Macchina 11	5	0		0%
	Macchina 12	0	0	2	0%
	Macchina 13	0	0	2	0%
Para	mente	50%			

Tabella 23. Parametri del reparto 1 eliminati

La tabella 23 mostra quanti parametri, per macchina, sono stati eliminati rispetto a prima. Analogamente è stato fatto per il reparto 2, come riportato in tabella 24.

L'eliminazione di alcuni bloccaggi è stata resa possibile dal fatto che negli ultimi anni è avvenuto un progresso tecnologico per cui operazioni non automatizzate (che quindi richiedevano dei bloccaggi) si sono trasformate in operazioni automatizzate e quindi ora esistono dei controlli informatici e non fisici.

Reparto	Impianti	Totali	Eliminati	% BIP eliminati				
	Macchina 14	5	4	80%				
	Macchina 15	5	3	60%				
	Macchina 16	5	3	60%				
	Macchina 17	5	3	60%				
	Macchina 18	5	3	60%				
	Macchina 19	5	3	60%				
	Macchina 20	5	3	60%				
	Macchina 21	5	2	40%				
	Macchina 22	4	1	25%				
	Macchina 23	4	1	25%				
	Macchina 24	4	1	25%				
	Macchina 25	4	1	25%				
Reparto 2	Macchina 26	5	1	20%				
	Macchina 27	5	1	20%				
	Macchina 28	2	0	0%				
	Macchina 29	6	0	0%				
	Macchina 30	2	0	0%				
	Macchina 31	2	0	0%				
	Macchina 32	4	1	25%				
	Macchina 33	3	0	0%				
	Macchina 34	3	0	0%				
	Macchina 35	4	0	0%				
	Macchina 36	3	0	0%				
	Macchina 37	3	0	0%				
	Macchina 38	6	0	0%				
	Macchina 39	6	0	0%				
Parame	Parametri eliminati complessivamente 28%							

Tabella 24. Parametri eliminati reparto 2.

5.2.5. Applicazione della fase di "Controllo"

Come dice il significato del termine, scopo di questa ultima fase è determinare una serie di azioni sistematiche, di verifiche periodiche per mantenere appunto il processo "incontrollo", consolidare e mantenere i miglioramenti ottenuti e naturalmente prevenire e/o evitare le cause che generano la bassa performance del processo.

Ciò che stato possibile fare, dal momento che l'intero sistema di miglioramento è stato messo in pratica ai primi di giugno, è stato verificare quanti controlli sono stati attuati fino a questo momento in percentuale.

I controlli mensili sono stati tutti rispettati (per il mese di luglio e agosto), ossia completati al 100%, come indicato in figura 29.

Per i controlli trimestrali, invece, poiché il termine di completamento è fissato per il 30 settembre, la percentuale di realizzazione è pari al 70%.

Per i controlli annuali la percentuale di completamento è pari al 30% attualmente.

Al fine di monitorare l'efficienza dell'intero sistema, ogni giorno si verificano quanti controlli sono stati effettuati esaminando la percentuale di completamente e fissando in questo modo gli obiettivi da portare a termine per stare nelle tempistiche definite.

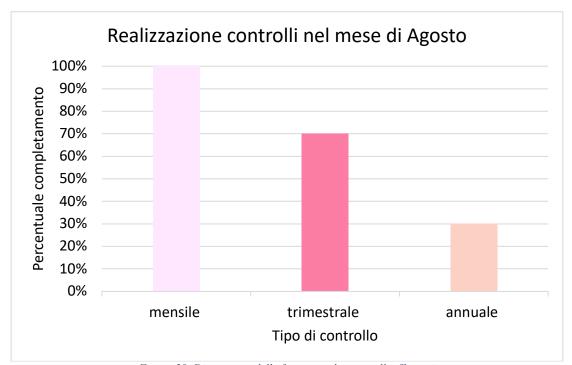


Figura 29. Diagramma delle frequenze dei controlli effettuati

6. Risultati

L'intero progetto ha permesso di revisionare tutti i controlli relativi ai processi-procedure e ai prodotti e il metodo DMAIC ha portato ad un miglioramento dell'attività dei controllori.

Gli indicatori e gli algoritmi creati nella fase di misura hanno efficientato i controlli da effettuare riducendo le frequenze delle attività con bassa gravità (il mancato controllo non ha effetto sul prodotto) e con probabilità di trovare una non conformità pari ad 1 (ossia è improbabile che si trovi una non conformità, in base allo storico, poiché non ci sono allerte relative a quei determinati controlli).

Analizzando prima i controlli relativi ai prodotti, partendo dalla matrice a cui sono stati assegnati i punteggi relativi ai singoli controlli, dopo la seduta di brainstorming si è ridotta la frequenza delle attività da verificare.

La tabella 25 riporta, infatti, quanto in giorni si è riuscito a recuperare riducendo la frequenza di tali controlli.

	pre modifica				dopo la modifica				
	min/gg	tempo h	h/anno	gg/anno	Tempo min/anno	h/anno	gg/anno	gg risparmiati	Risparmio totale in gg/anno
Controllo prodotto 1	180	3	1095	45,625	0	0	0	45,6	
Controllo prodotto 2	30	0,5	182,5	7,604	0	0	0	7,6	
Controllo prodotto 3	h/anno								
Controllo prodotto 4	1080		18	0,75	360	6	0,25	0,5	64,12
Controllo prodotto 5	min/anno								04,12
Controllo prodotto 6	14600		243,3	10,1388889	1920	32	1,3	8,8	
Controllo prodotto 7	120		2	0,083	0	0	0	0,1	
Controllo prodotto 8	2880		48	2	720	12	0,5	1,5	

Tabella 25. Risultati dei controlli prodotti

Lo studio del caso ha permesso di risparmiare 64 giorni/anno in merito ai controlli prodotto.

Per quanto riguarda i controlli relativi ai processi e alle procedure, il tempo totale risparmiato è pari a 18 giorni/anno, come mostrato in tabella 26¹⁴.

La maggior parte del tempo risparmiato di questi controlli è grazie alla realizzazione di standard che definiscono i passaggi per realizzare correttamente le attività.

_

¹⁴ Nella tabella i valori evidenziati in giallo indicano un aumento del tempo

L'acquisizione di competenze informatiche ha permesso di ridurre drasticamente il tempo di alcune attività, permettendo in questo modo agli operatori di svolgere i controlli in autonomia.

	Reparto	Macchina	Tempo totale (min)	Tempo risparmiato a seguito delle modifiche	% del tempo risparmiato	Tempo tot nuovo (min)	gg risparmiati	GG tot/reparto	GG totali risparmiati	
		Macchina 1	5040	1800	-36%	1620	2,4			
		Macchina 2	3980	1300	-33%	8040	-2,8			
		Macchina 3	1192	600	-50%	296	0,6			
	Sottoreparto 1	Macchina 4	800	280	-35%	260	0,4			
		Macchina 5	320	140	-44%	180	0,1			
	Macchin	Macchina 6	952	200	-21%	2256	-0,9	3,925		
Reparto 1		Macchina 7	448	100	-22%	348	0,1		3,925	ĺ
	Sottoreparto 2	Macchina 8	7980	2660	-33%	5320	1,8		17,647	
		Macchina 9	620	140	23%	480	0,1			
			Macchina 10	1860	660	35%	600	0,9		
		Macchina 11	1200	480	40%	440	0,5			
		Macchina 12	1560	660	42%	900	0,5			
	Sottoreparto 3	Macchina 13	1104	440	-40%	664	0,3			
-	Poparto 2	Macchina 14	20700	7820	-38%	12880	5,4	12,31		
P	Reparto 2	Macchina 15	24420	9900	-41%	14520	6,9	12,31		
F	Reparto 3	Macchina 16	5304	2040	-38%	3264	1,4	1,42		

Tabella 26. Risultati processi e procedure

Il tempo risparmiato in totale dai controlli è pari a 82 giorni/anno (64 giorni/anno relativi ai controlli processo-procedura e 18 giorni/anno relativi ai controlli prodotto), che corrispondono circa a 3 mesi di lavoro¹⁵.

Negli ultimi mesi è variata anche la percentuale di verifica di prodotti a crudo da realizzare (-33%), in funzione di un'ottimizzazione emersa durante lo studio sulla controverifica del crudo.

In totale, quindi, i giorni/anno risparmiati sono 129 (64 giorni/anno relativi ai controlli processo-procedura, 18 giorni/anno relativi ai controlli prodotto, 47 giorni/anno relativi all'ottimizzazione), circa 4 mesi e mezzo.

-

 $^{^{\}rm 15}$ Considerando che il lavoro dei controllori si svolge su 3 turni da 8 ore ciascuno al giorno

Grazie allo studio effettuato, i controllori possono dedicare il loro tempo ad attività di valore, come ad esempio:

- effettuare i controlli relativi a processi-procedure in dopo cottura, alleggerendo in questo modo i controllori, i quali a loro volta risparmierebbero tempo dedicandolo esclusivamente al prodotto finito;
- Dedicare più tempo ai controlli processi-procedura in avanti cottura. In precedenza, infatti erano pochi i controlli che venivano effettuati poiché la maggior parte del tempo era dedicato ai controlli di prodotto. I controllori, infatti, svolgevano tale attività una volta sui due turni, per cui venivano effettuati solo 2 controlli processi e procedura al giorno. Ora, invece, i controlli processo-procedura oltre ad essere continuamente monitorati sono l'attività centrale dei controllori, poiché sono il cuore del loro lavoro.

7. Conclusioni

Gli obiettivi della carta cantiere postulati ad inizio dello studio erano:

Classificazione	Obiettivo	Realizzato	Note
			Tutti i controlli sono
Trasferimento dei			attualmente presenti in
controlli su GD2RQ	100%	100%	piattaforma digitale. I
			controlli sono stati analizzati
			tramite la matrice delle 5S,
			ossia input della piattaforma
			digitale.
			La matrice delle 5S ha
			inoltre permesso di
			revisionare il 100%
			controlli. L'indicatore
			risultante e gli algoritmi
			hanno permesso di
Revisione dei	100%	100%	analizzare tutti i controlli e i
controlli			sotto controlli
			accuratamente, attraverso
			l'assegnazione dei punteggi,
			effettuata da parte dei
			controllori (esperti della
			qualità) e da parte dei
			responsabili della
			produzione, come espresso
			nel capitolo $5.2.2.$
			Applicazione della fase di
			"Misurazione".
			La creazione dell'indicatore
			e l'applicazione dello stesso
Riduzione dei controlli attuali	-15%	-20%	hanno permesso di ridurre le
Controlli attuali			frequenze dei controlli
			ritenuti meno significativi a
			livello qualità.

			La percentuale è stata
			calcolata sull'anno rispetto
Riduzione del tempo		-22%	ai controlli iniziali. Il tempo
	-20%		per eseguire i controlli è
impiegato per eseguire i controlli			diminuito di 82 giorni/anno.
			A questo vanno sommati 47
			giorni recuperati da
			un'ottimizzazione emersa
			durante lo studio sulla
			controverifica del crudo.
			I dubbi e le mancanze sono
			stati segnalati alla scuola, la
			quale ha attuato dei corsi di
	Ogni controllore		formazione.
	GQ deve saper		Tali corsi hanno permesso di
Aumento delle	effettuare anche i controlli del perimetro del dopo cottura e conoscenza globale dei controlli processo-procedura		colmare le lacune soprattutto
polivalenze			riguardo le macchine più
			recenti, le quali presentano
			controlli differenti rispetto
			alle altre macchine. Così
			facendo i controlli relativi
			vengono ora svolti con
			dimestichezza e in molto
			meno tempo rispetto a prima.
	Conoscenza degli applicativi informatici		L'obiettivo è stato raggiunto
			grazie all'applicazione dei
			modi operatori. Gli standard
Aumento delle conoscenze informatiche			visivi realizzati (descritti nel
			capitolo <u>5.2.4. Applicazione</u>
			della fase
			"Implementazione")
			permettono di svolgere tutti
			gli step in maniera corretta e
			accurata e in meno tempo
			rispetto alle procedure

	precedenti. L'aumento delle
	conoscenze informatiche dei
	controllori è avvenuto anche
	grazie il continuo utilizzo
	del tablet per svolgere i vari
	controlli e le varie
	segnalazioni (training on the
	job).

Tabella 27. Obiettivi raggiunti

I rischi potenziali derivati da un possibile errore di valutazione sono stati affrontati con l'uso dell'indicatore risultante e degli algoritmi. I rischi riportati nella carta cantiere erano:

Rischio	Note	
D. D. D. C. C. C. C.	I controllori sono stati affiancati durante	
Perdita di zona di confort e apertura di nuove attività a causa delle polivalenze	l'intero di periodo di transizione verso il	
•	digitale, affrontando quotidianamente le	
	problematiche della marcia corrente.	
	La lentezza nella gestione delle risposte era un	
	rischio complesso da evitare poiché è variato	
	anche il sistema di ricezione e di risposta alle	
	allerte. Ora le non conformità vengono	
Lentezza nella gestione delle risposte alle allerte	segnalate tramite la piattaforma digitale e	
	devono essere impartite azioni al più presto.	
	Grazie all'affiancamento dei responsabili	
	delle varie linee di produzione si è riuscito ad	
	evitare ritardi nelle risposte e soprattutto si è	
	appreso il corretto funzionamento del sistema.	
	Una sottovalutazione o sopravvalutazione dei	
	controlli non avrebbe permesso di analizzare	
	accuratamente le attività e soprattutto di	
Sopravvalutare o sottovalutare i controlli	definire in maniera corretta le frequenze di	
Sopravvalutare o sottovalutare i controlli	realizzazione.	
	La matrice e gli indicatori hanno permesso di	
	dare lo stesso peso a tutti i controlli al fine di	
	eliminare, confermare o modificare in	
	maniera corretta l'intero processo.	
Creazione di problemi dovuti all'uso di sistemi digitali	I controllori sono stati affiancati per tutto il	
	periodo di inserimento della piattaforma	
	digitale al fine di non commettere errori e	
	causare mal funzionamenti	
	nell'organizzazione.	
Tahalla 28 Risahi dal progatto		

Tabella 28. Rischi del progetto

Grazie all'uso di GD2RQ le segnalazioni avvengono in tempo reale, nel momento in cui vengono trovate le non conformità, e le azioni possono essere messe in atto subito dopo per non causare problemi alla fabbricazione.

Il sistema, infatti, permette una comunicazione veloce tra gli enti malgrado questi siano fisicamente distanti (come detto in precedenza). L'adozione della piattaforma digitale ha reso i due attori più vicini.

L'intero progetto, oltre a risolvere i problemi in essere e aumentare l'efficienza del lavoro svolto dai controllori ha avuto un impatto anche sulle "3P" di Michelin, elencati nel capitolo <u>2.1.2. I valori</u>. In particolare:

- people, con un impatto pari al 55%. Le persone sono coloro su cui l'intero progetto ha avuto un impattato maggiore in percentuale. Questo perché i controllori svolgeranno attività solo ed unicamente a valore aggiunto (dal momento che tutti i controlli sono stati analizzati e studiati a fondo) e perché il risparmio del tempo permette ai controllori di non svolgere le attività nei tre turni giornalieri, ma durante i due turni di lavoro (6-14/14-22). Lo studio, quindi, ha permesso di cambiare oltre il modo di lavorare (da cartaceo a digitale) anche la turnazione del team;
- profit, con una percentuale pari al 40%. Il profitto ha un impatto elevato perché i 129 giorni risparmiati dimostrano che il team (attualmente composto da 5 persone) potrebbe essere composto da un'unità in meno e aumentare le attività/mansioni per 0,5 ETP¹⁶.
- planet, con un impatto pari al 5%. Anche dal punto di vista ambientale il progetto delinea dei benefici in funzione della diminuzione della carta, con il passaggio al digitale. I volumi di carta risparmiati non saranno pochi, dal momento che i documenti cartacei erano molti poiché oltre alle checklist si stampavano anche le guide di come effettuare ogni singolo sottocontrollo o controllo presente.

¹⁶ Unità per persona

TABELLA 1. SCALA NOMINALE	27
TABELLA 2. SCALA ORDINALE	30
TABELLA 3. SCALA LINEARE DI INTERVALLO	33
TABELLA 4. SCALA LOGARITMICA DI INTERVALLO	38
TABELLA 5. SCALA DI RAPPORTO	39
TABELLA 6. PROPRIETÀ DEGLI INDICATORI DI PRESTAZIONE	43
TABELLA 7. PUNTEGGIO DI GRAVITÀ DEL MODO DI GUASTO	49
TABELLA 8. PUNTEGGIO PER LA PROBABILITÀ DELLA CAUSA	50
TABELLA 9. PUNTEGGIO PER RILEVABILITÀ DEL GUASTO	50
TABELLA 10. VOC- ASSEMBLAGE	61
TABELLA 11. VOC- IPO	62
TABELLA 12. VOC- PREP	62
TABELLA 13. VOC-PLANNING	63
TABELLA 14. VOC- RGQA	
TABELLA 15. VOE- CONTROLLORE QUALITÀ	65
TABELLA 16. ATTIVITÀ EFFETTUATE NEL 1° TURNO	
TABELLA 17. ATTIVITÀ EFFETTUATE NEL 2° TURNO	70
TABELLA 18. ATTIVITÀ EFFETTUATE NEL 3° TURNO	71
TABELLA 19. INDICATORE G	75
TABELLA 20. INDICATORE P	77
TABELLA 21. INDICATORE F	
TABELLA 22. INDICATORE RISULTANTE GPF	
TABELLA 23. PARAMETRI DEL REPARTO 1 ELIMINATI	93
TABELLA 24. PARAMETRI ELIMINATI REPARTO 2	94
TABELLA 25. RISULTATI DEI CONTROLLI PRODOTTI	
TABELLA 26. RISULTATI PROCESSI E PROCEDURE	97
TABELLA 27. OBIETTIVI RAGGIUNTI	101
TARELLA 28 RISCHI DEL PROGETTO	102

FIGURA 1 I VALORI MICHELIN	9
FIGURA 2. PROJECT CHARTER	21
FIGURA 3. SIPOC DIAGRAM	21
FIGURA 4. DEFINIZIONE DI MISURAZIONE	23
FIGURA 5. DIAGRAMMA DI ISHIKAWA	47
FIGURA 6. PROJECT CHARTER DEL PROGETTO DI OTTIMIZZAZIONE	54
FIGURA 7. GANTT CHART DEL PROGETTO DI OTTIMIZZAZIONE	57
FIGURA 8. DIAGRAMMA SIPOC DEL PROGETTO	58
FIGURA 9. SCHEDA DI PROCESSO USATA NELLA MAPPATURA DEL FLUSSO	67
FIGURA 10. SCHEDA COMPITO DI CONTROLLO USATA NELLA MAPPATURA DEL FLUSS	
	68
FIGURA 11. SCHEDA ATTESA USATA NELLA MAPPATURA DEL FLUSSO	68
FIGURA 12. VSM DEL CASO STUDIO	69
FIGURA 13. GRAFICO A TORTA DELLA DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL TEMPO SU	
TUTTI E TRE I TURNI	72
FIGURA 14. SCOMPOSIZIONE DELLA MATRICE CON METODO 5S- SEPARARE	73
FIGURA 15. SCOMPOSIZIONE DELLA MATRICE CON METODO 5S-ORDINARE	73
FIGURA 16. SCOMPOSIZIONE DELLA MATRICE CON METODO 5S-PULIRE	73
FIGURA 17. SCOMPOSIZIONE DELLA MATRICE CON METODO 5S-STANDARDIZZARE	74
FIGURA 18. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA MATRICE	82
FIGURA 19. DIAGRAMMA DELLE FREQUENZE DELLA MACCHINA 1	83
FIGURA 20. DIAGRAMMA DELLE FREQUENZE MACCHINA 2	84
FIGURA 21. DIAGRAMMA DELLE FREQUENZE MACCHINA 3	85
FIGURA 22. ISHIKAWA DIAGRAM DEL CASO	86
FIGURA 23. 5 WHYS DEL CASO STUDIO	87
FIGURA 24. 5 WHYS RELATIVO AI PRODOTTI CON SCOSTAMENTO PERCENTUALE DAL	
PESO OTTIMALE	88
FIGURA 25. MODO OPERATORIO VERIFICA DEI PRODOTTI A CRUDO	89
FIGURA 26. MODO OPERATORIO PIATTAFORMA DIGITALE LATO OPERATORE	91
FIGURA 27. MODO OPERATORIO PIATTAFORMA DIGITALE LATO RESPONSABILI DELLA	A
LINEA	91
FIGURA 28. MODO OPERATORIO STATO MACCHINA	92
FIGURA 29. DIAGRAMMA DELLE FREQUENZE DEI CONTROLLI EFFETTUATI	95

Bibliografia

- (2008). Tratto da Michelin:
 - https://web.archive.org/web/20081113203412/http://www.michelin.com/corpora te/front/templates/affich.jsp?codeRubriqueListe=20080212104710&codeRubrique=20080214104032&lang=EN&news_id=23940
- (2022). Tratto da https://it.wikipedia.org/wiki/Michelin: https://it.wikipedia.org/wiki/Michelin
- (2022). Tratto da Orientamento.unina:
 - https://www.orientamento.unina.it/companyprofile/michelin-italia/
- Amare, G. (2012). Reviewing the values of a stabdard operating procedure. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 22(3). Tratto da https://www.ajol.info/index.php/ejhs/article/view/82980
- Chiozza, M. L. (2009). FMEA: A model for reducing medical errors. *Clinica Chimica Acta*, 404, 75-78. Tratto da https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009898109001466?casa_to ken=InXge9_l52sAAAAA:OjAe3TpXrd_pA12FDxFYFb1o35yt-djLPKbsNB-5dGYpeyxPIwarctkWuEdvG_5AMGIzU2X4
- Dalton, J. (2019). Great Big Agile. In J. Dalton. Tratto da https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-4206-3_31
- Dana, B. G. (2015). *EBSCO*. Tratto da https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&au thtype=crawler&jrnl=23933127&AN=109000946&h=7tzexS9r9xsS%2bhCndr NHZlh7yt7EiUtItjyexEuFLSc3ge4yMm9SO4shfES3UlakG04JRMJOG9w9GjC 2W2GsCg%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=
- Francesca Montagna, M. C. (2015). Appunti corso "Gestione dell'innovazione e sviluppo prodotto". In *Management of Innovation and Product Development: Integrating Business and Technological Perspectives.* Springer.
- Galetto, M. (2021). Appunti corso "Ingegneria della qualità". Maurizio Galetto.
- Galetto, M. (2021). Appunti corso "Ingegneria della qualità".
- Galetto, M. (2021). Appunti corso "Ingegneria della qualità".
- Galetto, M. (2021-2022). Management by Measurement: Designing Key Indicators and Performance Measurement Systems.
- Hans Skalle, B. H. (2013). Tratto da IBM:
 - https://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4447.pdf
- ILIE, G. (2010). APPLICATION OF FISHBONE DIAGRAM TO DETERMINE THE RISK OF AN EVENT WITH MULTIPLE CAUSES. *Management Research and Practice, 2*(1). Tratto da https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Ciocoiu/publication/46567642_Application_Of_Fishbone_Diagram_To_Determ ine_The_Risk_Of_An_Event_With_Multiple_Causes/links/572afd7408aef5d48 d30d6dd/Application-Of-Fishbone-Diagram-To-Determine-The-Risk-Of-An-Even
- *Implementazione del metodo 5S in un impianto di produzione* . (2020). Tratto da https://webthesis.biblio.polito.it/15451/1/tesi.pdf
- International Standard. (2015, 9 15). Tratto da https://ch97a3a0kw31390rw3nfrzf3-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/11/ISO-9001-2015-Fifth-Edition.pdf
- Isuf Lushi, A. M. (2016). A LITERATURE REVIEW ON ISO 9001 STANDARDS. European Journal of Business, Economics and Accountancy, 4(2). Tratto da

- http://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2016/01/Full-Paper-A-LITERATURE-REVIEW-ON-ISO-9001-STANDARDS.pdf
- Jiju Antony, A. S. (2012). Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. Tratto da https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02656711211190864/full/html?casa_token=Lunpoe_sh8EAAAAA:ZEE4Xp8q4dRX60XOGLVBoWmq9 vsqurZbmfXXKRBA-UIrO5BkQIQMf8xaaZml5JFWKSR-lY5qZf2De-IweczlLB5m60ngrTPdS433pwhnd4uV1uOMpw
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 161 (2016) 012099*. IOP Publishing. Tratto da https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/161/1/012099/pdf
- Martin, C. (2013). *Apics*. Tratto da https://apicsr.starchapter.com/downloads/APICS_2013_Conference_Presentatio n_Materials__Operational_Efficiency/maximized_value_stream_mapping.pdf
- Miatton, S. (2022). Tratto da http://intranet.michelin.com
- Michelin. (2017). Tratto da https://purchasing.michelin.com/wp-content/uploads/sites/34/2017/07/01-09-18-_-PrincipesAchatsIT-BAT5.pdf
- Milano, P. d. (2015). Tratto da Politecnico di Milano: https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/117145
- Neves, F. d. (2018). Analysis of the quality management system for automotive industry- ISO/TS 16949 in the world. *Total Quality Management & Business Excellence*. Tratto da https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14783363.2018.1456330?casa_to ken=0JiFsZkt33MAAAAA%3AkuLlrDAZ3DdTNqejIqTIoqSxONLePmDusDn LoiZXFUu9KEZqoNCFQ7548fyqwsB85yYxsjLsEAI
- Perry, W. (2018). Applying Root Cause Analysis to Compressed Air: How to Solve Common Compressed Air System Problems with the 5-Whys. *Energy Engineering*, 115. Tratto da https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01998595.2018.12016673?casa_t oken=rbA91E_acQAAAAA%3A6kgKZ8Mrbcrk4GH2RfYY4aR97n0sIYQkA Ah3FbACmNK-yhqnz7dQsXCaEcdXmEGi6ow0sTIkEkA
- Six Sigma Performance. (2020). Tratto da Fasi di un progetto SIX SIGMA (DMAIC): https://www.sixsigmaperformance.it/doc/DMAIC.pdf