



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

***Analisi e Miglioramento della Pianificazione del  
Processo di Riparazione delle Turbine a Gas presso  
Nuovo Pignone***

**SINTESI**

---

RELATORI

Prof. Ing. Gualtiero Fantoni  
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale*

Ing. Vito Giordano

*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni*

Nicole Bandini

*Baker Hughes*

LA CANDIDATA

Alessia Bellucci  
*alessia.bellucci02@gmail.com*

# **Analisi e Miglioramento della Pianificazione del Processo di Riparazione delle Turbine a Gas presso Nuovo Pignone**

Alessia Bellucci

---

## **Sommario**

Il presente lavoro di tesi ha l'obiettivo di migliorare la pianificazione del processo di riparazione delle turbine a gas di Nuovo Pignone. Per questo scopo è stata applicata la metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). In primo luogo, è stato definito il campo d'azione (*Define*) supportando la scelta con un'accurata misurazione del processo (*Measure*). Per le successive fasi di analisi (*Analyze*) e miglioramento (*Improve*) sono stati utilizzati strumenti quali FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e simulazione Monte Carlo. Il primo ha richiesto di interfacciarsi con i pianificatori del processo e ha permesso di identificare e analizzare i guasti del processo; il secondo ha supportato la stima dei benefici delle azioni correttive definite a partire dai guasti precedentemente individuati. In conclusione, è stato possibile identificare sei azioni correttive da implementare per poter migliorare le performance del processo. Tali azioni sono state definite in termini di costi e benefici e in base a questi ne è stata definita la priorità. Per quanto riguarda il controllo del processo (*Control*), verrà ulteriormente indagato dall'azienda una volta che la direzione prenderà la decisione su quale azione implementare.

## **Abstract**

This thesis work aims to improve the planning of the repair process of the gas turbines in Nuovo Pignone. For this purpose, the DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) methodology was applied. Therefore, the field of action has been defined (*Define*) supporting the choice with an attentive measurement of the process (*Measure*). As regards the process analysis (*Analyze*) and improvement (*Improve*) phases, tools such as FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) and Monte Carlo simulation were used. The former required interfacing with the process planners and it allowed to identify and analyze the failures of the process, the latter supported the estimation of the benefits of the corrective actions defined starting from the previously identified failures. Finally, six possible corrective actions to be implemented have been identified to improve the performance of the process. Those corrective actions have been defined in terms of costs and benefits and prioritized according to these parameters. As regards the process control (*Control*), it will be further investigated by the company once the leadership will take the decision on which action to implement.

## **1. Introduzione**

Il seguente lavoro di tesi si sviluppa nell'ambito di un tirocinio della durata di sei mesi presso Nuovo Pignone, azienda fiorentina facente parte del gruppo Baker Hughes.

In particolare, il progetto di tesi è stato svolto nel contesto dei servizi di manutenzione che l'azienda offre ai suoi clienti. All'interno di Nuovo Pignone, infatti, si trova uno tra i cinque centri di riparazione che costituiscono la rete globale di riparazione di Baker Hughes. L'obiettivo del progetto è stato quello di individuare i guasti presenti all'interno della pianificazione del processo di riparazione delle turbine a gas implementato presso l'officina di manutenzione, al fine di individuare delle azioni correttive volte a ridurre le tempistiche. Questo è stato ritenuto necessario a seguito di un'analisi quantitativa del processo tramite la *dashboard* di indicatori usati per il suo monitoraggio, la quale ha mostrato delle prestazioni non adeguate ai target prestabiliti.

### **1.1 Baker Hughes**

Baker Hughes è un'azienda di tecnologia al servizio dell'energia che fornisce soluzioni per i clienti che operano nel mondo energetico e dell'industria in tutto il mondo. Si tratta di un'azienda *leader* a livello mondiale che opera in oltre 120 Paesi. Tra i principali *business* dell'azienda si annoverano la produzione e la manutenzione di un ampio portafoglio di compressori, turbine a gas e a vapore.

### **1.2 Florence Repair Shop**

Il centro di servizio presente in Nuovo Pignone prende il nome di "*Florence Repair Shop*". Le macchine riparate al suo interno sono composte da una parte statica chiamata modulo e da una parte rotorica chiamata rotore. Entrambi sono composti anche da una serie di componenti che vengono riparati internamente all'azienda, chiamati componenti *farm-in*. L'impianto, seguendo l'impostazione delle macchine, si articola in tre diverse officine, chiamate "celle", che si differenziano per la parte di macchina lavorata all'interno; ovvero:

- Cella Moduli, in cui vengono ispezionati e riparati i moduli;
- Cella Rotori, in cui vengono ispezionati e riparati i rotor, che possono arrivare in officina in seguito allo smontaggio dei moduli o come ordine singolo da parte del cliente;
- Cella Componenti *Farm-In*, in cui vengono ispezionati e riparati i componenti *farm-in*, che possono arrivare in questa cella dopo lo smontaggio dei componenti dal rotore o dal modulo, oppure come ordine indipendente.

## 2. Stato dell'arte

Al giorno d'oggi il miglioramento dei processi aziendali è un problema costante per le aziende. Tale pratica, infatti, è necessaria per raggiungere continuamente la soddisfazione del cliente e per questo le aziende utilizzano sempre di più il *Business Process Improvement* (BPI) per stare al passo con il mutevole ambiente aziendale. Al riguardo, Siha e Saad (2008)<sup>1</sup> hanno analizzato gli approcci di BPI più utilizzati nella pratica, ovvero Six Sigma, *Benchmarking*, *Business Process Reengineering* e Mappatura dei processi. In particolare, in relazione a questo progetto di tesi, l'attenzione è stata rivolta sul metodo Six Sigma. Questa scelta è stata favorita dal fatto che ci sono molti esempi di organizzazioni che hanno sperimentato miglioramenti grazie a questo approccio<sup>2</sup>. A questo proposito, risultano molto interessanti i casi in ambito manifatturiero citati da Kwak e Anbari (2006)<sup>3</sup> relativi ad aziende quali General Electric e Allied Signal dove sono stati migliorati indicatori come il *turnaround time* nelle officine e la percentuale di commesse completate entro la data fissata col cliente. Tali risultati sono infatti in linea con l'ambito dei miglioramenti ricercati in questo progetto di tesi.

## 3. Metodi e Risultati

In accordo al metodo Six Sigma, per affrontare il problema è stata seguita la metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). Dunque, sono state eseguite innanzitutto le fasi di *Define* e *Measure*, in cui è stato definito il processo di riparazione che necessita di essere migliorato e sono state misurate le relative performance. In questo modo è stato possibile definire chiaramente il problema da affrontare. Tali fasi sono descritte successivamente nel paragrafo 2.1 "Definizione e misurazione del problema". In seguito, sono state eseguite le fasi di *Analyze* e *Improve*. Questo è stato fatto tramite l'utilizzo del metodo FMEA e della simulazione Monte Carlo. A tale scopo, infatti, è stata eseguita prima di tutto un'analisi delle cause di guasto; successivamente è stata svolta un'analisi quantitativa più approfondita del processo che ha permesso la costruzione del modello di simulazione; infine sono state definite e ordinate per priorità le azioni correttive da implementare per poter migliorare la performance del processo di riparazione. Tali fasi sono riportate nei paragrafi 2.2 "Analisi dei guasti", 2.3 "Analisi e modellizzazione del processo" e 2.4 "Definizione delle azioni correttive". Per quanto riguarda la fase di *Control*, questa non è rientrata nel campo d'azione

---

<sup>1</sup> Siha, S.M. & Saad, G.H. (2008), "*Business process improvement: empirical assessment and extensions*", Business Process Management Journal, Vol. 14 No. 6, pp. 778-802.

<sup>2</sup> McAdam, R. & Lafferty, B. (2004), "*A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change?*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24 No. 5, pp. 530-549.

<sup>3</sup> Kwak, Y. & Anbari, F. (2006), "*Benefits, obstacles, and future of Six Sigma approach*", Technovation. Vol. 26. pp. 708-715.

della tesi, poiché conseguente alla futura scelta da parte dell'azienda su quali azioni mettere effettivamente in pratica. Inoltre, è necessario considerare che i tempi richiesti in questo ambito per la visualizzazione effettiva dell'impatto delle azioni migliorative sono molto lunghi.

## 2.1 Definizione e misurazione del problema

In Figura 1 è rappresentato il processo a cui sono sottoposti i materiali in arrivo al *Florence Repair Shop*. Tale processo viene applicato in ciascuna delle tre celle.

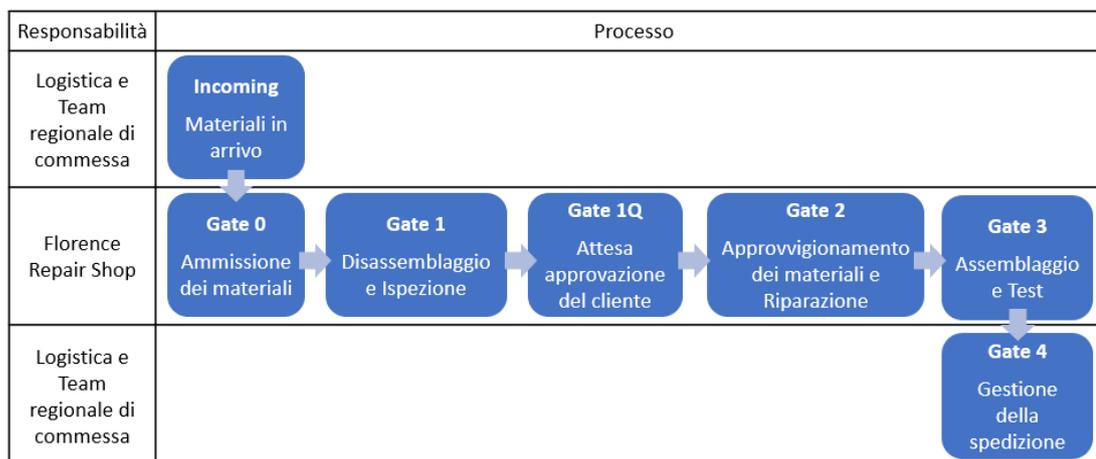


Figura 1 – Diagramma *Swimlane* del processo di ispezione e riparazione

In particolare, “Gate 0” e “Gate 1” costituiscono la fase di ispezione mentre “Gate 2” e “Gate 3” costituiscono la fase di riparazione. È importante però considerare che nella realtà il “Gate 2” e il “Gate 3” non vengono eseguiti in successione, bensì in parallelo. Questo è possibile per via della complessità delle macchine e diventa attualmente necessario a causa dei numerosi problemi riscontrati all'interno del processo stesso che altrimenti porterebbero a tempi di riparazione troppo lunghi.

Il processo viene monitorato tramite la misurazione di una serie di KPI, come: percentuale di commesse consegnate in tempo al cliente (OTD *Costumer*), percentuale di commesse concluse entro la data pianificata (OTD *Operation*), tempo impiegato per l'ispezione (ITO LT), tempo impiegato per la riparazione (OTR LT), costi di non-qualità, ed efficienza nelle lavorazioni.

A seguito di un'attenta analisi di queste metriche, considerando la necessità di individuare una particolare area su cui focalizzare l'interesse, data l'ampiezza e l'eterogeneità del contesto di riferimento, è stata concentrata l'attenzione sul tempo impiegato per effettuare la riparazione, ovvero l'OTR LT. Tale indicatore fa riferimento alle fasi di processo “Gate 2” e “Gate 3” di Figura 1.

L'elemento chiave che ha guidato la scelta di tale area è stata proprio la soddisfazione del cliente. A tale proposito, infatti, Baker Hughes ha da sempre l'obiettivo di soddisfare i suoi clienti puntando su qualità e velocità.

Per quanto riguarda la qualità, in azienda è già presente un approccio di *continuous improvement*, coerente alla storia di eccellenza ingegneristica che contraddistingue Nuovo Pignone. Infatti, quando si verifica una non conformità l'azienda attiva in automatico un processo volto a individuare la causa radice e a definire di conseguenza le azioni correttive per evitare che si verifichi di nuovo. Dunque, considerando sia che le performance del processo in termini di OTR LT non sono buone, sia che rispettare target temporali appositamente studiati per essere competitivi sul mercato è un buon modo per garantire la soddisfazione del cliente, è stato preso come elemento cardine dell'analisi l'OTR LT.

Infine, dato che il *Florence Repair Shop* ripara varie tipologie di macchine molto diverse tra loro, è stato ritenuto necessario individuare un'unica tipologia su cui concentrare l'attenzione. Per effettuare tale selezione è stato costruito un diagramma di Pareto considerando per ciascuna tipologia di macchina il relativo numero di ore lavorate nel centro di riparazione nel 2021 e nei primi nove mesi del 2022. Da questa analisi è emerso che più del 60% delle ore lavorate sono attribuibili alle turbine a gas; per questo il focus si è rivolto su tali macchine.

Data l'area d'interesse appena individuata, è importante considerare che le turbine a gas presentano dei target temporali più bassi rispetto alle altre macchine poiché l'azienda vuole essere molto competitiva sotto questo aspetto. A tal proposito, in Figura 2, sono riportate le performance per ogni trimestre dell'ultimo anno di attività in termini di OTR LT relativo alle turbine a gas. In particolare, i dati fanno riferimento al 30 settembre 2022. Per motivi di privacy il grafico riporta le performance espresse in percentuale rispetto al target.

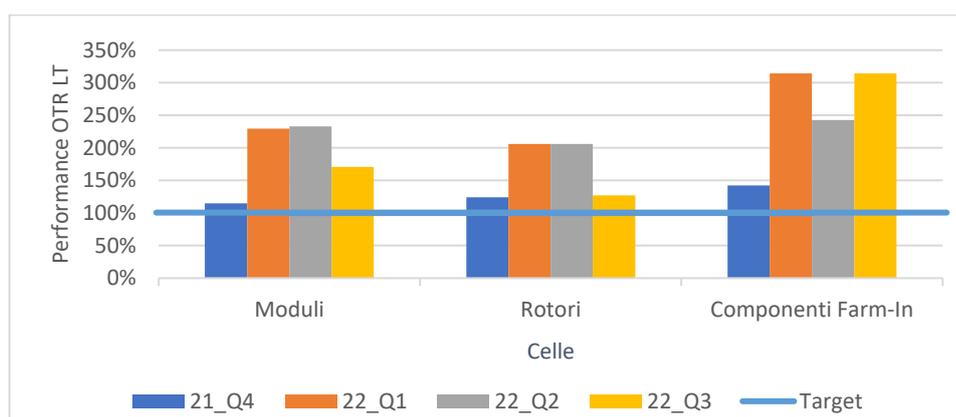


Figura 2 - Performance OTR LT delle turbine a gas, ordinato per celle, relativo agli ultimi quattro trimestri

Considerando che più l'OTR LT è basso più le performance sono buone, e che il target prefissato corrisponde alla linea blu in Figura 2, dal grafico risulta evidente che le performance non soddisfano gli obiettivi prefissati.

In conclusione, l'oggetto della tesi è stato quello di migliorare in termini temporali il processo di riparazione delle turbine a gas tramite un miglioramento del suo processo di pianificazione.

## 2.2 Analisi dei guasti

Ai fini del miglioramento della pianificazione del processo di riparazione delle turbine a gas è stata condotta in primo luogo un'analisi dei guasti del processo a livello organizzativo. All'interno dell'analisi non sono stati considerati i guasti relativi ai problemi tecnici; questa scelta è dovuta all'approccio di *continuous improvement* già adottato dall'azienda.

Per formalizzare i guasti del processo è stato seguito il metodo FMEA. A tale scopo è stata intervistata per ogni cella di lavoro la figura del *Project Planner*, ovvero la persona che si occupa giornalmente della pianificazione del processo. Dunque, a ciascun *Project Planner* è stato richiesto di individuare modi, effetti e cause dei guasti che si verificano nel processo. Successivamente, tali guasti sono stati valutati da ciascuno in termini di Impatto, Probabilità e Non Rilevabilità dell'accadimento, seguendo delle tabelle appositamente costruite, i cui valori variano da 1 (valore più positivo) a 5 (valore più negativo).

Infine, tali guasti sono stati classificati per affinità. Le categorie emerse sono state: Capacità, Attività Esterne, Approvvigionamento Materiali Consumabili e Approvvigionamento Materiali Capital. In particolare, i materiali capital comprendono tutti quei materiali caratteristici della turbina, come ugelli e pale; i materiali consumabili, invece, comprendono tutta l'oggettistica a minor valore e non caratteristica della turbina, come viti, lamine, flange ecc.

Il risultato di questa fase è stato una tabella strutturata come mostrato in Tabella 1.

Cella	Cat	Modi di guasto	Effetti di guasto	I	Cause di Guasto	P	NR	RPN
Moduli	Approv. Mat. Capital	Mancanza materiale capital	Allungamento dei tempi	2	Quando viene rilasciato il ciclo materiali non nasce POR	4	2	16
Rotori	Capacità	Capacità non ottimizzata	Allungamento dei tempi	3	Mancato uso di <i>Short Term Scheduler</i> (software interno per la pianificazione)	5	1	15
Comp. Farm-In	Capacità	Postazioni di lavoro non disponibili	Allungamento dei tempi	4	Capacità delle postazioni di lavoro satura	4	2	32
					Mancanza di consumabili per le macchine	2	2	16

Tabella 1 – Esempi tabella FMEA

Dove: Cat = Categoria, I = Impatto, P = Probabilità, NR = Non rilevabilità, RPN = *Risk Priority Number*. L'RPN è stato calcolato come prodotto di I, P e NR.

## 2.3 Analisi e modellizzazione del processo

A seguito di un'analisi più approfondita del processo, è stato sviluppato il modello simulativo. Tale modello ha l'obiettivo di rappresentare l'attuale processo di riparazione svolto all'interno

delle officine. Dunque, esso rappresenta le fasi di “Gate 2” e “Gate 3” parallelizzate. Coerentemente a questo, il lasso temporale studiato nel modello va dal momento in cui viene data la conferma a procedere con la riparazione, considerato come  $t=0$ , fino al momento in cui viene concluso il processo di riparazione. Il tempo intercorso è l’OTR LT di ogni commessa. Il modello è composto da cinque possibili attività ed è strutturato come riportato in Figura 3.

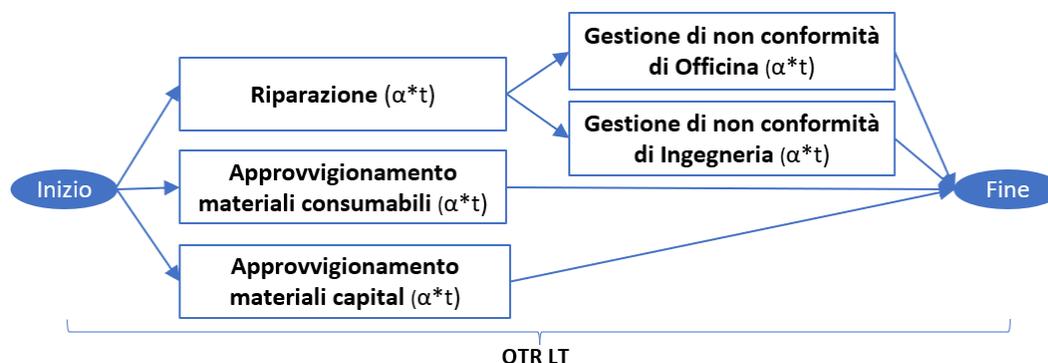


Figura 3 - Struttura del modello simulativo

A ciascuna attività sono associati due parametri, moltiplicati tra loro:

- $\alpha$ , che è una variabile binaria che vale 1 con probabilità  $p$ , 0 altrimenti. Infatti, ogni attività ha una certa probabilità  $p$  di accadere. In particolare, per l’attività “Riparazione” la probabilità  $p$  è uguale a 1 mentre per le altre è minore di 1;
- $t$ , che è la variabile che indica la durata di ogni attività.

Dal momento che la struttura del processo svolto all’interno di ogni cella è la stessa ma che ognuna di queste presenta target di OTR LT diversi, è stato necessario costruire tre modelli uguali nella struttura ma diversi nel target.

Il dataset utilizzato per la stima dei parametri del modello è composto dalle commesse relative alle turbine a gas arrivate presso il *Florence Repair Shop* negli ultimi tre anni e concluse negli ultimi tre anni, ovvero a partire dal 1° ottobre 2019, appartenenti alle categorie di Moduli, Rotori e Componenti *Farm-In*. La scelta a livello temporale dei dati è frutto di un compromesso tra la volontà di avere dati abbastanza recenti e la necessità di dover considerare un dataset consistente allo scopo di lavorare con un dataset significativo. In particolare, sono stati individuate 28 commesse relative alla cella Moduli, 22 relative alla cella Rotori e 87 relative alla cella Componenti *Farm-In*.

Dunque, a partire dal dataset, sono stati individuati minimo, massimo e moda relativi al parametro  $t$  di ciascuna attività e da questi tre valori è stata poi definita per ogni attività la distribuzione triangolare del valore  $t$  da utilizzare nel modello. Per quanto riguarda le probabilità  $p$ , queste sono state determinate considerando la frequenza di accadimento nel dataset.

In questo modo è stato possibile eseguire la simulazione Monte Carlo, la quale genera ripetutamente un risultato a partire dalle distribuzioni di probabilità degli input del modello che hanno un'incertezza intrinseca. Questo procedimento viene ripetuto migliaia di volte al fine di produrre un gran numero di risultati probabili.

Per quanto riguarda la validazione dei modelli, non è stato possibile eseguirla poiché i dati a disposizione erano pochi e la variabilità del processo è molto alta. Inoltre, non vi è stata la possibilità di raccogliere ulteriori dati da poter utilizzare per validare il modello in quanto la loro raccolta avrebbe richiesto molto tempo; infatti, il completamento di una singola commessa richiede vari mesi di lavoro.

## 2.4 Definizione delle azioni correttive

Dato che dall'analisi dei guasti è emerso che la criticità di ciascuna categoria di guasto è pressoché equiparabile, sono state ricercate azioni correttive per ciascuna di essa.

Al fine di individuare le possibili azioni correttive in grado di migliorare le performance del processo di riparazione delle turbine a gas sono state condotte delle ulteriori interviste con i *Project Planner*. In particolare, per poter effettuare successivamente un confronto, sono state richieste solamente azioni correttive implementabili entro un anno solare.

Una volta individuate le possibili azioni correttive è stata fatta una stima dei costi e dei benefici allo scopo di individuare quali di queste implementare successivamente e in che ordine. Dunque, per ciascuna soluzione proposta dagli intervistati è stato stimato il costo di implementazione consultando le figure competenti nell'ambito dell'azione correttiva. Sulla base di queste informazioni, ciascuna azione correttiva è stata classificata come:

- A basso costo, se il costo stimato è inferiore a 2.000€;
- A medio costo, se il costo stimato è compreso tra 2.000€ e 8.000€;
- Ad alto costo, se il costo stimato è compreso tra 8.000€ e 15.000€.

Infine, sono state escluse tutte quelle azioni che implicavano un costo oltre i 15mila euro poiché eccedenti i vincoli di budget imposti dall'azienda.

Per chiarezza, due esempi sono riportati in Tabella 2.

Azione Correttiva	Elementi di costo	Costo [€]	Costo totale [€]	Classe del costo
Fare <i>training</i> per imparare a usare <i>Short Term Scheduler</i>	Apposito <i>training</i> per ogni cella	2.000	2.000	Basso
Adottare un fornitore ulteriore per il <i>coating</i> del piede pala	Costi di ricerca fornitore	1.000	9.000	Alto
	Costi di qualifica	8.000		

Tabella 2 – Esempi stima dei costi

Successivamente, per le proposte rimanenti è stato individuato il beneficio associato. A questo scopo è stata condotta un'ulteriore intervista con i *Project Planner* in modo tale che questi potessero esprimere il proprio parere al riguardo. In particolare, è stato richiesto di definire l'impatto dell'azione correttiva tramite una stima di come i valori attuali delle distribuzioni cambiassero grazie all'azione correttiva stessa; infine, è stato definito il beneficio associato andando a simulare il processo utilizzando i nuovi valori stimati.

Per quanto riguarda il numero di iterazioni della simulazione, questo è stato definito seguendo la teoria proposta da Bukaçi et al. (2016)<sup>4</sup>. In accordo a tale articolo, è stato eseguito un numero di iterazioni tale che questo garantisse una convergenza del valore di interesse per l'analisi, ovvero la percentuale di commesse completate entro il target. Invece, per quanto riguarda il beneficio, questo è espresso come aumento percentuale del numero di commesse che risultano completate entro il target rispetto alla situazione di partenza. In questo modo vengono favorite le azioni correttive che portano un maggior numero di commesse completate entro il target, a discapito di quelle che portano una riduzione generale dei tempi senza però favorire il completamento entro il target. Dunque, il beneficio è calcolato come:

$$Beneficio = \frac{\% \text{ On time complessivo } TO \text{ BE}}{\% \text{ On time complessivo } AS \text{ IS}} - 1$$

Dopo aver definito il beneficio, le azioni correttive sono state classificate come:

- A basso beneficio, se il beneficio è inferiore a 3%;
- A medio beneficio, se il beneficio è compreso tra 3% e 5%;
- Ad alto beneficio, se il beneficio è superiore al 5%.

Le classificazioni effettuate sono state espresse dal *management*.

Per chiarezza, due esempi sono riportati in Tabella 3.

Azione Correttiva	Effetti	Entità effetti	Beneficio	Classe del beneficio
Fare <i>training</i> per imparare a usare <i>Short Term Scheduler</i>	Riduzione moda "Riparazione" Moduli	-2.5%	+3.6%	Medio
	Riduzione moda "Riparazione" Rotori	-10%		
	Riduzione moda "Riparazione" Componenti <i>Farm-In</i>	-5%		
Adottare un fornitore ulteriore per il <i>coating</i> del piede pala	Riduzione moda "Riparazione" Componenti <i>Farm-In</i>	-10%	+5.4%	Alto
	Riduzione massimo "Riparazione" Componenti <i>Farm-In</i>	-10%		

Tabella 3 – Esempi stima dei benefici

<sup>4</sup> Bukaçi, E. & Korini, T. & Periku, E. & Allkja, S. & Sheperi, P. (2016). "Number of Iterations Needed in Monte Carlo Simulation Using Reliability Analysis for Tunnel Supports". International Journal of Engineering Research and Applications. 6. 60-64.

Una volta stimati sia il costo che il beneficio, ciascuna azione correttiva è stata inserita all'interno di una matrice, visibile in Figura 4, in base alle classi di costo e beneficio di appartenenza. Ciascun quadrante della matrice corrisponde a un certo grado di priorità, definito precedentemente con il *management* e visibile in Figura 5. Dunque, per concludere, in base al quadrante di appartenenza dell'azione correttiva, è stato possibile determinare la priorità di ciascuna azione correttiva individuata.

<b>Costo</b>	Alto	1	2	3
	Medio	4	5	6
	Basso	7	8	9
		Basso	Medio	Alto
		<b>Beneficio</b>		

Figura 4 - Matrice Costo-Beneficio

Quadrante:	9	6	8	3	5	7	4	2	1
Priorità:	Alta			Media				Bassa	

Figura 5 – Grado di priorità di ogni quadrante della matrice Costo-Beneficio

#### 4. Conclusioni

La metodologia applicata ha permesso di individuare sei possibili azioni correttive da poter implementare per migliorare le performance a livello temporale del processo di riparazione delle turbine a gas. Tali azioni sono riportate di seguito in Tabella 4, in ordine di priorità.

Classe di guasto	Azione correttiva	Costo	Beneficio	Priorità (Quadrante)
Approvvigionamento Materiali Capital	Semplificazione del processo di richiesta di produzione del materiale capital	Medio	Alto	Alta (6)
Capacità	Fare <i>training</i> per imparare a usare lo <i>Short Term Scheduler</i>	Basso	Medio	Medio-Alta (8)
Attività esterne	Adottare un fornitore ulteriore per il <i>coating</i> del piede pala	Alto	Alto	Media (3)
Approvvigionamento Materiali Consumabili e Capital	Costruire un file Excel relativo ai materiali per tenere sotto controllo tutti i materiali delle commesse	Basso	Basso	Media (7)
Approvvigionamento Materiali Capital	Fissare riunioni ricorrenti con <i>Manufacturing</i> per essere allineati su cosa arriva ed eventualmente richiedere prontamente di ridurre i tempi chiarendo le priorità	Basso	Basso	Media (7)

Classe di guasto	Azione correttiva	Costo	Beneficio	Priorità (Quadrante)
Approvvigionamento Materiali Consumabili e Capital	Creare un report Oracle sui materiali con le informazioni necessarie per tenerli sotto controllo associato a un sistema di notifiche relative al cambio di stato dei materiali	Alto	Medio	Bassa (2)

Tabella 4 – Azioni correttive e relative priorità

In conclusione, è importante considerare i principali vantaggi della metodologia. Per quanto riguarda la fase iniziale di “Definizione e misurazione del problema”, il metodo utilizzato ha permesso di circoscrivere e quantificare il problema in maniera chiara e *data-driven*. La fase di “Analisi dei guasti” ha invece permesso di formalizzare tutti i guasti che affliggono il processo di riparazione a livello gestionale, elemento basilare a partire dal quale può essere effettuato sia il monitoraggio sia *l'improvement* del processo. Relativamente alla fase di “Analisi e modellizzazione del processo”, questa ha permesso di costruire uno strumento importante per il supporto decisionale. Infine, nella fase di “Definizione delle azioni correttive”, il metodo ha permesso di individuare le azioni correttive da implementare secondo delle priorità definite in base a *driver* chiave per un’azienda, quali costo e beneficio. Invece, per quanto riguarda le principali limitazioni riscontrabili nella metodologia, queste sono individuabili nelle valutazioni relative ai guasti e ai costi e benefici delle azioni correttive, poiché stimati da persone che possono essere affette da *bias*, e nella mancata validazione del modello simulativo. A tal proposito, queste limitazioni potranno essere risolte innanzitutto tramite un’analisi più *data-driven* dei parametri presi in considerazione: questo garantirebbe un’affidabilità maggiore dei risultati ottenuti. Relativamente al modello simulativo, invece, nei mesi a venire potranno essere registrate ulteriori commesse che potranno essere utilizzate per la validazione. Inoltre, la validazione del modello sviluppato garantirebbe la disponibilità di uno strumento affidabile in grado di fornire un aiuto importante sia ai *Project Planner* sia alla *Master Planner* nelle attività di pianificazione.

In futuro, a partire da questo progetto, l’azienda potrà attivarsi sull’implementazione delle azioni correttive individuate. A questo, coerentemente alla metodologia DMAIC utilizzata, dovrà seguire la fase di controllo (*Control*).