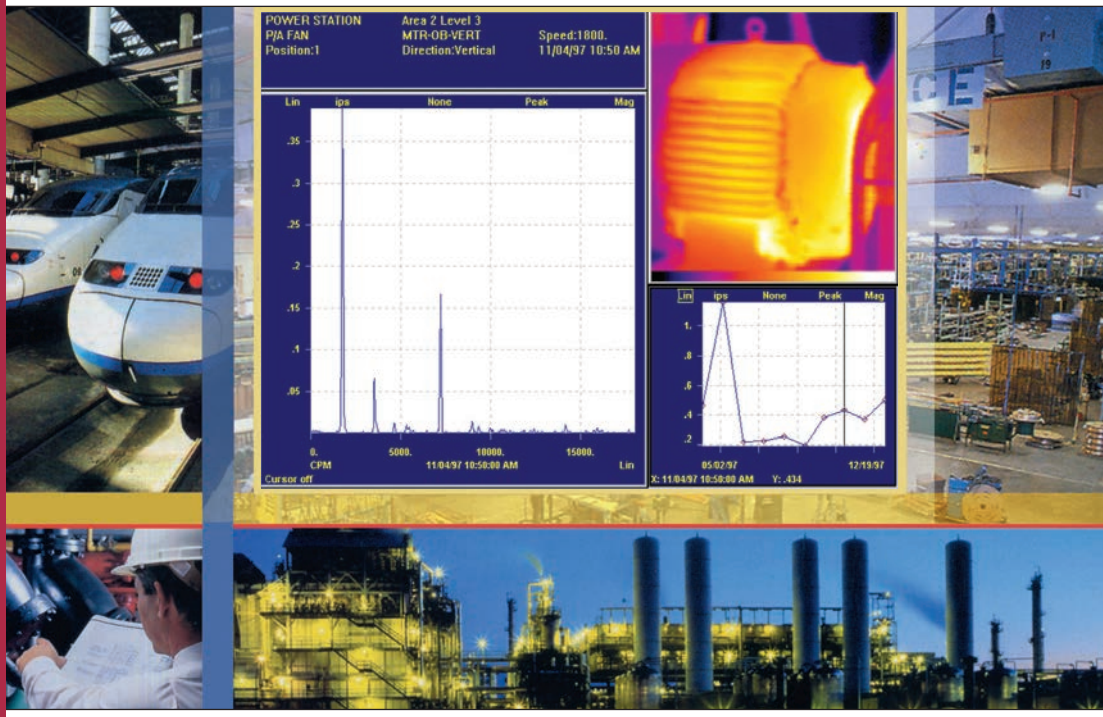
LUCIANO FURLANETTO
MARCO GARETTI - MARCO MACCHI

INGEGNERIA DELLA MANUTENZIONE

STRATEGIE E METODI



Serie di Gestione della manutenzione

FrancoAngeli

azienda moderna

la prima collana di management in Italia

Testi *advanced*, approfonditi e originali, sulle esperienze più innovative in tutte le aree della consulenza: manageriale, organizzativa, strategica, di marketing, di comunicazione, per la pubblica amministrazione, il non profit...

LUCIANO FURLANETTO
MARCO GARETTI - MARCO MACCHI

INGEGNERIA DELLA MANUTENZIONE

STRATEGIE E METODI

FrancoAngeli

Copyright © 2007 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Presentazione, di *Adolfo Arata* pag. 9

Presentazione, di *Horacio Bergero* » 13

Prefazione » 17

1. Introduzione all'Ingegneria della Manutenzione » 21
1. Premessa » 21
2. Definizione di Ingegneria di Manutenzione » 23
3. Ruolo dell'Ingegneria di Manutenzione » 24
4. Attività dell'Ingegneria di Manutenzione » 26
5. Bibliografia » 28

2. Diagnostica » 29
1. Introduzione » 29
2. Acquisizione di dati per il monitoraggio e la diagnostica di macchine e impianti » 30
   2.1. Catena di misura » 30
3. Principali tipi di trasduttori per il rilevamento dei segnali » 32
   3.1. Misure di temperatura » 33
   3.2. Misure di pressione » 37
   3.3. Misure di forza » 38
   3.4. Misure di accelerazione » 38
   3.5. Misure di velocità » 39
   3.6. Misure di portata » 40
   3.7. Misure di distanza » 42
   3.8. Altri tipi di trasduttori » 42
4. Tecniche industriali di diagnostica manutentiva » 45
   4.1. Correnti indotte » 45
   4.2. Emissione acustica » 48
   4.3. Liquidi penetranti » 50
   4.4. Magnetoscopia » 52

4.5. Metodi ottici pag. 54
4.6. Radiografia » 57
4.7. Rilevazione di fughe di fluidi » 59
4.8. Termografia » 62
4.9. Ultrasuoni » 65
4.10. Analisi delle vibrazioni » 68
4.11. Analisi degli oli » 72
5. Sistemi diagnostici avanzati » 74
6. Prognostica » 75
7. Bibliografia » 76

3. Progetto delle politiche di manutenzione » 77
1. Introduzione » 77
2. Criteri generali di progettazione delle politiche di manutenzione » 78
2.1. Valutazioni affidabilistiche » 78
2.2. Valutazioni economiche » 79
2.3. Valutazioni tecniche » 80
2.4. Guida alla scelta della politica di manutenzione » 80
3. Progettazione di dettaglio delle politiche di manutenzione » 81
3.1. Politica di manutenzione preventiva ciclica » 81
3.2. Politica di manutenzione su condizione » 97
4. Altre politiche di manutenzione » 101
5. Bibliografia » 102

4. Failure Modes and Effect Analysis (FMECA) » 103
1. Introduzione » 103
2. Terminologia » 104
3. Metodologia » 106
3.1. Fasi della metodologia FMECA » 106
3.2. Selezione delle entità critiche » 110
3.3. Individuazione dei modi, dei meccanismi e delle cause di guasto » 113
3.4. Individuazione degli effetti di guasto » 117
3.5. Individuazione dei sintomi di guasto e dei metodi di rilevazione » 118
3.6. Analisi delle criticità » 120
3.7. Individuazione delle azioni correttive e pianificazione della manutenzione » 134
4. Modulistica » 138
4.1. FMECA MIL-STD1629(A) » 138
4.2. FMECA SAE J1739 » 140
4.3. MAGEC » 141

5. Organizzazione di un'analisi FMECA pag. 142
6. Bibliografia » 144

5. Affidabilità dei sistemi » 145
1. Introduzione » 145
2. Modellazione RBD (Reliability Block Diagram) » 146
2.1. Sistema serie » 146
2.2. Sistema parallelo (con ridondanza totale) » 149
2.3. Sistema parallelo (con ridondanza parziale) » 152
2.4. Sistema parallelo con stand-by » 153
2.5. Sistema con struttura a bridge (ponte) » 154
2.6. Sistema complesso » 156
3. Calcolo dell'affidabilità di sistema » 158
3.1. Affidabilità di un sistema serie » 158
3.2. Affidabilità di un sistema parallelo (con ridondanza totale) » 160
3.3. Affidabilità di un sistema parallelo (con ridondanza parziale) » 161
3.4. Affidabilità di un sistema parallelo con stand-by » 164
3.5. Affidabilità di un sistema con struttura a bridge (ponte) » 166
3.6. Affidabilità di un sistema complesso » 168
4. Bibliografia » 171

6. Metodi quantitativi per l'analisi affidabilistica, di *Mario Tucci* » 172
1. Introduzione » 172
2. Fault tree analysis » 173
3. Event tree analysis » 176
4. Metodo Monte Carlo » 178
5. Simulazione ad eventi discreti » 180
6. Tecniche di Soft Computing » 182
6.1. Algoritmi Genetici » 182
6.2. Fuzzy Sets » 183
6.3. Reti Neurali » 184
7. Sistemi Esperti » 187
8. Reti Bayesiane » 188
9. Bibliografia » 192
10. Sitografia » 195

7. Total Productive Maintenance (TPM), in collaborazione con *Carlo Baroncelli* » 196
1. Origine delle tecniche produttive giapponesi e del TPM » 196
2. Il Lean Flow come filosofia globale di gestione » 198

3. Il Lean Flow come insieme di tecniche gestionali pag. 198
3.1. Principi pratici del Lean Flow » 199
3.2. Strumenti del Lean Flow » 200
4. Basi del TPM » 207
4.1. Concetto di perdita » 207
4.2. Tipi di perdite » 208
4.3. Overall Equipment Effectiveness » 210
5. Obiettivi del TPM » 211
6. Applicazione del TPM nel processo manutentivo » 213
6.1. Pilastro della manutenzione pianificata » 213
6.2. Pilastro della gestione autonoma della manutenzione » 217
6.3. Metodi e tecniche del TPM » 218
7. Bibliografia » 223

8. Sistemi di Information e Communication Technology (ICT) a supporto della manutenzione » 225
1. Introduzione » 225
2. Sistemi informativi di manutenzione » 226
2.1. Requisiti funzionali del sistema informativo di manutenzione » 227
2.2. Architettura software del sistema informativo di manutenzione » 230
2.3. Soluzioni dedicate e soluzioni integrate » 230
2.4. Scelta e messa in servizio del sistema informativo di manutenzione » 238
3. Sistemi software per l'ingegneria di manutenzione » 242
3.1. Requisiti funzionali dei sistemi software per l'ingegneria di manutenzione » 243
3.2. Requisiti di integrazione dei sistemi software per l'ingegneria di manutenzione » 249
4. Nuove forme di manutenzione basate sull'ICT » 252
4.1. Sistemi integrati di manutenzione » 252
4.2. Innovazioni nella sensoristica » 254
4.3. Sistemi di E-maintenance » 256
5. Bibliografia » 258
6. Allegato 1 – Evoluzione storica del software di gestione della manutenzione » 260
7. Allegato 2 – Check-list per la valutazione della funzionalità del CMMS/EAM e della capacità del vendor » 262

Biografia autori » 265

Presentazione

di *Adolfo Arata*

Il processo di globalizzazione che sta avvenendo a livello mondiale richiede a tutte le imprese di mettere in campo adeguate iniziative per adeguare il proprio livello di competitività agli standard internazionali, operando in modo "intelligente" così da conservare anche specifiche caratteristiche di differenziazione che costituiscono elementi fondamentali per la permanenza nel mercato dell'azienda.

Va peraltro evidenziato che la competitività d'impresa si rafforza non solo tramite la "classica leva" della riduzione dei costi, ma anche attraverso altri interventi quali l'attenzione al cliente, il rispetto per l'ambiente e per le persone, perseguendo un approccio organizzativo che favorisca, attraverso l'innovazione, il mantenimento della competitività per il futuro. In uno scenario di questo tipo, un'adeguata gestione e manutenzione degli asset fisici aziendali assume un'importanza sempre più significativa per i risultati d'impresa poiché è in relazione diretta con i fattori che ne influenzano la competitività. L'influenza dei costi propri di manutenzione sui costi di produzione può infatti raggiungere valori superiori al 30% nelle imprese con asset produttivi di alto valore, per non citare poi i costi indotti, che possono arrivare a duplicare i costi propri di manutenzione in sistemi di produzione critici, la cui inadeguata manutenzione può metterne a rischio la sicurezza di funzionamento. Inoltre le attuali condizioni di mercato "obbligano" alla flessibilità operativa dei sistemi produttivi e impongono l'adozione di logiche gestionali ispirate alla Lean Production, cioè modalità organizzative della produzione improntate all'assicurazione della qualità e alla manutenzione produttiva. L'affidabilità operativa tramite i suoi effetti sulle persone, i processi e gli asset è quindi divenuta una delle modalità d'elezione per gestire le imprese World Class.

Tuttavia, anche se un'adeguata gestione della manutenzione, specialmente nelle attività industriali "asset intensive", offre buone possibilità per il miglioramento della competitività d'impresa, non sempre vi è al-

l'interno delle stesse imprese coscienza di questa opportunità. Ciò avviene principalmente a causa di una cultura organizzativa che considera la manutenzione più come un centro di costo, che come un'alternativa per migliorare i risultati aziendali. Questa cultura, assai diffusa in ambito industriale a livello mondiale, è il risultato tanto dell'insensibilità di molti manager a vedere nella gestione della manutenzione una possibile fonte di opportunità per il business, quanto nell'incapacità di molti manutentori di superare il modo "tradizionale di fare manutenzione". Molti di essi rimangono infatti focalizzati su un approccio tradizionale alla manutenzione, intesa sostanzialmente come riparazione, senza riuscire a farla evolvere verso un tipo più complesso d'attività, capace di dare valore al business tramite azioni quali la prevenzione e il miglioramento continuo, in una prospettiva sistemica e rivolta a tutto il cilco di vita delle attrezzature e degli impianti.

Questa nuova modalità di gestione permette non solo di eseguire più efficientemente la manutenzione ma anche di trasformarla in un processo efficace, capace cioè di contribuire all'obiettivo finale del successo aziendale. Per attuare questo tipo di cambiamento si deve superare il tradizionale approccio alla manutenzione, vista come azione limitata, a livello operativo e con una prospettiva di breve termine, per farle invece assumere un ruolo tattico-strategico, con una visione ampia e di medio-lungo termine. Questo nuovo modo di concepire e fare la manutenzione punta a trasformarla dá una unitá di costo a una capace di produrre risultati e opportunità. Questo passaggio richiede però lo sviluppo di una nuova cultura organizzativa in cui prevalgano valori quali l'integrazione, la prevenzione, il miglioramento continuo, la conoscenza, la tecnologia e l'innovazione.

Per rispodere a queste nuove sfide è necessario intervenire sul piano dell'organizzazione favorendo il *core business*, la gestione per processi e la gestione partecipata (secondo i dettami della Lean Organization) al di sopra delle strutture funzionali e gerarchiche. Così come è necessario intervenire sul piano della gestione della manutenzione degli asset, sviluppando una visione ampia su tutto il ciclo di vita degli asset produttivi (Ingegneria di Manutenzione). Fondamentale è inoltre il supporto delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), per il tramite dei sistemi Condition Based Maintenance (CBM), dei sistemi informativi di manuntenzione (CMMS) e dei Data Base. L'impiego di queste tecnologie può infatti assicurare l'acquisizione e la memorizzazione dei dati di intervento e di ispezione e la loro elaborazione con algoritmi e modelli capaci di trasformarli in informazione e conoscenza utile per il continuo miglioramento dei piani di manutenzione produttiva.

Il tema dell'*Ingegneria della Manutenzione*, che questo libro affronta, assume un ruolo sempre più rilevante nel processo di cambiamento del modo di fare e vedere la manutenzione da parte dei manutentori e dei manager d'impresa. A partire dalle informazioni sul comportamento degli asset produttivi e tramite l'impegno del fattore umano e l'analisi quantitativa, l'*Ingegneria della Manutenzione* deve progettare, controllare e migliorare la manutenzione, abbracciando sia la fase di progettazione di nuovi impianti, che la fase di esercizio degli stessi.

È l'*Ingegneria della Manutenzione* la metodica che dà valore alla manutenzione, tramite la sua capacità di modellizzare le variabili connesse con la sicurezza di funzionamento delle attrezzature (disponibilità, affidabilità, manutenibilità e utilizzabilità) e con i costi globali (costi propri e indotti) così da riuscire a identificare le criticità come combinazione della frequenza degli eventi e del loro impatto. In definitiva, l'*Ingegneria della Manutenzione* consente il miglioramento continuo dei piani di manutenzione su una base qualitativa e quantitativa, migliorando i risultati economici aziendali.

Oggi la maggior parte delle grandi imprese a livello mondiale sta cambiando il modo di intendere la manutenzione, superando quella visione parziale e di breve periodo che la considera solo come un costo, per individuarla invece come un'importante opportunità per migliorare la competitività aziendale. Per tale ragione oggi la creazione di un'unità di *Ingegneria di Manutenzione* e il suo sviluppo organizzativo, sta divenendo una cosa normale nelle imprese più avanzate.

Senza dubbio resta ancora molta strada da fare e spesso capita di vedere in talune imprese che l'*Ingegneria di Manutenzione* viene interpretata, messa in pratica e sviluppata in modo non del tutto corretto. Ciò avviene sostanzialmente per il fatto che le competenze dei manutentori sono state tradizionalmente orientate al "fare manutenzione", più che ad evitare di farla, tramite una logica in cui prevalga l'attenzione alla prevenzione e al miglioramento genetico degli impianti e dei sistemi.

Per superare questa situazione, così che l'*Ingegneria della Manutenzione* possa apportare i contributi aspettati, è fondamentale che i professionisti della manutenzione acquisiscano le capacità necessarie per lo sviluppo di questa rilevante attività d'impresa, tramite programmi di formazione focalizzati, capaci di superare il gap esistente in molte organizzazioni fra competenze richieste e competenze disponibili.

A tal riguardo questo secondo libro della serie di Gestione della Manutenzione, che è dedicato all'*Ingegneria della Manutenzione*, è un'importante contributo per lo sviluppo e la messa in pratica di questa disciplina nelle imprese. Esso infatti può essere fonte di consultazione tanto per i professio-

nisti che praticano l'attività della manutenzione (siano essi manutentori o consulenti), come per gli studenti di Ingegneria interessati al tema della gestione della manutenzione.

Percorrendo i capitoli che compongono questo libro è possibile rendersi conto del suo valore tanto sul piano teorico, come su quello applicativo, come riflesso e risultato delle competenze e della specializzazione che gli autori hanno acquisito attraverso numerose e diversificate esperienze, come consulenti presso importanti imprese, e come professori e ricercatori di qualificate università.

In alcune di queste esperienze, sia nell'ambito consulenziale sia accademico, ho avuto modo di partecipare con gli autori di questo libro in diversi paesi, avendo occasione di osservare che il mondo della manutenzione non ha frontiere per quanto riguarda le nuove sfide che si debbono affrontare e le opportunità che si possono cogliere, obiettivi che saranno più facili da raggiungere nella misura in cui professori, ricercatori, consulenti e professionisti dell'area della Gestione della Manutenzione, potranno integrarsi in una rete che permetta un'efficace scambio delle conoscenze, che non solo sia capace di superare le frontiere delle nazioni, ma che anzitutto riesca a collegare efficamente il mondo universitario con l'impresa e l'area della manutenzione con la produzione e l'impiantistica.

Adolfo Arata Andreani
Professore Ordinario, Universitá Federico Santa Maria (USM)
Consulente, Centro de Desarrollo de Gestión Empresarial (CGE-SA)

Presentazione

di *Horacio Bergero*

Negli ultimi anni la globalizzazione ha cambiato le regole del gioco non solo in molti aspetti della vita quotidiana, ma anche, profondamente, nella gestione degli impianti industriali. La gestione di un impianto, processo che inizia con l'attività di progettazione e termina alla fine della sua vita utile, è certamente mutata. Come risultato della concentrazione dei fornitori nel nuovo scenario globale di business, la realizzazione di un impianto ad elevato contenuto tecnologico è oggi attuata a partire da un esiguo numero di alternative e pertanto essa dipende dipende principalmente dalla disponibilità delle ingenti risorse finanziarie necessarie. La capacità di progettazione non è quindi più un fattore di differenziazione strategico.

Rimane invece fondamentale l'efficienza di esercizio, nel cui ambito in particolare si distingue la capacità di gestione del patrimonio impiantistico, nell'ottica di una sua conservazione e, nel contempo, di un suo utilizzo ottimale per la massimizzazione dei profitti generati lungo la vita utile dell'impianto. Nelle imprese che fanno uso intensivo di impianti importanti, due aree sono basilari per ottimizzare la gestione del patrimonio degli asset: l'area della Tecnologia, che cerca di ottenere il massimo potenziale tecnico degli impianti (velocità operativa, riduzione degli scarti, consumo energetico, ecc.) e l'area della Manutenzione, il cui obiettivo è di massimizzare la vita utile degli impianti con il minimo costo globale possibile, nel rispetto delle normative ambientali e di sicurezza. In tal senso, la Manutenzione diventa un "investimento strategico" per la competitività dell'impresa, superando la visione, ancor oggi comune, della manutenzione come "spesa inevitabile".

Per rendere possibile questo cambiamento di prospettiva, è necessario superare anche una certa miopia manageriale che porta a svalutare il ruolo della manutenzione all'interno del contesto organizzativo e gestionale dell'impresa. La miopia deriva da due carenze che normalmente si riscontrano nelle imprese. Da un lato, il top management non conosce in maniera sufficiente gli aspetti tecnici e gestionali della manutenzione e la potenzialità

produttiva raggiungibile dagli impianti gestiti, a causa di una formazione industriale insufficiente. D'altronde, spesso si hanno gestori della manutenzione dotati di buona preparazione tecnica, ma carenti nelle capacità manageriali. La conseguenza che ne deriva in questo secondo caso è una scarsa comprensione del vero ruolo della propria funzione e l'incapacità di far percepire la manutenzione come un "investimento strategico" al top management. La manutenzione rimane perciò relegata al ruolo secondario di prestatore di un servizio specializzato. Queste difficoltà potranno essere superate solo con la formazione permanente del personale di manutenzione e la formazione industriale del top management.

Far assumere alla manutenzione il carattere di "investimento strategico" richiede però anche di introdurre una serie di elementi organizzativi e gestionali, quali, per esempio:

- il coinvolgimento della manutenzione sin dal progetto e dalla selezione dei nuovi impianti, per contribuire, sulla base dell'esperienza acquisita nel loro utilizzo, a migliorarne l'affidabilità e la manutenibilità;
- la selezione delle politiche di manutenzione, attraverso la definizione del giusto mix di manutenzione correttiva, preventiva, su condizione e migliorativa, con l'obiettivo di ottimizzare i costi/benefici nell'utilizzazione degli impianti;
- una cultura organizzativa fortemente orientata al miglioramento continuo delle prestazioni, raggiunto attraverso il sistematico ripensamento del progetto degli impianti, grazie alla conoscenza ed esperienza acquisita durante il loro utilizzo; a tal riguardo, è emblematica il concetto giapponese: "un impianto nuovo si trova nel suo peggior stato di prestazione";
- il coinvolgimento di tutte le altre funzioni dell'impresa nella conservazione del patrimonio impiantistico, in particolare con la partecipazione degli operatori di produzione, in accordo totale alla filosofia del TPM (Total Productive Maintenance);
- il riconoscimento dei ruoli del personale dell'area di manutenzione, perché le persone di maggior potenziale e che si identificano con i compiti di questa area non la debbano abbandonare per cercare la crescita professionale in altri ambiti dell'impresa;
- una struttura di manutenzione formata da manager sensibilizzati sull'importanza della gestione del patrimonio impiantistico;
- il cambiamento di visione della manutenzione, da "spesa" ad "investimento strategico", ottenuto assegnando le risorse nell'ottica di una pianificazione a lungo termine nella vita utile dell'impianto e non unicamente fissando un limite di budget annuale.

Durante la mia esperienza italiana come Direttore Industriale della TenarisDalmine, ho avuto l'opportunità di lavorare con gli autori di questo libro in diverse occasioni. Tra queste, si distinguono, innanzitutto, il progetto e l'avvio del Master Executive in Gestione della Manutenzione erogato congiuntamente dal MIP Politecnico di Milano e della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bergamo; in secondo luogo, la stesura del libro *La Manutenzione* in Tenaris (volume primo) che è oggi usato come base per la formazione dei nostri giovani ingegneri, all'interno del programma formativo di Tenaris University. Queste due iniziative, accanto ad altre specifiche di consulenza, hanno rappresentato per Tenaris un impulso importante nella ricerca permanente dell'eccellenza nella gestione industriale, elemento chiave per ottenere vantaggi competitivi nel difficile mercato siderurgico globale nel quale Tenaris opera.

Scorrendo le pagine di questo nuovo libro sulla *Ingegneria della Manutenzione* che è parte della serie Gestione della Manutenzione, ho potuto verificare non solo la rilevanza dei temi e la chiarezza didattica con cui sono trattati, ma anche la presenza di gran parte dell'ampia esperienza che gli autori hanno sviluppato lungo le loro carriere professionali. L'*Ingegneria della Manutenzione* è certamente un'area scarsamente rappresentata all'interno delle strutture organizzative delle nostre imprese. Ciò è un'ulteriore conferma della miopia che porta a disattendere il ruolo della manutenzione come "investimento strategico" all'interno del contesto organizzativo e gestionale dell'impresa. Il presente libro contiene tutti gli elementi necessari per contribuire alla crescita della *Ingegneria della Manutenzione*. Può, quindi, diventare un potente strumento di formazione dei manager industriali e, in particolare, degli studenti universitari che frequentano gli ultimi anni di specializzazione nell'ambito di corsi di Ingegneria, ossai di coloro che potranno essere i leader del cambiamento che stiamo propiziando, oggi, nel modo di gestire la manutenzione nelle nostre imprese del futuro.

Ing. Horacio Bergero
Ex Direttore Industriale in TenarisDalmine
Coordinatore Industriale e della Manutenzione in Tenaris

Prefazione

Questo secondo volume *Ingegneria della Manutenzione* va ad aggiungersi al primo volume *Principi generali di Gestione della Manutenzione* della serie di testi di "Gestione della manutenzione", creata per fornire al lettore una visione della manutenzione a "tutto tondo", in cui aspetti tecnici e ingegneristici sono integrati con aspetti gestionali ed economici. All'obiettivo del primo volume di presentazione del quadro e dei principi della Gestione della manutenzione, fa seguito, con questo secondo volume, un dettagliato approfondimento sulle principali metodologie di Ingegneria della Manutenzione.

L'opera nasce come ricaduta del lavoro da alcuni anni in corso da parte degli Autori sul fronte didattico, professionale e della ricerca per lo sviluppo di competenze di manutenzione in una sinergia tecnico-gestionale. In particolare, sul fronte didattico due iniziative hanno contribuito significativamente allo sviluppo dei contenuti di questo testo: la prima è l'istituzione, con il contributo determinante di AIMAN (Associazione Nazionale Italiana di Manutenzione), dell'insegnamento di *Gestione della manutenzione* al Politecnico di Milano, all'interno del corso di laurea magistrale in *Ingegneria Gestionale* e in *Ingegneria Meccanica*; la seconda è il *Master Executive in Gestione della manutenzione industriale*, attivato dal MIP Politecnico di Milano e dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bergamo, con il contributo di AIMAN e CNIM (Comitato Nazionale Italiano per la Manutenzione), oltre che col concreto supporto iniziale delle aziende Tenaris Dalmine e Italcementi. La motivazione di queste iniziative è stata da un lato l'osservazione del ruolo di crescente importanza giocato dalla manutenzione nell'attuale complessa società industriale e dei servizi, dall'altro la constatazione della finora scarsa attenzione dedicata ad una visione gestionale della manutenzione sia nella formazione universitaria[1], che in quella professionale.

[1] Si veda a tal riguardo, Garetti M., "Il ruolo dell'Università nella formazione in manutenzione", Atti del Convegno BiMAN 2004, Milano.

Questo stato delle cose ha finora trovato riscontro nella scarsa attrattività presso gli allievi di ingegneria dei temi della manutenzione, percepiti solo come tecnico-specialistici, ma anche nella carenza sul mercato di figure professionali adeguate per le attuali necessità delle imprese industriali e dei servizi. È infatti ancora radicato lo stereotipo del tecnico di manutenzione costretto ad operare in ambienti poco confortevoli e malsani, in una relazione privilegiata con il sistema tecnologico (sia esso una macchina, un impianto o un servizio complesso), ma assai povera con il resto dell'azienda e lontana dai percorsi di carriera più favorevoli.

Peraltro in campo industriale è molto sentita la necessità di "far evolvere" verso maggiori capacità gestionali e manageriali le figure dei tecnici di manutenzione, cui si chiede oggi molto più di una visione meramente tecnica della manutenzione, nella consapevolezza delle stringenti ricadute che una buona manutenzione ha sulla qualità, l'economicità, la sicurezza e l'immagine aziendale.

In effetti, il profilo professionale dell'ingegnere di manutenzione si è fortemente evoluto negli ultimi anni e forti sono le esigenze di nuovi supporti per la formazione universitaria e professionale per poter disporre di adeguati strumenti metodologici con cui affrontare l'accresciuta complessità dei sistemi tecnologici, le nuove esigenze di produttività, qualità e flessibilità presenti nelle aziende industriali, la più forte ricerca di sicurezza e di protezione ambientale negli impianti e nei servizi, la significatività dei costi propri e indotti collegati alla manutenzione. Sfide cui oggi le aziende sono chiamate a rispondere, nel contesto globale in cui devono operare: la manutenzione non va più solo intesa come mantenimento delle condizioni di funzionamento di un bene, ma anche come importante leva strategica per raccogliere le sfide del business. È noto presso le imprese il detto per cui "il primo impianto lo vendono i commerciali, ma le successive vendite sono merito del servizio assistenza!". Nell'attuale contesto è perciò centrale la formazione di competenze da *service engineer*, figura in cui si devono riunire competenze tecniche, know-how sui temi economico-gestionali, capacità relazionali e di marketing, sensibilità agli strumenti di diagnostica e ai sistemi di *Information Technology*.

Queste premesse sulle nuove esigenze di formazione espresse dal mondo della manutenzione possono essere il viatico per spiegare la struttura della serie di Gestione della manutenzione, nata con l'obiettivo di rispondere in modo organico a queste esigenze.

La serie infatti tratta il tema della manutenzione con un approccio contestualmente tecnico, gestionale ed economico, per tenere conto del fatto che