

Manutenzione - La manutenzione nella progettazione di un bene fisico

Maintenance - Maintenance within physical asset design

ORGANO COMPETENTE UNI/CT 025
Manutenzione

CO-AUTORE

SOMMARIO La norma specifica principi, criteri, metodologie, requisiti e indicatori relativi alla manutenzione, che è necessario considerare e includere nei processi di progettazione di un bene fisico al fine di mantenere, lungo tutto il ciclo di vita, le caratteristiche tecniche e funzionali. La presente norma è raccomandata a tutti i soggetti comunque coinvolti nelle fasi progettuali, realizzative e operative di qualsiasi bene fisico.

Questo testo NON è una norma UNI, ma è un progetto di norma sottoposto alla fase di inchiesta pubblica, da utilizzare solo ed esclusivamente per fini informativi e per la formulazione di commenti. Il processo di elaborazione delle norme UNI prevede che i progetti vengano sottoposti all'inchiesta pubblica per raccogliere i commenti degli operatori: la norma UNI definitiva potrebbe quindi presentare differenze -anche sostanziali- rispetto al documento messo in inchiesta.

Questo documento acquisisce valore dall'inizio dell'inchiesta pubblica, cioè il:
 Questo documento perde qualsiasi valore al termine dell'inchiesta pubblica, cioè il: 09-05-22

UNI non è responsabile delle conseguenze che possono derivare dall'uso improprio del testo dei progetti in inchiesta pubblica.

RELAZIONI NAZIONALI

= UNI 11454:2012

RELAZIONI INTERNAZIONALI

--

**PREMESSA**

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI
Manutenzione

codice progetto: UNI1605101

Introduzione

Nell'ambito della gestione dei beni fisici alla manutenzione si riconosce la funzione di mantenere ogni bene fisico in condizioni tali da poter fornire prestazioni in linea con quelle definite nel progetto e in modo da contribuire ad ottimizzare il costo totale per tutto il ciclo di vita.

La manutenzione dei beni fisici influenza direttamente ed indirettamente i risultati tecnico-economici di qualunque organizzazione, poiché opera a salvaguardia della sostenibilità del loro esercizio.

1 Scopo e campo di applicazione

La presente norma specifica principi, criteri, metodologie, requisiti e indicatori relativi alla manutenzione, che è necessario considerare e includere nei processi di progettazione di un bene fisico al fine di mantenere, lungo tutto il ciclo di vita, le caratteristiche tecniche e funzionali.

La presente norma è raccomandata a tutti i soggetti comunque coinvolti nelle fasi progettuali, realizzative e operative di qualsiasi bene fisico.

2 Riferimenti normativi

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 10147, *Manutenzione – Termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni*

UNI EN 13306, *Manutenzione - Terminologia di manutenzione*

UNI EN 15341, *Manutenzione - Indicatori di prestazione della manutenzione (KPI)*

UNI EN 15628, *Manutenzione – Qualifica del personale di manutenzione*

UNI EN 17485, *Manutenzione - Manutenzione nella gestione di beni fisici - Quadro per migliorare il valore di beni fisici durante il loro intero ciclo di vita*

UNI ISO 55001, *Gestione dei beni (asset management) - Sistemi di gestione – Requisiti*

IEC 60300-3-14, *Dependability management - Part 3-14: Application guide - Maintenance and maintenance support*

3 Termini e definizioni

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni di cui alle UNI 10147, UNI EN 13306, UNI EN 15628, ISO 55001 e IEC 60300-3-14, e i termini e le definizioni seguenti.

3.1

integrità del bene (Asset integrity)

capacità del bene fisico di mantenere le sue caratteristiche tecnico funzionali e prestazionali in termini di efficacia ed efficienza lungo l'intero ciclo di vita del bene fisico stesso, salvaguardando le persone, l'ambiente e la continuità delle attività.

3.2

integrità di progetto (Design integrity)

requisiti progettuali di un bene fisico che ne garantiscono l'integrità in termini di affidabilità ed efficienza tecnico-funzionale.

3.3

integrità tecnica (Technical integrity)

caratteristica che garantisce che un bene fisico sia costruito in conformità con i criteri di progettazione.

3.4

integrità operativa (Operative integrity)

caratteristica di un bene fisico che garantisce la gestione secondo le specifiche del progetto con l'obiettivo di raggiungere l'eccellenza operativa salvaguardando le persone, l'ambiente e la reputazione aziendale.

3.5

manuale di istruzioni (MIUM)

documento fornito dal fabbricante di un bene fisico all'utilizzatore che contiene istruzioni per l'uso corretto, gli avvertimenti sui rischi residui, del bene durante tutte le fasi del suo ciclo di vita.

4 Simboli e abbreviazioni

Ai fini della presente norma si applicano le abbreviazioni riportate nel seguente prospetto 1.

Prospetto 1 - Abbreviazioni utilizzate nella presente norma

Abbreviazione	Significato	Descrizione
FAT	Factory Acceptance Test	Collaudo presso il Fabbricante
FMEA	Failure Mode Effect Analysis	Analisi dei modi di guasto e dei relativi effetti
FMECA	Failure Mode Effect and Critically Analysis	Analisi dei modi di guasto, degli effetti e degli elementi critici
FTA	Fault Tree Analysis	Analisi dei modi di guasto, degli effetti e degli elementi critici
IoT	Internet of Things	Internet degli oggetti
KPI	Key Performance Indicator	Indicatori di prestazione della manutenzione
MIUM (MUM)	Manuale di Istruzioni all'Uso ed alla Manutenzione	Parte integrante della documentazione tecnica del bene fisico, che contenente istruzioni per l'uso destinate all'utilizzatore
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	Agenzia Europea per la sicurezza e la salute sul lavoro
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety	Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità, Sicurezza
RBI	Risk Based Inspection	Ispezione basata sul rischio

RCM	Reliability Centered Maintenance	Manutenzione focalizzata sulla affidabilità
RES	Requisiti Essenziali di Sicurezza	Requisiti minimi di sicurezza e di tutela della salute che le direttive comunitarie di prodotto stabiliscono come necessari affinché un bene possa essere immesso sul mercato e/o messo in servizio sul territorio degli stati membri della Comunità europea
SAT	Site Acceptance Test	Collaudo presso l'utilizzatore

5 Progettazione e ciclo di vita di un bene fisico

5.1 Generalità

Al fine di stabilire la fattibilità e progettare un bene fisico in modo tale da ottimizzarne il ciclo di vita, il progettista, oltre a rispettare le tecniche ingegneristiche afferenti le fattispecie del sistema e delle sue parti componenti (meccanica, elettrotecnica, elettronica, informatica, mecatronica, edile,

chimica, etc.), deve tener conto della loro integrazione, dei criteri e delle metodologie tecnico-economiche peculiari della "ingegneria della manutenzione", rispettando sempre i vincoli relativi alla sicurezza, alla riduzione dell'impatto ambientale (emissioni e consumi) e alla funzionalità attesa.

5.2 Ingegneria di manutenzione nella progettazione del ciclo di vita di un bene fisico

L'Ingegneria di Manutenzione è una disciplina in cui devono essere applicate competenze, metodi, tecniche e strumenti per sviluppare e supportare la manutenzione al fine di assicurare che un bene sia in grado di prestare le funzioni attese in maniera sostenibile lungo il suo ciclo di vita.

Nella progettazione, l'ingegneria di manutenzione deve contribuire a conseguire l'integrità del bene fisico durante il suo ciclo di vita e, in particolare a:

- a) individuare e definire le criticità dell'insieme e dei suoi componenti per l'allungamento della vita utile in una logica di circolarità;
- b) individuare e valutare i rischi di infortunio e di guasto;
- c) determinare le conseguenze dei guasti sotto i profili della sicurezza, dell'impatto ambientale, dei costi, della disponibilità del bene fisico;
- d) verificare che le soluzioni individuate per garantire sicurezza, rispetto per l'ambiente e disponibilità siano coerenti con le funzionalità attese;
- e) predisporre i manuali e i piani di manutenzione;
- f) operare una valutazione economica dei costi di manutenzione lungo il ciclo di vita del bene nel rispetto del target di costo;

Gli indicatori prestazionali (KPI) dell'attività "ingegneria di manutenzione" sono descritti nell'Appendice A.

Il ciclo di vita di un bene fisico è rappresentato nella Prospetto 2, ove sono riportati gli ambiti, le macrofasi, le fasi, i percorsi reiterativi e le azioni migliorative che consentono, grazie alla "ingegneria di manutenzione", l'adattamento ed il miglioramento continuo del bene fisico durante il suo servizio.

I dati strategicamente significativi (requisiti indicati nel piano strategico) devono essere misurati e rapportati con gli obiettivi. Sui risultati dell'analisi, può essere redatto il piano delle attività operative.

Tali attività devono, quindi, essere programmate e comunicate. La verifica dell'efficacia operativa chiude il ciclo di controllo.

Indicazioni utili per il monitoraggio delle prestazioni dei beni fisici durante tutto il ciclo di vita sono riportate nella UNI EN 17485, alla quale si rimanda.

Lo sforzo necessario per apportare eventuali migliorie alla configurazione del bene fisico è minore nelle prime fasi; può, invece, essere rilevante nelle fasi di costruzione o messa in opera o, ancor di più, in esercizio, fasi in cui le modifiche non possono che essere di modesta entità, limitate, cioè, ad "aggiustamenti".

I principi e le procedure peculiari della disciplina "Ingegneria della Manutenzione" devono, pertanto, essere applicate già nello studio di fattibilità, allo scopo di individuare ed adottare soluzioni in grado di conferire al bene sicurezza, ridotto impatto ambientale, elevata manutenibilità, continuità prestazionale, maggior durata della vita utile.

Secondo il principio del miglioramento continuo, raccomandazioni, criteri e metodologie dell'Ingegneria di Manutenzione devono essere applicate o considerate durante tutto il ciclo di vita del bene fisico.

Prospetto 2 – Ciclo di vita di un bene fisico: Macrofasi

INTEGRITA'										
FASE PROGETTUALE							FASE REALIZZATIVA		FASE OPERATIVA	
RICERCA & SVILUPPO - PROGETTAZIONE							FABBRICAZIONE - INSTALLAZIONE		ESERCIZIO - MANUTENZIONE	DISMISSIONE
RICERCA DI MERCATO	INDIVIDUAZIONE QUADRO NORMATIVO	DEFINIZIONE DEI REQUISITI DI PROGETTO	PRE-FATTIBILITA'	FATTIBILITA'	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO ESECUTIVO	COSTRUZIONE	AVVIAMENTO	PIANIFICAZIONE - ESERCIZIO - GESTIONE	RECUPERO - ROTTAMAZIONE
Coerenza con le strategie di impresa della fattispecie	Determinazione dei limiti di impatto sociale e ambientale	Identificazione e dei requisiti di progetto e dei criteri di verifica	Verifica coerenza con strategie di impresa della fattispecie	<ul style="list-style-type: none"> - Scelta della migliore tecnologia - Valutazione e investimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Progettazione di base - Progettazione di dettaglio 	<ul style="list-style-type: none"> - Verifica di integrazione - Industrializzazione 	<ul style="list-style-type: none"> - Approvvigionamenti - Costruzione componenti - Assemblaggi e allacciamenti interni - Implementazione SW e tarature - Precolloquio (FAT) 	<ul style="list-style-type: none"> - Installazione - Allacciamenti esterni - Collaudo funzionale (SAT) - Test run - Messa in servizio 	<ul style="list-style-type: none"> - Istruzione utilizzatore - Conduzione - Monitoraggio prestazioni - Ispezioni periodiche - Ritarature - Modificazioni per adeguamenti produttivo, tecnologico e normativo - Pulizia e manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> - Rimozione degli allacciamenti e smontaggio - Allontanamento dei componenti e dei materiali dall'area impegnata - Selezione dei componenti e materiali da recuperare, pulizia e loro messa a ricovero - Consegna dei rottami a operatori autorizzati al trasporto in idonee discariche
VALUTAZIONE – SELEZIONE PROGETTO					PROGETTAZIONE INTEGRATA		VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE STRUTTURALI	VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE FUNZIONALI	VERIFICA DISPONIBILITA' DI SERVIZIO E IMPATTO AMBIENTALE	VERIFICA IMPATTO AMBIENTALE DELLO SMANTELLAMENTO

Le prime fasi del ciclo di vita costituiscono RICERCA & SVILUPPO e PROGETTAZIONE, dalla pre-fattibilità all'ingegnerizzazione, a cui corrisponde il concetto di INTEGRITA' PROGETTUALE (DI); hanno come obiettivo l'individuazione e la scelta della soluzione "migliore" che riscontri in modo efficiente un'esigenza di mercato. Nelle successive fasi, a cui vanno applicati i concetti di INTEGRITA' FISICA (TI) E OPERATIVA (OI), ci si riferisce a costruzione ed esercizio del bene fisico sino alla sua dismissione; in particolare, i parametri funzionali dovranno essere monitorati; dovranno, altresì, essere controllate le effettive prestazioni rilevandone ed analizzandone i dati, così da fornire informazioni necessarie al miglioramento continuo dell'asset, dell'insieme di cui è parte, della funzione che svolge o del processo al cui svolgimento partecipa.

6 La manutenzione nel processo di progettazione

6.1 Generalità

Nel processo di progettazione di un bene fisico, l'Ingegneria di Manutenzione deve:

- a) coadiuvare il committente nella definizione dei requisiti RAMS del bene fisico;
- b) dettare criteri e metodologie per la corretta individuazione e valutazione delle soluzioni progettuali alternative nella ricerca dell'efficienza gestionale del bene;
- c) valutare il livello di soddisfacimento dei requisiti RAMS delle soluzioni proposte;
- d) impostare le strategie di manutenzione, e svilupparne il piano (attività di manutenzione da compiere e relative frequenze);

anche reiteratamente, cioè in accordo ai dati raccolti, alle informazioni elaborate e alla base di conoscenza sviluppata mediante monitoraggio, registrazione e interpretazione degli eventi di malfunzionamento e della messa in atto e valutazione dell'impatto degli interventi risolutivi, relativamente ai beni di analoga natura e uso.

Nel prospetto 3, si riportano, a titolo indicativo, per ogni fase di sviluppo del progetto i contributi che l'ingegneria di manutenzione può dare, indicando le relative attività.

Prospetto 3 - Contributi dell'ingegneria di manutenzione nelle fasi di sviluppo del progetto

Studi di fattibilità	Progetto	Conformità validazione	e Industrializzazione (realizzazione)
OSHA Occupational Safety and Health Administration – Ente per la sicurezza e la salute sul lavoro RCM Reliability Centered Maintenance – Manutenzione focalizzata sull'affidabilità	Risk Benefit Analysis Analisi Costi, Rischi, Benefici FMEA/FMECA Failure Mode Effect and Critically Analysis – Analisi dei modi di guasto, degli effetti e delle criticità	Integrazione FTA/FMEA/FMECA CRBA LCC(Life Cycle Cost Analysis) Analisi del costo di ciclo di vita di un bene fisico PDRAMS Piano Dimostrazione RAMS	Verifica dei requisiti RAMS
-	KPI	Analisi KPI	Validazione dei KPI

	Key Performance Indicator Indicatori di prestazione della manutenzione		
FTA Fault Tree Analysis – Analisi albero dei guasti FMEA Failure Mode Effect Analysis – Analisi dei modi di guasto e dei relative effetti	RAMS	Analisi di RBI Reliability Based On Inspection – Affidabilità basata sull'ispezione	Validazione requisiti RAMS
RAMS Reliability, Availability, Maintainability, Safety – Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità, Sicurezza	Piano di manutenzione	Piano operativo di lavoro Piano operativo di ispezioni Carico di lavoro di manutenzione	MIUM Manuali di istruzioni all'uso ed alla manutenzione
-	Parti di ricambio	Definizione degli strumenti di monitoraggio e diagnosi	MIUM
		Elenchi ricambi strategici e generici	MIUM

6.2 Requisiti manutentivi

Alla base dello studio di fattibilità di un bene fisico devono essere poste informazioni, requisiti e disposizioni concernenti la manutenzione dei suoi componenti previsti, in relazione alla sua configurazione preliminarmente individuata e ai suoi modi d'uso nei contesti determinati. In tale documentazione, vi devono essere tutte le informazioni utili:

- a) alla scelta delle migliori soluzioni funzionali, dimensionali, di design, di sicurezza e di igiene, energetiche e di riduzione dell'impatto ambientale;
- b) allo sviluppo di piani e strategie per contrastare i degradi e i guasti.

Al fine di mantenere nel tempo l'integrità del bene fisico, nelle fasi progettuali di fattibilità e ingegnerizzazione devono essere considerate tutte le implicazioni che le fasi successive del ciclo di vita, esercizio e dismissione, comportano:

- a) sicurezza ed igiene;
- b) consumi ed emissioni ambientali;
- c) costi di gestione diretti ed indiretti;
- d) limiti strutturali non modificabili del sito di utilizzo (aree, volumi, ingombri, etc.);

e) disponibilità di risorse fisiche ed intellettuali (anche esternalizzate).

Per tutti questi aspetti, l'Ingegneria di Manutenzione deve contribuire alle analisi di affidabilità, manutenibilità, disponibilità e sicurezza.

In particolare in termini di manutenibilità è importante che l'ingegneria di manutenzione trasferisca nelle fasi di progettazione le conoscenze necessarie a migliorare gli aspetti di ispezionabilità, smontaggio dei componenti, al fine del prolungamento della vita utile e del mantenimento del valore economico degli asset e riduzione dell'impatto ambientale (vedere Appendice B).

Inoltre deve identificare cause e valutare l'incidenza dei guasti plausibili effettivamente verificatisi e dei loro effetti, prevedendoli sulla base di dati dell'esercizio "storico" di beni simili.

6.2.1 Gestione del rischio

La "gestione dei rischi" è l'intero processo di identificazione, analisi e valutazione dei rischi di infortunio e dei rischi di guasto che abbiano impatto ambientale e sul sistema aziendale.

La valutazione dei rischi deve essere condotta in modo sistematico, iterativo e collaborativo, attingendo alle conoscenze di tutti coloro che sono coinvolti.

6.2.1.1 Identificazione del rischio

L'identificazione del rischio è il processo attraverso il quale i rischi sono rilevati, riconosciuti e registrati. Il processo di identificazione comprende l'individuazione delle cause e dell'origine dei rischi (pericoli di danni fisici), eventi, circostanze di impatto.

6.2.1.2 Analisi del rischio

L'analisi dei rischi ha lo scopo di rendere comprensibile la natura del rischio di infortunio e/o di danno (guasto), le sue caratteristiche ed il suo impatto. L'analisi dei rischi comporta una disamina delle incertezze, delle fonti di rischio (pericoli), della probabilità di accadimento di un evento, delle conseguenze, degli scenari, della individuazione e scelta dei presidi efficaci.

Si consideri che un guasto può avere molteplici cause e conseguenze dirette ed indirette.

6.2.1.3 Valutazione del rischio

La valutazione del rischio ha lo scopo di sostenere le decisioni. Consiste nel confrontare i risultati dell'analisi dei rischi con i criteri stabiliti al fine di individuare dove sono necessari interventi migliorativi. Le decisioni che, in base agli esiti della valutazione, possono essere prese sono:

- a) non operare adeguamenti di sorta mantenendo presidi esistenti;
- b) individuare opzioni di riduzione del rischio;
- c) approfondire le indagini per caratterizzare compiutamente il rischio;
- d) riconsiderare gli obiettivi di produzione e di sicurezza;
- e) stabilire gli interventi migliorativi e le loro priorità;
- f) programmare e pianificare gli interventi.

È necessario definire preliminarmente i criteri per valutare la tollerabilità del rischio e fondare le scelte operative, tattiche e strategiche.

Tali criteri dovrebbero essere coerenti con il quadro di gestione del rischio e adattati allo scopo e all'ambito specifici dell'attività. I criteri devono riflettere i valori, le politiche, gli obiettivi e le risorse dell'organizzazione

6.2.1.4 Verifica della conformità ai Requisiti Essenziali di Sicurezza (RES)

L'individuazione del quadro normativo di riferimento (legislazione nazionale, direttive comunitarie e norme tecniche) per il bene fisico e per il contesto tecnologico in cui l'asset va inserito, consente di disporre dei Requisiti Essenziali di Sicurezza (RES), a cui ci si deve attenere per poter immettere sul mercato comunitario qualsiasi prodotto.

6.2.1.5 Utilizzo di database dei requisiti RAMS

Nell'ambito degli studi preliminari e delle modifiche migliorative post-progettazione e post-avviamento è utile valutare i requisiti RAMS nelle valutazioni delle prestazioni in esercizio del bene fisico anche utilizzando i database internazionali disponibili (es. OSHA, ecc.).

7 Fasi di progettazione di un bene fisico

7.1 Generalità

È in questa fase che si concretizza, anche per la manutenzione, il concetto di progettazione di qualsiasi bene fisico.

La progettazione deve consentire la costruzione, l'esercizio e la manutenzione e la dismissione del bene fisico come "intrinsecamente sicuro", tale cioè che in tutte le fasi del ciclo di vita possa essere considerato in linea con le disposizioni tecniche cogenti, attinenti alla salute, sicurezza e impatto ambientale.

Tutti i rischi devono essere valutati e minimizzati. I parametri indicatori devono essere quantificati e validati mediante sperimentazioni su sistemi tecnici uguali o equipollenti.

Qualora si dovesse procedere ad una modifica del progetto, deve essere condotta la nuova analisi/valutazione del rischio del bene così come modificato.

In buona sintesi, in questa fase deve trovare attuazione il concetto di integrazione del progetto.

In particolare nell'elaborare il progetto si devono considerare i requisiti tecnici, quali ad esempio i requisiti RAMS, che definiscono le politiche di manutenzione e i relativi piani sviluppati sulla base dell'analisi FMEA.

7.2 Studio di fattibilità

Lo studio di fattibilità afferisce alla valutazione e selezione del progetto di un bene fisico al fine di valutare la realizzabilità del progetto.

Il contributo dell'Ingegneria di Manutenzione durante lo studio di fattibilità riguarda la verifica e il miglioramento eventuale della soluzione tecnica scelta e/o alternative in relazione ai requisiti RAMS. Inoltre:

- a) le possibilità di minimizzare le esigenze di manutenzione;
- b) le possibilità di estendere la vita utile;
- c) necessità di rivedere il progetto se le soluzioni tecniche scelte non soddisfano le specificate prestazioni, anche in termini di sostenibilità ambientale, salute e sicurezza durante la fase operativa;
- d) le politiche manutentive e LCC (Lyfe Cycle Cost), costo di ciclo di vita di un bene fisico.

7.3 Progetto definitivo

Nell'ambito del progetto definitivo, che ricomprende le attività di progettazione di base e di dettaglio, l'ingegneria di manutenzione deve contribuire nella individuazione delle miglior scelte relativamente a:

- a) distribuzione planimetrica e configurazione tridimensionale;
- b) configurazioni di ridondanza e by-pass (paralleli, backup, unità di riserva);
- c) dimensionamento e caratteristiche dell'insieme e dei componenti;
- d) definizione e scelta dei presidi di sicurezza (protezioni meccaniche, allarmi, interblocchi, DPC, ecc.);
- e) caratteristiche e localizzazione dei sensori e degli strumenti di diagnosi;
- f) definizione dell'architettura del sistema di controllo HW, e del suo SW (monitoraggio e gestione).
- g) tecnologie digitali da applicare per ottimizzare la gestione del bene fisico durante l'attività manutentiva.
- h) documentazione tecnica di competenza (ad es. schemi di accesso e smontaggio, ispezionabilità, ecc.).

7.4 Progetto esecutivo

Nella fase di progettazione esecutiva viene compiuta la vera e propria “ingegnerizzazione” ai fini dell'ottimizzazione dei processi, cioè devono essere stabilite le caratteristiche del bene che consentano la sua produzione. In particolare il progetto esecutivo deve definire in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo e deve altresì essere corredato da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita.

Nell'ambito del progetto esecutivo l'ingegneria di manutenzione provvede a:

- a) individuare, elaborare e validare le procedure di manutenzione;
- b) verificare e confermare gli indicatori di prestazione di manutenzione KPI (ad es. requisiti RAMS);
- c) verificare la documentazione tecnica di competenza (ad es. schemi di accesso e smontaggio, ispezionabilità, ecc.);
- d) individuare e verificare politiche e piani di manutenzione;
- e) definire la lista delle parti di ricambio (strategiche, specifiche, generiche);
- f) specificare le caratteristiche e localizzazione dei sensori e degli strumenti di diagnosi;
- g) specificare le tecnologie digitali da applicare per ottimizzare la gestione del bene fisico durante l'attività manutentiva.
- h) Definire materiali, prodotti e mezzi d'opera per le attività di manutenzione e pulizia di processo e del bene.

Infine l'ingegneria di manutenzione collabora con il team di progetto (esercizio, manutenzione, sicurezza, energia, ecc.) al raggiungimento degli obiettivi delle performance operative dell'asset salvaguardando le persone e l'ambiente.

7.5 Conformità e validazione del progetto

La conformità di un progetto di un bene fisico alle leggi applicabili, alle norme tecniche e alle specifiche contrattuali si ottiene se tutte le procedure di elaborazione documentale e le verifiche di tutte le attività delle fasi di progettazione sono sottoposte a validazione formale.

Più nello specifico occorre verificare che tutti i requisiti manutentivi richiesti e necessari siano stati soddisfatti.

8 Documentazione tecnica-gestionale di un bene fisico

8.1 Documentazione tecnica e manuale d'uso e manutenzione

La documentazione tecnica, in cui il bene fisico è compiutamente descritto e caratterizzato, è un suo elemento essenziale. La sua predisposizione è mandatoria.

Parti fondamentali della documentazione tecnica di un qualsiasi bene fisico sono l'Analisi e la Valutazione del Rischio (verifica di conformità ai Requisiti Essenziali di Sicurezza applicabili) e il Manuale d'Uso e Manutenzione (MUM) che lo deve accompagnare per tutto il ciclo di vita.

Il MUM è uno strumento fondamentale come base conoscitiva necessaria allo sviluppo del piano di manutenzione. Il MUM descrive gli elementi tecnici secondo un sistema di classificazione e codifica anagrafica definito in sede di progetto, comprensivo di caratteristiche tecniche, tipologie di guasti e meccanismi di danneggiamento, indicando, sulla base delle previsioni di accadimento, le frequenze e le modalità di intervento (preventivo o correttivo).

8.2 Primo piano di manutenzione

Il Primo Piano di Manutenzione, redatto dal progettista, relativo all'intero ciclo di vita del bene (coerentemente a LCC determinato durante lo studio di fattibilità) deve essere redatto nel rispetto dei principi e delle metodologie dell'Ingegneria di Manutenzione (vedere Appendice A).

In particolare la politica manutentiva deve essere definita in funzione delle esigenze espresse dal committente, del contesto, dell'impiego e delle finalità di utilizzo del bene fisico.

Vi devono essere indicate, sulla base degli aspetti legislativi e normativi, dell'esperienza e delle informazioni disponibili (i.e. indicazioni dei produttori, letteratura tecnica, database, ecc.):

- a) l'elenco delle operazioni e delle modalità delle attività manutentive;
- b) la loro frequenza di intervento.

Il Primo Piano di Manutenzione, eventualmente aggiornato durante la realizzazione del bene, una volta consegnato al cliente, diventa uno strumento dinamico in quanto verificato e riemesso periodicamente come "Piano di Manutenzione":

- a) per conferma ed eventuale aggiornamento in funzione delle conoscenze acquisite nell'esercizio e nella manutenzione del bene e per valutare l'eventuale necessità di modifiche da apportare;
- b) per migliorare il bene fisico, sotto i profili funzionali, della sicurezza, di impatto ambientale;
- c) per adeguare il bene fisico a nuovi o diversi impieghi.

8.3 Lista delle parti di ricambio

I beni fisici e i loro componenti semplici e complessi (parti meccaniche, elettriche, elettroniche ed edili) sono soggetti nell'esercizio a fatica, usura, erosione e corrosione, che ne determinano il graduale degrado e la perdita di funzionalità. Pertanto è necessario organizzare un efficace servizio logistico, asservito alla Funzione Manutenzione, per l'acquisizione, la ricezione, lo stoccaggio, il prelievo delle parti di ricambio e dei materiali di consumo.

L'agevole reperibilità delle parti di ricambio e dei materiali di consumo è condizione necessaria per garantire il raggiungimento del livello di disponibilità del bene fisico stabilito nella fase di progettazione del bene stesso.

Sulla base delle criticità, delle prestazioni attese di affidabilità del bene fisico e dei suoi sistemi/gruppi/sottogruppi/componenti/ deve essere fornito l'elenco dei ricambi, identificati in coerenza con i criteri di classificazione e codifica e con il piano di manutenzione, che la progettazione

propone di mantenere a scorta per conseguire le prestazioni di disponibilità del bene fisico concordate con il committente.

La ricambistica si distingue nelle categorie: strategica, specifica, generici, consumo (vedere Appendice C).

9 Obiettivi progettuali

Gli obiettivi progettuali prevedono:

1. progettazione in relazione al concetto di ciclo di vita;
2. costruzione minimizzando/eliminando il consumo di risorse limitate;
3. efficienza energetica;
4. riduzione/eliminazione dei rifiuti prodotti;
5. misurazione e monitoraggio delle prestazioni tecniche ed ambientali;
6. flessibilità e resilienza;
7. facilitazione dello smontaggio: riutilizzare, riciclare, ripristinare.

Le nuove strategie di manutenzione del bene deve permettere di raggiungere questi obiettivi.

A supporto delle attività manutentive – a titolo indicativo – si citano le seguenti tecnologie digitali:

- a) AI (intelligenza artificiale)
- b) Realtà aumentata
- c) Realtà virtuale
- d) Digital twin
- e) IoT

Appendice A **(informativa)** **Ingegneria di manutenzione ed indicatori prestazionali (KPI)**

A.1 Ingegneria di manutenzione

L'Ingegneria di Manutenzione consente di ottimizzare i costi relativi agli interventi manutentivi e ridurre i costi di produzione massimizzando la disponibilità del bene fisico, in un'ottica di sviluppo sostenibile e competitivo del business aziendale.

È improntata sul concetto di miglioramento continuo e si avvale, per consentire l'ottenimento dell'integrità progettuale, di contributi esperienziali, cioè di feed-back dall'esercizio reale che devono essere raccolti e considerati dal progettista, nelle fasi progettuali definitiva ed esecutiva.

È articolata in tre ambiti operativi:

Progettazione della manutenzione:

- a) definizione delle politiche;
- b) definizione degli obiettivi;
- c) definizione dei parametri di controllo;
- d) sviluppo ed integrazione del sistema informativo di gestione;
- e) unificazione dei piani di manutenzione;
- f) definizione degli standard di intervento;
- g) piani di intervento (frequenze, attività e materiali) per aggiornamenti, modifiche, grandi riparazioni.

Miglioramento del sistema:

- a) approccio sistematico al miglioramento di affidabilità, di manutenibilità, di disponibilità e dei metodi e criteri manutentivi (RAMS);
- b) promozione delle eventuali modifiche sulla base delle analisi dei dati tecnici di guasto (al fine di migliorare le tecnologie, di eliminare le criticità, di ottimizzare il costo del ciclo di vita);
- c) promozione delle migliori soluzioni tecnologiche al fine del raggiungimento delle migliori prestazioni funzionali dell'asset.

Controlli tecnico e economico:

1. raccolta ed elaborazione dati;
2. analisi delle criticità per ritorni di informazione verso "progettazione" mediante:
 - a) calcolo e verifica dei dati RAMS;
 - b) verifica della applicazione dei piani di manutenzione.

L'Ingegneria di Manutenzione può:

- a) fornire esaurientemente alla "progettazione" gli elementi per la revisione e/o il miglioramento del bene fisico (Design Review);
- b) fornire gli elementi per il miglioramento della documentazione di manutenzione (piani di manutenzione, MIUM, cataloghi);
- c) fornire elementi per il controllo e la revisione dei dati RAMS;

- d) definire/perfezionare le trame manutentive;
- e) condurre l'analisi congiunta dei piani di manutenzione elaborati dai fornitori di componenti.

A.2 Indicatori prestazionali dell'asset

Per la misura delle prestazioni dell'asset sia in essere sia per definire progetti di miglioramento dal un punto di vista economico, tecnico o organizzativo si ricorre all'utilizzo degli indici fondamentali delle prestazioni (KPI) definiti dalla UNI EN 15341 che prevede indicatori economici, organizzativi e tecnici.

Questi KPI permettono di:

- a) misurare numericamente l'indicatore;
- b) apprezzare la prestazione;
- c) confrontare le prestazioni di vari beni e o soggetti;
- d) individuare le forze e le debolezze;
- e) verificarne l'evoluzione nel tempo.
- f) stabilire gli obiettivi;
- g) pianificare strategie e azioni;
- h) condividere i risultati in modo da informare e motivare le persone.

Questi indicatori possono essere usati per esempio:

1. su base periodica, per preparare e formulare il budget, e controllare i risultati;
2. su una base "a campione", in caso di audit specifico, confronti, studi.

Il periodo di tempo da considerare per i controlli dipende dagli obiettivi, strategie e prassi gestionali.

I KPI sono utilizzati dall'ingegneria di manutenzione per supportare e formulare i requisiti attesi dalla progettazione e per descrivere le prestazioni attese nei vari periodi di durata del bene fisico simulando il contesto di esercizio atteso.

Appendice B (informativa) Manutenibilità

B.1 Il requisito di manutenibilità

L'efficacia e l'efficienza dell'azione manutentiva su un bene sono condizionate in modo rilevante dalle scelte effettuate nella fase di progettazione ed in particolare dal requisito di manutenibilità.

Nella analisi e interpretazione del rapporto tra progettazione e mantenimento nel tempo dei beni sono fondamentali due aspetti peculiari.

Il primo attiene all'importanza di far crescere la capacità di considerare i beni in relazione al loro intero ciclo di vita nella cultura e nella prassi progettuale.

Il secondo riguarda la valenza strategica, ai fini di una efficiente ed efficace gestione dei beni, di azioni volte a integrare il progetto con documenti informativi (Manuale di uso e Manuale di Manutenzione) e con documenti pianificatori (Piano di manutenzione), relativi alle attività preventive che nel tempo sarà opportuno svolgere al fine di contrastare i processi di degrado e di prevenire guasti per mantenere costante la funzionalità del bene.

La manutenibilità si riferisce alla manutenzione, svolta continuativamente nel tempo con fini preventivi e correttivi, basata su una capacità previsionale e organizzativa e affrontata secondo le logiche del servizio.

Tale servizio deve essere teso al controllo e al mantenimento nel tempo della funzionalità del bene con attenzione ad alcuni particolari aspetti:

- a) La sicurezza
- b) La sostenibilità
- c) La disponibilità
- d) Il controllo del costo globale

La manutenibilità determina una caratteristica intrinseca del bene agli interventi necessari per contrastare i fenomeni di degrado e per modificare la configurazione originale a seguito di fenomeni di obsolescenza.

B.2 I fattori di manutenibilità

Al fine di conseguire l'adeguata manutenibilità dei beni fisici è fondamentale il ruolo dell'ingegneria di manutenzione nel trasferimento durante le fasi di progettazione di tutte le conoscenze necessarie.

La manutenibilità è condizionata da due categorie di fattori: progettuali e organizzativi.

I fattori di carattere progettuale sono quelli maggiormente condizionanti la manutenzione di un bene e possono essere ricondotti ad alcuni in particolare:

- a) **l'accessibilità.** È uno dei fattori che maggiormente influenzano la manutenibilità di un bene e si identifica con la facilità con cui è possibile raggiungere un componente per eseguire operazioni di manutenzione in sicurezza. I principali aspetti che condizionano l'accessibilità di un bene sono la posizione, l'esistenza di percorsi di accesso e di spazi operativi e il loro dimensionamento. Le modalità di accesso possono essere di tipo diverso, a titolo indicativo:
 - 1. tramite vani tecnici, percorsi dedicati e protetti, passerelle fisse o mobili ecc.;
 - 2. con mezzi d'opera (piattaforme aeree, ponteggi, ecc.) per i quali in sede di progetto devono essere chiaramente individuati dati quali l'altezza massima raggiungibile, la portata massima, l'ingombro a terra, il peso, lo sbraccio massimo ammissibile, etc., al fine di verificarne l'utilizzabilità rispetto alla morfologia del bene;
- b) **l'ergonomia.** Le dimensioni antropometriche per la definizione delle modalità e dei dispositivi di accesso al fine di consentire agli operatori della manutenzione di accedere e operare in modo adeguato

alle loro mansioni. Si tratta di porre attenzione in sede progettuale alle possibili azioni manutentive che dovranno essere svolte e di conseguenza alle dimensioni degli accessi e degli spazi operativi, alla maneggevolezza e peso degli elementi, loro dimensioni, peso e modalità di funzionamento dei materiali e mezzi d'opera necessari;

- c) **la diagnosticabilità.** Essa rappresenta l'attitudine di un bene a rivelare il suo stato (funzionante, degradato o guasto) o lo stato di un suo componente. Il grado di diagnosticabilità di un bene è determinato dalla sua configurazione e dalle sue caratteristiche che permettono di identificare elementi riconducibili al suo stato, segnali di degrado, sintomi di anomalie oppure dalla presenza di una serie di dispositivi che permettono di conoscerne lo stato (per esempio misuratori di portata, di temperature, pressione, ecc...);
- d) **l'ispezionabilità.** E' l'attitudine a favorire le azioni di ispezione finalizzate ad accertare il suo stato di funzionamento. Essa dipende dalla possibilità di visionare le parti costituenti minimizzando le azioni di disassemblaggio; dal livello di complessità tecnologica, dalla sua accessibilità, dalla chiarezza funzionale e tecnologica;
- e) **l'isolabilità,** ossia l'attitudine di un bene ad essere isolato dagli altri al fine di minimizzare le interferenze;
- f) **la reversibilità,** ossia l'attitudine di un bene a tornare alla sua funzionalità originaria dopo gli interventi manutentivi evitando azioni di demolizione-ricostruzione ma facilitando semplici azioni di smontaggio e rimontaggio;
- g) **la modularità,** ossia il concetto riferibile alle caratteristiche di un sistema quando le parti che lo compongono sono facilmente individuabili e hanno dimensioni uguali, multiple o sottomultiple rispetto alle altre parti che compongono il sistema;
- h) **l'intercambiabilità,** ossia la capacità di un bene ad essere sostituito con un altro simile per configurazione fisica e/o per funzione. L'intercambiabilità è condizionata dalla modularità e dalla standardizzazione, ossia dall'adozione di elementi per la cui progettazione/configurazione sono stati utilizzati come riferimento norme o standard condivisi;
- i) **la pulibilità** che ha un importante ruolo nel mantenimento delle prestazioni di un bene e nella prevenzione di fenomeni di degrado dovuti alla presenza di depositi e di sostanze, provenienti dall'ambiente e aggressive per i materiali. La pulibilità, può essere perseguita attraverso diverse strategie: l'accessibilità, la scelta dei materiali e la predisposizione di dispositivi per l'autopulizia (sistemi robotizzati, sistemi incorporati per la pulizia).

I fattori di carattere organizzativo attengono aspetti da prendere in considerazione sin dalla fase progettuale, con la predisposizione di manuali di manutenzione e di uso, di un piano di manutenzione, di istruzioni operative e aspetti di natura logistica.

Appendice C

(informativa)

Ricambistica – Tipologie di ricambi

C.1 Ricambi strategici

Questi articoli devono essere codificati con codice aziendale interno alfanumerico e con quello del fornitore/costruttore. Devono essere acquistati come parti di rispetto (scorta strategica), nelle quantità previste dal progettista del bene fisico ed avallate dal servizio manutenzione dell'utilizzatore. Devono essere codificati dall'utilizzatore con codice aziendale alfanumerico in aggiunta a quello attribuito fabbricante e/o dal suo mandatario.

Vanno messi a magazzino come cespiti da ammortizzare in tempi opportuni, prima dell'avviamento della relativa unità cioè della messa in servizio del bene di cui sono parte. Quando il ricambio viene prelevato per rimpiazzare la corrispondente parte danneggiata la scorta deve essere immediatamente ripristinata.

La quantità proposta deve essere stabilita nelle specifiche del costruttore e deve essere concordata con l'ingegneria della manutenzione dell'acquirente.

C.2 Ricambi specifici (a degrado prevedibile)

Ricambi considerati "a degrado prevedibile" (secondo UNI 10749-3), di unità non critiche.

Devono essere codificati con il codice interno alfanumerico e con quello del fornitore unico se devono essere originali oppure con il codice commerciale prevalente nel caso in cui non essere stabilito dal progettista come obbligatorio l'impiego di parti originali.

Questi ricambi devono essere assoggettati a politiche di approvvigionamento stabilite e gestite dalla dal Servizio Manutenzione dell'azienda utilizzatrice del bene fisico, in relazione alle probabili necessità dovute a guasti casuali o per usura e alle esigenze correlate alla implementazione del piano di manutenzione preventiva. Le operazioni di approvvigionamento sono gestite dal servizio acquisti in relazione al costo e ai livelli di scorta minima, di sicurezza e scorta massima concordati.

Il magazzino deve dotarsi almeno della "scorta minima".

C.3 Ricambi generali e materiali di consumo

Questa categoria ricomprende la componentistica ed i materiali di consumo secondo UNI 10749-3. Ai fini di un'efficiente manutenzione, anche questi componenti e materiali devono essere determinati e gestiti come i Ricambi Specifici.

In presenza di un sistema informativo di manutenzione aziendale è necessario creare una rete distribuita opportuna per facilitare la tempestività, la prenotazione dei codici in gestione, il loro prelievo e rimpiazzo.

Bibliografia

- [1] UNI 10584, *Manutenzione – Sistema informativo di manutenzione*
- [2] UNI 10749-3, *Manutenzione - Guida per la gestione dei materiali per la manutenzione - Criteri per la selezione dei materiali da gestire*
- [3] UNI 10951, *Sistemi informativi per la gestione della manutenzione dei patrimoni immobiliari – Linee guida*
- [4] UNI 11257, *Manutenzione dei patrimoni immobiliari - Criteri per la stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi - Linee guida*
- [5] UNI 11337-7, *Edilizia ed opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni*
- [6] UNI EN 16991, *Quadro di riferimento sulle ispezioni basate sul rischio*
- [7] UNI EN 17007, *Processo di manutenzione e indicatori associati*
- [8] UNI EN ISO 9000, *Sistemi di gestione per la qualità - Fondamenti e vocabolario*
- [9] UNI EN ISO 12100, *Sicurezza del macchinario – Principi generali di progettazione – Valutazione del rischio e riduzione del rischio*
- [10] UNI EN ISO 21500, *Guida alla gestione dei progetti*
- [11] UNI ISO 31000, *Gestione del rischio – Linee guida*
- [12] IEC 62550, *Spare parts provisioning*
- [13] IEC/IEEE 82079-1, *Preparation of information for use (instructions for use) of products Principles and general requirements*

Copyright

Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto dell'UNI.