

Metodologie avanzate per la valutazione dello stato di efficienza e conservazione delle tubazioni di impianto

E. Latona¹, M. Lisi², O. Borgia³, E. Cherici³
Bureau Veritas Italia S.p.A.¹
Bureau Veritas NEXTA S.r.l.²
SAIPEX S.r.l.³

Sommario

Questo articolo ha lo scopo di presentare un progetto, nato nel corso del 2016 e tutt'ora in via di sviluppo, che si è posto l'obiettivo su come affrontare la prima verifica periodica di integrità di un parco tubazioni antecedenti alla Direttiva PED e denunciate in accordo all'art.16 del D.M. n°329/04, caratterizzato da numerosità estremamente importanti delle tubazioni soggette e da una molteplicità dei meccanismi di danno e corrosione presenti.

Il progetto ed in particolare l'approccio utilizzato non si è limitato a concentrarsi sugli aspetti tecnici ma ha posto la propria attenzione anche sugli aspetti organizzativi, gestionali e di comunicazione. Questa scelta è stata guidata sia dalla durata del progetto stesso ma soprattutto per la numerosità degli attori coinvolti: utilizzatori, consulenti esterni, operatori controlli non distruttivi e soggetti abilitati per l'esecuzione delle verifiche.

I diversi attori coinvolti hanno implementato un'apposita procedura utilizzata per lo sviluppo del progetto, il tutto sotto il coordinamento di una piattaforma software *web-based* dedicata, creata per la gestione e condivisione di dati ed informazioni e per l'automatizzazione delle principali procedure di calcolo associate alla valutazione.

Il progetto, tutt'ora in corso, sta vedendo impegnati decine di operatori, ciascuno con il proprio ruolo, con l'obiettivo finale di traguardare entro il 2019 la verifica di integrità di diverse migliaia di tubazioni. Esso stesso, seppur ancora non concluso, rappresenta la testimonianza di come opportuna pianificazione e visione di insieme permettano di traguardare importanti obiettivi operativi al fine di garantire la *compliance* normativa e la sicurezza di impianto.

1. Introduzione al progetto

L'entrata in vigore della Direttiva PED, ha introdotto nel mondo delle apparecchiature ed impianti a pressione, diverse novità tra cui l'assimilazione delle tubazioni ad una vera e propria attrezzatura in pressione, con relativi obblighi di legge da assolvere nel corso del loro esercizio.

Da questo punto di vista, l'anno 2019 rappresenta, un importante appuntamento in quanto si avrà la scadenza della prima verifica periodica di integrità per le tubazioni già

in esercizio all'entrata in vigore della Direttiva, e pertanto sottoposte alla denuncia di cui all'art.16 del D.M. n°329/04.

La rilevanza di tale scadenza è data da diversi fattori. Innanzitutto la numerosità delle tubazioni soggette, nel medesimo anno, all'espletamento della verifica. La realizzazione degli insediamenti industriali maggiormente interessati dalla presenza di tali attrezzature risale purtroppo antecedentemente all'uscita della Direttiva Europea, pertanto i parchi tubazioni di tutte le raffinerie ed i siti petrolchimici dovranno svolgere in contemporanea tale verifica.

In seconda battuta, anche gli aspetti tecnici non sono meno sfidanti, in quanto l'attività di verifica dello stato di conservazione ed efficienza delle tubazioni rappresenta per certi aspetti una novità dal punto di vista delle tecniche e metodologie da utilizzare ma anche dal punto di vista procedurale ed organizzativo.

Se infine mettiamo sul piatto delle valutazioni anche la necessaria efficacia che deve caratterizzare tale verifica per le ovvie ragioni di sicurezza allora il quadro può diventare di estrema complessità.

Questo articolo si propone di illustrare una metodologia sviluppata appositamente per affrontare questo tipo di attività. L'approccio messo punto è partito dai requisiti di rigosità ed efficacia tecnici cercando di coniugare elementi operativi quali tempistiche di svolgimento, gestione della documentazione e reportistica. Il tutto è stato realizzato tramite l'adozione di piattaforme informatiche appositamente sviluppate al fine di integrare efficientemente le diverse fasi del progetto garantendo la condivisione in tempo reale delle informazioni e dello stato di avanzamento.

Quanto appena descritto sarà presentato tramite l'esperienza significativa di alcuni casi di studio, che hanno permesso la validazione della metodologia in ambiti industriali del settore Oil&Gas e petrolchimico caratterizzati da: elevata numerosità delle tubazioni, età avanzata degli impianti e severità di utilizzo.

2. Il contesto operativo

Il progetto trova applicazione e sviluppo nell'ambito dell'esecuzione della verifica periodica di integrità dei parchi tubazioni di impianti di raffineria, petrolchimici ed impianti di processo in genere.

Tale contesto, per sua natura, presenta alcune caratteristiche molto peculiari:

- Prima fra tutti, l'elemento che sicuramente colpisce è il numero di tubazioni soggette a tale verifica (diverse migliaia), ma soprattutto la contemporaneità della scadenza dovuta al contesto normativo che imponeva entro Febbraio 2009 la denuncia delle tubazioni in esercizio prima dell'entrata in vigore del D.Lgs. 93/2000 (recepimento della Direttiva Comunitaria 97/23/CE) con conseguente verifica di integrità allo scadere del decimo anno. I siti produttivi, come quello oggetto di studio, realizzati per lo più nel corso dello scorso secolo sono caratterizzati intrinsecamente da un importante e significativo numero di tubazioni che per lo più ricadono in questa categoria.

Questo primo punto ha imposto l'adozione di sistemi informatici che permettessero la gestione della mole di dati ed informazioni corrispondenti ad un numero di tubazioni così elevato.

- La molteplicità e forte diversificazione degli impianti e dei processi presenti impone il confronto con meccanismi di danneggiamento e corrosione estremamente vari. All'atto finale dovendo l'utilizzatore procedere ad una valutazione sullo stato di efficienza e conservazione delle proprie tubazioni e dovendo essere tale valutazione di carattere omogeneo per tutte le tubazioni in analisi è stato necessario individuare una procedura di sintesi che tenesse conto delle specificità di ciascun meccanismo.
- Il progetto per sua natura coinvolge ed ha coinvolto numerosi attori con funzioni molto diverse.
 - o L'utilizzatore: prima di tutti ovviamente c'è stato l'utilizzatore delle tubazioni che ha individuato la necessità di un'attività di tale respiro e che dopo avere appaltato le attività ne deve monitorare lo svolgimento sia in termini temporali che operativi avendo la possibilità di intervenire in presenza di criticità o casi specifici che richiedono immediate azioni correttive.
 - o L'appaltatore: la società a cui si è rivolto l'utilizzatore per l'esecuzione dell'intero progetto e le cui mansioni sono state descritte ed elencate nei documenti di gara. Tale realtà deve essere in grado di gestire il coordinamento dell'intero progetto ma anche di svolgere specifiche attività operative come la predisposizione dei piani di controllo dettaglio, coordinamento delle attività propedeutiche all'esecuzione dei controlli non distruttivi, esecuzione dei calcoli di verifica qualora si rendessero necessario, predisposizione della valutazione preliminare dello stato di efficienza e conservazione a supporto delle successive dichiarazioni dell'utilizzatore. Tale realtà dovrà quindi predisporre di personale con diverse competenze specifiche come: ispettori di campo, ingegneri progettisti, corrosionisti, ecc.
 - o Operatori controlli non distruttivi: coloro i quali sulla base del piano di dettaglio eseguono i controlli non distruttivi da cui scaturiranno i valori sperimentali delle grandezze necessarie per la valutazione dello stato di conservazione ed efficienza.
 - o Soggetto abilitato: ente incaricato dall'utilizzatore che agisce in accordo al D.M. n°329/04 ed al Decreto dell'11 Aprile 2011 con lo scopo di eseguire la verifica periodica di integrità in accordo agli art.10 e 12 del decreto.

Tutti gli attori sopraelencati con esigenze specifiche e tempi diversi hanno la necessità di accedere alle informazioni ed ai dati relativi alle tubazioni, pertanto l'adozione di un sistema informatico basato su database risulta essere l'unica risposta adeguata.

- Tutti gli imprevisti, contrattempi e ritardi che possono nascere da un'attività del genere all'interno di un contesto produttivo come quello di un'azienda di processo legati alla disponibilità degli impianti, reperimento della documentazione, coordinamento delle attività in campo, necessità produttive, ecc.

Le peculiarità appena descritte sono e devono essere affrontate tramite:

- Riunioni e tavole rotonde per allineamenti tecnici ed operativi e coordinamento delle attività;
- Stesura di una procedura di lavoro condivisa e nota a tutti gli attori;
- Sviluppo di una piattaforma per la condivisione delle informazioni e l'automatizzazione delle principali fasi di calcolo e valutazione.

Nei successivi paragrafi saranno descritte le principali fasi del progetto e poi più nello specifico la modalità di valutazione dello stato di conservazione ed efficienza e la piattaforma sviluppata, che rappresentano gli elementi distintivi e di maggior valore aggiunto del progetto.

3. Il progetto e le sue fasi

Si riporta di seguito una sintetica descrizione delle fasi del progetto:

1. Identificazione di tutte le linee che in accordo agli Allegati A e B del D.M. n°329/2004 devono essere assoggettate alla verifica periodica di integrità, partendo dagli elenchi linee utilizzati all'atto della denuncia in accordo all'art.16;
2. Acquisizione della documentazione per ciascuna linea: P&I, specifiche di linea, sketch assonometrici;
3. Elaborazione di un piano di controllo di dettaglio per ciascuna linea che tenga conto di quanto previsto:
 - a. Dalla norma tecnica di riferimento UNI TS 11325-1;
 - b. Dall'analisi di rischio corrispondente: Risk Based Inspection, che prevede l'individuazione dei meccanismi di danneggiamento principali con le relative indicazioni sui controlli non distruttivi più idonei da eseguire;
 - c. Dal *Routing* della linea e dal suo stato superficiale.

I piani di dettaglio sono realizzati sulla base degli sketch assonometrici di linea che contengono indicazioni su quale TML (*Thickness Management Locations*, sezioni di linea) eseguire il controllo e che tipologia di verifica eseguire e con le necessarie indicazioni preparatorie;

4. Elaborazione di un programma di dettaglio (*scheduling*) delle attività di controlli non distruttivi ed ispezioni;
5. Esecuzione dei controlli da parte degli operatori preposti tramite la supervisione ed il coordinamento delle attività da parte degli ispettori di campo;
6. Determinazione della vita residua tramite la procedura di calcolo che verrà dettagliatamente illustrata nel paragrafo successivo;
7. Nel caso in cui il punto 6 non permetta di soddisfare i parametri della verifica di integrità (vita residua pari o superiore ad almeno 10 anni) identificazione dell'azione di mitigazione: riparazione, sostituzione o riduzione dei parametri operativi;
8. Valutazione stato di conservazione ed efficienza della tubazione con predisposizione della relativa relazione tecnica contenente:
 - a. Report controlli non distruttivi;
 - b. Report esame visivo esterno;
 - c. Risultato del calcolo per la determinazione della vita residua;
 - d. Eventuale calcolo di verifica per la verifica di stabilità.
9. Esecuzione della verifica da parte del soggetto abilitato.

4. L'approccio valutativo

La valutazione dello stato di efficienza e conservazione è stata basata principalmente su due verifiche:

- Lo stato di conservazione esterno della tubazione comprensivo di analisi della coibentazione (se presente) e del sistema di supportazione;
- Verifica numerica che la vita residua della tubazione traguardi il minimo previsto dalla legge (superiore o uguale ad almeno 10 anni).

Per questo secondo passaggio è stato messo a punto una procedura di calcolo automatizzata tramite la piattaforma informatica che una volta inserite la specifica di linea e le sue condizioni di esercizio massime è in grado in base alle risultanze dei controlli non distruttivi ed in particolare alle misure spessimetriche, di determinare il valore di vita residua per ciascuna sezione di analisi della linea presa in considerazione (TML).

La procedura si basa sulla determinazione di un parametro: la velocità di corrosione o *Corrosion Rate* (CR); stimato nel caso si disponga del valore nominale e di un solo valore di confronto (quello attuale) o misurato nel caso si abbia la possibilità di confrontare due valori effettivamente misurati, in quanto la tubazione disponeva già di un ulteriore controllo spessimetrico antecedente all'attuale.

Con questo approccio ciascuna sezione di linea analizzata dispone di un proprio parametro caratteristico relativamente alla velocità di corrosione. Essendo però tutti i TML facenti parte di un'unica tubazione e necessario definire un tasso di corrosione unico per ciascuna linea.

Si ha la possibilità di operare in due modalità:

- La più cautelativa e quindi conservativa che è quella di considerare la maggior velocità di corrosione tra tutti i TML appartenenti ad una linea e di estendere tale valore a tutti i TML della tubazione;
- La seconda opzione è quella di determinare un valore di velocità di corrosione certamente cautelativo ma che tenga conto dell'affidabilità delle misure spessimetriche. Per cui tale valore è calcolato eliminando dalla popolazione delle misure fatte, quelle che possono essere considerati *outlayer* sia superiori che inferiori. Tale procedimento è eseguito andando ad eliminare dalla popolazione dei tassi di corrosione i valori presenti nelle code della distribuzione normale gaussiana e determinando poi il valore medio nella popolazione dei restanti valori. Il valore di riferimento della velocità di corrosione per la tubazione sarà pari al valore medio più due o tre volte il valore deviazione standard della distribuzione stessa.

Così facendo per ciascun TML, noto lo spessore residuo dalla misura attuale e determinato tramite ulteriore calcolo lo spessore minimo resistente, è possibile determinare la vita residua del componente, applicando la velocità di corrosione precedentemente identificata.

A questo punto qualora la vita residua minore fra tutti i TML di una tubazione fosse superiore o uguale ad almeno 10 anni, allora si potrebbe procedere alla valutazione finale sullo stato di conservazione ed efficienza della linea stessa. Qualora invece ci sia uno o più TML con il valore di vita residuo inferiore a 10 anni è necessario procedere ad un approfondimento di calcolo, che permetta di definire con maggior dettaglio lo spessore minimo resistente.

In funzione della tipologia di componente e della tipologia di linea su cui è installato, il calcolo di verifica sviluppato può essere svolto con diversi codici di calcolo (ASME B31.3, FFS, ecc).

Una volta determinato il nuovo spessore minimo resistente, si applica nuovamente al confronto sopra descritto al fine determinare la nuova vita residua.

Tale approccio, nel caso in cui ci siano più componenti che non traggano l'obiettivo di vita residua previsto, può essere considerato iterativo.

Al termine della procedura o tutti i componenti della linea analizzata saranno caratterizzati da un valore di vita residuo idoneo oppure sarà necessario procedere all'esecuzione delle misure di mitigazioni necessari come:

- Sostituzione o riparazione del tratto o dei tratti di linea caratterizzati da una vita residua che non traguarda i valori richiesti;
- Riduzione dei parametri massimi di funzionamento al fine di favorire una riduzione dello spessore minimo resistente da calcolo ad incremento della vita residua.

5. La piattaforma

Uno dei maggiori valori aggiunti del progetto è sicuramente lo sviluppo e l'implementazione di una piattaforma *web-based* che rappresenta uno degli strumenti abilitativi fondamentali dell'approccio proposto.

La piattaforma ricopre diversi ruoli tra cui:

- Mappatura ed anagrafica di tutte le tubazioni coinvolte nel processo di verifica periodica di integrità;
- La condivisione di informazioni e dati con l'efficientamento massimo di questa attività in quanto un unico ed univoco input viene poi visualizzato e gestito da tutti gli attori coinvolti;
- La gestione di una mole di informazioni e dati con numerosità significative che altrimenti non avrebbero trovato modo di essere archiviate e condivise correttamente. Questo con la possibilità di dare un accesso selettivo ai diversi utenti che la utilizzano;
- Monitoraggio e verifica dello stato di avanzamento del progetto in tempo reale per tutti gli attori coinvolti con semplice accesso al cruscotto degli indici di avanzamento presente nella piattaforma;
- Mappatura e regimentazione del flusso di lavoro che tramite l'utilizzo della piattaforma si atterrà strettamente alla procedura stabilita e condivisa tra le parti;

- La gestione documentale dei principali file e documenti coinvolti nel processo:
 - o Sketch delle tubazioni;
 - o Piani di controllo di dettaglio;
 - o Relazione sullo stato di conservazione ed efficienza.
- L'automatizzazione delle fasi di calcolo più critiche relative alla determinazione della vita residua.

Nei casi di studio presi come analisi, lo strumento piattaforma si è rilevato vincente ed elemento distintivo nei confronti dei processi di analisi e degli attori coinvolti.

6. Conclusioni

La proposta avanzata nel presente articolo ha lo scopo di illustrare quella che è stata individuata come una possibile criticità nella gestione della *compliance* normativa degli impianti e la soluzione individuata a valle di alcuni casi di studio che ci hanno visto coinvolti.

La verifica periodica di integrità del parco tubazioni denunciati in accordo all'art 16 del D.M n°329/04 potrebbe rappresentare per gli impianti di processo di medio-grandi dimensione un'attività estremamente dispendiosa in termini di risorse e tempo.

L'approccio proposto, tramite l'adozione della piattaforma appositamente sviluppata e la procedura di valutazione dello stato di efficienza e conservazione, si pone l'obiettivo di efficientare l'intero processo, rappresentando la testimonianza di come opportuna pianificazione e visione di insieme permettano di traguardare importanti obiettivi operativi al fine di garantire la *compliance* normativa e la sicurezza di impianto.

7. Bibliografia

[1] D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 (Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106) - Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro: Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

[2] D.M. 1 Dicembre 2004, n. 329 - Regolamento recante norme per la messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi di cui all'articolo 19 del decreto legislativo 25 febbraio 2000, n. 93.

[3] D.M. 11 aprile 2011 - Disciplina delle modalità di effettuazione delle verifiche periodiche di cui all'Al. VII del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, nonché i criteri per l'abilitazione dei soggetti di cui all'articolo 71, comma 13, del medesimo decreto legislativo.

[4] Decreto Legislativo 25 febbraio 2000, n. 93 – In attuazione della Direttiva Europea 97/23/CE in materia di attrezzature in pressione come modificato dal D.Lgs n°26 del 15/02/2016.

[5] Linee guida ISPESL: L'esame visivo sulle attrezzature in pressione ai fini delle verifiche in costruzione ed esercizio. Edizione 2006.

[6] INAIL: Esame visivo e spessimetria - Procedura sperimentale di verifica delle attrezzature a pressione. Disegno di linee guida e strumenti operativi. Edizione 2012.

[7] UNI/TS 11325-1:2009, Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 1: Valutazione dello stato di conservazione ed efficienza delle tubazioni in esercizio ai fini della riqualificazione periodica d'integrità.

[8] UNI 11325-12:2018, Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 12: Verifiche periodiche delle attrezzature e degli insiemi a pressione