

# SEMINARIO DI AGGIORNAMENTO PER ISPETTORI AMBIENTALI ISPRA ROMA, 29 APRILE 2022

---

**Tecnologie ispettive applicate ai serbatoi atmosferici  
idrocaburici per minimizzare il rischio fuoriuscita  
prodotti verso l'esterno**

**Michele Ilacqua**

# ***RIEPILOGO PRESENTAZIONE***

- 1) Normativa di riferimento ( API RP 575)
- 2) Tipologie di ispezioni
- 3) Affidabilità delle tecnologie ispettive
- 4) Piano di ispezione dei serbatoi

# API RP 575

API RP 575, Inspection Practices for Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks, is a recommended practice developed and published by the American Petroleum Institute (API) that covers the inspection of atmospheric and low-pressure storage tanks that have been designed to operate at pressures from atmospheric to 15 psig, including the reasons for inspection, frequency and methods of inspection, methods of repair, and preparation of records and reports. This recommended practice is intended to supplement API Std 653, which covers the minimum requirements for maintaining the integrity of storage tanks after they have been placed into service. API RP 575 was originally published in 1995, and the most recent 4th Edition was released in July of 2020.

# API RP 575

## SUMMARY

- a) descriptions and illustrations of the various types of storage tanks;
- b) new tank construction standards;
- c) maintenance practices;
- d) reasons for inspection;
- e) causes of deterioration;
- f) frequency of inspection;
- g) methods of inspection;
- h) inspection of repairs;
- i) preparation of records and reports;
- j) safe and efficient operation;
- k) leak prevention methods.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Ispezione visiva (VT)

Una ispezione visiva, con o senza il supporto di adeguati strumenti, viene condotta per la individuazione preliminare di difetti superficiali.

L'efficacia dell'ispezione dipende dalle condizioni fisiche e di pulizia del componente in esame e dall'esperienza dell'operatore.

Di solito vengono usate foto e filmati per la registrazione.

L'ispezione visiva richiede inoltre l'utilizzo di altre tecnologie per conferma e dimensionamento dei difetti rilevati.

# *TIPOLOGIE DI ISPEZIONI*

## Liquidi penetranti (PT)

Con questo test, un liquido penetrante è spalmato sulla superficie da controllare; un reagente rileva la penetrazione nei difetti con evidenziazione sulla superficie.

Il test rileva solo difetti con sbocchi superficiali; inoltre i difetti non devono essere riempiti con materiali estranei.

Il test non permette di misurare la profondità del difetto.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Magnetoscopia (MT)

Il componente sotto esame è magnetizzato localmente o completamente. Se il componente è integro, il flusso magnetico è prevalentemente all'interno del componente; se vi sono difetti, il flusso magnetico è distorto e causa una perdita di flusso intorno al difetto.

Il flusso magnetico è evidenziato coprendo la superficie con una polvere fine di particelle ferrose, normalmente sospese in un liquido: le particelle accumulate nella zona di perdita di flusso rivelano il difetto.

La tecnologia può rilevare solo difetti affioranti o immediatamente sotto la superficie; non è possibile misurare la profondità del difetto.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Vacuum box test

Con questo metodo, l'area sospetta è coperta con una soluzione saponosa o di liquidi adatti a rilevare rotture o difetti.

Un vacuum box è successivamente passato sulla superficie mantenendo condizioni di vuoto; se esistono difetti, sono evidenziati da bolle formate sul liquido superficiale e visibili guardando attraverso il vacuumbox.



# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Ultrasuoni (UT)

La tecnologia ad ultrasuoni è quella più versatile e potente disponibile per la rilevazione dei difetti ed anche per la misurazione dello spessore del componente sotto controllo, particolarmente nelle zone sottoposte a corrosione/erosione.

Queste misure sono usualmente fatte a mezzo di misure spot condotte secondo uno schema a griglia che copre la superficie del componente o l'area localizzata danneggiata.

Il principale vantaggio della tecnologia consiste nell'accuratezza della misura; può fornire indicazioni sulla velocità di degrado.

Dove l'adozione di tecniche manuali e convenzionali è impossibile/difficile o pericolosa vengono utilizzate tecniche di controllo a mezzo di robot. (es: tetti e mantelli di serbatoi). La mappatura del componente viene usualmente fornita in una vista piana (forma C-scan).

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Spark test

La tecnica può essere utilizzata per rilevare difetti nei rivestimenti interni dei fondi qualora presenti e consiste nella applicazione di un elettrodo ad alto voltaggio e bassa corrente; quando il sensore passa sulla superficie non conduttiva e l'altro estremo del circuito è collegato al metallo, un arco elettrico generato attraverso ogni difetto ed un allarme sonoro rivela l'esistenza di un difetto.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Ultrasuoni a lungo range (Lorus)

Il metodo LORUS utilizza un trasduttore ad alta sensibilità posto sulla parte esterna del piatto circonferenziale del fondo e la generazione di un'onda ultrasonora a bassa frequenza, emessa con un angolo tale da permettere la propagazione sotto il mantello del serbatoio. La presenza di corrosione è rilevata dalla registrazione di segnali riflessi; la rilevazione riguarda sia la corrosione interna che esterna dell'anello periferico del fondo.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Ultrasuoni a lungo range (Lorus)

Il metodo LORUS utilizza un trasduttore ad alta sensibilità posto sulla parte esterna del piatto circonferenziale del fondo e la generazione di un'onda ultrasonora a bassa frequenza, emessa con un angolo tale da permettere la propagazione sotto il mantello del serbatoio. La presenza di corrosione è rilevata dalla registrazione di segnali riflessi; la rilevazione riguarda sia la corrosione interna che esterna dell'anello periferico del fondo.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Emissione Acustiche (EA)

La tecnica delle emissioni acustiche consiste nella rilevazione del "rumore" (ultrasuoni) causati da onde sonore ad alta frequenza emesse da rilasci di energia in materiali e strutture sotto stress.

Le onde acustiche sono rilevate da trasduttori piezoelettrici posizionati strategicamente sulla struttura.

Attraverso l'uso di metodi di triangolazione, si può individuare la posizione della emissione.

Se comparato a precedenti test, l'ampiezza del segnale ricevuto può dare indicazioni sulla velocità di crescita del difetto.

La tecnica è di tipo qualitativo e comparativo e non quantitativo tuttavia è la sola attualmente disponibile in grado di individuare (con buona attendibilità), in modo preventivo, prima che la perdita si manifesti, le zone del fondo di un serbatoio dove è presente attività corrosiva e, in base ad una valutazione del grado di attività, dove un problema potrebbe presentarsi.

I principali vantaggi della tecnologia risiedono nella possibilità del controllo con componente in esercizio, nella possibilità di controllare l'intero componente e sul fatto che vengono registrati solo difetti attivi.

Il principale difetto consiste nella esperienza richiesta all'operatore e nel fatto che il test è dinamico e non può essere facilmente verificato con una ripetizione del test.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Flusso magnetico disperso (MFL)

Questa tecnologia può essere applicata solo ai materiali ferromagnetici. Il componente è magnetizzato e si possono rilevare i difetti sia superficiali che profondi in funzione del flusso disperso rilevato dalla misura di un sensore posto sulla superficie del componente. L'uscita dal sensore può essere amplificata, filtrata, digitalizzata, registrata, ecc.. per realizzare un sistema di ispezione automatizzato. Con l'uso di sensori multi-elemento la velocità di ispezione può essere incrementata notevolmente.

Molti sistemi si basano sull'uso di un valore configurabile di soglia per una rilevazione della corrosione in real time. Molti sistemi avanzati si basano sull'uso di computer con processo del segnale in modo da fornire mappe di corrosione dell'area ispezionata simile alla presentazione dei dati ultrasonici.

Il floorscanning è il metodo standard per la ricerca della corrosione a pitting sui fondi dei serbatoi, in particolare per la corrosione lato terreno, la più insidiosa dal punto di vista di eventuali perdite. Il fondo del serbatoio è ispezionato usando un floor scanner per individuare le zone con difetti ed è in genere successivamente seguito da ispezioni ad ultrasuoni per caratterizzare ogni difetto eventualmente rilevato.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## Flusso magnetico disperso (MFL)

Questa tecnologia può essere applicata solo ai materiali ferromagnetici. Il componente è magnetizzato e si possono rilevare i difetti sia superficiali che profondi in funzione del flusso disperso rilevato dalla misura di un sensore posto sulla superficie del componente. L'uscita dal sensore può essere amplificata, filtrata, digitalizzata, registrata, ecc.. per realizzare un sistema di ispezione automatizzato. Con l'uso di sensori multi-elemento la velocità di ispezione può essere incrementata notevolmente.

Molti sistemi si basano sull'uso di un valore configurabile di soglia per una rilevazione della corrosione in real time. Molti sistemi avanzati si basano sull'uso di computer con processo del segnale in modo da fornire mappe di corrosione dell'area ispezionata simile alla presentazione dei dati ultrasonici.

Il floorscanning è il metodo standard per la ricerca della corrosione a pitting sui fondi dei serbatoi, in particolare per la corrosione lato terreno, la più insidiosa dal punto di vista di eventuali perdite. Il fondo del serbatoio è ispezionato usando un floor scanner per individuare le zone con difetti ed è in genere successivamente seguito da ispezioni ad ultrasuoni per caratterizzare ogni difetto eventualmente rilevato.

# TIPOLOGIE DI ISPEZIONI

## ACFM: Alternating Current Field Measurements

Questa tecnologia si basa sulla misura di un campo elettromagnetico associato ad una corrente alternata. La tecnica non richiede un contatto elettrico con la superficie da ispezionare e può pertanto essere usata per l'ispezione di superfici metalliche protette da vernici o lining, senza la necessità di rimuoverle.

La tecnologia lavora inducendo una corrente elettrica uniforme nel componente; la presenza di difetti disturba questo campo uniforme e misure dei campi magnetici associati, paralleli al difetto e perpendicolari alla superficie permettono la rilevazione del difetto ed anche il suo dimensionamento con l'utilizzo di speciali sensori, strumenti e software.



# ***AFFIDABILITA' TECNOLOGIE ISPETTIVE***

L'affidabilità di un'ispezione è una misura statistica della variabilità nella performance ispettiva in molte applicazioni della tecnica. La performance e l'affidabilità di una tecnologia ispettiva vengono spesso espresse in termini di Probabilità di Rilevazione (POD).

Quando si considera una singola tecnologia NDT ( controlli non distruttivi) , i fattori che influenzano la Probabilità di Rilevazione sono:

- Fattori tecnici: l'intrinseca capacità di rilevazione della tecnologia/procedura adottata ed il numero delle misure effettuate.
- Fattori legati al componente in esame: la geometria del componente, le condizioni della superficie, il tipo di materiale, la struttura e lo spessore, l'accessibilità per le ispezioni.
- Fattori legati ai difetti: tipo di difetto, dimensioni, posizione ed orientamento.
- Fattori umani: competenza dell'ispettore, l'ambiente ed i vincoli temporali.

# ***AFFIDABILITA' TECNOLOGIE ISPETTIVE***

L'affidabilità delle ispezioni è inoltre influenzata da errori sistematici casuali e da possibili errori umani. Devono essere favorite pertanto tecniche automatizzate e informatizzate che favoriscono una registrazione permanente dei dati, perché possono essere utilizzate da più operatori e se comparate tra loro possono dare indicazioni sulla velocità di evoluzione del degrado del componente ispezionato.

In termini di affidabilità è importante la continuità dei dati ispettivi ed è perciò necessario prestare attenzione a come le misure ispettive vengono registrate e conservate; i risultati ispettivi devono essere compatibili e comparabili con quelli delle precedenti ispezioni; pertanto di ogni difetto è importante registrare l'esatta posizione e dimensione.

# *PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI*

**API Std 653**: Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction

**EEMUA – Publication nr. 159**: Users' Guide to the Inspection, Maintenance and Repair of Aboveground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks

**API RP 575**: Guidelines and Methods for Inspection of Existing Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks .

# *PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI*

I serbatoi di stoccaggio di prodotti petroliferi richiedono ispezioni a intervalli regolari per essere sicuri che segni di degrado vengano evidenziati in una fase iniziale, in modo da mettere in atto le azioni necessarie (riparazioni o sostituzioni dei componenti difettosi) per prevenire che i fenomeni evidenziati evolvano fino al punto di provocare perdite o altri tipi di guasto.

Principali componenti dei serbatoi soggetti ad ispezione :

- Fondi
- Tetti
- Mantelli
- Fondazioni

# *PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI*

Lo schema ispettivo di un serbatoio in esercizio deve prevedere le seguenti tipologie di ispezioni:

- Ispezioni di Routine: a cura del personale di esercizio che gestisce il serbatoio;
- Ispezioni Esterne (Surveys): a cura dei servizi tecnici preposti alle ispezioni;
- Controlli dei fondi dei serbatoi;
- Ispezioni con serbatoio fuori esercizio

# *PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI*

## Considerazioni sulla frequenza delle ispezioni

L'intervallo tra le ispezioni dei serbatoi, sia interne che esterne, deve essere determinato in base a numerosi fattori.

- Caratteristiche costruttive del serbatoio;
- Tecniche o e materiali di riparazione;
- Natura o del prodotto stoccato;
- Condizioni o rilevate alla precedente ispezione;
- Ratei o di corrosione;
- Presenza di sistemi o di prevenzione della corrosione quali rivestimenti interni o sistemi di protezione catodica. (riferimento API RP 651 e API RP 652);
- Rischi o potenziali di inquinamento di suolo, acqua, aria;
- Presenza o di doppi fondi o altro sistema di contenimento di perdite dai fondi;
- Esistenza o o meno di sistemi di rilevamento perdite con serbatoio in esercizio;
- Localizzazione o del serbatoio e qualità dei terreni;
- Cambi o di esercizio e/o modalità operative.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezioni visive esterne di routine**

L'ispezione deve riguardare tutte le superfici esterne visibili dei serbatoi e devono essere registrate e segnalate ai Servizi Tecnici incaricati delle ispezioni ogni evidenza di perdite, deformazioni dei mantelli e dei tetti, segni di cedimenti, corrosioni, condizioni delle fondazioni, stato dei terreni e/o presenza di accumuli di acqua alla periferia dei serbatoi, condizioni delle verniciature, delle coibentazioni, degli accessori (quali ad es. scale, mixers, ecc...)

L'ispezione va eseguita secondo specifiche check-list ( Appendice E - API 653)

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezione esterna del mantello**

Lo scopo principale è quello di rilevare e localizzare eventuali segni di corrosione sulla superficie esterna del serbatoio.

Deve pertanto essere esaminata la condizione della verniciatura protettiva e le condizioni della coibentazione per quelli coibentati in particolare in tutti i punti ove è possibile l'intrusione di acqua (nozzles, giunzioni, attacchi di accessori, ecc..).



# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezione esterna del tetto**

L'ispezione esterna del tetto è mirata al controllo delle condizioni del tetto, in particolare alla evidenziazione di corrosione, e al controllo della funzionalità degli organi di sfiato e sicurezza.

Come per i mantelli devono essere ispezionate le condizioni della verniciatura protettiva e della coibentazione per i tetti coibentati.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezione delle fondazioni**

Le condizioni delle fondazioni devono essere ispezionate attentamente per assestamenti e cedimenti o altri tipi di deterioramento.

Devono essere controllate le sigillature delle giunzioni tra fondo e basamento al fine di prevenire infiltrazioni di acqua sotto il serbatoio.

## **Ispezione del trincarino**

Particolare attenzione deve essere posta durante l'ispezione esterna alle condizioni del trincarino (proiezione esterna delle lamiere periferiche del fondo del serbatoio).

Qualora venga rilevata elevata corrosione, valutazioni devono essere fatte sul controllo per corrosione esterna della parte periferica interna del fondo (anular ring) o a mezzo di scavi parziali o a mezzo di tecniche di controllo ultrasonoro a distanza (ad esempio: Lorus).

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezione dei sistemi ausiliari**

Devono essere sottoposti ad accurata ispezione tutti gli accessori (scale, parapetti, strumentazione, ecc..) e tutti i sistemi ausiliari dei serbatoi (antincendio, messa a terra, ecc..) incluse le tubazioni di collegamento e le condizioni del bacino di contenimento (mura, pavimentazioni, dreni);

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Frequenza delle ispezioni esterne**

L' ispezione esterna deve essere condotta entro il periodo determinato da:

$$[(Sp - Sp (res))]/4RC$$

ove:

[Sp – Sp (res)] differenza tra lo spessore misurato e lo spessore minimo resistente del mantello

RC Rateo di corrosione del mantello

In ogni caso l'intervallo di ispezione non può superare i 5 anni.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Misure di spessori con ultrasuoni**

In assenza di evidenze di zone corrose dalle ispezioni esterne, le misure con ultrasuoni degli spessori sono determinate dalla conoscenza del rateo di corrosione.

Se il rateo di corrosione non è conosciuto l'intervallo tra le misure con ultrasuoni non può essere superiore a 5 anni.

Se il rateo di corrosione è conosciuto l'intervallo tra le misure è determinato dal valore minimo tra

**$[Sp - Sp(res)]/2RC$  e 15 anni.**

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI IN ESERCIZIO***

## **Ispezioni dei fondi dei serbatoi**

I fondi dei serbatoi devono essere controllati nel periodo di utilizzo tra due successive ispezioni interne, per verificare le condizioni, per mezzo della tecnica delle Emissioni Acustiche.

Il primo controllo viene effettuato dopo 5 anni dall'ultima ispezione interna o a metà del periodo di esercizio previsto fino alla successiva ispezione interna, a seconda della scadenza che interviene per prima.

La data di ripetizione del controllo è determinata dall'esito del controllo (grado di attività corrosiva rilevata e condizioni del fondo), in genere ogni 5 anni se non sussistono problemi di attività corrosiva in atto. Il controllo dei fondi può essere effettuato anche con la tecnica <sup>^</sup>tracer test<sup>^</sup>.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO***

Le ispezioni dei serbatoi fuori servizio consistono in una dettagliata ispezione visiva e/o strumentale dell'intera struttura del serbatoio e degli accessori, con particolare riferimento al fondo del serbatoio e agli accessori e componenti interni. Sono incluse le ispezioni delle tubazioni di collegamento e dei bacini.

Lo scopo dell'ispezione interna dei serbatoi è:

- Verificare le condizioni del fondo;
- Misurare gli spessori del fondo per valutare la velocità di corrosione e la vita Residua;
- Identificare e valutare ogni meccanismo di degrado dei componenti interni del serbatoio.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO***

## **Controlli non distruttivi del fondo.**

- Vacuum box test per il controllo delle saldature delle lamiere del fondo e per evidenziare difetti passanti in presenza di eventuali danneggiamenti sulle saldature di unione delle lamiere del fondo dovute a sforzi per avvallamenti o cedimenti differenziali o in occasione di riparazioni / sostituzioni parziali.
- Magnetoscopia e/o liquidi penetranti;
- MFL (Magnetic flux leakage): la tecnica è il metodo standard per effettuare a mezzo di scanner, abbinata a sistemi di acquisizione dati computerizzati, la mappatura dell'intero fondo con analisi e individuazioni separate per la faccia esterna e interna delle lamiere del fondo;
- Misure degli spessori a mezzo di ultrasuoni: La tecnica deve essere utilizzata per misurare gli spessori delle lamiere delle aree interessate da fenomeni corrosivi;



# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO***

## **Ispezione interna del mantello.**

- La saldatura di giunzione del mantello al fondo deve essere ispezionata per difetti e le zone sospette esaminate con liquidi penetranti o magnetoscopia;
- Il mantello deve essere ispezionato per individuare segni di corrosione, se sono individuate zone estese di corrosione, devono essere utilizzate misure di spessore con ultrasuoni delle lamiere di ogni virola; gli spessori rilevati devono essere comparati ai valori limite accettabili per la stabilità del serbatoio.

# *PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO*

## Ispezione interna del tetto

Se dalla ispezione visiva interna del tetto e dei supporti si individuano segni di corrosione, o, dalle misure esterne si individua la presenza di forte corrosione interna, devono essere prese misure di spessore dall'interno sia sulle lamiere del tetto che sulle strutture di supporto.

Devono essere ispezionati attentamente i pontoni dei tetti galleggianti o i settori dei tetti a doppio piano, con misurazioni degli spessori.

# ***PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO***

## **Rilievi dimensionali**

In funzione degli esiti delle ispezioni visive e strumentali, se necessario, occorre procedere a verifiche e rilievi dimensionali quali:

- Verticalità
- Rotondità
- Cedimenti delle fondazioni
- Cedimenti dei fondi
- Deformazioni dei mantelli
- Deformazioni dei tetti

# PIANO DI ISPEZIONE SERBATOI CON SERBATOI FUORI ESERCIZIO

## Frequenza delle ispezioni interne

La frequenza delle ispezioni interne è determinata dal rateo di corrosione misurato sul fondo del serbatoio.

Il periodo di successivo utilizzo del serbatoio è limitato dal valore previsto, alla data della successiva ispezione, dello spessore del fondo che deve essere superiore o uguale allo spessore minimo accettabile : *Fondi singoli - 2,5 mm*

*Doppi fondi - 1,5 mm*

In ogni caso il periodo di intervallo tra due successive ispezioni interne non può superare i 20 anni.

Quando il rateo di corrosione non è conosciuto l'intervallo di ispezione non può superare i 10 anni dalla data di installazione di un fondo nuovo;

Michele Ilacqua: [michele.ilacqua@isprambiente.it](mailto:michele.ilacqua@isprambiente.it)

