

**INAIL**

## **ESAME VISIVO E SPESSIMETRIA**

**PROCEDURA SPERIMENTALE DI VERIFICA  
DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE**



**Disegno di linee guida e strumenti operativi**

**INAIL**

# **ESAME VISIVO E SPESSIMETRIA**

## **PROCEDURA SPERIMENTALE DI VERIFICA DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE**

**Disegno di linee guida e strumenti operativi**

## **Pubblicazione realizzata da**

### **INAIL**

Settore Ricerca, Certificazione e Verifica  
Dipartimento Tecnologie di Sicurezza

### **Autori**

ing. Carlo De Petris, *Dipartimento Tecnologie di Sicurezza*  
ing. Canio Mennuti, *Dipartimento Tecnologie di Sicurezza*  
ing. Giuseppe Ingui, *Funzionario Tecnico del Ministero dello Sviluppo Economico*

### **con il contributo di:**

ing. Giuseppe Augugliaro, *Dipartimento Tecnologie di Sicurezza*  
ing. Francesco Giacobbe, *Dipartimento Territoriale di Messina*  
dott. Paolo Lenzuni, *Dipartimento Territoriale di Firenze*  
ing. Iuri Mazzarelli, *Dipartimento Territoriale di Milano*

### **Informazioni**

**INAIL** - Settore Ricerca, Certificazione e Verifica  
Dipartimento Tecnologie di Sicurezza  
Via Fontana Candida, 1 | 00040 Monteporzio Catone (Roma)  
r.dts@inail.it  
[www.inail.it](http://www.inail.it)

© 2012 INAIL

Distribuzione gratuita. Vietata la vendita. La riproduzione su qualsiasi mezzo è consentita solo citando la fonte

ISBN 978-88-7484-249-0

Tipolitografia INAIL - Milano, giugno 2012

## PRESENTAZIONE

L'elaborato costituisce la sintesi di un'attività di ricerca svolta dal Laboratorio Controlli Non Distruttivi del Dipartimento Tecnologie di Sicurezza, nella ormai consolidata tradizione della messa a punto di procedure ispettive ad elevato contenuto innovativo.

Nello specifico, nel sottolineare il carattere assolutamente sperimentale del disegno di linee guida, viene tracciato un percorso strutturato dei controlli previsti dall'art. 12 del D.M. 329/2004 concernenti la verifica d'integrità di attrezzature a pressione ai fini della riqualificazione periodica.

L'originalità dell'approccio proposto riguarda l'introduzione di una metodica di valutazione semiquantitativa per l'esame visivo e dei criteri di misura e di accettabilità per il controllo spessimetrico basato su valutazione sia deterministica, sia statistica.

Il lavoro fin qui svolto costituisce di fatto la base di partenza per ulteriori analisi combinate con gli esperti del settore afferenti ad Istituzioni competenti per attività di riqualificazione dei recipienti a pressione anche in una logica conforme alle opportunità offerte dal D.Lgs. 81/2008 ai fini della promozione del documento a linea guida.

Va in ogni caso riconosciuto agli autori il merito di aver promosso un'iniziativa tecnico-scientifica che finalmente tenta di risolvere questioni altrimenti carenti sotto il profilo normativo, in particolare quelle che sino ad ora erano rimesse all'esclusivo giudizio soggettivo dei singoli addetti ai controlli.

Intendo, infine, formulare l'auspicio del mantenimento e anzi della progressione delle attività di ricerca e innovazione tecnologica nel settore dei Controlli Non Distruttivi (CND) che caratterizza da molti anni, talvolta unitamente ad esperti del settore di altri enti o amministrazioni, l'impegno dei ricercatori e tecnologi del Laboratorio CND con punte di indubbia eccellenza.

Il Direttore del Dipartimento Tecnologie di Sicurezza  
dott. ing. Paolo GIACOBBO SCAVO



## INDICE

	<b>Premessa</b>	<b>7</b>
<b>1.</b>	<b>Scopo e campo di applicazione</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>Termini e definizioni</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Documentazione, personale e dotazione strumentale</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Esame visivo</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>Controllo spessimetrico</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>Approccio sperimentale alla verifica delle attrezzature a pressione</b>	<b>30</b>

## APPENDICI

<b>A)</b>	<b>Rapporto Esame Visivo</b>	<b>36</b>
<b>B)</b>	<b>Rapporto Controllo spessimetrico</b>	<b>39</b>
<b>C)</b>	<b>Verifica di integrità: riferimenti legislativi</b>	<b>48</b>
<b>D)</b>	<b>Calcolo dello spessore minimo ammissibile di efficienza</b>	<b>50</b>
<b>E)</b>	<b>Declassamento di una attrezzatura a pressione</b>	<b>52</b>
<b>F)</b>	<b>Determinazione di un nuovo intervallo di tempo per la successiva riqualificazione periodica d'integrità</b>	<b>53</b>
<b>G)</b>	<b>Libretto delle verifiche</b>	<b>54</b>



## Premessa

Nell'ambito della letteratura tecnica relativa all'esame visivo e alla spessimetria, controlli non distruttivi ampiamente utilizzati nella verifica di integrità delle attrezzature a pressione, in quanto obbligatoriamente disposti da strumenti legislativi o regolamentari<sup>1</sup>, si rileva l'assenza di un documento di riferimento che fornisca quelle indicazioni che consentono agli esperti incaricati, sia pur qualificati all'applicazione dei metodi di controllo non distruttivo, di seguire un percorso di verifica strutturato, con caratteristiche di congruenza all'approccio ispettivo, tale da rendere il più possibile oggettiva la successiva fase interpretativa dei risultati conseguiti.

Non vi è dubbio che l'esame visivo e la spessimetria nella verifica d'integrità, come intesa dal legislatore, assumono una connotazione inequivocabile di accertamento della stabilità dell'attrezzatura a fronte di un periodo di esercizio (il cui limite massimo è comunque determinato nelle tabelle allegate ai citati strumenti legislativi o regolamentari).

Generalmente nell'ambito delle attrezzature a pressione non a focolare qui considerate, a meno di diverse e più specifiche prescrizioni e indicazioni fornite dal Fabbricante o dal Piano dei Controlli, il meccanismo di danno dominante su materiali a matrice metallica, è quello della corrosione in tutte le sue forme e, per alcuni casi, della erosione.

Di conseguenza gli effetti del fenomeno sono noti, così come consolidate sono le metodiche di rilevabilità delle discontinuità prodotte. Per tale ragione è pienamente condivisibile, per attrezzature che consentono una completa e diretta accessibilità alle membrature, utilizzare la combinazione dell'esame visivo, che sotto il profilo qualitativo fornisce un'immediata percezione dell'estensione e della gravità del degrado, con il controllo spessimetrico, che ne è il complemento sotto quello quantitativo.

A questa considerazione si aggiunga, fattore non trascurabile, che l'ispezione così cogegnata, non implicando un impegno di sofisticate risorse strumentali, rende la verifica, oltre che rapida ed agevole, discretamente accessibile in termini economici.

Al contempo non deve essere equivocata la semplicità di un tal approccio alla verifica come inconsistenza della sua efficacia, validità ed affidabilità.

Ciò premesso, gli autori hanno voluto definire una procedura sperimentale che descrive un percorso strutturato dell'ispezione secondo criteri di esecuzione dei controlli non distruttivi e di analisi interpretativa dei risultati, che rendano il più oggettiva possibile la valutazione dello stato di conservazione e di efficienza delle attrezzature indagate ovvero la verifica d'integrità.

In questa logica, quindi, il documento acquisisce le caratteristiche di un efficace strumento per l'elaborazione di una procedura operativa semi-quantitativa e statistica nei controlli non distruttivi, limitando l'approccio ispettivo, per ovvi motivi, alle metodiche di base dell'esame visivo e del controllo spessimetrico delle membrature.

Si ribadisce che sono escluse, dalla presente trattazione, le attrezzature a pressione soggette a fenomeni di scorrimento viscoso.

---

<sup>1</sup> Vedasi l'art. 12 del 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"



Per questioni non espressamente definite, si rimanda alle specifiche norme nazionali ed internazionali del metodo di Prova Non Distruttiva di riferimento.

## 1 Scopo e campo di applicazione

L'approccio di seguito illustrato propone, partendo da una valutazione semiquantitativa dei risultati dell'esame visivo, nonché da un metodo innovativo statistico di esecuzione della spessimetria, una procedura sperimentale di verifica delle attrezzature a pressione.

La valutazione semiquantitativa a seguito dell'esame visivo permette di quantificare l'intensità del danneggiamento a livello globale dell'attrezzatura, mentre il metodo spessimetrico statistico permette di ottenere risultati validi nei casi, peraltro molto frequenti, di membrature parzialmente accessibili e/o di "ampi" passi della matrice dei punti di misura in rapporto alle dimensioni dell'attrezzatura stessa.

In particolare, il documento si prefigge di fornire indicazioni circa:

- l'esecuzione dei controlli,
- la valutazione dei risultati,
- la registrazione e archiviazione della documentazione.

## 2 Termini e definizioni

### Accessori a pressione

Dispositivi aventi funzione di servizio e i cui alloggiamenti sono sottoposti a pressione.

### Accessori di sicurezza

Dispositivi destinati alla protezione delle attrezzature a pressione contro il superamento dei limiti ammissibili. Essi comprendono:

- 1) dispositivi per la limitazione diretta della pressione, quali valvole di sicurezza, dispositivi a disco di rottura, aste pieghevoli, dispositivi di sicurezza pilotati per lo scarico della pressione (CSPRS);
- 2) i dispositivi di limitazione che attivano i sistemi di regolazione o che chiudono e disattivano l'attrezzatura, come pressostati, termostati, interruttori di livello del fluido e di dispositivi di «misurazione, controllo e regolazione per la sicurezza» (SRMCR).

### Attrezzature a pressione

Recipienti, tubazioni, accessori di sicurezza e accessori a pressione, ivi compresi gli elementi annessi a parti pressurizzate, quali flange, raccordi, manicotti, supporti, alette mobili.

### Controlli Non Distruttivi

Applicazione di tecniche di Prove Non Distruttive su attrezzature, elementi e componenti d'interesse al fine di poterne elaborare un giudizio di accettazione o rifiuto ai fini della loro utilizzazione.

### Dispositivi di controllo

Dispositivi che permettono di misurare le variabili di processo durante l'esercizio di una attrezzatura a pressione. Essi comprendono:

- 1) strumenti indicatori, dispositivi costituiti da una o più unità distinte, che permettono la lettura dei valori dei parametri in osservazione, localmente o a distanza, a mezzo di rilevazione diretta o indiretta. Gli indicatori comprendono i manometri e termometri, indicatori di livello, sensori e trasmettitori di pressione, trasmettitori di temperatura, trasmettitori di livello o altri dispositivi equivalenti;
- 2) allarmi, accessori di controllo costituiti da una o più unità distinte, installati e collegati in modo tale che, al raggiungimento di un valore predeterminato e prefissato della pressione, della temperatura o di altro parametro ritenuto essenziale ai fini della sicurezza o della corretta gestione dell'apparecchiatura in pressione, segnalano con mezzi visivi e sonori oppure disgiuntamente visivi o sonori, al personale addetto la necessità di apportare le opportune correzioni al processo.

### Fluidi

I gas, i liquidi e i vapori allo stato puro o loro miscele. Essi sono suddivisi nei seguenti gruppi:

- gruppo 1: fluidi pericolosi (sostanze o preparati definiti dal D.Lgs. 3 febbraio 1997 n. 52) come esplosivi, infiammabili, tossici o comburenti.
- gruppo 2: tutti gli altri fluidi non compresi nel gruppo 1.

### Libretto delle verifiche dell'attrezzatura a pressione

Documento a corredo dell'attrezzatura a pressione nel quale vengono riportati i dati identificativi dell'attrezzatura, la categoria PED, i dati tecnici più significativi, le tipologie e gli esiti delle verifiche.

### Metodo di Prova Non Distruttiva

Disciplina, basata su uno specifico principio fisico, diretta alla rilevazione di discontinuità nei materiali senza che ne sia compromessa la funzionalità.

### Pressione

Pressione riferita alla pressione atmosferica. Di conseguenza il vuoto è indicato con un valore negativo.

### Pressione di esercizio $P_e$

Pressione del fluido nelle condizioni operative ( $P_e < P_{set} \leq PS$ ).

### Pressione di prova $P_t$

Pressione a cui è sottoposta l'attrezzatura a pressione ai fini della prova di pressione.

### Pressione di taratura delle valvole di sicurezza $P_{set}$

Pressione alla quale la valvola di sicurezza comincia ad aprirsi.  $P_{set}$  deve sempre essere minore o uguale alla pressione massima ammissibile PS ( $P_{set} \leq PS$ ).

### Pressione massima ammissibile PS

Pressione massima per la quale l'attrezzatura a pressione è stata progettata, specificata dal fabbricante.

Sovraspessore di corrosione  $s_{sc}$  [mm]

Incremento dello spessore della membratura previsto in sede di progettazione dell'attrezzatura a pressione per compensare quello prevedibilmente "consumato" a causa di fenomeni corrosivi nell'arco temporale di esercizio della stessa attrezzatura.

Spessore consumato per corrosione  $s_{cc} = s (\Delta t_{cc})$  [mm]

Spessore della membratura dell'attrezzatura a pressione prevedibilmente "consumato" in uno specifico intervallo di tempo  $\Delta t_{cc}$  a causa di fenomeni corrosivi. Tale spessore "consumato" può essere desunto da rilievi strumentali condotti su base discreta dei tempi, o assunto sulla base di precedenti esperienze, o tratto da indicazioni di letteratura.

Spessore minimo ammissibile  $s_0$  [mm]

Spessore minimo utile che concorre a definire la condizione limite di stabilità termo-meccanica alle PS e TS definite.

Lo spessore minimo ammissibile può essere differente per le varie membrature costituenti una singola attrezzatura a pressione.

Spessore nominale  $s_n$  [mm]

Spessore originario di fabbricazione delle membrature soggette a pressione. Le varie membrature costituenti un'unica attrezzatura a pressione possono avere differente spessore nominale. La condizione di calcolo verificata in fase di fabbricazione per ogni membratura è  $s_n \geq s_0 + s_{sc}$ .

Spessore minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  [mm]

Spessore minimo ammissibile  $s_0$  aumentato dello spessore prevedibilmente consumabile per effetto della corrosione in un determinato intervallo di tempo di esercizio dell'attrezzatura a pressione.

Spessore minimo convenzionale  $s_c$  [mm]

Valore minimo ottenuto dal confronto tra lo spessore minimo misurato  $s_{min}$  e quello minimo statistico  $s_{st}$  di misure spessimetriche condotte sulla membratura accessibile dell'attrezzatura a pressione.

Spessore minimo misurato  $s_{min}$  [mm]

Valore minimo delle misure spessimetriche condotte sulla membratura dell'attrezzatura a pressione.

Spessore minimo statistico  $s_{st}$  [mm]

Valore minimo ottenuto da valutazione statistica di misure spessimetriche condotte sulla membratura dell'attrezzatura a pressione, per un assegnato livello di confidenza.

Targa di identificazione

Targa apposta dal fabbricante in maniera indelebile sull'attrezzatura a pressione o su un supporto ad essa fissato, dove sono riportate le informazioni obbligatorie:

- nome o ragione sociale del fabbricante o suo mandatario, indirizzo;
- anno di fabbricazione;

- tipo, numero di identificazione o di serie della partita o del lotto, numero di fabbricazione;
- limiti essenziali minimi e massimi ammissibili (pressione e temperatura).

Oltre alle informazioni obbligatorie, a seconda del tipo di attrezzatura a pressione, sono riportate le seguenti informazioni:

- volume V dell'attrezzatura a pressione espresso in litri;
- pressione di prova applicata ( $P_t$ ) espressa in bar e data di effettuazione della prova;
- pressione di taratura degli accessori di sicurezza espressa in bar;
- utilizzo previsto;
- tara;
- gruppo di fluidi compatibili.

#### Tecnica di Prova Non Distruttiva

Specifica modalità di esecuzione per un metodo di Prova Non Distruttiva.

#### Temperatura di esercizio $T_e$

Temperatura del fluido nelle condizioni operative ( $TS_{min} < T_e < TS_{max}$ ).

#### Temperatura minima/massima ammissibile $TS_{min}/TS_{max}$

Temperature minima e massima di esercizio per le quali l'attrezzatura a pressione è stata progettata, specificate dal fabbricante.

#### Tolleranza di fabbricazione del laminato $\Delta s_f$ [mm]

Intervallo massimo di variazione dello spessore del laminato di fabbricazione dell'attrezzatura a pressione (v. per ulteriori riferimenti la UNI EN 10029). Per ragioni di sicurezza, la tolleranza viene assunta con segno negativo nella computazione complessiva dello spessore del laminato ai fini del calcolo di stabilità dell'attrezzatura a pressione.

#### Tubazioni

Componenti di una conduttura collegati e inseriti in un sistema a pressione, destinati al trasporto dei fluidi.

#### Velocità (rateo) di corrosione $v_{rc}$ [mm/anno]

Rapporto tra la differenza degli spessori  $s_i$  ed  $s_j$  rilevati rispettivamente al tempo  $t_i$  e  $t_j$  e l'intervallo di tempo corrispondente ( $\Delta t_{ij} = t_j - t_i$ ):

$$v_{rc} = \frac{|s_j - s_i|}{\Delta t_{ij}}$$

### Vita residua [anni]

Intervallo di tempo  $\Delta t_{vr}$  teoricamente necessario per consumare, per il solo effetto della corrosione, lo spessore della membratura fino al valore minimo ammissibile  $s_0$ , espresso come:

$$\Delta t_{vr} = \frac{(s_{min}; s_c) - s_0}{V_{rc}}$$

### Volume dell'attrezzatura a pressione [l]

Il volume interno (*capacità*) di una attrezzatura a pressione espresso in litri, compreso il volume dei raccordi alla prima connessione ed escluso il volume degli elementi interni permanenti.

## **3 Documentazione, personale e dotazione strumentale**

### 3.1 Documentazione preliminare

Preliminarmente ai controlli, al personale addetto deve essere resa disponibile la seguente documentazione:

- libretto matricolare o dichiarazione CE di conformità dell'attrezzatura a pressione;
- disegni e/o schemi dai quali sia possibile ricavare le principali caratteristiche e gli spessori dei materiali, nonché le caratteristiche geometriche e funzionali dell'attrezzatura a pressione;
- verbalizzazioni di precedenti verifiche ovvero libretto delle verifiche;
- scheda delle misure di sicurezza da attuare per l'esecuzione dei controlli.

### 3.2 Personale

Il personale addetto all'esecuzione dei controlli non distruttivi deve:

- essere dotato di una idonea capacità visiva (rif. EN 473);
- qualificato allo scopo (rif. EN 473);
- a conoscenza delle relative disposizioni di legge, norme, standard di prodotto, regole tecniche, codici o specifiche tecniche applicabili;
- a conoscenza delle procedure di fabbricazione utilizzate, nonché della funzione e delle condizioni operative dell'attrezzatura a pressione;
- in grado di utilizzare le apparecchiature strumentali e di ausilio ai controlli.

### 3.3 Dotazione strumentale e ausiliaria

Il personale addetto all'esecuzione dei controlli non distruttivi deve, all'occorrenza, disporre di una dotazione strumentale e ausiliaria utile al rilevamento di grandezze caratteristiche dell'attrezzatura a pressione, nonché al rilievo di discontinuità/anomalie, all'eventuale misurazione di parametri caratteristici o degli effetti del degrado (riduzione dello spessore, estensione della superficie corrosa, ecc.).

Di seguito si riporta una lista esemplificativa, ma non esaustiva, della dotazione strumentale ed ausiliaria (dispositivi, attrezzature, apparecchiature, ecc.) che potrebbe essere impiegata nel corso delle verifiche.

### 3.3.1 Dotazione strumentale

- spessimetro digitale;
- manometro campione;
- lente d'ingrandimento;
- specchio;
- endoscopio (fibroscopio, boroscopio, video-endoscopio);
- fotocamera;
- videocamera;
- materiale per esecuzione repliche metallografiche.

### 3.3.2 Dotazione ausiliaria

- attrezzatura per pulizia superficiale e/o rimozione (raschietto, spazzola metallica, martello, scalpello, utensile appuntito, carta abrasiva, diluenti, stracci o simili, ecc.);
- lampada alimentata in bassissima tensione o torcia;
- gesso o vernice;
- calibro;
- vernice termovirante;
- schede di registrazione dei dati e dei rilievi effettuati;
- dispositivi di protezione individuale (tuta, calzature anti-infortunistiche, elmetto, occhiali, guanti, fune di imbracatura, ecc.);
- chiavi di varia misura per interventi su valvole di sicurezza (montaggio, smontaggio, aggiustamento della pressione di taratura).

### 3.4 Rapporti di prova dell'esame visivo e del controllo spessimetrico

I modelli dei rapporti di prova dell'esame visivo e del controllo spessimetrico sono rispettivamente riportati nelle Appendici A e B e conformi alle norme di riferimento (UNI EN 13018:2004 ed UNI EN 14127:2011).

## 4 **Esame visivo (2)**

### 4.1 Raccomandazioni di carattere generale

L'esame visivo può essere condotto sia sulle superfici esterne sia sulle superfici interne, su componenti o su elementi delle attrezzature a pressione, compatibilmente con gli oggettivi impedimenti di accessibilità.

L'accessibilità interna all'attrezzatura a pressione dovrebbe essere generalmente possibile dall'apertura dei passi d'uomo, di testa o di mano, servendosi nel caso di idonei ponteggi e scale (fissi o mobili) e dove necessario anche rimuovendo eventuali ostacoli.

Per l'accessibilità esterna in particolari attrezzature a pressione, o parti di esse, è essenziale la rimozione degli strati di materiale coibente al fine di accertare lo stato delle membrane, sia nei casi espressamente prescritti, sia nei casi in cui sia oggettiva o si sospetti una loro condizione insoddisfacente o la presenza di discontinuità/anomalie nelle membrane stesse.

---

<sup>2</sup> Nel documento l'Esame Visivo è indicato, per comodità, con la sigla EV in difformità alla simbologia internazionale che adotta la sigla VT (Visual Testing).

Le situazioni di impedimento e il conseguente esame parziale devono essere opportunamente riportate nel Rapporto di Esame Visivo. Il trattamento delle superfici da controllare è di fondamentale importanza per un accurato esame visivo, una corretta interpretazione delle discontinuità/anomalie e della conseguente valutazione dei risultati.

In relazione alla finalità dell'esame visivo, le superfici possono richiedere una semplice pulizia (lavaggio, spazzolatura, ecc.) o anche di un appropriato trattamento che può assumere caratteristiche di specifica preparazione (ad es. sabbiatura, decapaggio, ecc.). L'eventuale presenza di vernici o altri tipi di rivestimento/trattamento può essere tollerata purché questi permettano un corretto esame e non ne compromettano l'esito.

Qualora necessario, al fine di rendere più agevole il riconoscimento di zone di particolare interesse o rilevanza, può essere utile procedere, ove possibile, ad una loro marcatura o sistema equivalente, per delimitarne i margini o evidenziare eventuali parti più significative per la presenza di discontinuità/anomalie.

Inoltre i dati raccolti in precedenti ispezioni su attrezzature, componenti o elementi, eserciti in condizioni operative simili, sono di valido aiuto per la localizzazione e l'analisi delle potenziali cause di danneggiamento e dei relativi effetti.

L'esame visivo durante la prova di pressione è particolarmente efficace per rilevare eventuali trafile o perdite.

Sotto il profilo operativo, l'esame visivo condotto applicando un fascio di luce radente e parallelo alla superficie è particolarmente indicato per rilevare tipi di danneggiamento di non immediata evidenza (*blistering*, alterazioni di forma, ecc.).

L'utilizzo di un fascio di luce di elevata intensità indirizzato con un opportuno angolo rispetto alla superficie in esame può consentire la rilevazione di cricche affioranti. È inoltre consigliabile l'impiego di una lente d'ingrandimento per una migliore visione di piccoli particolari già individuati.

#### 4.2 Esecuzione dell'esame visivo in sicurezza

Nell'effettuare l'esame visivo di attrezzatura a pressione, componenti o elementi, il personale è esposto a pericoli derivanti sia dall'attività specifica sia dal contesto.

Al fine di minimizzare i rischi occorre predisporre le opportune misure di prevenzione degli infortuni in conformità alle disposizioni di legge o prescrizioni normative in materia di sicurezza sul lavoro.

#### 4.3 Esecuzione dell'esame

I principi generali per la definizione delle tecniche di esame visivo vengono definiti nella norma *UNI EN 13018:2004 – “Prove Non Distruttive – Esame visivo – Principi generali”*.

La Fig. 1 schematizza le tecniche di esame visivo.

L'esame visivo deve essere, comunque, svolto in rapporto alle specifiche tipologie di attrezzatura e metodologia di fabbricazione di ogni singola parte strutturale nonché al particolare contesto della sua installazione e alla sua storia e condizione d'uso durante l'esercizio.

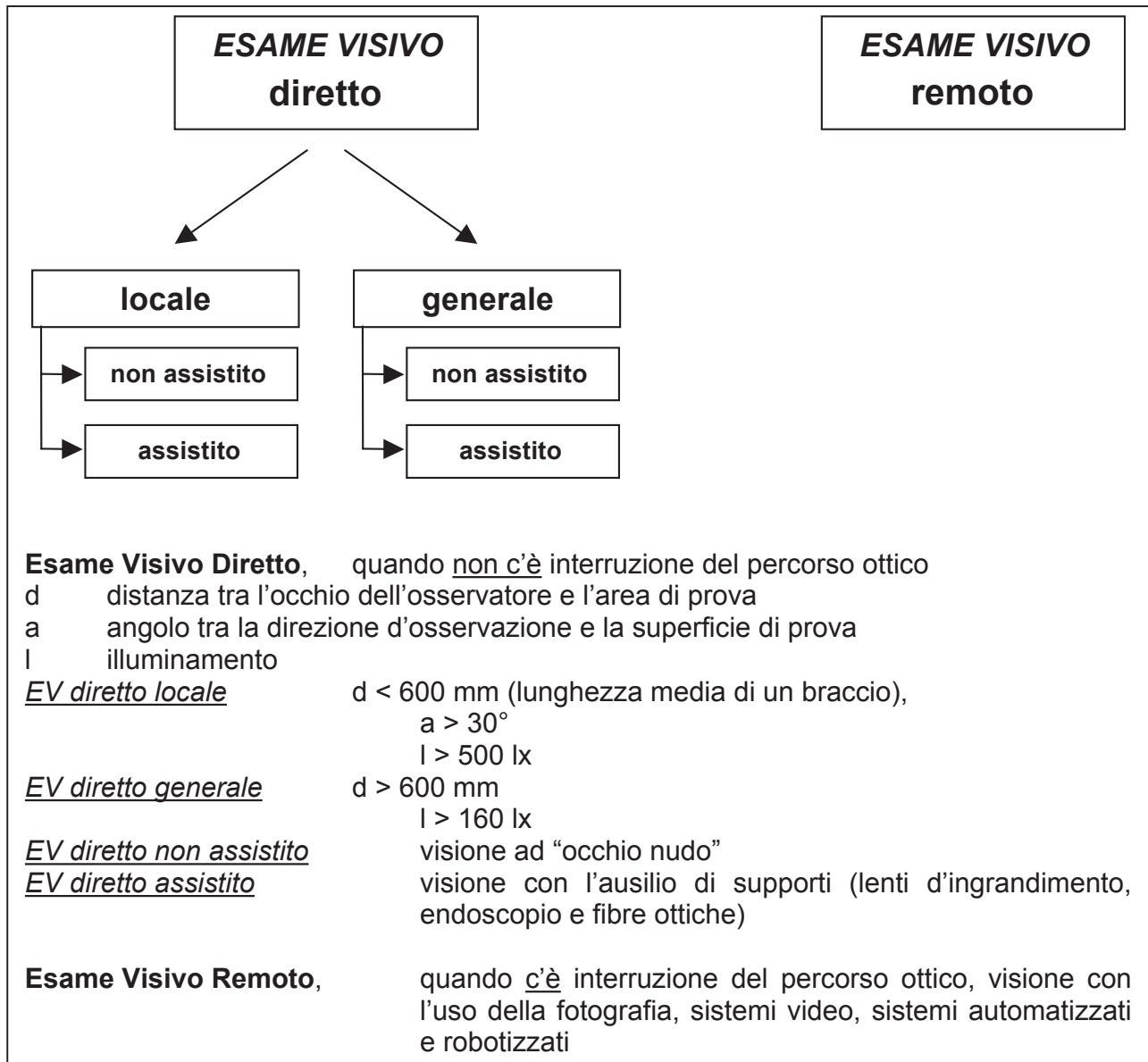


Fig. 1 - Schematizzazione delle tecniche di Esame Visivo.

L'esame visivo deve essere svolto metodicamente in modo da garantire un'ispezione completa senza omissioni, né eccessiva sovrapposizione di aree ispezionate.

È raccomandato condurre l'esame visivo esterno e interno di una generica attrezzatura a pressione iniziando da un'estremità e proseguendo con metodo fino all'altra, controllando lo stato di conservazione delle strutture di supporto e di accesso ove presenti (es. corrimano, gabbie, staffe di sostegno, connessioni di terra, bulloni di ancoraggio, vernice e/o coibentazione, connessioni, ecc.) e delle parti strutturali (es. fasciame, fondi, bocchelli, passi d'uomo, passa mano, ecc.). È buona norma adottare le tecniche di esame visivo



specifiche per l'ispezione di ciascuna attrezzatura, componente o elemento, in ragione principalmente delle tipologie di danno attese e delle condizioni di accessibilità.

#### 4.3.1 Esame visivo della superficie esterna

L'esame visivo della superficie esterna di una attrezzatura a pressione può essere eseguito anche quando l'attrezzatura a pressione è in esercizio, qualora ciò non costituisca impedimento sotto il profilo funzionale (inaccessibilità per organi in movimento o elevate temperature, sicurezza del personale, ecc.).

L'esame visivo deve essere condotto in modo sistematico da una estremità all'altra iniziando per esempio dal basso dell'attrezzatura a pressione per verificarne lo stato di conservazione. Ciò presuppone il controllo:

- a. dell'aspetto del basamento e delle eventuali strutture metalliche protette con conglomerati incombustibili, rilevando possibili cedimenti, sfaldamenti, cricche macroscopiche, bugne e distacchi del conglomerato (con possibili infiltrazioni di umidità e conseguente corrosione delle strutture metalliche portanti);
- b. delle condizioni dei bulloni e staffe di ancoraggio, in particolare nella zona di contatto con la piastra di acciaio per valutare eventuali deformazioni e corrosioni;
- c. delle lamiere costituenti il mantello e i fondi, e in particolare di tutte le saldature, al fine di rilevare la presenza di cricche, corrosioni, erosioni, alterazioni di forma, ecc. Qualora le lamiere e/o i fondi fossero verniciati, si raccomanda di porre particolare attenzione alle macchie di ruggine, rigonfiamenti, bugne, ingobbamenti e sollevamenti dello strato di vernice. Rompendo la bugna e pulendo la superficie metallica sottostante, spesso si evidenzia un attacco corrosivo. I punti in cui è più probabile riscontrare il deterioramento dello strato di vernice sono: le fessure tra parti metalliche imbullonate o comunque accostate, dove si può presentare una corrosione interstiziale, le giunzioni saldate in genere e le zone costantemente umide, come la zona del fondo supportato da gonna;
- d. degli attacchi dei bocchelli (passi d'uomo, passa mano, prese campione, ecc.) e delle tubazioni in ingresso e in uscita del serbatoio. Spesso, le perdite che si verificano sono imputabili alla presenza di cricche nelle saldature dei bocchelli dovute alle elevate tensioni provocate dall'assestamento delle tubazioni di collegamento o dal loro "forzamento" in fase di assemblaggio o dilatazioni termiche differenziali. Qualora risulti evidente la distorsione di un bocchello o di un accoppiamento flangiato è molto probabile la presenza di cricche nei cordoni di saldatura e nell'area circostante il bocchello;
- e. dell'assemblaggio di parti o componenti costituiti da metalli diversi per valutare eventuali effetti dovuti a correnti galvaniche;
- f. di parti o componenti dell'attrezzatura a contatto con il terreno (staffe, selle, ecc.) e suscettibili di essere attraversati da correnti vaganti.

Dal momento che la corrosione costituisce il più diffuso fenomeno di danneggiamento, si raccomanda una particolare attenzione nell'ispezione delle zone dove più probabile è la formazione e il ristagno di condensa. Ciò dovrebbe essere tenuto presente anche quando si esamina la coibentazione. Anche se non sono riscontrabili evidenti segni di deterioramento del rivestimento coibente, ne è consigliabile la rimozione mirata, anche per piccole zone, per accertare le condizioni del metallo sottostante. Qualora il metallo appaia danneggiato è indispensabile rimuovere lo strato coibente per un'area sufficiente a delimitare l'estensione del danneggiamento.

L'entità della corrosione atmosferica sulla superficie esterna è in generale legata alle condizioni ambientali locali, alle condizioni di installazione e di esercizio. La corrosione si manifesta generalmente in zone preferenziali in relazione al tipo e alle caratteristiche funzionali dell'attrezzatura a pressione. Ovviamente il serbatoio è più suscettibile al processo di corrosione se ubicato in zone umide e/o in presenza di vapori con caratteristiche aggressive e se esercito in un *range* di temperatura che può determinare la condensa di vapori sulla sua superficie.

#### 4.3.2 Esame visivo della superficie interna

Anche l'esame visivo della superficie interna deve essere condotto in modo sistematico da una estremità all'altra dell'attrezzatura a pressione per verificare lo stato di conservazione dei seguenti elementi:

- a. saldature del mantello, fondi, bocchelli, staffe e supporti di sostegno degli elementi annessi;
- b. lamiera del mantello, con particolare riguardo alle zone adiacenti i fondi, le linee di ingresso e di uscita, i bocchelli e i pozzetti, e degli eventuali altri elementi presenti;
- c. lamiera dei fondi e dei bocchelli, con particolare riguardo alle zone sotto deposito;
- d. area adiacente all'ingresso del flusso e quella opposta ad esso;
- e. componenti interni (diaframmi, griglie, schermi, piatti d'urto, piastre di compensazione, tubazioni, ecc.);
- f. del rivestimento<sup>3</sup> che alcune attrezzature a pressione possono presentare sulla superficie interna per protezione dal danneggiamento da corrosione e/o erosione (rivestimenti metallici, es.: *coating*, *lining*) o per isolamento termico (es.: rivestimento refrattario).

#### 4.3.3 Esame visivo di saldature

L'esame visivo di giunti saldati costituisce uno degli aspetti di maggiore criticità nell'ambito della fabbricazione delle attrezzature a pressione, componenti o elementi.

L'esame visivo di giunti saldati per fusione è stabilito dalla norma *UNI EN ISO 17637:2011 "Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo di giunti saldati per fusione"*. Una guida sui livelli di qualità delle imperfezioni (*criteri di accettabilità*) è fornita dalla norma *UNI EN 25817:1994 "Giunti saldati ad arco in acciaio - Guida sui livelli di qualità delle imperfezioni"*.

#### 4.4 Interpretazione, classificazione e valutazione delle discontinuità/anomalie

Qualsiasi indicazione rilevata sulla superficie esaminata e riconducibile ad anomalia o discontinuità, deve essere identificata e classificata per tipologia (interpretazione e classificazione) e valutata (individuazione dell'intensità del danneggiamento) in relazione alla sua severità e/o agli specifici criteri di accettabilità o di valutazione.

In Tab. 1 è riportato un elenco non esaustivo delle più tipiche discontinuità e anomalie rilevabili su attrezzature a pressione mediante esame visivo, la corrispondente descrizione, un codice per una sintetica codifica utile alla compilazione del Rapporto di Esame Visivo, e il fattore d'intensità necessario al calcolo del peso  $G_i$  della singola discontinuità, il cui significato viene di seguito meglio illustrato.

<sup>3</sup> Per verificare lo stato di conservazione del rivestimento, con particolare riguardo alle saldature dei bocchelli e di tutti gli altri attacchi (supporti, staffe, ecc.), può essere utile, ad esempio, "picchiettare" con un martello le varie sezioni del rivestimento percependo la diversa risposta sonora a seconda che esso sia correttamente posizionato o danneggiato (cricche, distacco dalla parete dell'attrezzatura a pressione). Nei rivestimenti metallici si possono riscontrare bugne, rigonfiamenti, ingobbature, cricche, scheggiature, ecc.

#### 4.5 Valutazione semi-quantitativa delle discontinuità/anomalie

Al fine di caratterizzare la discontinuità/anomalia rilevata con esame visivo, viene definito un approccio semi-quantitativo di valutazione da applicare successivamente alla sua interpretazione e classificazione.

È comunque d'obbligo premettere che tale approccio di valutazione, pur essendo semplice nella sua enunciazione, è rivolto, per contro, a personale esperto nella materia in quanto la sua applicazione si basa quasi esclusivamente sull'esperienza soggettiva.

L'algoritmo proposto consente una rapida valutazione semi-quantitativa dell'*i-esima* discontinuità/anomalia rilevata sulla superficie esaminata, semmai anche in relazione agli specifici criteri di accettabilità, attraverso il peso  $G_i$ , un valore associabile alla tipologia della discontinuità/anomalia (superficiale o profonda o passante) e alla sua estensione superficiale (puntuale, locale o estesa a tutto il componente), calcolato come segue:

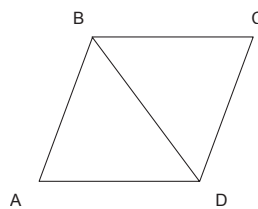
$$G_i = \varepsilon_i \cdot I_i \quad (1)$$

dove  $\varepsilon_i$  è il coefficiente di estensione della discontinuità/anomalia, dato dal rapporto fra la superficie affetta dal meccanismo di danno considerato e la superficie complessiva del componente interessato (fasciame, fondo, bocchello, ecc.) e  $I_i$  è il relativo fattore d'intensità, da intendersi come un indice di severità ai fini dell'esercizio in sicurezza dell'attrezzatura, componente o elemento a pressione in relazione alla sua possibile evoluzione nel tempo.

Nel calcolo del coefficiente di estensione  $\varepsilon_i$ , occorre considerare non tanto le superfici delle singole discontinuità/anomalie, quanto l'area del poligono che racchiude la superficie interessata<sup>4</sup> dal fenomeno di danneggiamento considerato e rapportata alla superficie complessiva del componente interessato (fasciame, fondo, bocchello, ecc.).

<sup>4</sup> Per il calcolo dell'area di un poligono, si possono utilizzare diversi metodi. A titolo di esempio si cita il seguente (criterio di Erone): dato il poligono ABCD, l'area totale  $S$  del poligono è uguale alla somma delle aree dei triangoli in cui è stato suddiviso.

Esempio:



$$S_{ABCD} = S_{ABD} + S_{BCD}$$

Note le lunghezze dei lati, le aree dei triangoli possono essere calcolate con formula di Erone:

$$S_{ABD} = \sqrt{p_{ABD} \times (p_{ABD} - \overline{AB}) \times (p_{ABD} - \overline{BD}) \times (p_{ABD} - \overline{DA})}$$

Dove  $p_{ABD}$  è il semiperimetro del triangolo ABD:

$$p_{ABD} = \frac{(\overline{AB} + \overline{BD} + \overline{DA})}{2}$$

Analogamente:

$$S_{BCD} = \sqrt{p_{BCD} \times (p_{BCD} - \overline{BC}) \times (p_{BCD} - \overline{CD}) \times (p_{BCD} - \overline{DB})}$$

Dove  $p_{BCD}$  è il semiperimetro del triangolo BCD:

$$p_{BCD} = \frac{(\overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DB})}{2}$$

Si precisa che, nel caso di discontinuità puntuali non valutabili in termini di superficie (es.: cricche) o che possono potenzialmente interessare l'intero spessore (es. *pitting*), il valore del coefficiente di estensione è assunto convenzionalmente pari ad 1.

#### 4.6 Valutazione globale dell'esame visivo e relativa classificazione del livello di danneggiamento dell'attrezzatura a pressione

Il giudizio conclusivo dell'esame visivo è espresso tramite il Parametro Indicativo delle Discontinuità ( $PID_{EV}$ ) specifico per una data attrezzatura a pressione. Il  $PID_{EV}$  rappresenta la valutazione complessiva semi-quantitativa delle discontinuità/anomalie rilevate sull'attrezzatura dall'esame visivo. È calcolato semplicemente come somma dei pesi ( $G_i$ ) delle discontinuità/anomalie rilevate, assumendo quindi la forma:

$$PID_{EV} = \sum_{1}^{n} G_i \quad (2)$$

A valle del calcolo del Parametro Indicativo delle Discontinuità ( $PID_{EV}$ ), occorre effettuare una valutazione articolata in livelli di danneggiamento dell'attrezzatura a pressione al fine di orientare il percorso delle successive azioni.

In tal senso si individuano più livelli di danneggiamento con grado di severità crescente:

##### **Livello di danneggiamento 0: non sono rilevate discontinuità/anomalie**

- $PID_{EV} = 0$  L'esame visivo non evidenzia discontinuità/anomalie.

##### **Livello di danneggiamento 1: non si richiedono interventi nell'immediato**

- $0 < PID_{EV} \leq 1$  L'attrezzatura a pressione presenta discontinuità/anomalie dalle caratteristiche tali da non evolvere, presumibilmente, verso condizioni di rischio significativo fino alla successiva verifica programmata. È comunque obbligatoria la registrazione delle discontinuità/anomalie rilevate.

##### **Livello di danneggiamento 2: si richiedono interventi nell'immediato**

- $1 < PID_{EV} < 2$  L'attrezzatura a pressione presenta discontinuità/anomalie che possono evolvere verso condizioni di rischio non trascurabili che richiedono interventi nell'immediato. Se ritenuto necessario, oltre al successivo controllo spessimetrico, possono essere richiesti ulteriori controlli e accertamenti integrativi con altri metodi PND, così come una osservazione più sistematica dell'attrezzatura a pressione fino, per alcuni casi, al monitoraggio.

##### **Livello di danneggiamento 3: si richiede l'arresto dell'attrezzatura**

- $PID_{EV} \geq 2$  L'attrezzatura a pressione presenta discontinuità/anomalie di rilevanza tale da imporre il fermo e l'attuazione di iniziative immediate di crescente attenzione:
  - esecuzione di ulteriori controlli e accertamenti integrativi con altri metodi PND,
  - riparazione o dismissione.

Codice	Tipologia	Breve descrizione	Fattore di intensità I <sub>i</sub>
1	Abrasione	Danneggiamento della superficie per asportazione meccanica di particelle metalliche.	1
2	Alterazione di forma	Variazione geometrica della forma del componente a seguito di deformazione plastica generalizzata.	3
3	Ammaccatura <sup>5</sup>	Depressione accidentale della superficie a seguito di deformazione plastica localizzata.	2
4	Arrugginimento	Ossidazione superficiale del metallo (presenza di ruggine).	1
5	Assottigliamento <sup>6</sup>	Riduzione di spessore locale o diffuso.	3
6	Bolla, vescichetta, bugne (Blister)	Sollevamento locale di uno strato di metallo con formazione in superficie di una protuberanza sotto la quale è rilevabile una cavità. Può essere causato da fenomeni di assorbimento e diffusione di idrogeno.	3
7	Chiazzeria	Macchiettatura che compare dopo un'operazione di finitura o pulizia con agenti chimici.	1
8	Chiazze da decapaggio, macchie di decapaggio	Zone nelle quali il decapaggio è risultato incompleto.	1
9	Cratere di corrosione	Cavità la cui profondità risulti del medesimo ordine di grandezza delle sue dimensioni trasversali.	3
10	Cricca affiorante	Discontinuità prodotta da un cedimento locale della matrice metallica che si manifesta con una sottile linea di frattura sulla superficie.	3
11	Filature, venature	Piccoli solchi longitudinali e sottili sulla superficie metallica.	1
12	Incrostazioni	Depositi di vario tipo che aderiscono alle superfici.	1
13	Macchie o imbrattamenti	Macchie o sporcizia che ostacolano l'esame visivo.	1
14	Morchie	Impurità colloidali tipicamente oleose.	1
15	Pitting	Corrosione localizzata che può portare a perforazioni.	3
16	Pustola o Tubercolo	Accumulo di aspetto tondeggiante sulla superficie del materiale metallico di precipitati (ossidi) dovuti alla corrosione.	2
17	Rigonfiamento	Deformazione plastica locale dovuta all'azione di pressioni di prova o di esercizio (ad es. cedimento localizzato del mantello o dei fondi di un serbatoio o di tubazioni).	3
18	Rugosità	Stato della superficie presentante lievi depressioni e sporgenze di varia forma e dimensioni originate da cause diverse.	1
19	Sfogliatura	Distacco di frammenti dalla superficie, a volte accompagnati da corrosione degli strati superficiali.	3
20	Trafilamento	Fuoriuscita, perdita di fluido.	3
21	Ulcera di corrosione	Cavità prodotta dalla corrosione sulla superficie del materiale metallico, qualora la profondità della cavità stessa sia piccola in confronto alle rilevanti dimensioni trasversali.	2
22	Vaiolature	Tipo di corrosione localizzata che provoca cavità superficiali a forma di calotte sferiche	3

Tab. 1 Elenco, non esaustivo, delle discontinuità e delle anomalie codificate per tipologia, con relativo valore del fattore di intensità.

<sup>5</sup> Vengono considerate ammaccature significative, quindi con fattore di intensità I uguale a 3, quelle potenzialmente in grado di compromettere la stabilità dell'attrezzatura a pressione. Tra queste sono sicuramente annoverate:

- le ammaccature prossime al cordone di saldatura, intendendosi per tali quelle che abbiano il bordo entro 5 cm di distanza dal cordone stesso;
- le ammaccature che abbiano notevole profondità rispetto alla loro superficie e che presentino bordi a curvatura pronunciata od a spigolo vivo, in modo tale da far presumere che si siano formati cretti o, quanto meno, che l'incrudimento localizzato del materiale possa dar luogo a fenomeni di invecchiamento. Altre ammaccature di minima entità possono essere invece trascurate, anche se a discapito dell'aspetto estetico dell'attrezzatura a pressione, purché siano poco profonde, con bordi arrotondati, e non si trovino in prossimità dei cordoni di saldatura.

<sup>6</sup> Questa tipologia di discontinuità si accompagna, di norma, a tutte le discontinuità derivanti da fenomeni di corrosione/erosione. Pertanto nel calcolo del Parametro Indicativo delle Discontinuità (PID<sub>EV</sub>), si deve tener conto della discontinuità che l'ha originata e quindi contestualmente fare una doppia valutazione, la prima con fattore di intensità I caratteristico della discontinuità che ne è la causa (ad es. abrasione, arrugginimento, rugosità) e la seconda con fattore di intensità I = 3 relativo all'assottigliamento ad essa associato.

#### 4.7 Rapporto di Esame Visivo

Il modello del rapporto di esame visivo viene riportato nell'Appendice A.

A corredo dello stesso è raccomandata la registrazione delle discontinuità/anomalie più significative mediante la raccolta di documentazione grafica (disegni, schizzi o schemi) o di immagini fotografiche o video o di altro tipo, per garantire l'archiviazione dei risultati o dei dati anche per una successiva consultazione in fase di analisi comparativa.

## 5 Controllo Spessimetrico

### 5.1 Generalità

Le considerazioni che seguono pur avendo valenza di carattere generale sono riferite, per semplicità, ad un'attrezzatura a pressione di geometria elementare (serbatoio). Il controllo spessimetrico consente in via rapida, efficace e facilmente ripetibile, la misura, in uno specifico punto, dello spessore del serbatoio in direzione radiale.

I principi della misura di spessori per contatto diretto di materiali metallici e non-metallici basata sulla rilevazione del tempo di volo di impulsi ad ultrasuoni vengono definiti nella norma *UNI EN 14127:2011 – “Prove Non Distruttive – Misurazione dello spessore mediante ultrasuoni”*.

### 5.2 Rintracciabilità

Per ogni singolo componente selezionato, i rilievi di spessore dovrebbero essere effettuati in corrispondenza di zone o punti ben identificabili e rintracciabili per successivi rilievi a fini comparativi.

### 5.3 Approccio alla misura

#### 5.3.1 *Maglia base e reticolo*

Per reticolo si intende la sequenza ordinata e strutturata di una “maglia base”, le cui distanze orizzontali e verticali dei vertici, detti “nodi”, determinano rispettivamente, con riferimento alla fig. 2, il passo orizzontale  $p_o$  e verticale  $p_v$ .

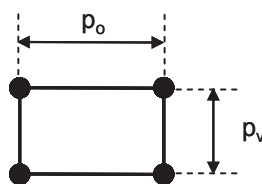


Fig. 2 – Maglia base

Un esempio di reticolo viene di seguito fornito in fig. 3 dove  $n_{i,j}$  è il generico nodo di riga “i” e di colonna “j”, ed M ed N sono rispettivamente il numero di righe e di colonne che formano il reticolo.



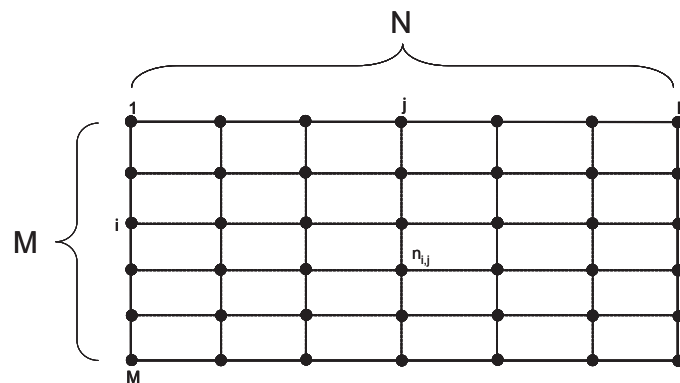


Fig. 3 –Reticolo

### 5.3.2 Punti di misura per controllo spessimetrico

Il controllo spessimetrico di un'attrezzatura a pressione deve essere sempre inteso a reticolo e deve essere condotto sull'intera membratura dell'attrezzatura a pressione (mantello e fondi).

I nodi del reticolo individuano i punti di misura da considerare ai fini del controllo spessimetrico.

Il numero delle M righe e delle N colonne costituenti il reticolo e le relative distanze sono fissati in relazione alle finalità del controllo e allo stato della superficie (ove la maglia può avere un passo minore).

Per semplicità riferendosi ad un serbatoio costituito, indipendentemente dalla tipologia di installazione prevista (orizzontale o verticale), da un mantello (fasciame) e due fondi, il reticolo idealmente costruito sull'intera superficie appare come mostrato in fig. 4.

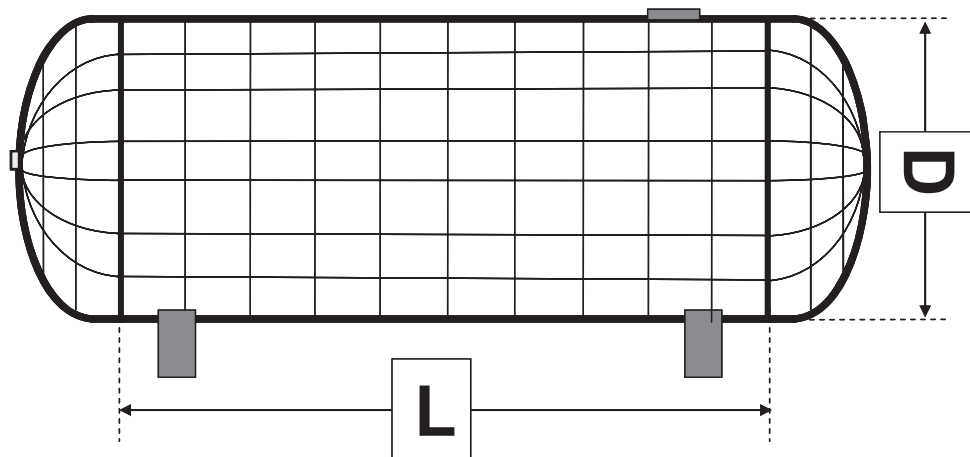


Fig. 4 – Reticolo su serbatoio

Il reticolo del mantello e dei fondi deve essere creato rispettando criteri di simmetria. Un esempio di reticolo costruito sul mantello è dato in fig. 5 e fig. 6, mentre per i fondi in fig. 7, ove:

- L lunghezza del mantello
- D diametro del mantello e massimo dei fondi
- A arco circonferenziale
- PF lunghezza della generatrice del fondo (percorso massimo)

Pertanto un generico nodo appartenente al mantello è identificato univocamente da una ascissa  $x$  e da una ordinata  $y$  riferite ad un sistema di riferimento cartesiano, vedi fig. 6, nel quale:

- l'asse  $X$  coincide con una generatrice longitudinale (es. generatrice ad ore 12 di massima quota per i serbatoi orizzontali o in corrispondenza della saldatura longitudinale), assumendo valori nell'intervallo  $0 \leq x \leq L$ ;
- l'asse  $Y$  coincide con la saldatura circonferenziale di uno dei due fondi; il suo verso positivo è assunto coincidente col senso orario attorno all'asse di simmetria che dal fondo entra nel serbatoio (ovvero con verso coincidente con quello dell'asse  $X$ ), ed assume valori nell'intervallo  $-\pi D/2 \leq y \leq \pi D/2$ .

È discrezionale assumere la saldatura circonferenziale sulla quale posizionare l'origine, purché venga specificato nel Rapporto di Prova in modo che non esista ambiguità interpretativa in successivi possibili riscontri.

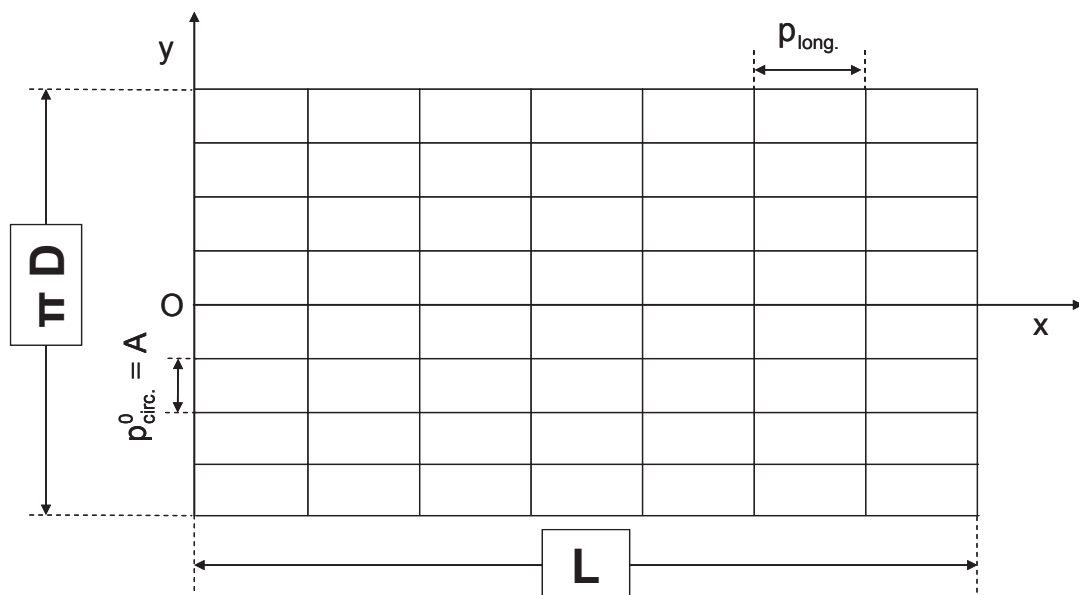


Fig. 5 – Reticolo sul mantello

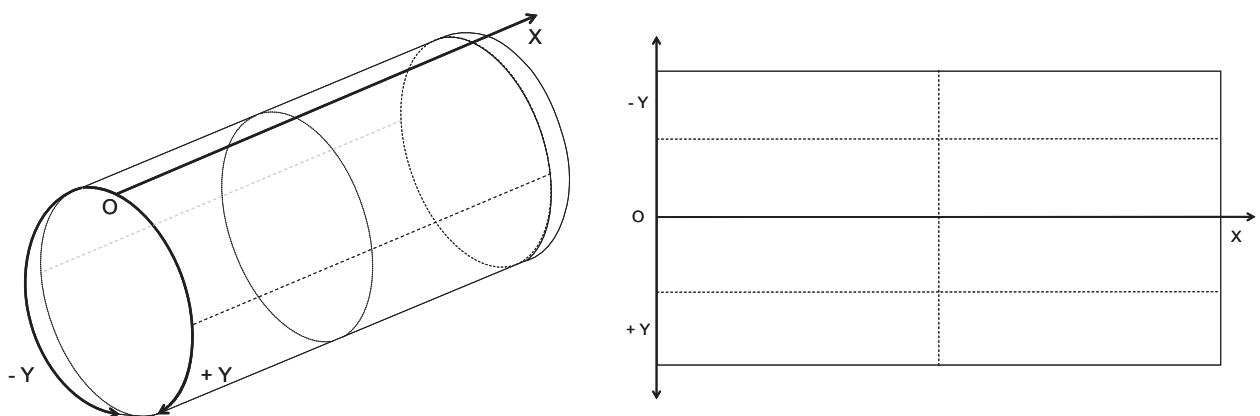


Fig. 6 – Sistema di riferimento assunto per la caratterizzazione dei nodi del mantello.



Nei fondi, invece, un generico nodo è identificato univocamente da una coordinata radiale  $\rho$  con origine corrispondente al vertice del fondo e una coordinata 'angolare', espressa in termini di lunghezza e corrispondente all'ordinata  $y$  sulla saldatura circonferenziale, che individua univocamente la semi-generatrice del fondo su cui il nodo si trova.

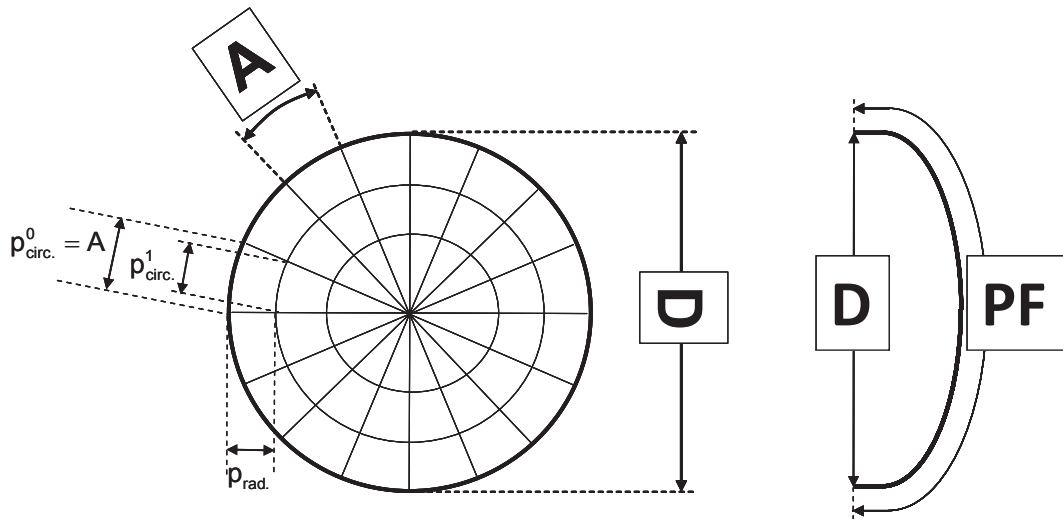


Fig. 7 – Reticolo sul fondo

**5.3.3 Dimensioni massime ammissibili della maglia base**

Il reticolo di misura deve coprire l'intera superficie del serbatoio, includendo il mantello e i due fondi.

Le dimensioni massime ammissibili della maglia base costituente il reticolo sono forniti in Tab. 2 per il mantello e in Tab. 3 per i fondi, ove viene assunta la seguente simbologia:

- $p_{long.}$  passo longitudinale,
- $p_{circ.}^0$  passo circonferenziale,
- $p_{rad.}$  passo radiale.

Mantello			
Dimensioni massime della maglia base			
Condizione	$p_{long.}$ [mm]	Condizione	$p_{circ.}^0$ [mm]
$L \leq 1000$ mm	$L / 4$	$\pi D \leq 1000$ mm	$\pi D / 4$
$1000 < L \leq 1500$ mm	$L / 5$	$1000 < \pi D \leq 1500$ mm	$\pi D / 5$
$1500 < L \leq 3000$ mm	$L / 6$	$1500 < \pi D \leq 3000$ mm	$\pi D / 6$
$L > 3000$ mm	$L / n^7$	$\pi D > 3000$ mm	$\pi D / m^8$

Tab. 2 – Valori massimi ammissibili della maglia base per il mantello.

<sup>7</sup> Ove  $n = N-1$  è il minimo intero che verifica la condizione  $p_{long.} \leq 500$  mm

<sup>8</sup> Ove  $m = M-1$  è il minimo intero che verifica la condizione  $p_{circ.} \leq 500$  mm

Fondi		
Dimensioni massime della maglia base		
Condizione	$p_{rad.}$ [mm]	$p_{circ.}$ [mm]
$D \leq 600$ mm	PF / 2	fissato conseguentemente <sup>9</sup>
$600 < D \leq 2000$ mm	PF / 4	fissato conseguentemente <sup>9</sup>
$D > 2000$ mm	PF / $k^{10}$	fissato conseguentemente <sup>9</sup>

Tab. 3 – Valori massimi ammissibili della maglia base per i fondi.

#### 5.3.4 Criteri di carattere generale per il dimensionamento della maglia base

L'approccio sopra illustrato concerne una misura spessimetrica per una generica attrezzatura a pressione di geometria elementare. Più in generale è evidente che qualora la geometria, l'accessibilità alla membratura e la specificità dei meccanismi di danneggiamento, noti e/o prevedibili, condizionassero scelte diverse riguardo il dimensionamento della maglia base e del reticolo, è raccomandato assumere scelte più rigorose per il controllo, quali ad esempio:

- maglia base ridotta nelle dimensioni nelle zone di evidente o presunta maggiore criticità;
- estensione del controllo nelle aree dell'attrezzatura connotate da singolarità o variazioni geometriche, strutturali o costruttive, che possono causare concentrazione degli sforzi, e suscettibili di accumulo di condensa (es. in prossimità dei supporti o delle selle, di variazioni di geometria, ecc.);
- procedere, qualora tecnicamente possibile, ad una acquisizione B-scan dello spessore lungo alcune generatrici di presumibile maggiore interesse (es. corrosione per aerazione differenziale dovuta ad accumulo di condensa).

#### 5.4 Criteri di accettabilità

Al fine di valutare gli spessori minimi di riferimento delle membrature dei singoli componenti (es. mantello e fondi) dell'attrezzatura a pressione, per poi confrontarli con i rispettivi valori limite ( $s_{0,eff.}^M$ ,  $s_{0,eff.}^{F1}$ ,  $s_{0,eff.}^{F2}$ ), il controllo spessimetrico a reticolo considera due distinti criteri di accettabilità:

- a. per confronto diretto (metodo deterministico);
- b. per confronto combinato (metodo statistico).

##### 5.4.1 Selezione del criterio di accettabilità

La selezione del criterio di accettabilità può essere condotta secondo le indicazioni riportate in Tab. 4 in ragione dell'accessibilità alle membrature dell'attrezzatura a pressione o del passo della maglia del reticolo assunta per la misura degli spessori. Una volta scelto il criterio si applicherà al singolo componente (es. mantello, fondo 1, fondo 2).

<sup>9</sup> Si osservi che, per i fondi, la maglia assume configurazione trapezoidale o addirittura triangolare convergendo verso il centro. Pertanto le indicazioni per  $p_{circ.}$  sono le seguenti: sulla circonferenza massima (indice "0" in corrispondenza della saldatura circonferenziale) si assuma come valore del passo circonferenziale  $p_{circ.}^0 = A$  (essendo  $A$  la lunghezza dell'arco indicato in fig. 5 e pari al valore  $p_{circ.}^0$  indicato in Tab. 2), mentre per le circonferenze concentriche via via più piccole si assumano archi circonferenziali  $p_{circ.}^i$  delimitati dallo stesso settore individuato da  $A$ .

<sup>10</sup> Ove  $k$  è il minimo intero pari che verifica la condizione  $p_{rad.} \leq 500$  [mm]

critério per confronto diretto	critério per confronto combinato
rilievi spessimetrici eseguibili sulla membratura del singolo componente con accessibilità totale per l'esecuzione della misura	1. rilievi spessimetrici eseguibili sulla membratura del singolo componente con accessibilità limitata o parziale per l'esecuzione della misura (es. coibentazione, ingombri, impedimenti, ecc.) <sup>11</sup>
	2. maglia del reticolo con passo maggiore di quello indicato in Tab. 2 e Tab. 3 anche se la membratura del singolo componente è totalmente accessibile per l'esecuzione della misura

Tab. 4 – Condizioni per la selezione del criterio di accettabilità.

Qualunque sia il criterio di accettabilità adottato, la sua applicabilità implica la conoscenza del valore dello spessore minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  introdotto nell'Appendice D.

#### 5.4.2 Criterio di accettabilità per confronto diretto (metodo deterministico)

Questo criterio implica il confronto dello spessore minimo misurato  $s_{min}$  delle misure di spessore  $s_{i,j}$  condotte per ogni singolo nodo  $n_{i,j}$  del reticolo con quello assunto come minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$ .

Posto

$$s_{min} = \min [s_{i,j}] \quad (3)$$

l'esito del controllo spessimetrico è positivo quando è verificata la condizione:

$$s_{min} \geq s_{0,eff} \quad (4)$$

Qualora lo spessore minimo misurato  $s_{min}$  è tale che si verifichi la seguente condizione:

$$s_0 \leq s_{min} < s_{0,eff} \quad (5)$$

occorre valutare se:

- rideterminare il periodo entro il quale effettuare la successiva verifica di riquilificazione periodica d'integrità, onde mantenere l'attrezzatura nella stessa sezione d'impianto alle consuete pressioni e temperature di esercizio previste in fase di progettazione;
- effettuare un intervento di riparazione per ripristinare lo spessore delle lamiere dell'attrezzatura o dei rivestimenti interni a valori almeno pari ad  $s_{0,eff}$  al fine di mantenere inalterato l'intervallo di tempo di successiva verifica previsto dalla

<sup>11</sup> Si sottolinea che l'applicazione del criterio per confronto combinato nel caso di accessibilità limitata o parziale è indipendente dalla prova di pressione che deve essere comunque eseguita quando ricorrono le condizioni di non completa ispezionabilità dell'attrezzatura a pressione di cui ai commi 4, 5 e 6 dell'art. 12 del D.M. n. 329/2004.

- legislazione e di utilizzarla alle consuete pressioni e temperature di esercizio previste in fase di progettazione;
- declassare l'attrezzatura e impiegarla in sezioni d'impianto o processi con nuovi fluidi e/o valori di pressione e temperatura di esercizio inferiori a quelle previste in fase di progettazione. In tal caso, potendo l'attrezzatura diminuire la propria categoria, deve essere rideterminato accuratamente l'intervallo di tempo di successiva verifica previsto dalla legislazione
  - dismettere l'attrezzatura.

Nel caso in cui  $s_{\min} < s_0$  occorre valutare se riparare, declassare o dismettere l'attrezzatura.

Le relazioni (3), (4) e (5) devono essere applicate ad ogni singolo componente (es. mantello e fondi) dell'attrezzatura. Pertanto, la valutazione globale si estrapola dalla combinazione logica dei giudizi ottenuti per i singoli componenti.

#### 5.4.3 Criterio di accettabilità per confronto combinato (metodo statistico)

Questo criterio implica un primo confronto tra lo spessore minimo misurato  $s_{\min}$  in corrispondenza di tutti i nodi accessibili del reticolo e quello minimo statistico  $s_{st}$ , ottenuto da una valutazione statistica delle misure di spessore condotta su tali nodi, per determinare lo spessore minimo convenzionale  $s_c$  [vedi relazione (8)].

Successivamente si confronta lo spessore minimo convenzionale  $s_c$  con quello assunto come minimo ammissibile di efficienza  $s_{0, \text{eff}}$  [vedi relazione (9)].

Per lo spessore minimo  $s_{\min}$  vale la relazione (3) su definita.

Il calcolo dello spessore minimo statistico  $s_{st}$  richiede la conoscenza di alcune grandezze tipicamente utilizzate in ambito statistico indicate in Tab. 5.

Simbolo e/o relazioni di calcolo	Definizione
$M \times N$	numero dei punti di misura totali del reticolo
$s_{i,j}$	spessore del (i,j)-esimo punto di misura accessibile
$s_m = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum \sum s_{i,j}$	media: valore medio degli M x N spessori misurati
$\sigma = \left[ \frac{\sum \sum (s_m - s_{i,j})^2}{(M \times N) - 1} \right]^{0.5}$	deviazione standard : deviazione standard degli M x N spessori misurati
$t_{\alpha/2, \nu}$	valore della funzione t di Student per un livello di confidenza $1 - \alpha$ e un numero di gradi di libertà $\nu$
$\nu = (M \times N) - 1$	Numero di gradi di libertà
$1 - \alpha$	livello di confidenza ovvero probabilità con la quale sarà possibile dichiarare il rispetto del criterio ( <i>per esprimere il livello di confidenza in percentuale moltiplicare per 100</i> )

Tab. 5 – Variabili utili per il criterio di accettabilità per confronto combinato.

Per attrezzature a pressione contenenti fluidi del Gruppo 1, lo spessore minimo statistico  $s_{st}$  si calcola assumendo un livello di confidenza pari al 99,9%, ottenendo:

$$s_{st;99,9\%} = s_m - (t_{0.0005,v} \cdot \sigma) \quad (6)$$

Per attrezzature a pressione contenenti fluidi del Gruppo 2 lo spessore minimo statistico  $s_{st}$  si calcola assumendo un livello di confidenza pari al 95%, ottenendo:

$$s_{st;95\%} = s_m - (t_{0.025,v} \cdot \sigma) \quad (7)$$

I valori della funzione di distribuzione t di Student per i livelli di confidenza 99,9 % ( $t_{0.0005,v}$ ) e 95 % ( $t_{0.025,v}$ ) sono riportati nella Tab. 6.

v	$t_{0.0005,v}$	$t_{0.025,v}$	v	$t_{0.0005,v}$	$t_{0.025,v}$	v	$t_{0.0005,v}$	$t_{0.025,v}$
1	636,62	12,71	13	4,22	2,16	70	3,44	1,99
2	31,60	4,30	14	4,14	2,14	80	3,42	1,99
3	12,92	3,18	15	4,07	2,13	90	3,40	1,99
4	8,61	2,78	16	4,01	2,12	100	3,39	1,98
5	6,87	2,57	17	3,97	2,11	150	3,36	1,98
6	5,96	2,45	18	3,92	2,10	200	3,34	1,97
7	5,41	2,36	19	3,88	2,09	250	3,33	1,97
8	5,04	2,31	20	3,85	2,09	300	3,32	1,97
9	4,78	2,26	30	3,65	2,04	400	3,32	1,97
10	4,59	2,23	40	3,55	2,02	500	3,31	1,96
11	4,44	2,20	50	3,50	2,01	1000	3,30	1,96
12	4,32	2,18	60	3,46	2,00	2000	3,30	1,96

Tab. 6 – Valori della funzione di distribuzione t di Student da utilizzare nelle posizioni (6) e (7).

Una volta noto lo spessore minimo statistico  $s_{st}$ , si desume lo spessore minimo convenzionale  $s_c$  come:

$$s_c = \min(s_{min}; s_{st}) \quad (8)$$

Affinché l'esito del controllo spessimetrico sia positivo, deve essere verificata la condizione:

$$s_c \geq s_{0,eff} \quad (9)$$

Qualora lo spessore *minimo statistico*  $s_{st}$  è tale che si verifichi la seguente condizione:

$$s_0 \leq s_c < s_{0,eff} \quad (10)$$

occorre valutare, analogamente a quanto descritto per il *Criterio di accettabilità per confronto diretto*, se:

- rideterminare il periodo entro il quale effettuare la successiva verifica di riqualificazione periodica d'integrità;
- effettuare un intervento di riparazione;
- declassare l'attrezzatura;
- dismettere l'attrezzatura.

Nel caso in cui  $s_c < s_0$  occorre valutare se riparare, declassare o dismettere l'attrezzatura.

Le relazioni (8), (9) e (10) devono essere applicate ad ogni singolo componente (es. mantello e fondi) dell'attrezzatura. Pertanto, la valutazione globale si estrapola dalla combinazione logica dei giudizi risultanti dai singoli componenti.

### 5.5 Valutazione globale dell'attrezzatura a pressione

Supponendo, per ipotesi, che l'attrezzatura sia costituita soltanto dal mantello e dai fondi, la valutazione globale deve considerare gli esiti dei controlli spessimetrici sui singoli componenti.

#### 5.5.1 Esito positivo della verifica spessimetrica ai fini dell'ulteriore esercibilità dell'attrezzatura a pressione

L'esito positivo della verifica spessimetrica implica che sia soddisfatta la seguente condizione<sup>12</sup>:

$$(s_{\min}^M; s_c^M) \geq s_{0,\text{eff}}^M \cap (s_{\min}^{F1}; s_c^{F1}) \geq s_{0,\text{eff}}^{F1} \cap (s_{\min}^{F2}; s_c^{F2}) \geq s_{0,\text{eff}}^{F2} \quad (11)$$

L'attrezzatura a pressione, ferme restando positive tutte le altre verifiche (eventuale prova di pressione e/o ulteriori CND), può essere esercita per il periodo previsto dalla legislazione per la successiva verifica di integrità.

#### 5.5.2 Esito negativo della verifica spessimetrica ai fini dell'ulteriore esercibilità dell'attrezzatura a pressione

L'esito negativo della verifica spessimetrica implica che sia soddisfatta almeno una delle seguente condizione<sup>13</sup>:

$$(s_{\min}^M; s_c^M) < s_0^M \cup (s_{\min}^{F1}; s_c^{F1}) < s_0^{F1} \cup (s_{\min}^{F2}; s_c^{F2}) < s_0^{F2} \quad (12)$$

L'attrezzatura a pressione non può essere esercita nella sezione di impianto con le pressioni, temperature e fluidi fino al momento presenti.

Occorre di conseguenza valutare l'opportunità di un intervento di riparazione, declassamento o dismissione.

#### 5.5.3 Caso da valutare

Nell'evenienza che per almeno uno dei componenti sia soddisfatta la seguente condizione:

$$s_0^{M,F1,F2} \leq (s_{\min}^{M,F1,F2}; s_c^{M,F1,F2}) < s_{0,\text{eff}}^{M,F1,F2} \quad (13)$$

<sup>12</sup> Con il simbolo  $\cap$  si intende l'operatore logico "and".

<sup>13</sup> Con il simbolo  $\cup$  si intende l'operatore logico "or".

occorre rideterminare il periodo entro il quale effettuare la successiva verifica di riqualificazione periodica d'integrità, ovvero, qualora si voglia inalterato l'intervallo di tempo di successiva verifica previsto dalla legislazione, effettuare un intervento di riparazione per ripristinare lo spessore a valori almeno pari ad  $s_{0,eff}$  o declassarla.

### 5.6 Rapporto del controllo spessimetrico

Il modello del rapporto del controllo spessimetrico viene riportato nell'Appendice B.

## **6 Approccio sperimentale alla verifica delle attrezzature a pressione**

L'approccio valutativo semiquantitativo nell'esame visivo e quello statistico nella spessimetria permette di operare verifiche di integrità delle attrezzature a pressione in modo innovativo rispetto alla applicazione tradizionale di tali prove non distruttive. Modalità innovative perché nell'esame visivo si perviene ad una quantificazione del danneggiamento globale dell'attrezzatura e quindi ad una maggiore oggettività dei risultati e nella spessimetria si perviene a giudizi pienamente validi anche nei casi di attrezzatura parzialmente accessibile.

Questi approcci innovativi vengono qui di seguito implementati in una procedura sperimentale di verifica di integrità di cui periodicamente necessitano le attrezzature a pressione.

Si ricorda che la procedura si applica alle verifiche di integrità per attrezzature a pressione non a focolare e non soggette a scorrimento viscoso dei materiali.

Prima di presentare le fasi esecutive della procedura sperimentale di verifica di integrità per le attrezzature a pressione, si ripercorrono le fasi salienti della valutazione dello stato di conservazione e della valutazione dello stato di efficienza, di cui la verifica di integrità, come disposta dal D.M. n. 329/2004, ne costituisce la sintesi.

### 6.1 Valutazione dello stato di conservazione

La valutazione dello stato di conservazione è il giudizio sulle condizioni fisiche strutturali in cui l'attrezzatura a pressione si trova rispetto alla sua stabilità strutturale a  $PS$  e  $TS_{max} / TS_{min}$ .

La valutazione dello stato di conservazione si compone delle seguenti fasi:

- 6.1.1) esame visivo delle membrature e relativa valutazione del Parametro Indicativo delle Discontinuità ( $PID_{EV}$ ) (sezione 4);
- 6.1.2) conoscenza dello spessore minimo ammissibile  $s_0$  reperibile dalla documentazione in dotazione all'attrezzatura a pressione (per esempio: dai disegni/schemi di fabbricazione allegati al libretto ISPEL o alla dichiarazione di conformità CE dell'attrezzatura a pressione), ovvero sua valutazione;
- 6.1.3) controllo spessimetrico e relativa valutazione dello spessore minimo misurato  $s_{min}$  o minimo convenzionale  $s_c$  (sezione 5);
- 6.1.4) eventuale prova di pressione con liquido o gas (aria o gas inerte) delle camere dell'attrezzatura a pressione non ispezionabili;
- 6.1.5) eventuali ulteriori CND ritenuti necessari.

### 6.2 Valutazione dello stato di efficienza

La valutazione dello stato di efficienza è il giudizio, basato sulla valutazione dello stato di conservazione e in relazione all'azione evolutiva dei meccanismi di danno noti e prevedibili



in funzione del tempo, sull'idoneità o meno all'esercizio in sicurezza dell'attrezzatura a pressione fino alla successiva verifica d'integrità.

La valutazione dello stato di efficienza si compone delle seguenti fasi:

- 6.2.1) individuazione del meccanismo di danno di corrosione/erosione come noto o prevedibile. Questa fase è finalizzata al riconoscimento del degrado strutturale dell'attrezzatura a pressione per effetto della presenza dell'azione corrosiva/erosiva (Appendice D) del fluido contenuto e/o dell'azione corrosiva/erosiva dovuta a fattori esterni (agenti ambientali, coibentazione, supporti, staffaggi, ecc.).
- 6.2.2) calcolo dello spessore minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  (Appendice D);
- 6.2.3) confronto tra lo spessore minimo misurato  $s_{min}$  o lo spessore minimo convenzionale  $s_c$  e lo quello minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  (Appendice D);
- 6.2.4) accertamento dell'idoneità all'impiego in sicurezza dell'attrezzatura a pressione per l'intervallo di tempo massimo previsto dalla normativa vigente;
- 6.2.5) eventuale declassamento dell'attrezzatura a pressione (Appendice E);
- 6.2.6) eventuale determinazione di un nuovo intervallo di tempo inferiore rispetto a quello previsto dalla normativa vigente per la successiva verifica d'integrità (Appendice F).

### 6.3 Procedura sperimentale di verifica di integrità: Fasi esecutive

Il flusso logico delle fasi necessarie a svolgere la verifica d'integrità viene illustrato in fig. 8.

La loro articolazione può essere così sinteticamente definita:

- 6.3.1) analisi storica di funzionamento dell'attrezzatura anche attraverso la lettura del libretto delle verifiche;
- 6.3.2) verifica dell'accessibilità completa dell'attrezzatura a pressione dall'esterno e dall'interno;
- 6.3.3) se l'attrezzatura è parzialmente accessibile, prova di pressione con liquido o, in caso di necessità e previa predisposizione da parte dell'utente di opportuni provvedimenti di cautela previsti dalla legislazione vigente, con gas (aria o gas inerte) delle camere dell'attrezzatura a pressione non ispezionabili;
- 6.3.4) esame visivo delle membrature e relativa valutazione del Parametro Indicativo delle Discontinuità ( $PID_{EV}$ ) (sezione 4);
- 6.3.5) eventuale esecuzione di ulteriori CND integrativi;
- 6.3.6) acquisizione dello spessore minimo ammissibile  $s_0$  dalla documentazione (per esempio: dai disegni/schemi di fabbricazione allegati al libretto ISPEL o alla dichiarazione di conformità CE dell'attrezzatura a pressione);
- 6.3.7) individuazione del meccanismo di danno di corrosione come noto o prevedibile. In tal caso, valutazione della velocità di corrosione  $v_{rc}$  (Appendice D);
- 6.3.8) calcolo dello spessore minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  (Appendice D);
- 6.3.9) controllo spessimetrico e relativa valutazione dello spessore minimo misurato  $s_{min}$  o minimo convenzionale  $s_c$  (sezione 5);
- 6.3.10) confronto tra lo spessore minimo misurato  $s_{min}$  o minimo convenzionale  $s_c$  e lo spessore minimo ammissibile  $s_0$  o minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  (sezione 5);
- 6.3.11) accertamento dell'idoneità all'impiego in sicurezza dell'attrezzatura a pressione per l'intervallo di tempo massimo previsto dalla legislazione vigente;
- 6.3.12) eventuale declassamento dell'attrezzatura a pressione (Appendice E);
- 6.3.13) eventuale determinazione di un nuovo intervallo di tempo inferiore rispetto a quello previsto dalla normativa vigente per la successiva riqualificazione periodica di integrità (Appendice F);
- 6.3.14) eventuale arresto e riparazione, oppure dismissione.



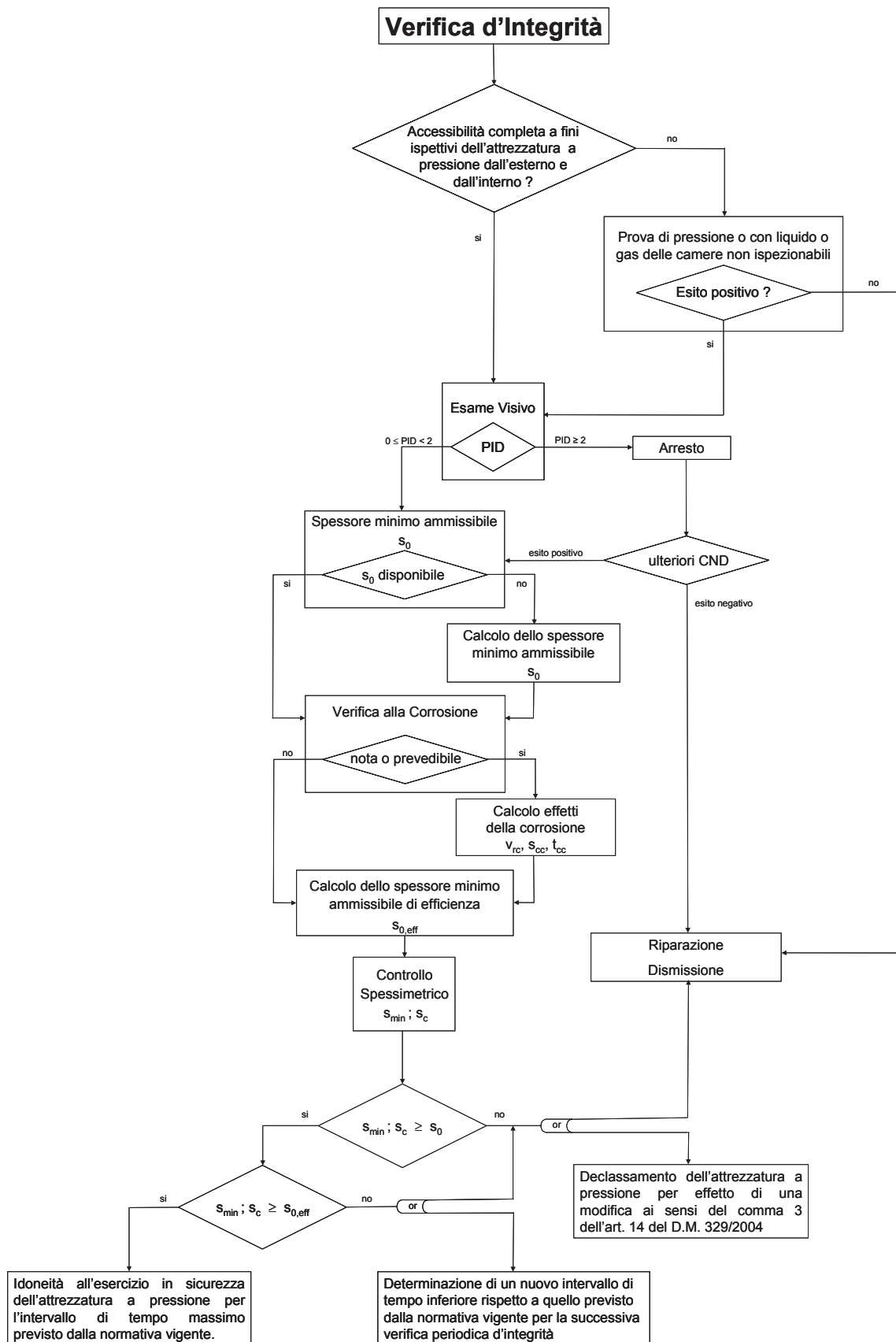


Fig. 8 - Schema logico della verifica d'integrità per attrezzatura a pressione soggetta a corrosione/erosione.

#### 6.4 Libretto delle verifiche

È raccomandato comporre un libretto delle verifiche come documento a corredo dell'attrezzatura a pressione che raccolga la seguente documentazione:

- dichiarazione di messa in servizio e (se prevista) della verifica di messa in servizio;
- verbali delle verifiche di funzionamento,
- verbali delle verifiche d'integrità.

I rapporti di prova dell'esame visivo e del controllo spessimetrico costituiscono allegati al libretto delle verifiche dell'attrezzatura a pressione.

In Appendice G, a titolo esemplificativo, è riportato un modello di libretto delle verifiche.

A conclusione della verifica d'integrità deve essere sempre redatto, a cura del personale incaricato, uno specifico verbale che espliciti l'idoneità o la non idoneità dell'attrezzatura a pressione ad essere ulteriormente esercita.

Nel caso di idoneità dovrà essere indicato il periodo di tempo di ulteriore esercizio e la data entro cui eseguire la successiva verifica d'integrità.

#### 6.5 Archiviazione della documentazione

Tutta la documentazione acquisita, sia precedentemente sia successivamente ai controlli e alle verifiche, deve essere conservata e archiviata secondo modalità conformi alle disposizioni della vigente legislazione e/o normativa applicabile, ovvero ad una specifica procedura.



## **APPENDICI**

<i>Logo del soggetto incaricato della verifica</i>	<b>Rapporto Esame Visivo</b>
<b>Rif.</b>	
<b>Proprietario</b>	
<b>Dati identificativi e tecnici dell'attrezzatura a pressione</b>	
<b>Tipologia:</b>	<b>Sigla:</b>
<b>Ubicazione:</b>	
<b>Matricola:</b>	<b>n. fabbr.:</b>
<b>Fabbricante:</b>	<b>Anno fabbricazione:</b>
<b>Pressione massima ammissibile PS [bar]:</b>	<b>Volume [l]:</b>
<b>Spessore nom. fondi [mm]:</b>	<b>Spessore nom. fasciame [mm]:</b>
<b>Tipologia d'ispezione</b>	
<input type="checkbox"/> Verifica di primo impianto ( <i>messa in servizio</i> )	
<input type="checkbox"/> Verifica di funzionamento	
<input type="checkbox"/> Verifica d'integrità	
<input type="checkbox"/> Verifica straordinaria	

<p><b>Esame Visivo precedente</b></p> <p><input type="checkbox"/> Data.....</p> <p><input type="checkbox"/> Classe d'ispezione.....</p> <p><input type="checkbox"/> Note.....</p>	<p><b>Documentazione preliminare</b></p> <p><input type="checkbox"/> Piano di Controllo.....</p> <p><input type="checkbox"/> Fascicolo tecnico.....</p> <p><input type="checkbox"/> Disegni costruttivi.....</p> <p><input type="checkbox"/> Marcatura o identificazione dei componenti o elementi.....</p> <p><input type="checkbox"/> Verbali o rapporti delle precedenti ispezioni.....</p> <p><b>Superfici ispezionate</b></p> <p><input type="checkbox"/> descrizione delle superfici.....</p> <p>.....</p> <p><input type="checkbox"/> estensione delle aree.....</p> <p>.....</p> <p><b>Accessibilità</b></p> <p><input type="checkbox"/> Completa.....</p> <p><input type="checkbox"/> Solo interna.....</p> <p><input type="checkbox"/> Solo esterna.....</p> <p><input type="checkbox"/> Parziale.....</p> <p>Note.....</p> <p>.....</p>
<p><b>Trattamento e/o pulizia delle superfici</b></p> <p><input type="checkbox"/> molatura.....</p> <p><input type="checkbox"/> sabbatura.....</p> <p><input type="checkbox"/> decapaggio.....</p> <p><input type="checkbox"/> lavaggio.....</p> <p><input type="checkbox"/> spazzolatura.....</p> <p><input type="checkbox"/> altro.....</p>	<p><b>Tecnica d'esame</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>diretto</b>.....</p> <p><input type="checkbox"/> locale.....</p> <p><input type="checkbox"/> generale.....</p> <p><input type="checkbox"/> non assistito.....</p> <p><input type="checkbox"/> assistito.....</p> <p><input type="checkbox"/> specchio.....</p> <p><input type="checkbox"/> lente.....</p> <p><input type="checkbox"/> endoscopio.....</p> <p><input type="checkbox"/> fibre ottiche.....</p> <p><input type="checkbox"/> altro.....</p> <p><input type="checkbox"/> fotografia.....</p> <p><input type="checkbox"/> video.....</p> <p><input type="checkbox"/> sistemi automatizzati.....</p> <p><input type="checkbox"/> sistemi robotizzati.....</p> <p><input type="checkbox"/> altro.....</p>

Illuminamento					
<input type="checkbox"/> <i>naturale</i>		<input type="checkbox"/> <i>artificiale</i>			
Discontinuità o anomalie rilevate (cfr. Tabella 1 Appendice A)					
Numero progressivo	Tipologia (Codice)	Localizzazione	Estensione (coefficiente di estensione $\varepsilon_i$ )	Severità (fattore di intensità $I_i$ )	Peso $G_i$ ( $G_i = \varepsilon_i \cdot I_i$ )
1					
2					
3					
4					
5					

$PID_{EV} = \sum G_i = \dots\dots\dots$

**Esito positivo**

Livello di danneggiamento 0, ( $PID_{EV} = 0$ )

Livello di danneggiamento 1, ( $0 < PID_{EV} \leq 1$ )

Livello di danneggiamento 2, ( $1 < PID_{EV} < 2$ )

**Esito negativo**

Livello di danneggiamento 3 ( $PID_{EV} \geq 2$ )

Note.....

.....

.....

Operatore	
Nome	Cognome
Matricola e firma	
Luogo e data	
Luogo	Data

<p><i>Logo del soggetto incaricato della verifica</i></p>		<p><b>Rapporto Controllo Spessimetrico</b></p>	
<b>Rif.</b>			
<b>Proprietario</b>			
<b>Dati identificativi e tecnici dell'attrezzatura a pressione</b>			
Tipologia:		sigla:	
Ubicazione:		n. fabbr.:	
Matricola:		Anno fabbricazione:	
Fabbricante:		Materiale (designazione commerciale)	
Pressione massima ammissibile PS [bar]:		Volume [l]:	
Temperatura minima ammissibile TS <sub>min</sub> [°C]		Temperatura massima ammissibile TS <sub>max</sub> [°C]	
Spessore nom. fondi [mm]:		Spessore nom. fasciame [mm]:	
<b>Dati tecnici allestimento strumentale</b>			
<b>Apparecchiatura</b>			
Marca			
Tipo			
Numero di serie			



<p><b>Sonda</b></p> <p>Marca</p> <p>Tipo</p> <p>Numero di serie</p> <p>Dimensioni</p> <p>Frequenza</p> <p><b>Blocco campione</b></p> <p>Descrizione</p> <p><b>Accoppiante</b></p> <p>Descrizione</p> <p><b>Configurazione strumento</b></p> <p>Metodo</p> <p>Modo</p>
<p><b>Descrizione generale della superficie</b></p> <p><input type="checkbox"/> breve descrizione dello stato .....</p> <p><input type="checkbox"/> rivestimento (specificare) .....</p> <p><input type="checkbox"/> coibentazione (specificare) .....</p> <p><input type="checkbox"/> ruvida</p> <p><input type="checkbox"/> liscia</p> <p><input type="checkbox"/> sabbiata</p> <p><input type="checkbox"/> altro (specificare) .....</p>

## Dimensioni massime della maglia base

Mantello		Fondo 1		Fondo 2	
$p_{long.}$ [mm]		$p_{rad.}$ [mm]		$p_{rad.}$ [mm]	
$p_{circ.}^0$ [mm]		$p_{circ.}^0$ [mm]		$p_{circ.}^0$ [mm]	

## Matrici degli spessori

Matrice relativa al Mantello			Matrice relativa al Fondo 1			Matrice relativa al Fondo 2		
$x$ [mm]	$y$ [mm]	$s$ [mm]	$\rho$ [mm]	$s$ [mm]	$\rho$ [mm]	$s$ [mm]		

L'origine del sistema di riferimento corrisponde all'incrocio tra la saldatura circonferenziale del Fondo 1 (lato targhetta) e la saldatura longitudinale. L'asse X corrisponde alla saldatura longitudinale (dove  $y=0$ ) con verso dal Fondo 1 al Fondo 2. L'asse Y corrisponde alla rettificazione della saldatura circonferenziale del Fondo 1 e va dall'origine O verso la generatrice del mantello opposta all'asse X (v. figg. 5 e 6).

**x**      Ascissa nodo [mm]

**y**      Ordinata nodo [mm]. La stessa, per i fondi, vale come coordinata 'angolare' espressa in termini di lunghezza sulla saldatura circonferenziale, in tal caso individua univocamente una ben determinata semi-generatrice del fondo

$\rho$       Coordinata radiale di posizione del generico nodo del fondo rispetto al centro del fondo [mm]

**s**      Misura spessimetrica rilevata [mm]

### Note

Criteri di accettabilità	
<b>a) Criterio di accettabilità per confronto diretto</b>	
Spessore minimo ammissibile $s_0$ [mm]	
Mantello	Fondo 1
$s_0^M =$	$s_0^{F1} =$
	Fondo 2
	$s_0^{F2} =$
Spessore minimo ammissibile di efficienza $s_{0,eff}$ [mm]	
Mantello	Fondo 1
$s_{0,eff}^M =$	$s_{0,eff}^{F1} =$
	Fondo 2
	$s_{0,eff}^{F2} =$
Spessori minimi misurati $s_{min}$ [mm]	
Nodo di spessore minimo Mantello	Spessore minimo Mantello [mm]
$x =$	$s_{min}^M = \min[s_{i,j}] =$
Nodo di spessore minimo Fondo 1	Spessore minimo Fondo 1 [mm]
$\rho =$	$s_{min}^{F1} = \min[s_{i,j}] =$
Nodo di spessore minimo Fondo 2	Spessore minimo Fondo 2 [mm]
$\rho =$	$s_{min}^{F2} = \min[s_{i,j}] =$
<b>Verifica Mantello</b>	
<input type="checkbox"/> $s_{min}^M \geq s_{0,eff}^M$	<input type="checkbox"/> $s_{min}^M < s_0^M$
<u>Esito positivo</u>	<u>Esito negativo</u>
	<input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_{min}^M < s_{0,eff}^M$
	<u>Caso da valutare</u>

<b>Verifica Fondo 1</b>		
<input type="checkbox"/>	$s_{\min}^{F1} \geq s_{0,\text{eff}}^{F1}$	<u>Esito positivo</u>
<input type="checkbox"/>	$s_{\min}^{F1} < s_{0,\text{eff}}^{F1}$	<u>Esito negativo</u>
<input type="checkbox"/>	$s_0^M \leq s_{\min}^M < s_{0,\text{eff}}^M$	<u>Caso da valutare</u>
<b>Verifica Fondo 2</b>		
<input type="checkbox"/>	$s_{\min}^{F2} \geq s_{0,\text{eff}}^{F2}$	<u>Esito positivo</u>
<input type="checkbox"/>	$s_{\min}^{F2} < s_{0,\text{eff}}^{F2}$	<u>Esito negativo</u>
<input type="checkbox"/>	$s_0^M \leq s_{\min}^M < s_{0,\text{eff}}^M$	<u>Caso da valutare</u>

<b>b) <u>Criterio di accettabilità per confronto combinato</u></b>	
<b>GRUPPO DEL FLUIDO:</b>	
<input type="checkbox"/> 1	Livello di confidenza 99,9% ( $\alpha = 0,0005$ )
<input type="checkbox"/> 2	Livello di confidenza 95% ( $\alpha = 0,025$ )
Spessore minimo ammissibile $s_0$ [mm]	
<b>Mantello</b>	<b>Fondo 1</b>
$s_0^M =$	$s_0^{F1} =$
	<b>Fondo 2</b>
	$s_0^{F2} =$
Spessore minimo ammissibile di efficienza $s_{0,\text{eff}}$ [mm]	
<b>Mantello</b>	<b>Fondo 1</b>
$s_{0,\text{eff}}^M =$	$s_{0,\text{eff}}^{F1} =$
	<b>Fondo 2</b>
	$s_{0,\text{eff}}^{F2} =$

<b>Spessori minimi misurati</b>	
Nodo di spessore minimo Mantello	Spessore minimo Mantello [mm]
<b>X =</b>	<b>y =</b>
	$s_{\min}^M = \min[s_{i,j}] =$

$\rho =$	Nodo di spessore minimo Fondo 1 $y =$	Spessore minimo Fondo 1 [mm] $s_{\min}^{F1} = \min[s_{i,j}] =$
$\rho =$	Nodo di spessore minimo Fondo 2 $y =$	Spessore minimo Fondo 2 [mm] $s_{\min}^{F2} = \min[s_{i,j}] =$

Valutazioni statistiche		
Simbolo e/o formule di calcolo	Mantello	Fondo 1 Fondo 2
$M \times N$		
$s_{i,j}$	Vedere le matrici degli spessori allegate	Vedere le matrici degli spessori allegate
$s_m = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N s_{i,j}}{M \times N}$		
$\sigma = \left[ \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (s_m - s_{i,j})^2}{(M \times N) - 1} \right]^{0.5}$		
$v = (M \times N) - 1$		
$t_{\alpha/2,v}$		

<b>Spessore minimo statistico <math>S_{st;..%}</math> [mm]</b> <i>(compilare solo la colonna di interesse in funzione del tipo di fluido)</i>	
<b>Fluidi del Gruppo 1</b>	<b>Fluidi del Gruppo 2</b>
<b>Mantello</b>	
$S_{st;99,9\%}^M = S_m - t_{0,0005,v} \cdot \sigma =$	$S_{st;95\%}^M = S_m - t_{0,025,v} \cdot \sigma =$
<b>Fondo 1</b>	
$S_{st;99,9\%}^{F1} = S_m - t_{0,0005,v} \cdot \sigma =$	$S_{st;95\%}^{F1} = S_m - t_{0,025,v} \cdot \sigma =$
<b>Fondo 2</b>	
$S_{st;99,9\%}^{F2} = S_m - t_{0,0005,v} \cdot \sigma =$	$S_{st;95\%}^{F2} = S_m - t_{0,025,v} \cdot \sigma =$
<b>Spessore minimo convenzionale <math>s_c</math> [mm]</b>	
<b>Fluidi del Gruppo 1</b>	<b>Fluidi del Gruppo 2</b>
<b>Mantello</b>	
$s_c^M = \min(s_{min}^M, s_{st;99,9\%}^M) =$	$s_c^M = \min(s_{min}^M, s_{st;95\%}^M) =$
<b>Fondo 1</b>	
$s_c^{F1} = \min(s_{min}^{F1}, s_{st;99,9\%}^{F1}) =$	$s_c^{F1} = \min(s_{min}^{F1}, s_{st;95\%}^{F1}) =$
<b>Fondo 2</b>	
$s_c^{F2} = \min(s_{min}^{F2}, s_{st;99,9\%}^{F2}) =$	$s_c^{F2} = \min(s_{min}^{F2}, s_{st;95\%}^{F2}) =$

Fluidi del Gruppo 1	Fluidi del Gruppo 2
<b>Verifica Mantello</b>	
<input type="checkbox"/> $s_c^M \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^M < s_0^M$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>	<input type="checkbox"/> $s_c^M \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^M < s_0^M$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>
<b>Verifica Fondo 1</b>	
<input type="checkbox"/> $s_c^{F1} \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^{F1} < s_0^{F1}$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>	<input type="checkbox"/> $s_c^{F1} \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^{F1} < s_0^{F1}$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>
<b>Verifica Fondo 2</b>	
<input type="checkbox"/> $s_c^{F2} \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^{F2} < s_0^{F2}$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>	<input type="checkbox"/> $s_c^{F2} \geq s_{0,eff}$ <u>Esito positivo</u> <input type="checkbox"/> $s_c^{F2} < s_0^{F2}$ <u>Esito negativo</u> <input type="checkbox"/> $s_0^M \leq s_c^M < s_{0,eff}^M$ <u>Caso da valutare</u>

<b>VERIFICA GLOBALE ATTREZZATURA A PRESSIONE</b>	
<input type="checkbox"/> <u>Esito positivo</u>	<input type="checkbox"/> <u>Esito negativo (fermo immediato dell'attrezzatura)</u>
<p>Nota: l'esito globale positivo per l'attrezzatura implica l'esito positivo della verifica sia per il mantello, sia per i fondi.</p>	<p>Nota: l'esito globale negativo per l'attrezzatura implica anche un solo esito negativo delle verifiche del mantello o dei fondi. In tal caso fermare immediatamente l'attrezzatura e prendere i necessari provvedimenti.</p>
<input type="checkbox"/> <u>Caso da valutare</u>	<p>Nota: nell'evenienza che almeno uno degli esiti della verifica del mantello o dei fondi siano "caso da valutare"</p> $s_0^{M/F1F2} \leq \left( s_{\min}^{M/F1F2}, s_c^{M/F1F2} \right) < s_{0,eff}^{M/F1F2}$ <p>fermo restando gli altri esiti positivi, si dovrà rideterminare il periodo entro il quale effettuare la successiva verifica di riqualificazione periodica d'integrità. In alternativa, al fine di mantenere inalterato l'intervallo di tempo di successiva verifica previsto dalla legislazione, si potrà effettuare un intervento di riparazione per ripristinare lo spessore a valori almeno pari ad <math>s_{0,eff}</math> dell'attrezzatura ovvero declassarla.</p>

<b>Operatore</b>	
Nome	Cognome
Matricola e firma	
<b>Luogo e data</b>	
Luogo,	Data,



## APPENDICE C Verifica d'integrità: riferimenti legislativi

Tra le verifiche di riqualificazione periodica (comma 2 dell'art. 10 del D.M. n. 329/2004), ovvero le verifiche periodiche (comma 11, art. 71 e allegato VII del D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.) si annoverano *la verifica di funzionamento e la verifica di integrità*.

Esse sono mirate a stabilire lo stato di integrità dell'attrezzatura a pressione ovvero l'effettivo stato di conservazione e di efficienza ai fini della conferma dell'idoneità all'esercizio in sicurezza della stessa.

La verifica d'integrità, come definita al punto 4.3.2 dell'Allegato II del D.M. 11 aprile 2011 (cfr. anche il comma 1, art. 12 del D.M. n. 329/2004) consiste nell'accertamento dello stato di conservazione delle varie membrature mediante esame visivo delle parti interne ed esterne accessibili ed ispezionabili, nell'esame spessimetrico ed altri eventuali prove, eseguiti da personale adeguatamente qualificato incaricato dal datore di lavoro, che si rendano necessari:

- a) data la non completa ispezionabilità dell'attrezzatura;
- b) qualora emergessero dubbi sulla condizione delle membrature;
- c) a fronte di situazioni evidenti di danno<sup>14</sup>;
- d) in base alle indicazioni del fabbricante per attrezzature costruite e certificate secondo le direttive di prodotto (97/23/CE, 87/404/CEE, 90/488/CEE, 2009/105/CE).

Con riferimento alle disposizioni del D.Lgs. n. 81/2008 su menzionato, la periodicità per l'esecuzione della verifica d'integrità viene stabilita nell'allegato VII in funzione della tipologia dell'attrezzatura a pressione e della sua categoria (cfr. anche gli allegati A e B del D.M. n. 329/2004).

Fermi restando i limiti temporali di cui sopra e di quelli suggeriti dal Fabbricante, la periodicità della verifica d'integrità va stabilita tenendo conto delle risultanze della ultima verifica effettuata.

Ogni verifica di integrità deve comunque concludersi con un espresso riferimento al periodo di tempo per il quale mantiene la sua validità e alla data entro cui eseguire la verifica successiva.

In riferimento al comma 4 dell'art. 12 del D.M. n. 329/2004, quando l'attrezzatura ha caratteristiche tali da non consentire adeguate condizioni di accessibilità all'interno o risulta comunque non ispezionabile esaustivamente, l'ispezione è integrata, limitatamente alle camere non ispezionabili, con una prova di pressione a 1,125 volte la pressione PS che può essere effettuata utilizzando un fluido allo stato liquido:

$$P_{t,liq} = 1,125 \cdot PS \quad (C.1)$$

<sup>14</sup> Per le attrezzature "che lavorano in condizioni di regime tali per cui possono essere significativi fenomeni di scorrimento viscoso" il D.M. n. 329/2004 impone l'applicazione delle prescrizioni tecniche vigenti (comma 3 art. 12).

La prova di pressione idraulica può essere sostituita, in caso di necessità e previa predisposizione da parte dell'utente di opportuni provvedimenti di cautela, previsti dalla legislazione vigente, con una prova di pressione con gas (aria o gas inerte) ad un valore di 1,1 volte la pressione PS:

$$P_{t,gas} = 1,1 \cdot PS \quad (C.2)$$

In tale caso dovranno essere prese tutte le misure di sicurezza previste e necessarie per questo tipo di collaudo e la prova deve avere una durata minima di due ore durante le quali deve essere verificata l'assenza della caduta di pressione.

## APPENDICE D Calcolo dello spessore minimo ammissibile di efficienza

### D.1 Determinazione degli spessori minimi ammissibili di un'attrezzatura a pressione.

Gli spessori minimi ammissibili sono generalmente reperibili dalla documentazione a corredo dell'attrezzatura a pressione (per esempio: allegati al libretto ISPEL o alla dichiarazione di conformità CE, libretto delle verifiche della stessa attrezzatura, disegni e schemi costruttivi finali).

Generalmente dal disegno costruttivo e/o dalla documentazione a corredo sono desumibili i seguenti dati:

- spessore nominale  $s_n$  [mm],
- sovraspessore di corrosione  $s_{sc}$  [mm],
- tolleranza di fabbricazione del laminato  $\Delta s_f$  [mm] assunta in valore assoluto.

noti i quali, lo spessore minimo ammissibile  $s_0$  per l'attrezzatura a pressione è ricavabile come segue:

$$s_0 = s_n - |\Delta s_f| - s_{sc} \quad (D.1)$$

### D.2 Velocità di corrosione (rateo)

Da esperienze maturate, per condizioni di esercizio stazionarie è possibile ipotizzare (attraverso specifici riscontri sperimentali, o attraverso indicazioni di letteratura) un avanzamento pressoché lineare della corrosione in ambiente aerato o deaerato con presenza di sostanze aggressive in termini di "consumo" di materiale, e quindi di spessore, per le zone del componente interessate dal fenomeno. Tale velocità di corrosione viene tipicamente indicata come "rateo di corrosione" e assume valori molto variabili in relazione al materiale di rivestimento, alla temperatura e alle sollecitazioni cui è sottoposto, ma soprattutto dalla presenza di composti chimici catalizzatori di reazioni di ossidoriduzione.

Senza entrare nello specifico, ipotizzando una velocità di riduzione dello spessore  $v_{rc}$  [mm/anno] dovuto a corrosione, l'intervallo di tempo  $\Delta t_{cc}$  [anni] entro cui si "consuma" lo spessore  $s_{cc}$  è dato da:

$$\Delta t_{cc} = \frac{s_{cc}}{v_{rc}} \quad (D.2)$$

Viceversa, nota la velocità di corrosione  $v_{rc}$ , è possibile ricavare lo spessore  $s_{cc}$  prevedibilmente consumato in un dato periodo di tempo  $\Delta t_{cc}$ , secondo la relazione

$$s_{cc} = v_{rc} \cdot \Delta t_{cc} \quad (D.3)$$

Pertanto, noti lo spessore minimo misurato  $s_{min}$  della membratura, nel caso di attrezzatura completamente accessibile (criterio di accettabilità per confronto diretto), o quello minimo

convenzionale  $s_c$  (criterio di accettabilità per confronto combinato), la vita residua può essere calcolata dalla relazione:

$$\Delta t_{vr} = \frac{(s_{\min}; s_c) - s_0}{v_{rc}} \quad (D.4)$$

A titolo indicativo, per attrezzature a pressione in acciaio al carbonio adibite al contenimento di aria compressa, la velocità di corrosione è generalmente assunta pari a 0,05 mm/anno.

E' evidente che nel caso i materiali impiegati per la fabbricazione dell'attrezzatura a pressione abbiano caratteristiche di inossidabilità e siano esclusi problemi di erosione, lo spessore  $s_{cc}$  prevedibilmente consumato nel periodo di tempo  $\Delta t_{cc}$ , può essere assunto nullo.

### D.3 Spessore minimo ammissibile di efficienza

Dal momento  $t_0$  in cui occorre accertare l'esercizio in sicurezza dell'attrezzatura a pressione fino al termine del periodo  $\Delta t_{cc}$  intercorrente la successiva verifica d'integrità ( $t_0 + \Delta t_{cc}$ ) è necessario fare riferimento ad uno spessore minimo ammissibile di efficienza  $s_{0,eff}$  ottenuto dallo spessore minimo ammissibile  $s_0$  (che garantisce la stabilità dell'attrezzatura), incrementato dello spessore  $s_{cc}$  che sarà presumibilmente consumato per effetto della corrosione nell'arco dello stesso periodo ( $\Delta t_{cc}$ )<sup>15</sup>.

Pertanto lo spessore minimo ammissibile di efficienza rispetto al quale deve essere condotto il confronto finale per la verifica d'integrità all'esercizio in sicurezza dell'attrezzatura a pressione, è dunque dato dalla relazione:

$$s_{0,eff} = s_0 + s_{cc} \quad (D.5)$$

Qualora, oltre a fenomeni corrosivi, fossero accertate anche azioni erosive, il termine  $s_{0,eff}$  dovrà essere corrispondentemente corretto per integrazione, sulla base di specifici rilievi sperimentali o di modellazione sufficientemente validata.

<sup>15</sup> Tale periodo, identificata la tipologia e la categoria dell'attrezzatura e il fluido, è quello desumibile dagli allegati A e B del D.M. n. 329/2004.

## APPENDICE E Declassamento di una attrezzatura a pressione

### E.1 Declassamento di una attrezzature a pressione

Qualora nel corso della verifica, e a valle del controllo spessimetrico, risultasse soddisfatta la seguente condizione:

$$(s_{\min}; s_c) < s_0 \quad (\text{E.1})$$

l'attrezzatura non può essere esercita nelle condizioni di PS e TS assunte in fase di progettazione originarie, pertanto è possibile, tra le opportunità previste, declassare l'attrezzatura a pressione in virtù della possibilità di effettuare un intervento tecnico (modifica) che comporti il cambiamento delle caratteristiche originali, la destinazione e il tipo, o solamente il tipo, ai sensi del comma 1 dell'art. 14 del D.M. n. 329/2004.

## APPENDICE F      Determinazione di un nuovo intervallo di tempo per la successiva riqualificazione periodica d'integrità

### F.1      Determinazione di un nuovo intervallo di tempo inferiore a quello previsto dalla normativa vigente per la successiva riqualificazione periodica d'integrità

Qualora nel corso della verifica, e a valle del controllo spessimetrico, risultassero contemporaneamente soddisfatte entrambe le condizioni:

$$(s_{\min}; s_c) \geq s_0 \quad (F.1)$$

$$(s_{\min}; s_c) < s_{0, \text{eff}} \quad (F.2)$$

è possibile, tra le opportunità previste, determinare un nuovo intervallo di tempo  $\Delta t_i$  (di ispezione) sicuramente inferiore a quello previsto dalla normativa vigente per la successiva verifica periodica d'integrità, il cui limite massimo si ottiene dalla relazione di seguito indicata:

$$\Delta t_i = \frac{(s_{\min}; s_c) - s_0}{v_{rc}} \quad (F.3)$$

ferme restando le posizioni precedentemente definite.

# “LIBRETTO DELLE VERIFICHE” PER LE ATTREZZATURE A PRESSIONE

## SEZIONE **I**

### Dati identificativi dell'attrezzatura

1.1 Tipologia: **(es. Recipiente gas)**

1.2 Sigla:

1.3 Ubicazione:

1.4 Fabbricante:

1.5 N° fabbrica:

1.6 Anno di fabbricazione:

1.7 Marcatura CE:

Specificare n° dichiarazione conformità

Dir. 97/23/CE .....

Dir. 87/404/CE .....

Dir. 2009/105/CE .....

Matricola ISPESL:  
.....

**Si**

**No**

Presenza manuale d'uso e manutenzione

1.8 Disegno di costruzione:

**no**

**si**

specificare n°

1.9 Disegno di impianto:

**no**

**si**

specificare n°

spazio per eventuale foto



## SEZIONE 2

### Classificazione secondo PED dei recipienti a pressione

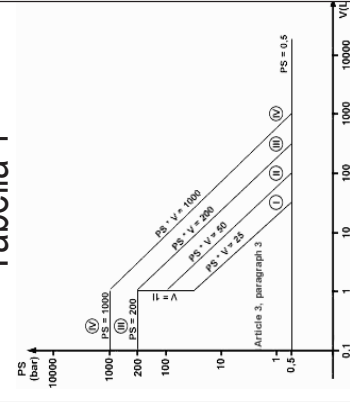
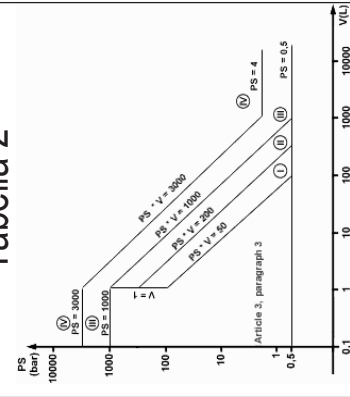
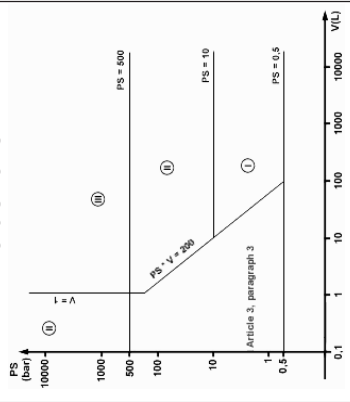
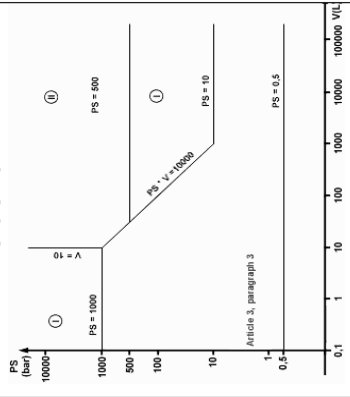
2.1	Pressione max ammissibile(PS) :		<b>bar</b>
2.2	Temperatura min/max ammissibile (TS <sub>min</sub> /TS <sub>max</sub> ) .....		<b>°C</b>
2.3	Volume (V):		<b>litri</b>
2.4	Nome fluido:		
2.5	Fluido gruppo:	<b>1</b> <input type="checkbox"/>	<b>2</b> <input type="checkbox"/>
		Pericolosi – vedi D.Lgs. n.52 del 3.02.97, (es. infiammabili, tossici, nocivi, ecc.) Tutti gli altri	
2.6	Stato fluido:	<b>gas/vapore/liquido(*)</b> <input type="checkbox"/>	<b>liquido(**)</b> <input type="checkbox"/>
		(*)liquidi con tensione di vapore > 0,5 bar alla TS <sub>max</sub>	(**)liquidi con tensione di vapore ≤ 0,5 bar alla TS <sub>max</sub> .
2.7	Categoria attrezzatura: Vedi tabelle al punto 2.12	<b>I</b> <input type="checkbox"/>	<b>II</b> <input type="checkbox"/>
		<b>III</b> <input type="checkbox"/>	<b>IV</b> <input type="checkbox"/>
2.8	Data:		
2.9	Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 1 e 2:		
2.10	Matricola dell'operatore:		

Logo

2.11	Firma



2.12 tabelle per la classificazione PED

<p><b>GAS – VAPORE – LIQUIDO<sup>(*)</sup></b>  <b>FLUIDO GRUPPO 1</b>            (es. metano, ossigeno)  <b>Tabella 1</b></p>  <p>PS (bar) ↑ 10000- 1000- 200- 100- 10- 1- 0,5-</p> <p>↓ VL 0,1 1 10 100 1000 10000 100000</p> <p>IV PS = 1000 III PS = 200 II PS · V = 1000 I PS · V = 200 PS · V = 50 PS = 0,5</p> <p>Articolo 3, paragraph 3</p>	<p><b>GAS – VAPORE – LIQUIDO<sup>(*)</sup></b>  <b>FLUIDO GRUPPO 2</b>            (es. aria, azoto, vapore)  <b>Tabella 2</b></p>  <p>PS (bar) ↑ 10000- 1000- 100- 10- 1- 0,5-</p> <p>↓ VL 0,1 1 10 100 1000 10000 100000</p> <p>IV PS = 3000 III PS = 1000 II PS · V = 2000 I PS · V = 1000 PS · V = 200 PS · V = 50 PS = 4</p> <p>Articolo 3, paragraph 3</p>
<p><b>LIQUIDO<sup>(**)</sup></b>  <b>FLUIDO GRUPPO 1</b>            (es. benzina, gasolio)  <b>Tabella 3</b></p>  <p>PS (bar) ↑ 10000- 1000- 500- 100- 10- 1- 0,5-</p> <p>↓ VL 0,1 1 10 100 1000 10000 100000</p> <p>IV PS = 500 III PS = 200 II PS · V = 200 I PS = 10 PS = 0,5</p> <p>Articolo 3, paragraph 3</p>	<p><b>LIQUIDO<sup>(**)</sup></b>  <b>FLUIDO GRUPPO 2</b>            (es. acqua)  <b>Tabella 4</b></p>  <p>PS (bar) ↑ 10000- 1000- 500- 100- 10- 1- 0,5-</p> <p>↓ VL 0,1 1 10 100 1000 10000 100000</p> <p>IV PS = 500 III PS = 1000 II PS · V = 10000 I PS = 10 PS = 0,5</p> <p>Articolo 3, paragraph 3</p>

Nota:

la tensione di vapore è intesa riferita alla temperatura massima ammissibile ed alla pressione atmosferica normale (1013 mbar).

<sup>(\*)</sup> liquidi con tensione di vapore > 0,5 bar alla  $TS_{max}$ .

<sup>(\*\*)</sup> liquidi con tensione di vapore ≤ 0,5 bar alla  $TS_{max}$ .

## SEZIONE 5

### Caratteristiche strutturali

3.1	Materiale noto:	<input type="checkbox"/> <b>si</b> <input type="checkbox"/> specificare	
		<input type="checkbox"/> <b>no</b> <input type="checkbox"/> indicare materiale con requisiti minimi	
		<input type="checkbox"/> <b>no</b> <input type="checkbox"/> indicare riferimento analisi PMI	
3.2	Spessore minimo ammissibile membrane, $s_0$	<input type="checkbox"/> noto (disegni) <input type="checkbox"/> misurato	
		<b>mantello</b>	mm
		<b>fondo 1</b>	mm
		<b>fondo 2</b>	mm
3.3	Tolleranza di fabbricazione, $\Delta s_f$	<input type="checkbox"/> noto (disegni) <input type="checkbox"/> misurato	
		<b>mantello</b>	mm
		<b>fondo 1</b>	mm
		<b>fondo 2</b>	mm
3.4	Sovrappessore di corrosione, $s_{sc}$	<input type="checkbox"/> noto (disegni) <input type="checkbox"/> valutato	
		<b>mantello</b>	mm
		<b>fondo 1</b>	mm
		<b>fondo 2</b>	mm
3.5	Prevedibili meccanismi di danno	<input type="checkbox"/> <b>nessuno</b>	
		<input type="checkbox"/> <b>corrosione interna</b> <input type="checkbox"/> <b>corrosione esterna</b>	
		<input type="checkbox"/> <b>erosione interna</b> <input type="checkbox"/> <b>erosione esterna</b>	
		<input type="checkbox"/> <b>deformazioni plastiche (es. urti, ecc.)</b> <input type="checkbox"/> <b>altro</b>	
3.6	Calcoli	<input type="checkbox"/> <b>Calcoli in allegato</b> <input type="checkbox"/> <b>altro</b>	

Logo

NOTE

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.7 Data: .....

3.8 Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 3: .....

3.9 Matricola dell'operatore: .....

3.10 Firma .....

## Verifica messa in servizio – PRIMO/NUOVO IMPIANTO

### 4.1 Descrizione funzionalità

(es. processo, funzionalità operativa, logica di monitoraggio, logica di sicurezza, ulteriori apparecchiature a valle e a monte, portate e pressioni pompa/compressore, ecc.)

.....  
 .....  
 .....

4.2 Accessori a pressione:  **manometro**  idoneo  esito  idoneo  efficiente

**termometro**  idoneo  esito  idoneo  efficiente

4.3 Pressione di esercizio: ..... **bar**  positivo (≤ valore punto 2.1)

4.4 Temperatura di esercizio: ..... **°C**  positivo (≤ valore punto 2.2)

4.5 Attrezzatura:  **nuova** oppure  **esercita**

4.6 Data ultimo controllo spessimetrico: .....

4.7 Spessore minimo rilevato: mantello ..... mm  
 fondo 1 ..... mm  
 fondo 2 ..... mm

Esito CND in allegato

4.8 Spessore mantello e fondi superiore al valore minimo ammissibile: **si**  **no**  Arresto e riparazione  
 specificare .....  
 Declassamento  
 Dismissione

4.9 Dispositivi di Controllo specificare tipo:  **pressione** .....  
 **temperatura** .....  
 **livello** .....

4.10 Accessori di sicurezza:

**si**  vedi oltre  
**no**  specificare  
 PS ≥ P<sub>max</sub> di esercizio in tutte le possibili condizioni  
 scarico diretto in atmosfera  scarico convogliato

4.11 Valvola di Sicurezza (VdS):

Sigla: ..... N. di serie: .....  
 Costruttore: .....  
 Ubicazione: .....

Data ultima taratura: .....

Pressione di taratura P<sub>tar</sub>: ..... **bar**  
 Dimensionamento VdS:  Errore di manovra  Calcoli in allegato  
 Incendio

4.12 Esistono intercetti sulle VdS

**no**   
**si**  vedi sezione 7

4.13 Prevedibili meccanismi di danno:

vedi punto 3.5

4.14 Dichiarazione installazione conforme al manuale d'uso o alla regola d'arte: **si**  **no**  dichiarazione in allegato

4.15 Attrezzatura soggetta a riqualificazione periodica:

**si**  Funzionamento ogni ..... anni  
**no**  Integrità ogni ..... anni  
 specificare .....

4.16 Note: .....

4.17 Data: .....

4.18 Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 4: .....

4.19 Matricola dell'operatore: .....

4.20 Firma .....

## SEZIONE 5

### Verifica periodica di FUNZIONAMENTO

5.1 *Rispondenza condizioni utilizzo descritte nella sez. 4 (verifica P<sup>o</sup>*

#### *Impianto)*

(verificare la coerenza delle condizioni di effettivo utilizzo e di installazione con quanto indicato nella sez. 4, in caso contrario segnalare le eventuali difformità)

5.2  non sono state apportate modifiche rispetto a quanto indicato nella sez. 4

5.3  sono state apportate modifiche rispetto a quanto indicato nella sez. 4 (specificare)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.4 Pressione di esercizio: ..... **bar** ..... esito  positivo (≤ valore punto 2.1)

5.5 Temperatura di esercizio: ..... **°C** ..... esito  positivo (≤ valore punto 2.2)

5.6 *Verifica di funzionalità accessori di sicurezza*

5.7 Valvola di Sicurezza (VdS):  dati VdS vedi 4.9

Sigla: ..... N. di serie: .....

Costruttore: .....

Ubicazione: .....

Data ultima taratura: ..... **bar** .....  
Pressione di taratura P<sub>set</sub>:

5.8 **Esito controllo efficienza accessori di sicurezza**  positivo  negativo

5.9 Prossima verifica di funzionamento da eseguirsi entro ..... data .....

Logo

5.10 Note

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5.11 Data verifica: .....

5.12 Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 5: .....

5.13 Matricola dell'operatore: .....

5.14 Firma

**SEZIONE 6****6.1 Verifica periodica di INTEGRITA'****6.2 Tipologia prove e controlli eseguiti****6.3 Esame visivo**

6.4 Esame visivo interno **si**  **no**  perché  non accessibile  rapporto di prova in allegato

6.5 Esame visivo esterno **si**  **no**  perché  non accessibile

6.6 Data effettuazione controllo ..... Esito  positivo  negativo

**6.7 Controllo spessimetrico**

	Esecuzione	Esito
mantello	<b>si</b> <input type="checkbox"/> <b>no</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo <input type="checkbox"/> caso da valutare (*)
fondo 1	<b>si</b> <input type="checkbox"/> <b>no</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo <input type="checkbox"/> caso da valutare (*)
fondo 2	<b>si</b> <input type="checkbox"/> <b>no</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo <input type="checkbox"/> caso da valutare (*)
Valutazione globale attrezzatura(*)	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo <input type="checkbox"/> caso da valutare (*)	<input type="checkbox"/> positivo <input type="checkbox"/> negativo <input type="checkbox"/> caso da valutare (*)

Data effettuazione .....

controllo .....

6.8 .....

6.9 (\*) Vedi rapporto controllo spessimetrico in allegato .....

Note: .....

**6.10 Prova idraulica o pneumatica (eventuale)**

effettuata da persona di

6.11 Prova idraulica **si**  **no**  P = ..... bar

6.12 Prova pneumatica **si**  **no**  P = ..... bar

Esito  positivo (non si sono rilevate perdite o anomale)  negativo

6.13 Data effettuazione controllo .....

6.14 Note: .....

**ESITO VERIFICA DI INTEGRITA'** **Positivo** **Negativo**6.15 Azioni in caso di esito negativo:  Arresto e riparazione  Declassamento  Dimissione

6.16 Prossima verifica di integrità da eseguirsi entro ..... data .....

6.17 Note: .....

6.18 .....

6.19 .....

6.20 Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 6: .....

6.21 Matricola dell'operatore: .....

6.22 Firma .....

6.19 Data verifica :

6.20 Nome e Cognome dell'operatore che ha compilato la sezione 6:

6.21 Matricola dell'operatore:

6.22 Firma

**SEZIONE 7**

**7.1 Registro piombatura intercetti**

Logo

Data chiusura piombo	Firma operatore

Data eliminazione piombo	Firma operatore



## BIBLIOGRAFIA

### Riferimenti legislativi

- Decreto Legislativo del 3 febbraio 1997 n. 52, "Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose";
- Decreto Legislativo del 25 febbraio 2000 n. 93 "Attuazione della Direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione";
- Decreto Ministeriale del 1 Dicembre 2004 n. 329 "Regolamento recante norme per la messa in servizio e utilizzazione delle attrezzature a pressione e degli insiemi di cui all'articolo 19 del decreto legislativo 25 febbraio 2000 n. 93";
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Decreto Ministeriale del 11 aprile 2011 "Disciplina delle modalità di effettuazione delle verifiche periodiche di cui all'All. 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"

### Riferimenti normativi

- UNI EN 764-7. Attrezzature a pressione. Sistemi di sicurezza per attrezzature a pressione non soggette a fiamma;
- UNI EN 473. Non destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel - General principles;
- UNI EN 13018:2004 - Prove non distruttive - Esame Visivo - Principi generali;
- UNI EN 14127:2011 - Prove non Distruttive - Misurazione dello spessore mediante ultrasuoni;
- UNI EN ISO 17637:2011 "Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo di giunti saldati per fusione".
- UNI EN 25817:1994 "Giunti saldati ad arco in acciaio - Guida sui livelli di qualità delle imperfezioni".
- UNI EN 10029:2011 "Lamiere di acciaio laminate a caldo di spessore maggiore o uguale a 3 mm - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma".



