

# **GESTIONE DEL CICLO DI VITA DEGLI APPARECCHI IN PRESSIONE NEGLI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE.**

**Paolo A. Bragatto<sup>1</sup>, Domenico Geraci<sup>2</sup>, Elisa Pichini<sup>2</sup>, Paolo Pittiglio<sup>1</sup>, Silvia Ansaldo<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>ISPESL DIPIA Monte Porzio Catone(Roma)**

**<sup>2</sup>ISPESL DTS V.Alessandria Roma**

**<sup>3</sup>Consulente CAD PDM Monte Compatri (Roma)**

## **SOMMARIO**

Nella ricerca presentata si dimostra come sia possibile realizzare negli stabilimenti soggetti alla Direttiva Seveso una sorta di RBI molto semplificata, valorizzando le attività di controllo sugli apparecchi in pressione in parte già obbligatorie per la normativa di applicazione della Direttiva PED. Con l'aiuto di un software sviluppato ad hoc, il gestore che già osserva quanto richiesto dalla legge può attuare una politica di ispezioni mirate, ottenendo un monitoraggio continuo sull'effettivo livello di sicurezza dell'impianto, adattando di conseguenza anche la frequenza dei controlli. Questo può essere possibile anche se l'analisi del rischio iniziale è molto povera. È richiesto soltanto il livello minimo di analisi del rischio, rappresentato dal metodo ad indici. Con la soluzione proposta si può avere anche una perfetta integrazione dei controlli sull'integrità degli apparecchi nel sistema di gestione della sicurezza, con vantaggi ai fini delle visite ispettive previste dalla Direttiva Seveso.

## **1 INTRODUZIONE**

In Italia la verifica ed il controllo degli apparecchi in pressione hanno una storia lunghissima. Fin dall'inizio della moderna industria chimica si è riconosciuto che gli apparecchi, a causa delle pressioni e delle temperature elevate, come pure per i composti corrosivi contenuti e per l'ambiente esterno ostile, devono essere sottoposti a specifiche verifiche progettuali e costruttive prima dell'entrata in esercizio. Per le stesse ragioni, lungo tutto il loro periodo d'esercizio, gli apparecchi sono periodicamente controllati con varie tecniche di tipo non distruttivo. Da sempre è riconosciuto che la sicurezza dell'impianto dipende in larga parte proprio dall'affidabilità degli apparecchi in pressione. Per questo nei vari Paesi europei furono sviluppati nei decenni passati codici per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli apparecchi in pressione. Per uniformare il settore delle apparecchiature in pressione, la Commissione Europea ha pubblicato la Direttiva 97/23/CE, nota come Direttiva PED. La legislazione italiana ha recepito questa Direttiva, il 25 febbraio 2000 con il Decreto legislativo n°93. La legislazione di PED definisce i requisiti della progettazione, della fabbricazione e della valutazione di conformità per le apparecchiature con una pressione massima ammessa maggiore di 0,5 bar. Alla luce della Direttiva PED i diversi codici non perdono in ogni modo la loro validità tecnica, anche se è in corso una necessaria opera di armonizzazione.

I codici per la sicurezza degli apparecchi in pressione tengono conto di pressione e volume dell'apparecchio e delle caratteristiche corrosive del fluido. Le altre caratteristiche chimiche del fluido, sia esso infiammabile, esplosivo o tossico sono invece trattate dalla Direttiva 96/82/CE per la prevenzione degli incidenti rilevanti connessi all'uso di sostanze pericolose nota come Direttiva Seveso II, la quale considera l'impianto industriale nel suo complesso. Per una serie di ragioni, la sicurezza degli apparecchi e la sicurezza complessiva continuano tuttora ad essere trattate in modo completamente separato, con approcci del tutto differenti e spesso non comunicanti. Questa innegabile cesura deriva da fatti storici; ma non ha una reale motivazione scientifica e tecnica. Di fatto nei tipici stabilimenti a rischio incidente, quali raffinerie ed impianti chimici e petrolchimici, sono in esercizio centinaia e, forse, migliaia di apparecchi in pressione. In pratica i due mondi, quello degli apparecchi a pressione e quello della Seveso, che sembrano essere a volte "incomunicabili", sono quasi obbligati a trovare un punto d'incontro nella gestione degli impianti di processo. I gestori, da una parte, debbono seguire un numero grandissimo di apparecchi, in osservanza a quanto stabilito dalla PED e normative derivate e, dall'altra, devono gestire in modo sistematico la prevenzione degli incidenti rilevanti, in osservanza della Direttiva Seveso e normativa derivata. In pratica, in un impianto soggetto alla Direttiva Seveso, le varie attività connesse alla sicurezza degli apparecchi dalla

progettazione alla costruzione, dalla manutenzione alla dismissione, non possono essere viste in modo separato per ogni singolo apparecchio; ma vanno gestite in modo integrato, tenendo innanzitutto conto dei rischi di incidente rilevante derivanti dalle caratteristiche chimiche dei fluidi contenuti negli apparecchi.

## **2. GLI APPARECCHI IN PRESSIONE NEGLI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE.**

Negli stabilimenti a rischio di incidente rilevante, soggetti alla Direttiva Seveso, l'adozione di appropriati standard e corpi di regole per le apparecchiature costituisce un elemento importante ai fini sia della valutazione dei rapporti di sicurezza che della verifica del sistema di gestione della sicurezza, ampiamente richiamato nelle varie linee guida [1].

### **2.1 Le prevenzione dei guasti sugli apparecchi in pressione**

La pressione e la temperatura, unite all'eventuale natura corrosiva dei liquidi all'interno dei sistemi e l'esposizione all'ambiente esterna, degraderanno nel tempo la qualità del materiale da costruzione degli apparecchi. I meccanismi di degradazione più comuni sono l'assottigliamento interno ed esterno per corrosione, la rottura per fragilità ed fatica, il cedimento sotto sforzo.

I controlli di integrità meccanica (MI) sulle apparecchiature sono mirati ad impedire i guasti, che a loro volta potrebbero anche condurre ad incidenti rilevanti. Le cattive condizioni meccaniche sono cause di incidenti e di quasi incidenti negli impianti industriali. Per questo motivo da lungo tempo i controlli sui sistemi in pressione sono obbligatori nell'ambito della legislazione sulla prevenzione e la sicurezza del lavoro. Molte tecniche sono usate nei controlli di MI, a partire da quelle di tipo visivo di interpretazione immediata, fino ai metodi di analisi moderni più specializzati quale le immagini nello spettro infrarosso termico. Mai dimenticandosi che gli occhi e gli orecchi di un abile operatore sono i rivelatori più ragionevoli, un programma di manutenzione ben fatto includerà sempre i controlli visivi periodici: per mezzo di liste di controllo, l'addetto annoterà tutte le irregolarità che noterà nelle apparecchiature o nei dispositivi, nel loro aspetto, come pure nel loro rumore di funzionamento. Altre analisi che possono essere effettuate continuamente sono la registrazione di vibrazione e le prove di tribologia: entrambi i metodi permettono il controllo di integrità degli elementi quali i cuscinetti, gli alberi ed i mescolatori. Se la "pista" delle vibrazioni registrate durante l'attività normale presenta irregolarità, o se le particelle dei presenti dell'olio di lubrificazione superano un limite per numero, dimensione o tipo, ciò potrebbe dire che si sta avvicinando un possibile guasto. Durante gli arresti previsti di manutenzione, le tecniche di controllo di MI delle apparecchiature in pressione più comuni sono le prove ultrasoniche per verificare l'integrità dei componenti (per rivelare le zone o gli sfaldamenti di corrosione) ed i raggi x per vedere le crepe o altri difetti nei giunti saldati. Le prove pneumatiche, con soluzioni che producono bolle, servono per rivelare le perdite dalle giunture o la tenuta delle guarnizioni.

Da alcuni anni inoltre la formazione di immagini infrarosse sta diffondendosi come tecnica facile e veloce per controllo di MI. Attraverso le emissioni infrarosse di una superficie si ottiene la distribuzione di temperatura, dalla quale si deducono i parametri di conduzione di calore quali la diffusività termica e lo spessore dello strato attraversato. [2,3]

### **2.3 I controlli periodici di integrità meccanica sugli apparecchi in pressione**

Gli organismi pubblici realizzano spesso questi controlli, così come gli enti indipendenti autorizzati dalle autorità competenti. I programmi di controlli di MI, secondo la legislazione attuale, considerano solo la classificazione di ogni singolo apparecchio e non si preoccupano se questo si trova all'interno di uno stabilimento Seveso. Nel quadro di applicazione della direttiva PED, il Ministero delle Attività Produttive nel dicembre 2004 ha pubblicato il decreto n°329, che fissa le modalità di verifica sugli apparecchi in pressione, come definiti dalla Direttiva PED. Nella legislazione precedente, la classificazione degli apparecchi era basata sulla pressione e sul volume dell'apparecchio. Nella raccolta E, che per moltissimo tempo ha regolato l'esercizio degli apparecchi in pressione il rischio era connesso solo al prodotto PxV. Le caratteristiche del fluido intervenivano solo in funzione degli effetti negativi sulla apparecchio (corrosione). Nessuna caratteristica del fluido veniva considerata, tranne la corrosività. La nuova legislazione riprende la classificazione dell'apparecchiatura basata sul prodotto PxV, ma tiene conto anche delle caratteristiche dei

fluidi, considerando, però, solo due gruppi di fluidi (non pericoloso e pericoloso). Naturalmente, le più alte frequenze di controllo sono richieste per le apparecchiature che contengono i liquidi che appartengono al secondo gruppo.

Il controllo dei fluidi tossici, molto tossici, infiammabili, molto infiammabili, comburenti o esplosivi, i quali possono generare ulteriore rischio di incidente rilevante non è assolutamente un aspetto della normativa PED, essendo comunque una questione della Seveso. La periodicità di controlli PED non dipende affatto dal rischio di incidenti rilevanti. I controlli supplementari, non obbligatori, possono essere comunque liberamente decisi per aumentare i livelli di sicurezza e prolungare il tempo di servizio per l'apparecchiatura in pressione.

## **2.4 La valutazione dei rischi**

Negli impianti a rischio di incidente rilevante l'analisi di rischio può essere sviluppata, se necessario, fino a considerare i singoli componenti e le loro possibili deviazioni; dandone una valutazione quantitativa delle probabilità d'accadimento e dell'entità delle conseguenze. L'analisi di rischio si articola in tre fasi distinte:

- Identificazione di tutti i possibili rischi attraverso una dettagliata analisi dell'impianto e della sua operabilità.
- Valutazione dell'entità delle conseguenze dei potenziali incidenti identificati,
- Valutazione delle frequenze attese per il verificarsi dei vari incidenti considerati. La probabilità degli eventi viene derivata dalla combinazione dei tassi di guasto.

Solamente per i componenti più comuni i tassi di guasto vengono reperiti dalla letteratura tecnica, da banche dati oppure vengono forniti dagli stessi costruttori, per gli altri apparecchi si ricorre a deduzioni più o meno arbitrarie. L'analisi del rischio può essere sviluppata in modo dettagliato, arrivando ad identificare per ogni apparecchio i guasti con le relative conseguenze e frequenze d'accadimento. In definitiva ad ogni componente può essere associato un livello di rischio, definito come il prodotto  $S \times F$  dove  $S$  è la severità delle conseguenze derivanti da una anomalia dell'apparecchio (malfunzionamento o guasto) ed  $F$  è la frequenza di accadimento di tale anomalia.[4,5]

## **2.5 I dati di esercizio**

I controlli, i guasti, le riparazioni, le modifiche e le sostituzioni che avvengono lungo la vita dell'impianto dovrebbero portare ad una riconsiderazione delle frequenze dei guasti. Per questo motivo, la probabilità di eventi incidentali può cambiare lungo il corso della vita dell'impianto. I potenziali eventi incidentali, identificati dalla iniziale analisi dei rischi, possono cambiare soltanto nel caso delle modifiche dell'impianto. Nel corso degli anni, il grado di severità delle possibili conseguenze, valutato inizialmente per ogni potenziale incidente, dovrebbe restare valido, a meno che non intervengano modifiche impiantistiche, quali l'inserimento di sistemi di protezione. Le probabilità di guasto, invece, aumentano, o diminuiscono, in base alle condizioni di esercizio delle apparecchiature. Per questo motivo il livello di rischio generale è funzione delle modalità esercizio e, in particolare, dei controlli e delle manutenzioni. Anzi si può affermare che tanto più passa il tempo, tanto più il livello di rischio dipende dalla storia operativa dell'impianto. In altre parole la attività di controllo e manutenzione possono mantenere e persino migliorare il livello di sicurezza dell'impianto, mentre una gestione carente si ripercuote negativamente sul livello di sicurezza. Inoltre, per le apparecchiature progettate ad hoc, l'incidenza guasti è sconosciuta a priori ed è dedotta in base all'incidenza dei guasti per le apparecchiature similari. Solo con l'esercizio si può disporre di dati attendibili sui tassi di guasto, utili per valutare in modo più credibile le probabilità degli eventi incidentali. La stessa analisi del rischio è di solito vista durante la fase di progettazione, costruzione o revamping dell'impianto, ovvero alla scadenza quinquennale derivante da obblighi di legge. In realtà con il passare del tempo l'analisi del rischio perde inevitabilmente di valore, e ben prima dei cinque anni indicati nella direttiva.[6]

Gli apparecchi degli impianti sono soggetti a controlli, manutenzioni, deterioramento e sostituzione, tutti fatti che vanno a cambiare il livello di rischio ad essi associato. Inoltre l'impianto stesso può essere soggetto a modifiche meccaniche, ovvero a condizioni di esercizio diverse per pressione, temperatura o specie chimica,

da quelle iniziali. Ovviamente queste variazioni incidono in maniera significativa sui rischi. Infine dall'esercizio dell'impianto vengono una grande quantità di dati che, opportunamente elaborati, possono fornire valutazioni dei rischi, che vanno a migliorare, rendendola più aderente all'esperienza operativa, l'iniziale analisi dei rischi.[7,8]

## **2.6 La valutazione del rischio e controlli di integrità meccanica**

L' Istituto Americano del Petrolio (API) con lo standard API 580 ha definito un modello di organizzazione dei controlli di integrità meccanica per componenti degli impianti petroliferi, che è noto come "Risk Based Inspection" (RBI). Tale metodo prevede da una parte una analisi particolareggiata dei rischi in modo da definire un calendario personalizzato delle ispezioni e dall'altra un sistematico utilizzo di tutti i risultati dei controlli di integrità al fine di riconsiderare ed aggiornare in modo continuo nel tempo le iniziali valutazioni di sicurezza, che a loro volta indirizzano direttamente tutte le attività di controllo ed indirettamente molti aspetti relativi all'esercizio dell'impianto. La RBI è nata nell'industria petrolifera e presuppone una capacità organizzativa e gestionale ed una disponibilità di risorse che non si trova facilmente in altri settori industriali. Nel progetto RIMAP è stato compiuto uno sforzo per trasferire al contesto europeo i concetti della RBI, estendendoli campo di applicazione a settori industriali diversi da quello petrolifero. La metodologia RBI, che una approfondita analisi iniziale dei rischi, non è facilmente trasferibile dalla grandi industrie dove è nata, alle realtà delle industrie chimiche più piccole, piuttosto numerose in Italia[9]

## **3 LA GESTIONE DEGLI APPARECCHI NELLE DIVERSE FASI DELLA VITA DELL'IMPIANTO**

Un sistema d'informazione unificato che segua tutti gli apparecchi di un impianto chimico, lungo il loro intero ciclo di vita è il primo passo per integrare gli apparecchi, con i controlli relativi nel complessivo sistema di gestione della sicurezza d'impianto. Le varie fasi della vita di ogni apparecchio all'interno dell'impianto, dal disegno alla costruzione, dall'installazione al collaudo, dai controlli in esercizio alle modifiche, dalla dismissione alla sostituzione è scandita dalla produzione di documentazione ormai tutta disponibile in formato digitale. Le rappresentazioni digitali bidimensionali e tridimensionali delle attrezzature e dell'impianto, come erano stati progettati, possono essere integrate con la rappresentazione della storia dell'esercizio, per avere una sorta della rappresentazione digitale dell'impianto come realmente è, qui ed ora. Tutte le informazioni e i dati circa la storia delle apparecchiature, ed in particolare i controlli di integrità meccanica, sono utili ad avere un controllo "in linea" dei livelli reali di rischio in modo da ottimizzare le varie attività di controllo e di ispezione. Documenti, modelli e dati raccolti lungo il corso della vita dell'impianto possono, possono essere usati per migliorare la valutazione iniziale di sicurezza, anche e soprattutto nel caso, senz'altro frequente, in cui la valutazione iniziale di sicurezza sia piuttosto debole. Di seguito per ogni fase del ciclo di vita dell'impianto si considerano i dati più importanti ai fini della gestione della sicurezza. [10]

### **3.1 La fase di progettazione**

Nella fase di progetto occorre identificare i potenziali guasti sulle apparecchiature, in grado di condurre alle conseguenze indesiderabili. Per semplicità espositiva consideriamo un solo elemento dell'impianto (per esempio un reattore chimico, RC) con la premessa che tutto quanto diremo riguarda ogni componente del sistema il cui malfunzionamento o guasto abbia ripercussioni significative sull'intero ciclo in ordine alla sicurezza e/o alla produttività dell'impianto stesso. Dunque, del reattore reattore RC sono noti i materiali con cui è costruito e la loro compatibilità con i fluidi che il reattore dovrà contenere; si saprà ad esempio se esso è stato realizzato prevedendo degli spessori di corrosione per le lamiere, oppure se e quando sarà opportuno effettuare dei controlli per possibili usure "a fatica" di alcune sue parti. Se poi il reattore RC appartiene ad una tipologia di apparecchi dal comportamento nel tempo già noto, questo amplierà le conoscenze iniziali fornendo elementi utili per l'implementazione del database di partenza del software interattivo di controllo.[11]

### 3.2 La fase di costruzione

Nella fase di costruzione dell'impianto l'installazione del reattore deve prevedere la possibilità di controllare e registrare (monitorare) alcuni parametri quali (almeno) la temperatura e la pressione dei fluidi circolanti nonché l'entità delle vibrazioni di mescolatori o agitatori o di altri organi in movimento.

### 3.3 La fase di esercizio

Nella fase di esercizio per ogni componente in pressione, per ogni attrezzatura o gruppo di attrezzature la probabilità di guasto può essere valutata, sulla base dei dati reali raccolti in esercizio. La registrazione dei segnali rilevati dai dispositivi di controllo permetterà di evidenziare, nel corso dell'esercizio del reattore, quei valori di temperatura o di pressione del fluido al suo interno, o di ampiezza/frequenza delle vibrazioni degli organi in movimento che possano indicare una "deriva" o delle irregolarità nelle periodicità previste, o che raggiungano livelli comunque anomali e tali da rappresentare "segnali deboli" di guasto (vd. UNI 10366). Qualora si verifichi l'entrata in azione dei dispositivi di sicurezza - il blocco di eventuali termostati o pressostati, quando non addirittura l'apertura di valvole o la rottura di altri limitatori di pressione - sarà sicuramente utile analizzare l'andamento della temperatura e della pressione del fluido o la dinamica degli organi in movimento che avranno preceduto il raggiungimento dei valori limite per i parametri termomeccanici controllati, onde riuscire a correlare l'entrata in azione dei dispositivi di sicurezza con eventuali irregolarità o anomalie evidenziate nei tracciati. Conoscere in termini quantitativi - che equivale all'aver misurato - la dinamica e la termodinamica di un componente durante le fasi di esercizio che hanno preceduto il raggiungimento di valori limite (e dunque critici) permette una più fine valutazione della sua probabilità di guasto. Si pensi, ad esempio, all'utilità di rilevare, mediante misure dinamometriche, l'aumento delle vibrazioni in corrispondenza dei cuscinetti volventi dell'agitatore del nostro reattore con il progredire dell'usura di un punto dell'agitatore stesso o con l'avanzare di una cricca nel suo asse. Si pensi pure alla possibilità di rilevare, mediante immagini termografiche, una distribuzione anomala della temperatura in un tronchetto o nel corpo di una valvola per effetto di depositi o incrostazioni. Tali informazioni, opportunamente tradotte in "percentuali" e "livelli", potranno utilmente concorrere alla definizione "*in progress*" (ricorsiva) della probabilità di guasto dei componenti e delle vita residua del reattore. [12]

Importante sarà inoltre riuscire a parametrizzare - ai fini del calcolo della vita residua o di previsione del guasto - tutti i dati rilevati durante i controlli non distruttivi che vengono di norma effettuati nel corso delle verifiche periodiche: misure dello spessore delle pareti qualora soggette a corrosione, eventuali assottigliamenti delle lamiere rilevati e imputabili a fenomeni di corrosione o abrasione non previsti; controllo delle giunzioni permanenti mediante prove pneumatiche e/o radiografiche; ispezioni visive delle superfici a contatto, delle guarnizioni, degli organi in movimento e dei cuscinetti volventi; comportamento dei dispositivi di regolazione e di sicurezza nel corso di prove in bianco. Sarà bene che l'effettuazione dei controlli durante le visite periodiche o i preventivi fermi per la manutenzione ordinaria avvengano secondo opportune check-list che avranno proprio lo scopo di tradurre in parametri utili al calcolo tutte le note ed i dati rilevati. Analogamente, sarà opportuno riuscire ad indicizzare tutte le informazioni che potranno provenire da eventuali guasti, che comportino o meno un fermo per il reattore e/o per l'intera produzione: quale componente (elemento o dispositivo) si sia guastato; se il componente si era già guastato in precedenza o se addirittura esso è soggetto a guastarsi con una certa frequenza o periodicità; se prima del guasto si sia rilevata una qualche anomalia nei parametri controllati, e se non sia possibile correlare il guasto a tali anomalie. Un'analisi di questo tipo concorre alla definizione di quei segnali deboli che permettono di calcolare "la salute" dei componenti e dell'attrezzatura. Va da sé che ogni informazione o dato relativo alla riparazione o alla sostituzione di una parte dell'attrezzatura o di un dispositivo (di regolazione, di sicurezza o anche solo di controllo) andrà opportunamente registrato sia in termini di entità ed eventuale periodicità dell'intervento che si è reso necessario, sia in termini di ricomposizione del "quadro iniziale": infatti, obiettivo di una riparazione è il ripristino della configurazione e della funzionalità originarie del sistema (attrezzatura e dispositivi); obiettivo di una modifica è il miglioramento delle prestazioni dell'attrezzatura o l'adeguamento dell'attrezzatura a necessità che sono venute a modificarsi. In entrambi i casi, dopo l'intervento il sistema si troverà in una situazione analoga a quella della "fase di avvio" e dovranno pertanto essere noti tutti i dati relativi agli elementi riparati, sostituiti o modificati, e alla loro interazione con l'attrezzatura (rivalutazione dell'insieme).[13-14]

## 4. UN PROTOTIPO PER LA GESTIONE DEGLI APPARECCHI IN PRESSIONE

Al fine di dimostrare l'effettiva fattibilità di avere un sistema di gestione di tutti gli apparecchi di un impianto, nel quale possano essere compresi tutti i controlli di integrità meccanica che vengono eseguiti nell'intero ciclo di vita è stato sviluppato un prototipo ad hoc denominato PELM. Per le rappresentazioni digitali di componenti ed impianti il sistema sfrutta le potenzialità di CATIA®, un sistema per la gestione di progetti meccanici ed impiantistici commercializzato da IBM. L'idea portante di PELM è quella di avere una sorta di RBI molto semplificata, valorizzando attività già obbligatorie per legge, almeno in parte. Adottando lo schema di PELM, il gestore che già osserva quanto richiesto dalla legge può attuare una politica di ispezioni mirate, ottenendo un monitoraggio continuo sull'effettivo livello di sicurezza dell'impianto. Questo può essere possibile anche se l'analisi del rischio iniziale è molto povera. A differenza della RBI, che parte da una analisi del rischio, con PELM si può quasi fare a meno dell'analisi di rischio, usando solo il metodo indicizzato, che rappresenta il livello minimo di analisi del rischio richiesto dalla normativa, ed in particolare dall'allegato II del DPCM 31/03/1989 e dalle successive linee guide settoriali.

### 4.1 Organizzazione del database

PELM in fase di avvio permette di inserire tutti gli apparecchi in esercizio nello stabilimento. I dati principali verranno organizzati in modo da avere per ogni apparecchio una sorta di "cartella clinica" che lo segua dall'inizio alla fine del suo ciclo di esercizio. In particolare vanno indicate per ogni apparecchio che cosa va misurato e con quale tecnica. Nel data base vengono anche considerate l'unità, l'impianto e lo stabilimento dove è collocato l'apparecchio. Per ogni apparecchio, unità, impianto ed stabilimento vengono conservati i rispettivi documenti tecnici quali disegno meccanico, schemi di marcia, layout, diagrammi di flusso, ecc.

### 4.2. Definizione delle priorità d'ispezione

Per ogni apparecchio vanno innanzitutto considerate le caratteristiche intrinseche, sostanzialmente la pressione d'esercizio  $P$  ed il volume interno dell'apparecchio  $V$ . In base al prodotto  $PxV$  gli apparecchi sono collocati entro quattro classi di pericolosità, conformemente a quanto definito dalla normativa sugli apparecchi in pressione (vedi *PED*). La normativa distingue inoltre se l'apparecchio è destinato o no a fluidi pericolosi (infiammabili, esplosivi, comburenti, tossici). In base alla classe di appartenenza ed alla eventuale pericolosità del fluido si definisce il livello delle misure di sicurezza che devono essere adottate. In pratica combinando i due parametri (prodotto  $PxV$  e pericolosità del fluido) ci sono otto possibili valutazioni dell'apparecchio. Questa prima classificazione da ragione delle caratteristiche intrinseche dell'apparecchio. Trattandosi di apparecchi all'interno di uno stabilimento a rischio di incidente rilevante vanno anche considerati i rischi di tipo impiantistico. In base alle diverse posizioni all'interno dell'impianto ogni apparecchio andrebbe classificato in modo differente, tenendo conto della gravità di possibili incidenti ai quali potrebbe dare origine, e della probabilità di tali incidenti. Riconoscendo però come non sempre è possibile svolgere una accurata analisi dei rischi, PELM prevede sostanzialmente due opzioni principali:

- Individuare analiticamente, per ogni apparecchio, tutti i potenziali guasti, valutando le conseguenze dei guasti, nonché le probabilità di accadimento. Ad ogni apparecchio potrà essere assegnato un livello di rischio personalizzati; che non è altro che il prodotto  $SxF$  dove  $S$  è la severità delle conseguenze di un possibile guasto e  $F$  la frequenza di accadimento del guasto. La relativa documentazione di progetto è in linea e può essere consultata. In particolare sono previsti dei collegamenti con i modelli digitali dell'impianto, ove disponibili. In particolare il modello digitale viene sfruttato per individuare la linea cui afferisce l'apparecchio in questione, individuando gli altri componenti che possono essere coinvolti nella catena delle conseguenze. (vedi Figura 1)
- Valutare attraverso il metodo indicizzato il livello di pericolo dell'unità d'impianto ed assegnare a tutti gli apparecchi dell'unità il medesimo livello di rischio "impiantistico". La documentazione tecnica può essere consultata in linea per facilitare il lavoro di calcolo degli indici. (vedi figura 2)

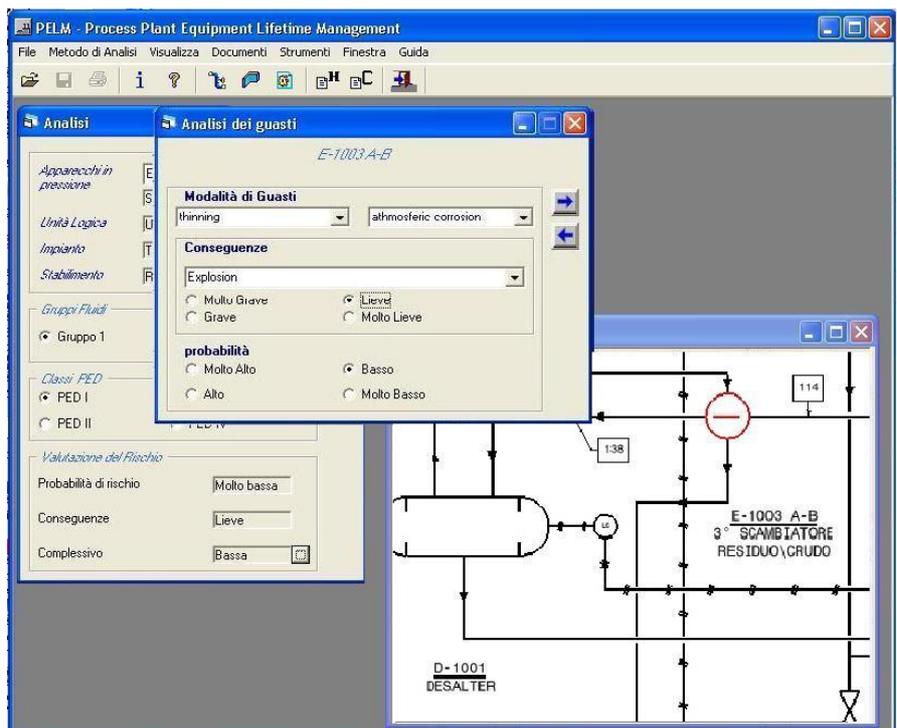


Figura 1 PELM: valutazione delle conseguenze di un guasto ad un apparecchio e valutazione della probabilità al fine della classificazione in base al rischio

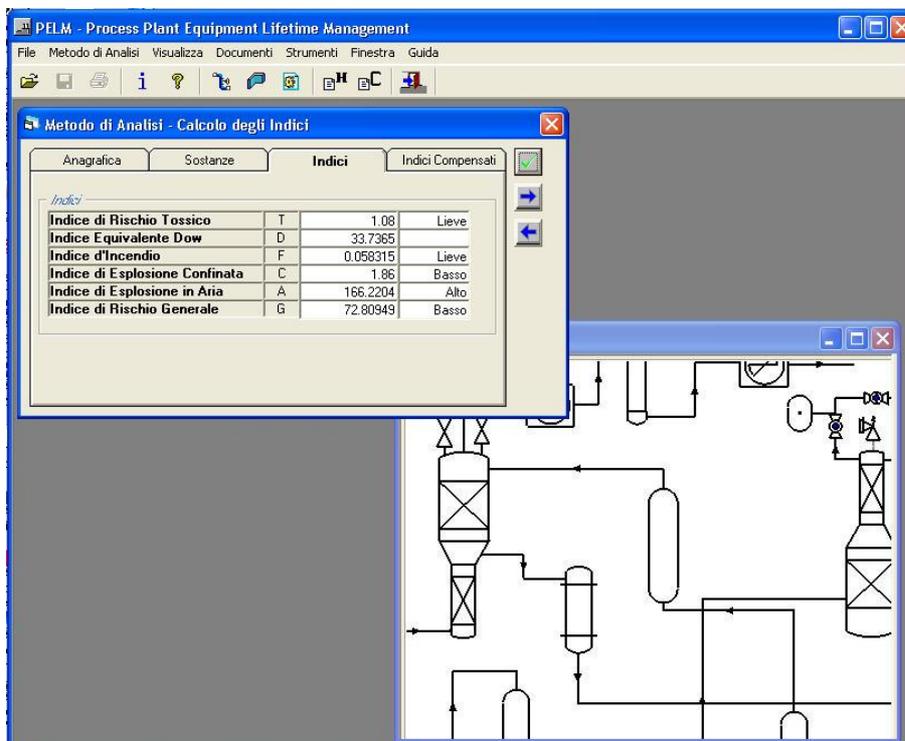


Figura 2 PELM: calcolo degli indici di rischio per una unità d'impianto. La classificazione derivata dall'indice generale di rischio verrà applicata a tutti gli apparecchi dell'unità

Il livello di rischio impiantistico dell'apparecchio, in qualunque modo sia stato calcolato, va combinato con il livello di rischio intrinseco in precedenza valutato in base al prodotto  $P \times V$ , così da assegnare ad ogni apparecchio una priorità di ispezione.

### 4.3. Definizione del calendario in base al livello delle priorità ed agli obblighi di legge

PELM terrà conto delle priorità assegnate a ciascun apparecchio, al fine di definire un calendario delle ispezioni. Naturalmente la frequenza delle ispezioni non sarà mai inferiore a quella stabilita per legge per gli apparecchi a pressione, che è basata comunque sul prodotto PxV.

### 4.4 Registrazione dei dati di MI

Quando viene eseguita una ispezione di Integrità Meccanica su un apparecchio si produrranno dati, in varia forma. Matrici di numeri, immagini, ecc. I dati dell'ispezione (data dell'ispezione, ispettore, tipo di ispezione) vengono inseriti nel data base assieme ai referti dell'ispezione stessa. Viene inoltre richiesto di introdurre una valutazione sintetica, di tipo qualitativa dell'ispezione. (vedi figura 3)

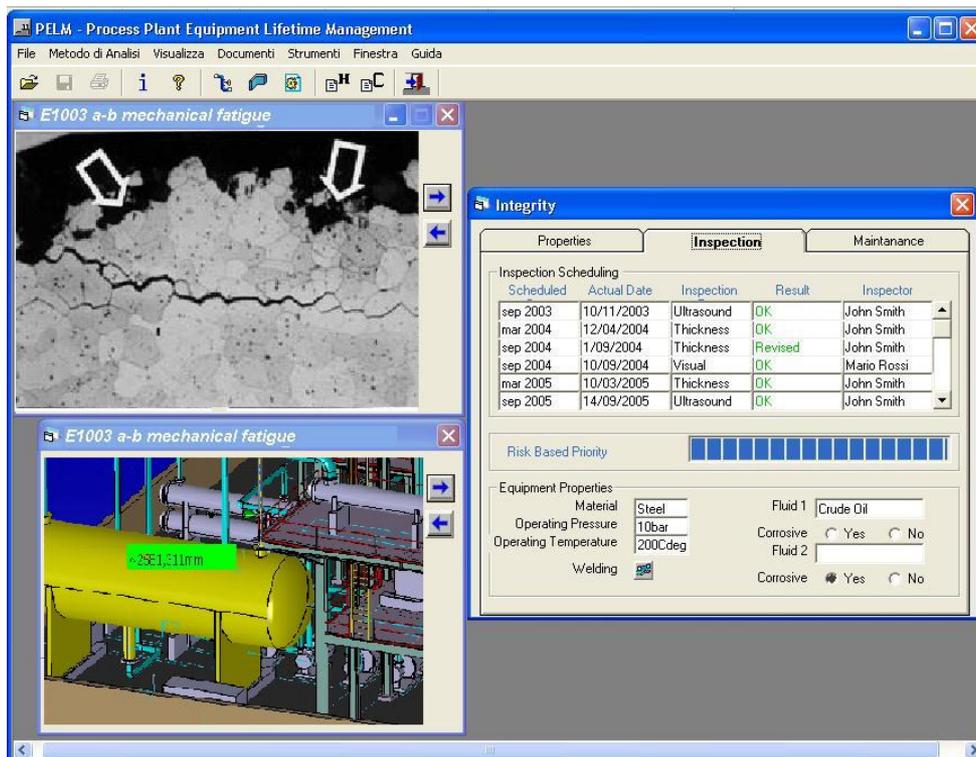


Figura 3 PELM Introduzione del referto di una ispezione di integrità meccanica eseguita su un apparecchio

### 4.5 Registrazione dei guasti e delle anomalie

I guasti che si verificano sugli apparecchi vanno registrati nella cartella dell'apparecchio, in modo che per ogni apparecchio si possa vedere se e come si siano avuti dei guasti. Vengono inoltre registrate anche le reali conseguenze del guasto. In modo analogo possono essere registrate tutte le anomalie di funzionamento che vengono rilevate dalla strumentazione in linea. Anche se non producono effetti incidentali esse costituiscono una tempestiva segnalazione dell'avvicinarsi di un possibile guasto.

### 4.6 Aggiornamento del database apparecchi

Nel database degli apparecchi vengono registrate tutte le situazioni che portano a modificare la configurazione del "parco apparecchi". Riparazione o modifica di un apparecchio, Dismissione di un apparecchio, Installazione di un nuovo apparecchio, modifica dell'impianto, ecc.

## 4.7 Interrogazione al database delle ispezioni

Il database delle ispezioni può essere interrogato in vario modo. Una serie di interrogazioni “preconfezionate” sono fornite dal sistema, altre possono essere definite dall’utente. Esempi di interrogazioni possono essere: la storia di tutte le ispezioni svolte precedentemente ad un guasto, le ispezioni su tutti gli apparecchi di una certa unità, le ispezioni di diverso tipo su apparecchi dello stesso tipo, la differenza fra due ispezioni successive sul medesimo apparecchio, la percentuale di ispezioni con esiti non soddisfacenti. Lo scopo delle interrogazioni è avere delle valutazioni sulle reali sulla evoluzione nel tempo delle condizioni di integrità meccanica. Le interrogazioni possono essere utilizzate a creare dei rapporti ovvero ad aggiornare le priorità di intervento. (vedi figura 4)

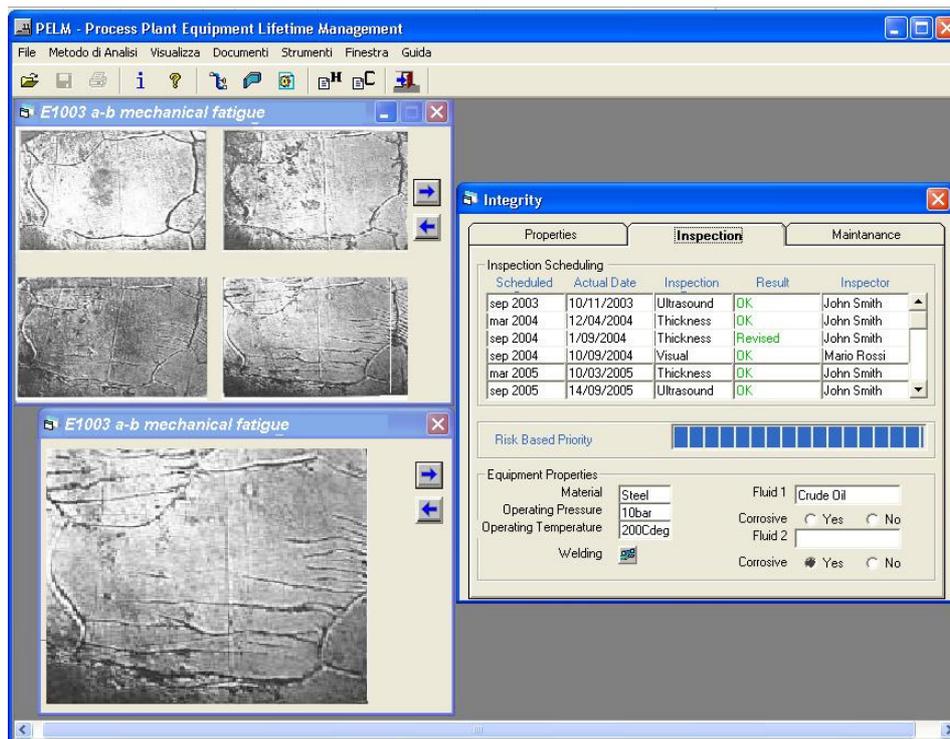


Figura 4 PELM Raffronto fra i risultati di verifiche eseguite a tempi diversi su un medesimo apparecchio

## 4.8 Creazione di rapporti

In base alle interrogazioni fatte al database si possono creare dei rapporti. Questi rapporti possono servire come supporto per documentare nel dettaglio l’attività di controllo dell’integrità meccanica svolto dal gestore. In particolare questa potenzialità può essere utile durante gli *audit* del sistema di gestione della sicurezza, e soprattutto durante le visite ispettive di cui all’art. 25 del D.Lgs. 334/99. A seguito delle modifiche introdotte dall’art. 15 comma 1 del D.Lgs. 238/2005, nelle visite ispettive sono stati inseriti anche i sistemi tecnici adottati nello stabilimento. A questo scopo una gestione informatizzata dei referti dei controlli sugli apparecchi risulterebbe senz’altro utile.

## 4.9 Aggiornamento delle priorità di intervento

In base ai risultati negativi delle ispezioni ed al verificarsi di guasti è possibile individuare delle situazioni in cui il livello di rischio sia maggiore di quello inizialmente valutato in fase di analisi. In questo caso si può alzare la priorità d’ispezione. Allo stesso modo, può verificarsi il caso in cui la valutazione della probabilità di guasto su un apparecchio sia stata sovrastimata ed un periodo sufficientemente lungo di assenza di guasti associato ad esiti sempre soddisfacenti delle ispezioni possa convincere ad abbassare la priorità d’ispezione. In questo caso la priorità d’intervento verrà abbassata, sempre nel rispetto degli obblighi minimi fissati dalla

legislazione. Ovviamente quando le priorità d'intervento siano state ridefinite per un certo numero di apparecchi sarà sempre possibile ridefinire il calendario delle ispezioni.

## **5 VANTAGGI DEL SISTEMA DI GESTIONE DEGLI APPARECCHI IN PRESSIONE**

Un sistema di gestione del ciclo di vita degli apparecchi in uno stabilimento "Seveso", come PELM, consente di avere un quadro sempre aggiornato delle condizioni meccaniche dell'impianto e dei suoi componenti. I dati di monitoraggio possono essere intelligentemente sfruttati per ottimizzare i programmi di controllo sull'integrità meccanica degli apparecchi. Inoltre PELM parte dall'indice ISPEL, che costituisce il livello minimale di valutazione del rischio ed è sempre presente negli stabilimenti "Seveso". Questo rappresenta un punto di forza rispetto alle varie implementazioni della RBI, che invece presuppongono una solida analisi del rischio nella fase di avvio. La soluzione PELM è proponibile anche per stabilimenti per i quali l'analisi del rischio non viene approfondita perchè la tipologia produttiva è troppo semplice oppure perchè le risorse disponibili sono ridotte. Un sistema come PELM risulta particolarmente efficace nel caso delle ispezioni che le autorità competenti compiono periodicamente presso gli stabilimenti "Seveso", consentendo al gestore di rappresentare in modo rapido e dettagliato le condizioni attuali dell'impianto dimostrando anche come il sistema di gestione della sicurezza integri in maniera perfetta il controllo dei sistemi tecnici, come esplicitamente richiesto dalla stessa Direttiva all'art. 18 che prevede che le ispezioni portino ad un esame pianificato e sistematico non solo dei sistemi organizzativi ma anche dei sistemi tecnici.

## **6 CONCLUSIONI**

Con lo sviluppo di PELM si è dimostrato come sia possibile gestire in modo "intelligente" gli apparecchi in pressione installati negli stabilimenti a rischio di incidente rilevante, ottenendo vantaggi in termini di maggiore sicurezza dell'esercizio, ottimizzazione delle attività ispettive e manutentive, migliore rispondenza alle verifiche ispettive compiute dalle autorità competenti. Il metodo sviluppato in PELM, rispetto ad metodi più sofisticati, ha il vantaggio che può essere avviato anche con pochissimi elementi, fra l'altro tutti già praticamente obbligatori. Con la soluzione proposta anche le piccole e medie imprese che devono gestire stabilimenti Seveso potrebbero adottare una sorta di strategia RBI a basso costo, colmando il forte distacco che le separa dai grandi gruppi chimici che possono investire risorse ingenti per applicare la strategia RBI secondo gli schemi più consolidati.

## **RIFERIMENTI**

1. Kahn,F. Mahmoud,H. Risk Based Maintenance A new approach for Process Plant Inspection and Maintenance *Process Safety Progress* 23 (4) 252-265 2004
2. M.J. Kallen, J.M. van Noortwijk Optimal maintenance decisions under imperfect inspection *Reliability Engineering and System Safety* 90 (2005) 177-185
3. Bragatto,P. Pittiglio,P. Ansaldi,S. Knowledge Based CAD for Pressure Vessel Stability Verification Proceeding of SRA Europe 2005 Conference
4. Ansaldi,S. Bragatto, P. Giannini, F. Monti, M. Pittiglio, P. A Knowledge-based Tool for Risk Prevention on Pressure Equipment *Computer-Aided Design & Applications*, Vol. 3, No. 1-4, 2006
5. Wintle,J.B. Kenzie,B.W. Amphlett,G.J. Smalley,S. *Best practice for risk based inspection as a part of plant integrity management* HSE Books Crown Norwich 2001
6. API 580 Risk Based Inspection American Petroleum Institute Washington DC 2003
7. Higgs,P.A. Parkin,R. Jackson,M. Al-Habaibeh,A. Zorriassatine,F. Coy,J. A Survey On Condition Monitoring Systems In *Industry Proceedings of ESDA* 2004July 19-22, 2004 Manchester, UK
8. Venkatasubramanian, Prognostic and diagnostic monitoring of complex systems for product lifecycle management: Challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering* 29 1253-1263, 2005
9. Baybutt, P. Major Hazards Analysis Method *Process Safety Progress* Vol. 22 n°1 pp. 21-26 2003
10. Bareiß, J. et al. RIMAP demonstration project. Risk-based life management of piping system in power plant Heilbronn *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 81 (2004) 807-813

11. S. Apeland, T. Aven Risk based maintenance optimization: foundational issues *Reliability Engineering and System Safety* 67 (2000) 285–292
12. Ramesh J. Patel Risk Based Inspection *www.ndt.net 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition - 27-30 Nov 2005 Bahrain, Manama*
13. Ryan Sitton Integration of RBI with an Inspection Data Management System *www.ndt.net - 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition - 27-30 Nov 2005 Bahrain, Manama*
14. G. Weidl et al. Applications of object-oriented Bayesian networks for condition monitoring, root cause analysis and decision support on operation of complex continuous processes *Computers and Chemical Engineering* 29 (2005) 1996–2009
15. A. Bagaviev, A. Ulbrich Life assessment of turbine components based on deterministic and probabilistic procedures *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 81 (2004) 855–859