

La conduzione dei generatori di vapore a tubi di fumo a funzionamento automatico in condizioni di sicurezza: norme nazionali europee a confronto con le Norme Armonizzate in applicazione della Direttiva P.E.D.

Ing. Vincenzo Annoscia*

Ing. Francesco Boenzi**

Ing. Raffaello Iavagnilio**

Ing. Pierluigi Polledro***

Ing. Vincenzo Rizzi*

* ISPESL – Bari.

** Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale – Politecnico di Bari.

*** Italgestra – MILANO.

Abstract

Dal 29 maggio 2002 l'applicazione della Direttiva europea sugli apparecchi in pressione 97/23/CE, meglio nota come PED ("Pressure Equipment Directive") e recepita in Italia con il D.Lgs. n.93 del 25/02/2000, è obbligatoria per ottenere la certificazione CE e, con essa, la commercializzazione sul mercato europeo di questi prodotti, ivi compresi i generatori di vapore.

La PED si sovrappone alle norme tecniche già esistenti nei vari paesi, le quali hanno avuto una specifica e differente evoluzione storica, per cui, a livello applicativo, saranno richiesti adeguamenti diversi nei vari contesti nazionali.

Nel presente lavoro, sono considerate le diverse configurazioni dei sistemi di sicurezza dei generatori di vapore a tubi di fumo, previste dalle diverse normative europee con particolare riferimento alla possibilità di conduzione automatica non presidiata dall'uomo.

Conseguentemente, sono analizzate le prescrizioni riguardanti le modalità di protezione automatica dalle principali situazioni di pericolo e confrontate con le analoghe prescrizioni previste dalle EuroNorme, elaborate in applicazione della PED. Risultato evidente è il ritardo tecnico delle norme italiane rispetto alle norme degli altri paesi ed ai progressi conseguiti negli ultimi decenni nel campo dei sistemi di controllo e sicurezza.

Con riferimento alle modalità di approccio alle problematiche di verifica delle prestazioni dei sistemi sicurezza, invece, risultano evidenti i limiti concettuali degli approcci tradizionali implementati a livello europeo, ivi comprese le EuroNorme, di tipo prescrittivo, rispetto ad approcci di tipo prestazionale (IEC 61508, ANSI/ISA S84.01) volti alla definizione ed al conseguimento di misure affidabilistiche quantitative dei sistemi di sicurezza che equipaggiano gli impianti considerati.

Keywords: impianti in pressione, caldaie a tubi da fumo, sistemi di sicurezza.

1. Introduzione

Il 29 maggio 2002 è terminato il periodo transitorio durante il quale l'applicazione della Direttiva europea sugli apparecchi in pressione 97/23/CE, nota come PED, recepita in Italia con il D.Lgs. n.93 del 25/02/2000, è stata richiesta a livello facoltativo in alternativa alle procedure di approvazione dei progetti e costruzione di apparecchi in pressione secondo gli ordinamenti pre-esistenti nei vari paesi dell'Unione Europea. Attualmente, l'applicazione della PED è obbligatoria per poter ottenere la certificazione CE e, con essa, poter liberamente commercializzare sul mercato europeo le apparecchiature in pressione. Come noto, la procedura di certificazione consta nell'accertamento del rispetto, in fase di progettazione e costruzione, dei Requisiti Essenziali di Sicurezza (RES) contenuti nell'Allegato I della PED; più in particolare, i generatori di vapore sono soggetti a requisiti aggiuntivi che tengono in conto i particolari rischi derivanti dal pericolo di surriscaldamento (Par. 5 dell'Allegato I). Le modalità mediante cui ottemperare ai RES sono lasciate alla libertà di scelta delle soluzioni tecniche più opportune da parte del progettista mediante la normativa tecnica ritenuta più idonea, tenendo presente tuttavia che l'importante clausola della "Presunzione di Conformità" nella procedura di valutazione, contenuta nella PED e in tutte le direttive del "Nuovo Approccio", dovrebbe indurre a privilegiare le prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche Armonizzate (EuroNorme o EN) per una determinata tipologia di apparecchi.

Riguardo alla conduzione degli apparecchi, i RES, riguardando solo le fasi di progettazione e costruzione, sono limitati alla fase precedente l'immissione sul mercato dei prodotti e coinvolgono indirettamente, quindi, la fase di impiego vero e proprio degli stessi: in questi ambiti le singole norme nazionali antecedenti la PED sono da ritenere tuttora pienamente in vigore. Sono, quindi, analizzate nel seguito le diverse normative tecniche vigenti attualmente nei principali paesi europei (Italia, Germania, Francia e Regno Unito) e riguardanti i generatori di vapore a tubi di fumo sotto l'aspetto della dotazione minima di impianto necessaria ad operare in condizioni di sicurezza. Obiettivo principale della trattazione è la verifica dell'adeguatezza alle prescrizioni di impianto contenute nelle EuroNorme, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza che permettono il funzionamento in assenza di supervisione umana. Si fornisce, inoltre, una panoramica sulle diverse modalità di conduzione automatica previste nei suddetti paesi con particolare attenzione alla qualificazione del personale e sui controlli e le verifiche periodiche che è tenuto a effettuare, stante la validità di queste norme.

La trattazione prosegue con un'analisi critica delle modalità di approccio alla problematica di sicurezza evidenziando i limiti degli approcci europei, di tipo prescrittivo, rispetto a quelli prestazionali sviluppati dalle più moderne normative presenti a livello internazionale quali IEC 61508 e ISA S84.

2. Il contesto normativo

Nel contesto normativo italiano, l'emanazione del D. Lgs. n.93 del 25/2/2000, che recepisce la Direttiva PED, si sovrappone alla normativa già in vigore, quali il Regio Decreto n.824 del 1927, il DM 21/5/1974 e il DM 1/3/74, introducendo un nuovo approccio al problema della sicurezza delle attrezzature in pressione, in generale, e dei generatori di vapore in particolare. Il RD 824/27 rispecchia la realtà industriale degli anni '20, in particolare negli articoli 22, 27 e 28 ove si sofferma a prescrivere i livelli a vetro quale unico strumento di rilevazione della presenza di acqua (art. 22) da sottoporre all'osservazione continua dell'operatore (art. 27) la cui presenza fisica è richiesta in ogni luogo d'installazione (art. 28). Siffatto approccio alla problematica non ammette implicitamente alcuna forma di gestione centralizzata dei generatori di vapore che, del resto, all'epoca, il legislatore non poteva prevedere. Il DM 21/5/74 introduce il concetto di caldaia a funzionamento automatico e, tenendo conto del progresso tecnico intervenuto, utilizza la procedura prevista dall'art.5 del RD 824/27 e, nell'art. 43, concede l'esonerazione dalla prescrizione della presenza continua del conduttore abilitato per i generatori di limitata potenzialità. Fino alla metà degli anni '70 la situazione italiana era sostanzialmente analoga a quella dei principali paesi europei. In Germania, invece, fin dal dopoguerra sono stati sviluppati studi di analisi dell'affidabilità degli strumenti di controllo automatico e di sicurezza, nell'ottica di ridurre al minimo la necessità di supervisione umana. Nei primi anni '80, viene emesso in Germania il TRD 604 che prevede, previa l'applicazione di strumentazione "fail safe", l'esenzione dalla presenza continua dell'operatore responsabile per periodi massimi di 24 ore, estesi poi, attenendosi a ulteriori prescrizioni sugli accessori di sicurezza, fino al valore attuale di 72 ore. Il TRD 604 è diventato norma di riferimento per tutte le analoghe norme europee con l'unica eccezione dell'Italia.

Parallelamente, in campo scientifico sono state definite nuove e più specifiche tecniche di analisi dei rischi che, coadiuvate dallo sviluppo di elettronica, telematica ed automazione sono state sviluppate fino a diventare parte integrante delle moderne attività industriali. L'analisi dei rischi è diventata, quindi, la base di una corretta metodologia di progettazione e costruzione dei moderni complessi industriali, tesa a fornire adeguati livelli di sicurezza ed affidabilità come tale è prescritta dalla stessa PED.

Il livello di dettaglio tecnico dei RES della direttiva PED, come per tutte le direttive del cosiddetto "Nuovo Approccio", è limitato alla forma di semplici avvertenze per i progettisti: non sono prescritte le particolari soluzioni tecniche con cui soddisfare queste esigenze allo scopo di lasciare ampia libertà progettuale. Tuttavia la clausola della "Presunzione di Conformità" nella procedura di valutazione, altro elemento del "Nuovo Approccio", dovrebbe indurre il progettista ad adottare le norme nazionali che accogliessero le prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche Armonizzate (EuroNorme o EN) per una determinata tipologia di apparecchi, o gli standard tecnici nazionali o internazionali che facessero esplicitamente riferimento ai RES della Direttiva. Da qui scaturisce la necessità di adeguamento delle varie norme alla Direttiva.

Le EN, definite dal Comitato Europeo di Normazione (CEN), rappresentano il riferimento tecnico per rispondere adeguatamente ai RES previsti dalla PED, come documentato in una apposita appendice denominata ZA in cui si illustrano le corrispondenze tra i punti della EN e determinati articoli della Direttiva PED inerenti i RES.

Nel campo dei generatori di vapore a tubi di fumo, oggetto di studio del presente lavoro, il riferimento normativo tecnico è costituito dalle EN 12953 "Shell Boilers", allo stato attuale ancora in corso di approvazione completa, anche se le parti più propriamente attinenti la dotazione di sicurezza dei generatori possono considerarsi in stato pressoché definitivo; esse sono la Parte 6, "Requirements for Equipment", e la Parte 9, "Requirements for limiting devices and safety circuits of the boiler and accessories".

Le diverse norme tecniche nazionali alle quali si fa riferimento nel confronto con le EN sono le seguenti:

- **Italia:** R.D. 12/5/1927 n.824 ; D.M. 21/5/1974 Art.43; ISPESL – Raccolta E: *Specificazioni tecniche applicative del D.M. 21/5/1974; Norma UNI 5947-67 - Generatori di vapore - Apparecchi di regolazione automatica e relativi apparecchi di misura - Norme per l'ordinazione;*
- **Germania:** TRD 401, Dicembre 1987, *Equipment of steam generators of group IV; TRD 604 Ed. Marzo 1996, Operation of steam boiler plants with steam generators of group IV without permanent supervision;*
- **Regno Unito:** SAFed Task Force *Guidelines for the Operation of Steam Boiler* - Ref. PSG2 20/03/2000 (Linee Guida per la Conduzione dei Generatori di Vapore);
- **Francia:** AFNOR NF E 32-020 - 1,3,4 Ed. Dicembre 1996, *Sicurezza della conduzione dei generatori di vapore o di acqua surriscaldata con o senza presenza umana permanente* - Parte 1: Terminologia - Prescrizioni generali, Parte 3: Prescrizioni particolari per le installazioni a combustibili liquidi, Parte 4: Prescrizioni particolari per le installazioni a combustibili gassosi commerciali.

Il riferimento inglese è costituito da linee guida elaborate dal gruppo di lavoro della Safety Assessment Federation (SAFed), costituito da specialisti del settore e rappresentanti dell'industria; queste linee guida a loro volta fanno riferimento a disposizioni di legge, quali "The Pressure Systems Safety Regulations 2000 (SI2000No 128)", "Health and Safety at Work Act 1974", norme British Standards (BS) e norme DIN sui bruciatori.

I RES della PED riguardando solo le fasi di progettazione e costruzione degli apparecchi in pressione, sono limitati alla fase precedente l'immissione sul mercato dei prodotti e, pertanto, coinvolgono in maniera indiretta la fase di impiego vero e proprio degli stessi e, quindi, della conduzione. Per quanto riguarda, in particolare, i generatori di vapore a tubi di fumo, le EN prima citate si riferiscono alla conduzione solo nell'Appendice C della Parte 6 "Operational aspects of steam boilers", avente funzione puramente informativa, e nel par.7 della Parte 6. In quest'ultimo si prescrive l'adozione di dispositivi di sicurezza aggiuntivi, rispetto a quelli di base, per consentire l'esenzione dalla presenza continua di un conduttore abilitato ("trained-attendant") per più di 24 ore di funzionamento non presidiato, senza specificare un limite massimo. Se ne deduce che la dotazione di impianto prescritta come base permetterebbe l'assenza di supervisione fino a 24 ore. Tuttavia, si precisa che, in primo luogo, le singole norme nazionali devono consentire questo tipo di conduzione e si richiede che, in secondo luogo, i dispositivi di controllo e sicurezza montati e le procedure operative adottate assicurino un livello di sicurezza ed integrità dell'impianto non inferiori a quelli attesi con la supervisione permanente da parte del conduttore abilitato.

In sintesi, si può verificare che la PED non entra in conflitto con le singole norme nazionali riguardo alla conduzione dei generatori di vapore. Spirito della Direttiva, infatti, è l' "armonizzazione" delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature su una base di requisiti di sicurezza minimi, o essenziali, allo scopo di abbattere le barriere commerciali di natura tecnica nell'ambito dell'Unione Europea, senza tuttavia voler imporre regole rispetto alla conduzione o alla qualificazione del personale preposto: in questi ambiti le singole norme nazionali antecedenti la PED sono da ritenere tuttora pienamente in vigore. Rimane da definire, tuttavia, il criterio con cui verificare l'equivalenza dei livelli di sicurezza fra impianti presidiati e non presidiati che, al momento non è specificato.

3. Funzionamento automatico dei generatori a tubi di fumo

Nel caso di funzionamento automatico, in linea generale, tutte le normative impongono che la regolazione dell'apporto termico del bruciatore sia automatica in funzione della portata di vapore richiesta. Automatica deve essere anche la regolazione del livello dell'acqua in caldaia. Per la regolazione del bruciatore, le norme tedesche impongono che il sistema sia in grado di adattarsi in maniera rapida ("quickly adapting") alle variazioni di carico dell'utenza e le norme francesi AFNOR lo esigono persino in condizioni di "arresto brutale" della richiesta. Tuttavia, non è specificata la modalità di valutazione della rapidità di adattamento.

Riferendosi ai dispositivi di sicurezza, è opportuno distinguere, come precisato nella PED, tra i dispositivi per la limitazione diretta della pressione, quali valvole di sicurezza, dispositivi a rottura prestabilita, dispositivi pilotati per lo scarico della pressione, ecc. e i dispositivi di limitazione, detti anche limitatori che, invece, assolvono una funzione di protezione "attiva" dell'apparecchiatura, esplicando un'azione, a differenza dei dispositivi a sicurezza "passiva", quali sono, invece, i primi. Altro fattore comune a tutte le norme riguarda la modalità di funzionamento dei limitatori: al raggiungimento del valore limite (anomalo) del parametro sotto controllo, rilevato con un sensore-trasduttore ("switch"), essi devono intervenire automaticamente sia azionando un allarme, acustico e luminoso, specifico del malfunzionamento in atto, sia azionando un dispositivo di arresto che pone il sistema in condizioni di sicurezza interrompendo l'alimentazione del combustibile al bruciatore della caldaia. Quest'ultimo dispositivo deve porsi in una condizione di "blocco" che necessita il riarmo manuale da effettuarsi direttamente sul luogo dell'installazione previa eliminazione delle cause del malfunzionamento.

Ulteriore caratteristica comune riguarda il dispositivo di interruzione di afflusso del combustibile che deve essere ad azione positiva: la valvola sulla tubazione di alimentazione di olio o gas rimane a perta solo finché agisce un opportuno servomezzo azionando il dispositivo (ad esempio: valvola a solenoide).

4. Rischi nell'utilizzo degli impianti e soluzioni tecniche di sicurezza

In linea generale, tutte le normative sono allineate nell'identificazione dei possibili pericoli a cui sono soggetti i generatori di vapore a tubi da fumo: a) sovrappressione; b) mancanza d'acqua con scopertura dei tubi di fumo dal lato acqua; c) eccessivo riempimento di acqua in caldaia, con possibile trascinarsi di acqua col vapore o persino allagamento degli apparecchi a valle (pericolo non considerato tuttavia nella normativa italiana); d) in caso di surriscaldamento, eccessiva temperatura del vapore a contatto con le membrature metalliche (rischio inesistente con il vapore saturo, dato il legame tra pressione e temperatura); e) condizioni di combustione non sicure (residui in camera di combustione e nel circuito fumi prima dell'accensione, mancata accensione, spegnimento accidentale); f) smaltimento del calore dopo spegnimento (condizioni di sicurezza nello stabilire il livello di minimo permessibile dell'acqua in caldaia); g) cattiva qualità dell'acqua impiegata, con effetti sullo scambio termico e sulla qualità del vapore a causa di grassi/oli e, più a lungo termine, per corrosione, incrostazioni, etc.

Facendo riferimento alla rappresentazione schematica del generatore di vapore a tubi di fumo in Figura 1, le soluzioni tecniche previste per rispondere ai rischi sopra elencati sono le seguenti:

- limitatore di pressione con arresto del bruciatore (Pos. A1) e, come difesa ultima, valvola/e di sicurezza (Pos. A2);
- limitatore per livello minimo permessibile di acqua in caldaia (Pos. B), con livello di intervento adeguatamente al disopra del livello più alto della superficie di scambio termico;
- dispositivo per evitare un livello eccessivo di acqua in caldaia (Pos. C) con interruzione del funzionamento della pompa di alimentazione dell'acqua ed, eventualmente, anche del bruciatore;
- limitatore per temperatura eccessiva del vapore surriscaldato (Pos. D);
- sistema di controllo e sicurezza del bruciatore (Pos. E), o, quantomeno, dispositivo per il controllo della presenza di fiamma;

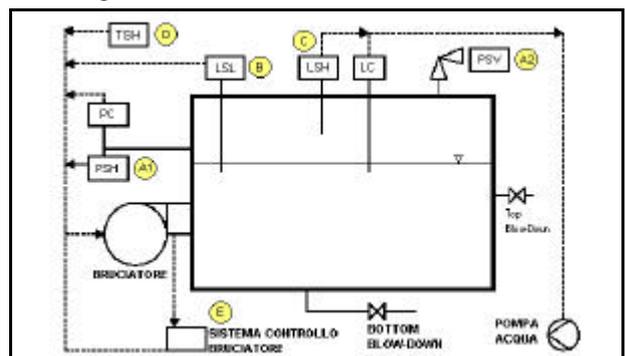


Fig. 1 - Schema di base di generatore a tubi di fumo.

- regole di design della caldaia che tengano conto della evaporazione dell'acqua susseguente allo spegnimento automatico del bruciatore, raggiunto il livello minimo permessibile;
- si possono distinguere due forme di intervento:

- a livello preventivo, controlli sulla qualità dell'acqua impiegata, o con monitoraggio continuo in automatico, o con analisi periodiche effettuate da operatore; adeguati procedimenti di trattamento dell'acqua per abbatterne la durezza e per eliminare l'ossigeno disciolto; dispositivi per impedire l'ingresso in caldaia di sostanze estranee (specie oli e grassi dell'acqua di ricircolo derivanti dall'attraversamento delle macchine);
- a livello operativo sulla caldaia, spurgo periodico (automatico o manuale) per eliminare la fanghiglia del fondo ("bottom blow-down") e spurgo dalla parte superiore di essa ("top blow-down") per migliorare la qualità dell'acqua contenuta, eliminando acqua ad alta concentrazione di sali disciolti.

Premesso che dall'efficienza dei dispositivi automatici di sicurezza dipende la messa in sicurezza del generatore a seguito di anomalie di funzionamento, di notevole importanza risultano essere le prescrizioni riguardanti i controlli e le verifiche che l'operatore è tenuto ad effettuare periodicamente su di essi e che saranno quindi esposti insieme alle prescrizioni sugli accessori nelle varie normative.

5. Norme Armonizzate Europee

Prima di entrare nel merito delle EN, è opportuno osservare che nella PED è netta la distinzione tra gli accessori di sicurezza e gli accessori a pressione, aventi funzioni di servizio (ad es. indicatori): i primi vengono considerati come elementi a pressione a sé stanti, da valutare nella categoria massima di rischio (la IV, secondo il comma 2 dell'Allegato II, salvo casi particolari), proprio in virtù della delicatissima funzione che essi svolgono. Essi devono essere dotati del marchio CE che ne attesta la conformità non solo alla PED, ma anche ad altre importanti direttive, quali la Direttiva sulla bassa tensione 72/23/CEE e la Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica 89/336/CEE. Per gli accessori a pressione la valutazione viene effettuata come per i recipienti o le tubazioni e, assai frequentemente, date le loro ridotte dimensioni, potrebbero usufruire dell'esenzione dal marchio CE relativamente alla PED, in base all'Art.3, comma 3 della Direttiva.

Le principali prescrizioni di impianto previste nelle EN inerenti i generatori di vapore a tubi di fumo sono le seguenti:

- i dispositivi di protezione e i circuiti relativi devono essere di comprovato design, come meglio specificato in seguito;
- il test funzionale dei dispositivi di protezione e dei circuiti relativi deve poter essere effettuato in qualsiasi momento, ove per test funzionale si intende la prova di funzionamento dell'insieme funzionale del limitatore, comprendente elemento sensibile, centralina di elaborazione segnale ("Logic Solver"), tutti i cablaggi, fino all'elemento di azionamento;
- il livello dell'acqua deve essere controllato automaticamente;
- la regolazione dell'apporto termico deve essere pure automatica, salvo il caso di conduzione manuale;
- se i limitatori per il livello dell'acqua sono installati esternamente in barilotti, è necessario predisporre un Sistema di Interblocco delle valvole di isolamento, che impedisca il funzionamento del generatore se le valvole non sono completamente aperte, ovverosia in mancanza di protezioni ("inter-lock system")

Come regole di design connesse al *punto b)* dei rischi elencati nel paragrafo 4, si hanno le seguenti:

- le valvole di spurgo della caldaia devono chiudersi automaticamente a fine operazione ("self closing") o rimanere bloccate in posizione di chiusura; in caso contrario deve essere previsto un dispositivo aggiuntivo di chiusura della tubazione; quando l'operazione è automatizzata, anche il generatore deve esserlo;
- in caso di perdita della valvola di non-ritorno sulla condotta di alimentazione dell'acqua, il livello in caldaia deve non potersi abbassare sotto 50 mm dal livello più alto della superficie di scambio termico (Highest Heated Surface, HHS), se i gas di combustione sono a temperatura superiore a 400 °C;

Per quanto riguarda regole di design legate al *punto f)*:

- il livello di minimo permesso dell'acqua in caldaia, tale da attivare il blocco, deve essere almeno 100 mm al di sopra del livello HHS ed inoltre non deve verificarsi evaporazione inaccettabile (condizione definita come nelle norme tedesche): partendo da una condizione di massimo carico, dopo il blocco del bruciatore a seguito del raggiungimento del livello di minimo permessibile dell'acqua, il livello, continuando a scendere, si deve attestare ad un'altezza di almeno 50 mm al di sopra del livello HHS quando la temperatura dei gas in quel punto è scesa al di sotto di 400 C°;
- nel caso di apparecchi a combustione lenta con gas di combustione a temperatura superiore a 400°C, il tempo di svuotamento, che intercorre tra l'abbassamento del livello dell'acqua sotto il minimo e la scopertura delle superfici di scambio termico al massimo carico e senza alimentazione di acqua, deve essere non inferiore a 7 minuti;

Rispetto al *punto g)*:

- l'acqua di alimentazione deve essere di qualità adeguata rispondente ad opportune normative (requisiti minimi sono definiti nella Parte 10 delle EN 12953, che richiamano, in gran parte, norme ISO);
- allorché esista il rischio di contaminazione da parte di grassi/oli o sali, bisogna predisporre dispositivi opportuni affinché queste sostanze non entrino in caldaia e nel caso di estensione del periodo di assenza di supervisione oltre 24 ore, questi dispositivi devono essere raddoppiati e in oltre bisogna installare un sistema di monitoraggio e registrazione automatica della durezza dell'acqua.

Con riferimento alla Figura 2, i dispositivi di protezione e sicurezza richiesti sono i seguenti:

- a) limitatore per Pressione eccessiva in caldaia (Pos. A1);
- b) 2 limitatori per livello troppo basso dell'acqua in caldaia, meccanicamente ed elettricamente indipendenti (Pos. B);
- c) dispositivo per evitare un livello troppo alto dell'acqua in caldaia, non specificato come limitatore (non necessariamente aggiuntivo nel caso di assenza dell'operatore fino a 24 ore, addizionale e distinto in caso contrario). Interrompe l'alimentazione dell'acqua e anche temporaneamente il bruciatore ("cut-off") se si è in una condizione pericolosa (Pos. C);
- d) limitatore per Temperatura eccessiva del vapore surriscaldato (se la temperatura di progetto delle membrane metalliche è inferiore a quella fisicamente raggiungibile dal vapore) (Pos. D);
- e) dispositivo per il controllo di fiamma;
- f) valvole di sicurezza (Pos. A2).

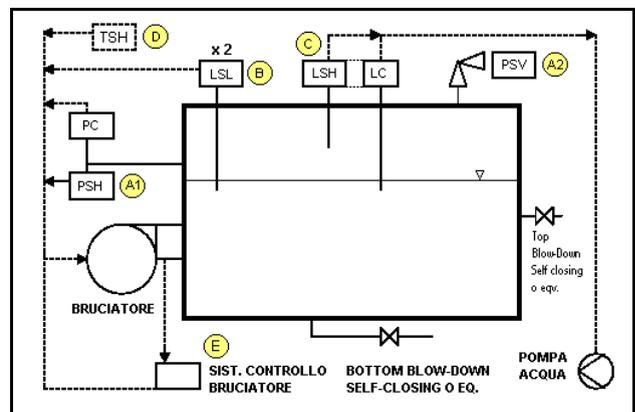


Fig. 2 - Schema di generatore a tubi da fumo secondo EN.

Con riferimento al punto e), si osservi che i dispositivi inerenti la sicurezza della combustione, come pure quelli di intercettazione del combustibile, fanno parte del bruciatore e, quindi, sono trattati in Norme Armonizzate specifiche per tali apparecchi, dotati di specifica certificazione CE. Controlli e verifiche da effettuare sono riportati in Tabella 1.

	≤ 6 ore	≤ 24 ore (estendibili)	≤ 1 settimana	≤ 6 mesi da parte del Servizio di Manutenzione
Dispositivi di Controllo e Sicurezza		Accertamento di regolare funzionamento		Ispezione generale e Test funzionali
Limitatori di livello minimo	"Unit Test" (*) (automatico o manuale)			
Acqua di alimentazione		Controllo valori essenziali		
Acqua in caldaia		Controllo valori essenziali		
Spurgo dei barilotti		Automatico o manuale		
Dispositivi di intercettazione del combustibile			Test funzionale	Test funzionale

(*)Test solo fino ai contatti di uscita del limitatore

Tab. 1 - Controlli e operazioni indicati nelle EuroNorme.

5.1 Caratteristiche comuni dei limitatori

Tutti i limitatori devono essere "fail-safe", secondo la definizione data nel par. 3.2 della EN 12953 –Parte 9; ciò significa che un limitatore, in caso di guasto, deve rimanere in una condizione sicura (efficacia di funzionamento) o trasferire il sistema in uno stato sicuro: ad esempio trasferendo la funzione di sicurezza da esso svolta ad un altro dispositivo oppure ponendo il sistema in arresto. Questa caratteristica può essere ottenuta attraverso uno o più dei seguenti criteri: tecniche di esclusione dei guasti, "self-monitoring" del dispositivo, ossia capacità di effettuare automaticamente e periodicamente dei test di funzionamento appropriato, ridondanza, diversità (la funzione di sicurezza è ottenuta attraverso differenti principi fisici o risolvendo il problema in altre maniere). In ogni caso, la valutazione della sicurezza da guasto sul dispositivo, di tipo elettrico, idraulico, pneumatico o meccanico, con esclusione del software di gestione, deve essere valutata con un diagramma di flusso guida contenuto nella normativa definito "Fault-Assessment Chart". Dall'esame di questo si evince che:

- 1) il dispositivo deve essere in grado di continuare a funzionare dopo un 1° guasto;
- 2) se avviene il rilevamento automatico del 1° guasto in ogni circostanza, la valutazione è positiva; se invece può accadere che il guasto non venga rilevato, allora si deve indagare il comportamento in seguito ad un 2° guasto;
- 3) se, ad un 2° guasto, il dispositivo perde la sua efficacia, la rilevazione automatica di esso è imperativa; se invece il dispositivo continua comunque a funzionare, perché la valutazione sia positiva deve essere predisposto un efficace sistema di ispezioni manuali regolari (la norma tuttavia non specifica vincoli di periodicità).

Tra i guasti, ci sono anche da considerare le eventualità di interruzione di alimentazione e rotture nei cavi di collegamento. I limitatori devono funzionare indipendentemente l'uno dall'altro e dai regolatori, a meno che la loro funzione di sicurezza sia del tutto imperturbabile da parte delle altre funzioni. Lo stesso principio riguarda l'eventuale condivisione tra più dispositivi di componenti in comune (alimentatori, bus elettronico di comunicazione, schede elettroniche, ecc.).

Tutta la parte elettrica dei dispositivi deve rispondere a quanto stabilito da altre Direttive in materia, in particolare alla Direttiva sulla Bassa Tensione 72/23/CEE, alla Direttiva EMC sulle interferenze elettromagnetiche 89/336/CEE, alla prEN 50156 sulle apparecchiature elettriche per fornaci, alla EN 60730 sui controlli automatici.

Tutti i dispositivi di switch devono essere del tipo "type-tested": devono aver superato un test che abbia dimostrato che essi hanno una vita utile, in condizioni simili a quelle operative, di almeno 2,5x10⁵ cicli. I contattori e i relè devono avere una vita utile di almeno 3x10⁶ cicli.

5.2 Caratteristiche dei limitatori per livello minimo d'acqua in caldaia

Questi dispositivi devono aver subito dei particolari test funzionali e, per quelli a elettrodo, il processo di "Fault-Assessment" prima esposto prevede l'inserimento di errori nel software di gestione. Per i limitatori a galleggiante, viene prescritto che gli switch elettromeccanici abbiano vita utile di almeno 10⁵ cicli alla massima temperatura e al massimo carico elettrico, e che tutte le parti meccaniche continuino a funzionare dopo 2,5x10⁵ cicli di oscillazione nei limiti di escursione massima. Inoltre, almeno ogni 6 ore devono essere effettuati test periodici, definiti "Unit Test", fino ai contatti di uscita del limitatore, mediante autodiagnosi o abbassamento del livello dell'acqua o attraverso affondamento del galleggiante, per i limitatori elettro-meccanici. In caso di esito negativo, deve essere attivato un segnale di allarme di arresto di sicurezza.

5.3 Caratteristiche dei limitatori per Pressione e per Temperatura eccessiva

Anche questi dispositivi devono essere di tipo "Type-Tested" ed essere compatibili a tutta una serie di test funzionali. In particolare, i componenti meccanici dei limitatori di pressione devono avere una vita utile di almeno 2x10⁶ cicli entro i limiti di movimento massimi.

6. Situazione normativa in Italia

In Italia, per l'esercizio di un generatore di vapore, escluso quelli aventi capacità totale non superiore a 5 litri e quelli con pressione massima di funzionamento non superiore a 0,5 bar, è obbligatoria la presenza continua in sala caldaia di un conduttore abilitato ossia munito di patente dal 4° al 1° grado per potenzialità crescente del generatore. Il D.M. 21/5/1974 e la Raccolta E dell'ISPESL, che ne costituisce la puntualizzazione tecnica, stabiliscono una serie di casi di esonero dalla qualificazione del conduttore e dall'obbligo della sua presenza continua. In particolare, l'articolo 43 definisce l'importante concetto di generatore a funzionamento automatico e concede l'esonero dalla presenza continua del conduttore abilitato nel luogo di installazione se il generatore automatico, dotato di una serie di accessori di sicurezza, ha una potenzialità non superiore a 3 t/h di vapore prodotto ed opera ad una pressione massima di esercizio non superiore a 15 Kg/cm². Tuttavia il

conduttore abilitato, con patente almeno di 3° grado, tenendo presente la potenzialità massima del generatore, è tenuto ad effettuare dei sopralluoghi periodici ogni 4 ore per accertarsi del regolare funzionamento.

I dispositivi di sicurezza prescritti nell'Art.43, riportati nello schema di Figura 3, sono i seguenti:

- a) limitatore per eccesso di Pressione in caldaia (Pos. A1) e con soglia di intervento inferiore al valore di taratura delle valvole di sicurezza;
- b) limitatore per Livello troppo basso di acqua in caldaia (Pos. B)
- c) dispositivo di controllo di fiamma del bruciatore (es. cellula fotoelettrica, Pos. E);
- d) 2 valvole di sicurezza (Pos. A2).

Rispetto al punto b) dei rischi elencati nel par.4, oltre al limitatore, nell'impianto devono essere presenti 2 pompe di alimentazione dell'acqua, di cui una in riserva, alimentate da 2 fonti distinte di energia (prescrizione del R.D.) e, rispetto al rischio del punto f), il livello stabilito come minimo per l'acqua in caldaia deve essere al disopra del punto più alto della superficie di scambio termico con i fumi di almeno 80 mm. Come protezione dai rischi del

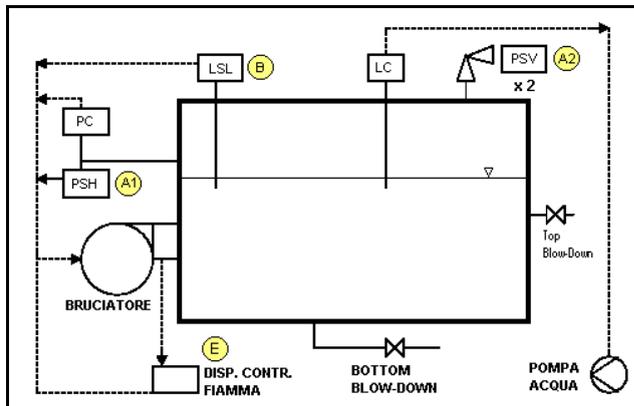


Fig. 3 - Schema di generatore secondo Norma italiana.

punto e), le norme UNI prescrivono l'adozione di dispositivi di blocco in caso di pressione insufficiente del combustibile o dell'aria comburente e in caso di mancato lavaggio della camera di combustione. Nei riguardi del rischio del punto g), l'Art. 43 prescrive limiti sulle caratteristiche dell'acqua di alimentazione e dell'acqua in caldaia da sottoporre a verifiche. Le verifiche e i controlli che il conduttore abilitato deve effettuare sono sintetizzati nella Tabella 2.

	≤ 4 ore	≤ 3 turni consec. o 24 ore	≤ 1 settimana
Dispositivi di Controllo e Sicurezza	Accertamento di regolare funzionamento		
Limitatore di livello minimo		Test sul barilotto o direttamente sulla caldaia	Test nelle reali condizioni
Limitatore di pressione			Test di efficienza
Acqua di alimentazione			Controllo della durezza totale residua
Acqua in caldaia		Controllo della salinità totale e dell'alcalinità	
Spurgo dei barilotti			
Dispositivo di controllo di fiamma del bruciatore		Test di efficienza	
Dispositivi di intercettazione del combustibile			Test nelle reali condizioni

Tab. 2 – Controlli e operazioni indicati nell'Art. 43 della Raccolta E – ISPESL

Si può verificare l'assenza di precauzioni dal rischio del punto c), ovvero un livello troppo alto di acqua in caldaia. Tale eventualità potrebbe portare, se la pompa di alimentazione dell'acqua rimanesse continuamente azionata e il carico richiesto di vapore fosse minimo, all'allagamento dei macchinari a valle del generatore e, nel peggiore dei casi, se la valvola di mandata del vapore fosse completamente chiusa, al pericolo di scoppio della caldaia a causa della dilatazione termica dell'acqua contenuta: la valvola di sicurezza, infatti, assicura lo sfogo del vapore, ma non sarebbe efficace per la fase liquida presente.

Tutti i dispositivi di sicurezza illustrati intervengono interrompendo l'afflusso di combustibile al bruciatore. Per essi non sono richiesti particolari requisiti in termini di affidabilità e protezione da malfunzionamenti, ma solo l'indipendenza funzionale tra loro e dai sistemi di regolazione: il guasto di uno non deve avere conseguenze sul buon funzionamento degli altri. Tale caratteristica deve essere semplicemente "certificata" dall'utente del sistema o dal realizzatore. Tale indeterminazione costituisce il punto più debole nella normativa italiana. Sebbene per uniformità di linguaggio si sia utilizzato il termine "limitatore", si deve precisare che, nella Raccolta E, tale termine non compare, ma si parla di "apparecchiatura di sicurezza contro la sovrappressione (pressostato di blocco)" o "contro la mancanza d'acqua (livellostato di blocco)". Manca, quindi, fin dal '74, una chiara distinzione di prodotto tra un dispositivo che svolge una fondamentale funzione di sicurezza per il quale sarebbero necessarie norme di qualificazione molto rigide, e un dispositivo di uso generico che segnala un cambiamento di stato di una variabile. Concettualmente, è la stessa differenza che intercorre tra una semplice valvola di sfioro ed una valvola di sicurezza, per la quale, invece, è sempre stata riconosciuta la necessità di una qualificazione molto stringente. E' evidente, dunque, l'impatto rivoluzionario che la PED avrà in Italia sulla caratterizzazione degli accessori di sicurezza.

Alla base del ristretto campo di applicazione dell'Art. 43 e, in generale, degli esoneri contenuti nella Racc. E, c'è il concetto teorico della scarsa pericolosità di tali apparecchiature, data la bassa energia potenziale contenuta nelle stesse. Tale bassa potenzialità, data dal permanere delle condizioni di funzionamento entro i limiti progettuali, è però assicurata dal corretto ed affidabile funzionamento delle apparecchiature di protezione aggiuntive prescritte: si entra, come si vede, in un pericoloso circuito logico che potrebbe condurre a situazioni di grande pericolosità.

Inoltre, i limiti della possibilità di funzionamento automatico non presidiato dall'uomo mostrano oggi la loro obsolescenza, specie in confronto, come illustrato nel seguito, con le norme degli altri paesi e se si osserva che oggi la gestione degli impianti è generalmente effettuata in maniera centralizzata da una sala che raggruppa tutti i sistemi di controllo.

Purtroppo le note vicende, che hanno portato allo scioglimento dell'A.N.C.C. e che hanno privato l'I.S.P.E.S.L., subentrato nelle funzioni, della possibilità giuridica di emanare direttamente norme tecniche al passo con il progresso tecnologico, hanno di fatto bloccato l'evoluzione della normativa tecnica nel settore degli apparecchi a pressione.

Lo stesso Art.19 del D.Lgs. n.93 del 25/02/2000, riconoscendo implicitamente la necessità impellente di un adeguamento di norme poco aggiornate rispetto allo sviluppo della tecnica, prevede l'emanazione di decreti specifici per assicurare il rispetto dei Requisiti Essenziali di Sicurezza nel corso dell'utilizzazione con riferimento all'installazione, alla messa in servizio, alla manutenzione, alla riparazione degli apparecchi. Con la prossima emanazione di tali decreti applicativi, verranno a decadere le norme sull'esercizio degli apparecchi a pressione, in particolare quelle sulla conduzione dei generatori di vapore, lasciando un pericoloso vuoto normativo perché, mentre saranno stabilite nuove norme sull'esercizio delle attrezzature a pressione che terranno conto di quanto previsto dalla PED, nessuna indicazione sarà riferita alla conduzione dei generatori di vapore che la Direttiva demanda alle normative nazionali.

È importante che tale vuoto normativo venga colmato in tempi brevi ed, inoltre, che si emanino norme specifiche di prodotto sui limitatori, essenziali per poter definire norme sulla conduzione, non potendo quest'ultima prescindere da una dotazione mirata di accessori di sicurezza, così come definita nelle EuroNorme.

7. Situazione normativa in Germania

Il TRD 604 concede l'esonero dalla presenza continua dell'operatore per generatori di vapore del gruppo IV, coincidente con la categoria IV della PED, richiedendo solo l'effettuazione di sopralluoghi e verifiche ogni 24 ore, estendibili a 72, con dispositivi di sicurezza aggiuntivi se l'impianto di produzione termica risponde ai requisiti seguenti:

- il sistema di regolazione termica è a controllo automatico o semi-automatico ed è in grado di adattarsi rapidamente alle variazioni della domanda;
- la mancanza di energia alla pompa di alimentazione dell'acqua causa il blocco del bruciatore;
- i dispositivi di controllo, regolazione, sicurezza, gli indicatori e i circuiti del sistema sono tutti di comprovata affidabilità: prova di ciò è una certificazione di tipo "type-tested", secondo la norma DIN 3440 per i limitatori, con approvazione dell'applicazione da parte di un ispettore competente; le parti elettriche devono impiegare lo stato dell'arte della tecnica, in accordo con la norma DIN VDE 0116 "Electrical Equipment of Firing Systems";
- i limitatori sono del tipo "Special Design", ovvero in grado di effettuare automaticamente dei test funzionali sia nelle parti elettriche sia meccaniche (se ve ne sono) con frequenza di almeno 6 ore; l'esito negativo dei test deve causare il blocco del bruciatore. In particolare per i limitatori di livello con design a singolo circuito elettrico, senza ridondanza, l'integrità di questo deve essere automaticamente testata mediante impulsi ogni 2 minuti; i dispositivi che sono contemporaneamente "type-tested" e di "Special Design" sono considerati essere dispositivi "Fail-safe";
- quando un dispositivo di protezione è montato esternamente alla caldaia, è necessario predisporre un Sistema di Interblocco ("inter-locking") del funzionamento del generatore, come previsto nelle EN.
- sono installati 2 dispositivi di interruzione dell'alimentazione di combustibile al bruciatore (richiesti anche nel caso di presenza continua del conduttore).

La norma richiede esplicitamente che, in caso di esito negativo dei controlli per l'accertamento del funzionamento appropriato dei dispositivi di controllo e sicurezza, si deve inderogabilmente tornare al funzionamento con supervisione diretta permanente.

Analogamente alle EN, come regola di design riferita al rischio del *punto b*) del par.4, le valvole di spurgo della caldaia devono chiudersi automaticamente a fine operazione ("self closing") o rimanere bloccate in posizione di chiusura. In caso contrario deve essere previsto un dispositivo aggiuntivo di chiusura della tubazione.

Nei riguardi del rischio del *punto f*), non ci deve essere evaporazione inaccettabile, secondo i criteri definiti nelle EuroNorme. Rispetto al rischio del *punto g*), l'acqua di alimentazione deve essere nei limiti di legge per questo uso (TRD 611) e, se esiste il rischio di intrusione di sostanze dannose, quali grassi/oli, acidi, alcali, sali, bisogna predisporre un sistema automatico di monitoraggio continuo con soglie di semplice allarme, ed eventuale deviazione dell'acqua, o blocco del generatore. I dispositivi per la rilevazione di grassi/oli devono essere raddoppiati in caso di funzionamento non presidiato per 72 ore. I dispositivi di sicurezza prescritti nel caso dell'esenzione dalla presenza continua dell'operatore per 24 ore sono i seguenti (ci si può riferire allo schema di Figura 2 relativo alle EuroNorme):

- a) limitatore per Pressione eccessiva in caldaia (Pos. A1);
- b) 2 limitatori per livello troppo basso dell'acqua in caldaia (Pos. B);
- c) dispositivo di livello troppo alto dell'acqua in caldaia (non necessariamente aggiuntivo ma anche inglobato nel dispositivo di controllo di livello); esso interrompe l'alimentazione dell'acqua e anche temporaneamente il bruciatore ("cut-off") se si è in una condizione pericolosa e, quindi, non agisce come un limitatore (Pos. C);
- d) limitatore per eccesso di temperatura del vapore surriscaldato (previsto se la temperatura di progetto delle membrane è inferiore a quella fisicamente raggiungibile dal vapore) (Pos. D);
- e) dispositivo di controllo di fiamma del bruciatore (Pos. E);
- f) valvola di sicurezza (Pos. A2);
- g) 2 dispositivi di intercettazione del combustibile.

7.1 Prescrizioni aggiuntive di impianto nel caso dell'esenzione per 72 ore

I limitatori per livello troppo basso dell'acqua in caldaia, se meccanici (ad es. a galleggiante), devono avere parti elettromeccaniche di design diverso e adeguate alla qualità dell'acqua (pericolo di incrostazioni sulle parti mobili dei dispositivi).

Sono richiesti 2 dispositivi di intercettazione del combustibile e 2 sezionatori monitorati del circuito elettrico (ad es. relè, contattori) con diversità funzionale e di tipo di componenti elettromeccanici impiegati; i contattori e i relè devono avere una vita utile di servizio di almeno 3x10⁶ cicli on/off.

In caso di alimentazione a gas, è necessario un sistema di rilevamento di fughe, da verificare almeno annualmente, e un sistema di evacuazione sicura del gas in perdita (liberato all'aperto o bruciato).

I Dispositivi di sicurezza richiesti, in aggiunta a quelli prescritti per il caso precedente, sono i seguenti:

- dispositivo, necessariamente aggiuntivo, per evitare un livello troppo alto dell'acqua in caldaia;
- raddoppio degli eventuali apparecchi per rilevare l'ingresso di grasso/olio nell'acqua di alimentazione;
- limitatore per Pressione del combustibile troppo bassa (in caso di olio combustibile)
- dispositivi di rilevamento di fughe di gas.

I controlli e le verifiche da parte dell'operatore sono riassunte in Tabella 3.

	≤ 6 ore (*)	≤ 24 ore (estendibili a 72)	≤ 6 mesi da parte del Servizio di Manutenzione
Dispositivi di Controllo e Sicurezza		Accertamento di regolare funzionamento e Test funzionali	Ispezione generale e Test funzionali
Limitatori di livello minimo	Test automatico (*)		
Acqua di alimentazione		Controllo dei valori essenziali	
Spurgo dei barilotti	Non precisato		
Dispositivi di intercettazione del combustibile		Test funzionale	Test funzionale

Tab. 3 - Controlli indicati nel TRD 604

8. Situazione normativa nel Regno Unito

Le linee guida evidenziano la necessità che il gestore dell'impianto effettui uno studio di valutazione del rischio per la definizione dei dispositivi di sicurezza da adottare. Grande enfasi è posta sull'importanza dell'addestramento e della adeguata formazione del personale. Si distingue, pertanto, fra Personale di supervisione dei sistemi di allarme automatici e Personale abilitato alla conduzione dei generatori che esegue i test funzionali periodici richiesti, definito "trained-attendant". Con riferimento alla sicurezza dell'impianto, la norma, in modo simile alle disposizioni francesi, distingue 4 "Arrangement" d'impianto con livello di automazione crescente. Per tutte, tranne la configurazione 0, il controllo del bruciatore e del livello dell'acqua sono automatici e ciascuna è caratterizzata da una dotazione minima di dispositivi di sicurezza:

- **Configurazione 0** : a carattere simbolico, con conduzione esclusivamente manuale da parte di un conduttore abilitato;
- **Configurazione 1** : presenza sul sito di Personale abilitato, pronto a intervenire immediatamente in caso di allarme;
- **Configurazione 2** : sopralluogo del Personale abilitato almeno ogni 24 ore per verificare il buon funzionamento dei sistemi di regolazione e controllo; presenza sul sito di Personale generico in grado di intervenire in caso di allarme, di mettere il generatore in una condizione di sicurezza e di avvertire il Personale abilitato;
- **Configurazione 3** : sopralluogo del Personale abilitato almeno ogni 24 ore, estendibili previa adeguata analisi di rischio supplementare; monitoraggio continuo degli allarmi da parte di personale presente in sito in una Sala di Controllo, connessa al generatore con linee terrestri dedicate ("hard-wired") e da cui deve essere possibile effettuare lo spegnimento o anche presente in una postazione remota collegata con un appropriato sistema di comunicazione; il Personale abilitato deve intervenire sul posto per il riarmo dei dispositivi, in caso di riavviamento da blocco.

8.1 Prescrizioni comuni relative ai dispositivi e agli apparecchi

Limitatori per il livello dell'acqua: se montati in barilotti separati, le valvole di isolamento devono essere tali da non poter essere lasciate accidentalmente chiuse; se montati all'interno della caldaia, vanno installati in tubi di protezione separati. I limitatori per livello troppo basso possono essere del tipo "Standard Integrity" o del tipo "High Integrity": i primi devono, in generale, funzionare indipendentemente l'uno dall'altro e possono tuttavia avere dei componenti in comune: ad esempio alimentazione, bus di comunicazione, schede elettroniche, posto che il guasto su uno di essi sia completamente privo di conseguenze sul funzionamento degli altri. I secondi devono essere "fail-safe", come nelle Norme Armonizzate. I limitatori con autodiagnosi ("self-monitoring") montati esternamente devono effettuare un test di svuotamento con valvole automatiche almeno ogni 12 ore. Una particolarità della norma inglese è rappresentata dal fatto che i due limitatori per livello troppo basso sono montati a due livelli di intervento diversi ed hanno una differente modalità di azione: il primo, a livello più alto, attua solo l'interruzione temporanea dell'alimentazione al bruciatore ("cut-out"), senza necessità di riarmo manuale; il secondo attua il vero e proprio isolamento dell'alimentazione, con blocco ("lock-out").

Comunicazioni e sistema di controllo a distanza: il sistema di comunicazioni degli allarmi deve essere convalidato per applicazioni di sicurezza; il tempo di intervento da parte del conduttore abilitato deve essere "ragionevole" (non viene meglio specificato). Il sistema di comunicazione può essere utilizzato per un monitoraggio continuo delle variabili di funzionamento, ma deve essere distinto dal sistema di controllo a distanza dell'impianto. Può essere necessario duplicare il sistema e comunque, se la sicurezza dell'impianto si fonda su esso, un guasto deve portare allo spegnimento automatico del generatore.

Sistema di Controllo del Bruciatore: deve avere un importante livello di sicurezza intrinseca e incorporare almeno le funzioni di controllo del pre-lavaggio della camera di combustione, dell'accensione, della regolazione dell'eccesso dell'aria, della modulazione della potenza, della presenza di fiamma. Condizioni insicure devono provocare il blocco del bruciatore.

Fotocellule dei bruciatori : di tipo "self-checking" in impianti di processo continuo.

8.2 Prescrizioni di impianto specifiche alle configurazioni illustrate

Dispositivi di Sicurezza per la Configurazione 1

- limitatore per Pressione eccessiva in caldaia con arresto temporaneo del bruciatore (“cut-out”) e pressione di intervento minore di quella della valvola di sicurezza;
- 2 limitatori per livello d’acqua troppo basso (a due livelli diversi);
- Sistema di controllo del bruciatore;
- valvola di sicurezza.

Dispositivi di Sicurezza per la Configurazione 2

- limitatore per Pressione eccessiva in caldaia (“cut-out”);
- 2 limitatori per livello d’acqua troppo basso (a due livelli diversi) del tipo “high-integrity”;
- dispositivo di livello d’acqua troppo alto: può essere incorporato nel dispositivo di regolazione del livello e inoltre il suo modo di agire deve essere stabilito di volta in volta in base alla analisi dei rischi (non è meglio specificato);
- Sistema di controllo del bruciatore;
- valvola di sicurezza.

Dispositivi di Sicurezza per la Configurazione 3

Si può fare riferimento alla Figura 4, nella quale i dispositivi di sicurezza sono i seguenti:

- limitatore per Pressione eccessiva (Pos. A1);
- 2 limitatori per livello d’acqua troppo basso, a due livelli diversi, del tipo “high-integrity” (Pos. B);
- dispositivo per prevenire un livello d’acqua troppo alto, separato da altri dispositivi e il cui intervento deve causare perlomeno l’interruzione dell’alimentazione dell’acqua (Pos. C);
- sistema di controllo del bruciatore del tipo “high-integrity” con eventuale rilevatore di fughe di gas, in grado di interrompere l’alimentazione (Pos. E);
- dispositivo per la rilevazione nell’acqua di ricircolo o reintegro di sostanze contaminanti (specie grassi/oli) con deviazione dell’acqua e successivamente blocco del bruciatore se viene superato un tempo prestabilito e non c’è stato alcun intervento correttivo da parte degli operatori (in maniera simile a quanto stabilito nelle norme tedesche) oppure in caso di malfunzionamento del dispositivo stesso;
- valvola di sicurezza (Pos. A2);

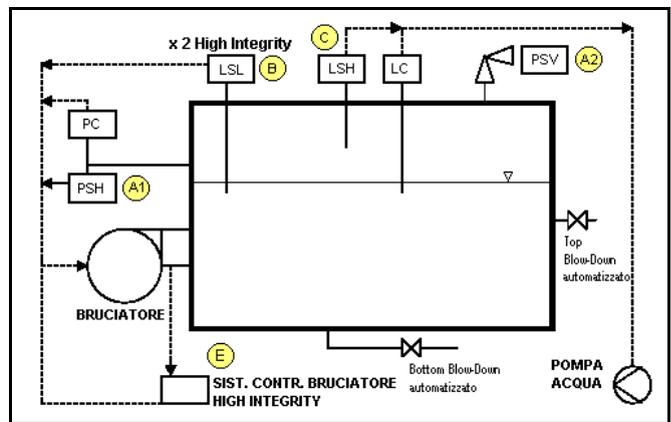


Fig. 4 - Schema di generatore secondo le linee guida inglesi (Configurazione 3).

Inoltre, l’impianto deve essere dotato delle seguenti funzioni automatizzate:

- spurgo dal basso temporizzato (“bottom blow-down”), con segnale di allarme se la valvola rimane bloccata;
- monitoraggio continuo del livello “Total Dissolved Solids” (TDS) dell’acqua in caldaia, con spurgo automatico dall’alto (“top blow-down”) per mantenerlo entro i limiti stabiliti e spegnimento del generatore e allarme oltre un certo valore;
- trattamento automatico dell’acqua di reintegro;

8.3 Prescrizioni relative alle verifiche e ai controlli

Le verifiche sul funzionamento dei dispositivi di sicurezza per il livello dell’acqua troppo basso vengono effettuate dal Personale abilitato con frequenza variabile a seconda del grado di automazione. Sui dispositivi per livello troppo alto si definisce una “frequenza appropriata” senza ulteriori specificazioni. Le verifiche per le configurazioni 2 e 3 senza presenza permanente dell’operatore sono riassunte in Tabella 4.

	Almeno 3 volte al giorno	≤ 24 ore	≤ 1 settimana (estendibili con analisi dei rischi per Config.3)
Dispositivi di Controllo e Sicurezza		Accertamento di regolare funzionamento (24 ore estendibili per la Config.3)	
Limitatori di livello minimo		Test in caldaia o sui barilotti (per Config.2)	Test di evaporazione (*)
Acqua di alimentazione	Verifica dell'efficienza dei sistemi di addolcimento	Controllo dei valori essenziali, manualmente o automaticamente con dispositivi "High-Integrity"	
Acqua in caldaia	Controllo TDS in continuo per la Configurazione 3		
Spurgo dei barilotti		Automatico o manuale	
Sistema di combustione		Controllo visivo della fiamma o saggio dei fumi	
Dispositivi di intercettazione del combustibile			Test funzionale con Test di evaporazione
(*) Nota: il test di evaporazione consiste nel provocare l'evaporazione dell'acqua, con bruciatore attivo e alimentazione dell'acqua interrotta, fino al raggiungimento del primo livello di sicurezza e successivo abbassamento del livello, attraverso spurgo controllato, fino al raggiungimento del secondo livello, allo scopo di verificare l'effettivo blocco del bruciatore.			

Tab.4 - Controlli indicati nelle linee guida inglesi.

9. Situazione normativa in Francia

La normativa francese è, tra tutte, la più articolata e completa nel dare un quadro sulle possibilità di conduzione automatica, essendo aggiornata allo stato attuale della tecnica (l'anno di emissione è il 1996); essa si indirizza contemporaneamente a costruttore, installatore e conduttore dell'impianto termico. Il suo campo di applicazione è per generatori di vapore con pressione superiore a 0,5 bar e volume superiore a 25 l.

Essa individua e distingue 4 modalità di conduzione dell'impianto in un campo di potenza utile da 0,3 a 80 MW. Per potenze superiori è richiesto uno studio specifico di sicurezza. Le modalità sono le seguenti:

- A) con presenza umana permanente (fino a 80 MW): il Personale, adeguatamente addestrato e sempre presente all'interno dei limiti di stabilimento in cui si trova la sala caldaie, esercita la continua sorveglianza sulla strumentazione ed è pronto a intervenire in caso di necessità (l'intervento deve essere immediato);
- B) con presenza umana intermittente (da 0,3 a 20 MW): il Personale competente si trova sempre dentro lo stabilimento, esegue dei sopralluoghi periodici ogni 4 ore oppure ogni 8 ore (a seconda dei dispositivi di sicurezza installati) e deve intervenire in caso di malfunzionamento con un ritardo massimo di 10 minuti dall'allarme; i sopralluoghi consistono nel sincerarsi del buon funzionamento del sistema di produzione termica, vale a dire caldaia, indicatori, regolatori, limitatori e ogni altro apparecchio di controllo e sicurezza;
- C) in telecontrollo (da 0,3 a 80 MW): il Personale competente si trova in una Sala di Controllo, che può essere situata anche a diversi chilometri di distanza dalla Sala Caldaie e che riceve continue informazioni sul funzionamento del generatore per teletrasmissione dei dati; questo Personale deve poter arrestare in tutto o in parte l'impianto termico in caso di pericolo grave e immediato e deve poter allertare il Personale di Intervento che deve trovarsi in Sala Caldaie entro 30 minuti dall'allarme;
- D) in autocontrollo (da 0,3 a 80 MW): c'è solo il Personale di Intervento, sul sito o anche all'esterno, che deve essere in grado di intervenire in Sala Caldaie entro 30 minuti dall'allarme lanciato automaticamente dalla strumentazione in caso di malfunzionamento.

Ai fini del presente lavoro, ci si limiterà alle prescrizioni di impianto per i casi B), C) e D), e alle prescrizioni particolari per l'alimentazione del generatore con combustibile liquido oppure gassoso.

9.1 Prescrizioni comuni di impianto nei casi B),C),D):

- il generatore di vapore deve essere automatico (regolazione termica in base alla domanda, regolazione del livello dell'acqua in caldaia) con pronto adattamento alla domanda, persino in caso di arresto istantaneo di essa;
- il Personale responsabile deve essere qualificato da parte di un Organismo riconosciuto, quale l'OPQCB (Organisme Professionnel de Qualification et de Classification du Bâtiment) o equivalente;
- tutti i dispositivi di sicurezza devono essere indipendenti e distinti l'uno dall'altro (quando hanno la stessa funzione) e da quelli di regolazione e rispondere alle caratteristiche prescritte nelle norme AFNOR NF E 32-106;
- allorché sono richiesti 2 dispositivi assicuranti la medesima funzione di sicurezza, questi devono essere indipendenti e distinti l'uno dall'altro; essi possono essere sostituiti da un unico dispositivo del tipo "autocontrollato" (vale a dire in grado di rilevare automaticamente i suoi stessi malfunzionamenti e, in questa evenienza, in grado di mettere in sicurezza il generatore), ma tale sostituzione non è ammessa per le sonde di livello dell'acqua in caldaia montate esternamente in barilotti;
- l'alimentazione elettrica dei dispositivi di sicurezza deve essere compatibile con le esigenze di sicurezza e in ogni caso la mancanza di energia ad essi (elettrica, di un fluido, ecc.) deve causare il blocco;
- quando un dispositivo di protezione è montato esternamente alla caldaia, è necessario predisporre un Sistema di Interblocco del funzionamento del generatore, come previsto nelle EN.

In riferimento al rischio del *punto g*) del par.4, la normativa si limita a rammentare che la qualità dell'acqua deve essere conforme a quanto specificato dal costruttore della caldaia o, in mancanza, alle norme esistenti in materia.

Le norme impongono chiaramente che si debba inderogabilmente tornare al modo di conduzione A) in caso di guasto su uno qualsiasi dei dispositivi di sicurezza, fino alla sua eliminazione, oppure in caso di intervento/manutenzione su una qualunque parte dell'impianto, in grado di perturbare il normale funzionamento dell'insieme di produzione del vapore.

9.2 Dispositivi di Sicurezza prescritti per il caso B)

Con riferimento alla Figura 5, i dispositivi di sicurezza prescritti sono i seguenti:

- a) 1 limitatore per eccesso di pressione in caldaia nel caso di periodicità dei sopralluoghi di 4 ore, 2 nel caso di 8 ore (Pos. A1);
- b) 2 limitatori per livello troppo basso di acqua in caldaia e anche con arresto dell'alimentazione di acqua, sostituibili con 1 limitatore montato internamente del tipo "autocontrollato" (Pos. B);
- c) relè temporizzato che ogni 4 / 8 ore obbliga al riarmo manuale e in caso contrario mette in blocco il generatore (per obbligare all'effettuazione del sopralluogo periodico);
- d) limitatore per eccesso di temperatura del vapore surriscaldato (Pos. D);
- e) dispositivo autocontrollato di controllo di fiamma (Pos. E)
- f) valvola di sicurezza (Pos. A2).

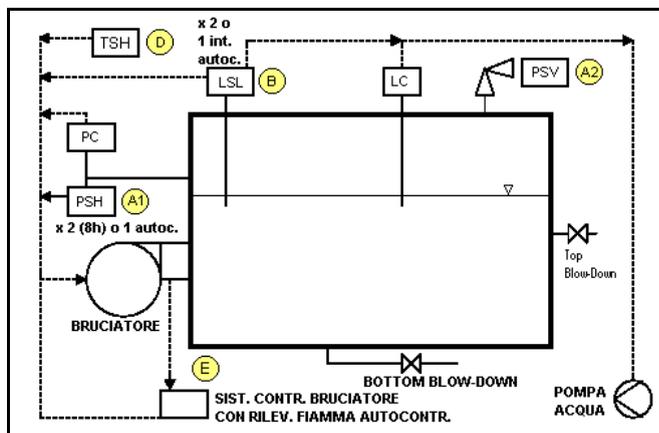


Fig. 5 – Schema di generatore secondo Norma francese (modo B).

9.3 Prescrizioni di impianto nel modo di conduzione C)

Il conseguimento di accettabili livelli di sicurezza si basa sui seguenti principi basilari:

- trasmissione continua alla sala di controllo dei parametri di funzionamento, degli scostamenti dai normali valori (indizi di una condizione che può evolvere verso la pericolosità) e delle anomalie, che provocano il blocco automatico;
- possibilità di effettuare a distanza l'arresto del generatore;
- sensori di misura distinti da quelli dei dispositivi di sicurezza;
- sistema di teletrasmissione ad azione positiva, ovvero con messa in sicurezza dell'installazione in caso di interruzione del segnale;

In questa modalità, tuttavia, la norma prescrive le condizioni che devono causare il blocco del generatore, ma non il numero o il tipo dei dispositivi di sicurezza. Le condizioni sono quelle dei punti a), b), c) e d) del par.4 ed inoltre il livello dell'acqua troppo basso deve causare l'arresto dell'alimentazione dell'acqua, oltre che del bruciatore.

9.4 Prescrizioni di impianto nel modo di conduzione D)

Il conseguimento di accettabili livelli di sicurezza si basa sui seguenti principi basilari:

- utilizzo di 2 canali distinti di sicurezza di tele-allarme (telefono o altro mezzo di affidabilità equivalente) con 2 segnali distinti per informare il Personale responsabile di scostamenti dei parametri di funzionamento dai normali valori e di anomalie che provocano il blocco automatico;
- utilizzo da parte dei Dispositivi di Sicurezza di 2 canali di sicurezza indipendenti e distinti, ciascuno dei quali va ad agire su un organo distinto di interruzione di afflusso di combustibile al bruciatore.

Dispositivi di controllo e dispositivi di sicurezza possono utilizzare gli stessi elementi sensibili.

I dispositivi di sicurezza prescritti sono gli stessi del modo B) a 8 ore di funzionamento non presidiato ed in più è presente un limitatore per il livello eccessivo dell'acqua in caldaia che agisce da limitatore bloccando il funzionamento del generatore; inoltre, al posto del relè temporizzato a riarmo manuale, è presente un timer che blocca il sistema quando la pompa di alimentazione della caldaia rimane azionata troppo a lungo (fatto salvo il caso di pompe normalmente sempre in funzione). Allorquando sono richiesti 2 dispositivi di sicurezza indipendenti e distinti ma della stessa natura, essi possono essere rimpiazzati da un unico dispositivo del tipo autocontrollato, purché esso vada ad agire contemporaneamente sui 2 canali di sicurezza per mezzo di contatti elettrici distinti; la stessa prescrizione vale nel caso in cui è richiesta la presenza di un solo dispositivo di sicurezza anziché 2.

La norma francese è l'unica, tra quelle esaminate, a prescrivere anche i tempi di intervento in sala caldaie del personale addetto (tempi da sottoporre a verifica), ma è piuttosto carente per quel che riguarda le prescrizioni sulla qualità dell'acqua e i dispositivi di sicurezza associati a tale rischio. Inoltre, nel modo di conduzione B) non sono previsti dispositivi per prevenire un eccessivo riempimento della caldaia.

Le verifiche e le operazioni da parte del Personale responsabile della conduzione sono riassunte in Tabella 5.

	≤ 4 o 8 ore (Modo B)	≤ 24 ore	≤ 1 settimana	≤ 6 mesi da parte del Servizio di Manutenzione	≤ 1 anno in presenza di un ispettore qualificato
Dispositivi di Controllo e Sicurezza	Accertamento di regolare funzionamento	Accertamento di regolare funzionamento		Ispezione generale e Test funzionali	Ispezione generale e Test funzionali
Dispositivi di Sicurezza		Test con malfunzionam. reale o simulato (solo per disp. "Autocontrollati")			
Acqua di alimentazione	Non specificato alcun controllo				
Spurgo dei barilotti			•		
Dispositivo di controllo di fiamma del bruciatore			Test di efficienza		
Dispositivi di intercettazione del combustibile			Test di efficienza	Test funzionale	Test funzionale
Tempo di intervento				Verifica	Verifica
Sistema di comunicazione (Modi C e D)				Test di affidabilità	Test di affidabilità

Tab. 5 - Controlli indicati nelle norme AFNOR

9.5 Prescrizioni aggiuntive di impianto per alimentazione a combustibile liquido e gassoso

Nel caso di combustibile liquido, tutti gli eventuali apparecchi di pre-riscaldamento devono essere dotati di regolazione automatica della temperatura e, nei modi di conduzione C) e D), devono essere comunicati gli scostamenti per temperatura del combustibile troppo elevata o troppo bassa e per un'eccessiva opacità dei fumi allo scarico.

Dispositivi di blocco aggiuntivi devono intervenire nei casi di pressione troppo bassa del combustibile o dell'aria comburente (alimentazione a gas), pressione troppo alta del gas e fughe. Alle normali verifiche, si aggiungono quelle, da effettuare settimanalmente, sull'efficienza dei dispositivi di controllo di fiamma e degli organi di intercettazione del combustibile e, nel caso di alimentazione a gas, almeno semestralmente le verifiche sull'efficienza dei dispositivi di rilevamento di fughe di gas.

10. Confronto e considerazioni generali

In Tabella 6 sono sintetizzate le prescrizioni di sicurezza delle varie normative per permettere un rapido confronto.

	EURONORME		ITALIA	GERMANIA		REGNO UNITO			FRANCIA		
	linea < 24 ore	> 24 ore		24 ore	72 ore	Config. 1	Config. 2	Config. 3	Modo B) / 4 ore	Modo B) / 8 ore	Modo D)
Limitatore per pressione eccessiva	1	1	1 Pressostato di Blocco	1	1	1 (OUT-OFF)	1 (OUT-OFF)	1 (OUT-OFF)	1	2	2
Limitatore per temperatura eccessiva del acqua calda	1 (se Tpr < Tred)	1 (se Tpr < Tred)	X	1 (se Tpr < Tred)	1 (se Tpr < Tred)	X	X	X	1	1	1
Limitatore per livello acqua troppo basso	2	2	1 Limitatore a Blocco	2	2	2 (1° OUT-OFF, 2° LOCK-OUT)	2 "High Integrity" (1° OUT-OFF, 2° LOCK-OUT)	2 "High Integrity" (1° OUT-OFF, 2° LOCK-OUT)	2 anche con interruzione dell'acqua	2 anche con interruzione dell'acqua	2 anche con interruzione dell'acqua
Dispositivo per livello acqua troppo alto	1 (anche integrato nella regolazione con interruzione dell'acqua ed eventuale OUT-OFF del bruciatore)	1 aggiuntivo	X	1 (anche integrato nella regolazione con interruzione dell'acqua ed eventuale OUT-OFF del bruciatore)	1 aggiuntivo	X	1 (anche integrato nella regolazione con interruzione dell'acqua ed eventuale OUT-OFF del bruciatore)	1 aggiuntivo con interruzione dell'acqua	X	X	1 Limitatore con Blocco del generatore
Dispositivo per controllo di sicurezza	*	*	Si *	Si *	Si *	Si *	Si *	Si *	Si "Autocancelata"	Si "Autocancelata"	Si "Autocancelata"
Valvola di Sicurezza	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Dispositivo temperato	-	-	-	-	-	-	-	-	sgli 4 ore Blocco che obbliga al riarmo	sgli 8 ore Blocco che obbliga al riarmo	nel tempo di funzionamento per il blocco di interruzione dell'acqua
Dispositivo di rilevamento contaminazione dell'acqua	Si	Si, raddoppiati	-	Si	Si, raddoppiati	-	-	Si e il rilevamento automatico TRS in caldaia con Trip Slow (Dove autorizzato)	-	-	-
Dispositivo di protezione del combustibile	*	*	*	2	2	1	1	1	1	1	2
	Tutti i Limitatori Full Safe		* Norme ENI nei bruciatori	Tutti i Limitatori Special Design Norme TRD nei bruciatori		High Integrity equivalente a Full Safe Norme BS e DIN nei bruciatori			Intervento automatico entro 10 min. dal segnale di allarme		Intervento automatico entro 30 min. dal segnale di Allarme

Tab. 6 – Confronto riepilogativo dei dispositivi di sicurezza previsti dalle diverse normative europee (la riga evidenziata si riferisce alla dotazione dei bruciatori che esula dalla trattazione relativa alle caldaie).

Senza entrare nel merito delle norme di prodotto e delle caratteristiche specifiche dei dispositivi, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- risalta l'assenza di dispositivi per prevenire un livello troppo alto di acqua in caldaia sia nella norma italiana, sia nel modo di conduzione B) della norma francese ed inoltre la norma italiana è l'unica a prescrivere un solo limitatore (più precisamente "livellostato di blocco"), anzichè due, per il livello minimo;
- nelle linee guida inglesi e nella norma italiana non si tiene in alcun conto la possibilità di eccessiva temperatura nelle parti lambite da vapore surriscaldato (limitatore di temperatura);
- in certi casi il modo di agire dei limitatori è differente da una norma all'altra: ad esempio nelle norme inglesi il limitatore di pressione ed il limitatore di primo livello minimo di acqua in caldaia attuerebbero solo il "cut-off" del bruciatore, senza causare il blocco che necessita di riarmo manuale, molto probabilmente al fine di garantire una maggiore continuità di esercizio;
- anche laddove esista una corrispondenza tra la norma nazionale e la Norma Armonizzata, come accade per le norme tedesche e francesi nel modo di conduzione D), sarebbe da verificare che le caratteristiche del dispositivo di protezione siano rispondenti ai requisiti richiesti dalle EN: superamento di numerosi test funzionali e, in linea generale, del "Fault-Assessment Chart" esposto precedentemente. In pratica, sarebbe da verificare, caso per caso, se le accezioni di termini quali "Special Design" (del TRD tedesco), "High Integrity" (inglese) o genericamente "dispositivo affidabile" rientrino nei parametri ritenuti accettabili dalle EN.

Riguardo a questo ultimo punto, volendo fare un confronto sulle garanzie di sicurezza offerte dai dispositivi automatici di protezione, inevitabilmente si deve toccare l'argomento dell'affidabilità. Le EuroNorme risentono di un'impostazione prescrittiva, ovvero fondata sulla prescrizione di una serie di soluzioni tecniche di comprovata validità e sulla presunzione dell'affidabilità di un dispositivo nel momento in cui questo abbia superato tutta una serie di test, lasciando indefinita la quantificazione dei parametri affidabilistici ad esso richiesti (approccio prestazionale o "performance-based"), salvo nei casi più semplici in cui è prescritto il numero minimo garantito di cicli di funzionamento (per switch, relè, ecc.). Ciò non consente di stabilire livelli minimi dell'affidabilità dell'intero sistema di protezione (a partire dal sensore, fino all'elemento finale di intervento) e quindi non consente di fare agevolmente dei confronti numerici e neanche di condurre analisi di rischio quantitative.

11. Modalità di approccio all'analisi del rischio

Nel campo degli standards di sicurezza considerati nella letteratura tecnica e scientifica è possibile distinguere due modalità principali di approccio al problema di valutazione del rischio e, di conseguenza, del livello di sicurezza degli impianti considerati: prescrittivi/qualitativi e quantitativi. Fra questi è possibile considerare anche approcci di tipo semi-quantitativo. Gli approcci prescrittivi/qualitativi sono sviluppati sulla base di principi e pratiche di ingegneria comunemente accettati e desunti dall'esperienza maturata sia su soluzioni tecniche sperimentate nel tempo sia sugli eventi incidentali verificati nella storia degli impianti. Sono impostati fondamentalmente nel prescrivere soluzioni tecniche standardizzate per affrontare i pericoli connessi a predefinite deviazioni dalle condizioni operative di progetto degli impianti e per il loro sviluppo risulta fondamentale l'esperienza degli esperti che affrontano l'analisi del rischio. Gli approcci prescrittivi non richiedono risorse eccessive e possono raggiungere ottimi risultati in dipendenza del livello di esperienza disponibile e del grado di complessità del problema affrontato. Costituiscono una base eccellente per effettuare un processo di screening volto all'identificazione delle aree di processo critiche ai fini della sicurezza degli impianti.

Gli approcci semi-quantitativi sono classificabili a livello intermedio fra i due principali. La loro efficacia è basata sulla capacità di assegnare valori appropriati ai parametri di rischio definiti sulla base di giudizi personali dei soggetti coinvolti nell'analisi. I vantaggi consistono più nella capacità di definire una scala relativa di rischio dei diversi pericoli connessi ad un processo che nello stabilirne livelli assoluti.

I limiti degli approcci prescrittivi sono noti da tempo nel campo dell'industria di processo ove hanno spinto l'attenzione degli esperti sull'esigenza di approcci di tipo quantitativo basati sulla definizione ed il rispetto di misure numeriche di prestazione appropriate al contesto tecnico delle problematiche di sicurezza affrontate. Ampi progressi sono stati conseguiti nel campo della sicurezza nell'industria petrolifera e chimica mediante definizione di linee guida o standard basati su approcci di tipo prestazionale/quantitativo. Le soluzioni tecniche sviluppate comprendono generalmente sofisticati sistemi di sicurezza che includono necessariamente la strumentazione elettrica, elettronica e, quindi, elettronica programmabile (E/E/PE) per l'attuazione di funzioni di sicurezza critiche. Normative tecniche basate sull'implementazione di siffatti approcci sono le IEC 61508, sviluppate come standard generale da applicare in qualsiasi processo industriale ove siano impiegati sistemi di sicurezza E/E/PE, come gli impianti oggetto di riferimento del presente lavoro e considerati dalla PED. Si tratta di sistemi complessi comprendenti sensori, controllori logici ed attuatori elettromeccanici. L'implementazione della IEC 61508 è basata sulla definizione di misure quantitative di prestazione quali rischio di processo ed affidabilità di un Sistema Strumentale di Sicurezza (Safety Instrumented System, SIS). La misura delle prestazioni di un SIS è definita come Safety Integrity Level (SIL) ed è determinabile in termini di probabilità di fallimento su richiesta (Probability to Fail on Demand, PFD) della funzione di sicurezza esplicita dal SIS. Tale misura è correlabile direttamente alla riduzione del rischio connesso al processo (i.e. ridurre la probabilità di accadimento dell'evento incidentale) mediante l'impiego di un SIS opportunamente configurato. Lo standard IEC fornisce anche linee guida su come stabilire le specifiche per le funzioni di sicurezza implementate nei SIS. In tal modo la normativa può essere sistematicamente e rigorosamente applicata in campo industriale limitando i contrasti interpretativi che generalmente intercorrono fra costruttori di impianti ed organismi certificatori. Analogamente allo standard IEC, la Instrument Society of America (ISA), oggi diventata Instrumentation, Systems and Automation Society, ha sviluppato lo standard ANSI/ISA S84.01 per l'impiego, nell'industria di processo, di strumentazione di sicurezza basata su misure quantitative delle prestazioni.

12. Limiti della PED e delle EuroNorme: problematiche di sviluppo

L'analisi riportata dimostra che l'impostazione generale sia delle EuroNorme, recepimento tecnico delle prescrizioni previste dalla direttiva PED, sia delle normative tecniche preesistenti a livello nazionale nel contesto europeo è da considerarsi essenzialmente di tipo prescrittivo/qualitativo. Risultano evidenti, infatti, i principali limiti delle norme tecniche europee inerenti i sistemi di sicurezza per gli impianti considerati nel presente lavoro: sono carenti proprio nella definizione quantitativa dei livelli di sicurezza da raggiungere in termini di misure di prestazione e, pertanto, non consentono l'implementazione di una rigorosa metodologia di valutazione del rischio mediante valori numerici. Le normative tecniche europee si limitano a prescrivere misure quantitative solo in riferimento alle prestazioni di singoli componenti semplici (contattori, relè, switch), lasciando ampie lacune nella definizione di opportuni targets di riferimento per le prestazioni di sistemi costituiti da un insieme complesso di componenti.

Con riferimento all'implementazione tecnica della direttiva PED, sarebbe opportuno che anche questa fosse orientata al conseguimento di appropriate misure quantitative delle prestazioni richieste ai sistemi di sicurezza degli apparecchi in pressione, indipendentemente dal tipo di conduzione ammessa.

La disponibilità di un rigoroso riferimento numerico delle prestazioni, rappresentato dai SIL, lascerebbe comunque libera la creatività nella progettazione dei sistemi di sicurezza con l'unico vincolo rappresentato dal riscontro prestazionale. Nel contesto applicativo internazionale degli approcci quantitativi la letteratura scientifica presenta diverse trattazioni, tra le quali equazioni semplificate, fault tree analysis e modellizzazione markoviana, tecniche contemplate nelle ISA -dTR 84.0.02, per la verifica prestazionale di sistemi di sicurezza di configurazione libera. Tali normative, infatti, si spingono nel campo dei metodi quantitativi fino a fornire linee guida sulle modalità applicative di siffatti modelli ai contesti di analisi del rischio considerati allo scopo di calcolare i SIL di SIS opportunamente configurati. Dettagliate analisi sui contesti, le modalità e le problematiche di implementazione più opportune delle diverse tecniche sono riportate in diverse trattazioni [2, 3, 4, 5]. Uno sviluppo in senso quantitativo/prestazionale delle norme europee di recepimento tecnico della PED potrebbe rivelarsi un utile motivo di integrazione in grado di superare i limiti di entrambi gli approcci.

13. Conclusioni

Nella norma italiana del '74, l'adozione di accessori di sicurezza privi di norme di prodotto di riferimento (salvo il caso delle valvole di sicurezza), così come richiesti semplicisticamente dall'Art.43 della Racc.E dell'ISPESLe l'assenza di ridondanza dei dispositivi di livello non garantiscono condizioni di funzionamento sicure. Si può anzi ingenerare nell'operatore una falsa convinzione di fiducia nei dispositivi automatici di intervento, quando, in realtà, egli dovrebbe essere sempre pronto a intervenire immediatamente in caso di allarme e anche su questo punto, in particolare sulla quantificazione del tempo di intervento o sulla veridicità dell'effettuazione dei sopralluoghi previsti (semplicemente da annotare su un registro), la normativa è carente.

In sintesi, l'analisi sviluppata ha consentito di evidenziare diversi motivi di inadeguatezza delle norme attuali italiane e spunti di sviluppo per le future. Infatti, con l'art.19 del D. Lgs. n.93 il Legislatore si pone il problema di aggiornare le norme italiane sull'esercizio delle attrezzature a pressione, rendendosi conto della loro inadeguatezza alla luce della PED. Sarebbe, quindi, opportuno che i decreti da emanare introducessero un rinnovato art. 43 che, limitatamente ai generatori costruiti secondo PED, o ad essa adeguati, conceda l'esonero dalla presenza umana continua, estendendo i limiti di applicazione fino a comprendere i casi più frequenti. Contemporaneamente, un parallelo adeguamento tecnico dovrebbe riguardare la strumentazione di controllo, regolazione e sicurezza prescritta e gli obblighi di verifica gravanti sul conduttore.

Il contributo al miglioramento degli standards di sicurezza degli impianti in pressione assicurato dall'implementazione della Direttiva PED è sicuramente di valore per aver uniformato, comunque, il vario panorama tecnico che distingue le diverse

normative tecniche nazionali implementate negli stati Europei. L'impostazione prescrittiva delle EuroNorme, evitando di fissare definiti target prestazionali, ma riferendosi a fissate configurazioni dei sistemi di sicurezza, limita di fatto la possibilità di soddisfare i RES secondo le normative tecniche nazionali pre-esistenti. Infatti, risulta difficoltosa da valutare, se non impossibile, l'equivalenza delle diverse soluzioni tecniche previste dalle normative nazionali a quanto prescritto dalle EuroNorme in termini di affidabilità. Pertanto, è destinato a scomparire quel "fenomeno tecnico" per cui lo stesso produttore "strumentava" con sistemi di sicurezza dalle prestazioni molto differenti impianti analoghi da destinare, tuttavia, a diversi mercati nazionali.

E' auspicabile che, sulla scorta delle esperienze internazionali nel campo della sicurezza, in particolare nell'industria di processo, le Norme Armonizzate si evolvano secondo un orientamento di tipo quantitativo/prestazionale sulla base dei riferimenti già presenti nella letteratura tecnico scientifica internazionale (ANSI/ISA S84.01 e IEC 61508) e dei limiti di implementazione evidenziati in campo applicativo da tali approcci di natura più rigorosa ma anche di più complessa.

Bibliografia

- 1) D. Lgs. n.93, 25/02/2000 "Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione" G.U. N.91, 18 Aprile 2000 – Suppl. Ord. N. 62.
- 2) Stavriandis, P., Bhimavarapu K., *Safety instrumented functions and safety integrity levels (SIL)*, ISA Transactions 37, 1998, pp.337-351.
- 3) Summers, A. E., *Viewpoint on ISA TR84.0.02 - simplified methods and fault tree analysis*, ISA Transactions 39, 2000, pp.125-131.
- 4) Summers A.E., *Techniques for assigning a target safety integrity level*, ISA Transactions 37, 1998, pp.95-104.
- 5) Beckman, L., *Expanding the applicability of ISA TR84.02 in the field*, ISA Transactions, 39, 2000, pp.357-361.
- 6) ANSI/ISA-S84.01-1996 "Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries," Instrument Society of America S84.01 Standard, Research Triangle Park, NC 27709, February 1996.
- 7) IEC 61508, "Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems," International Electrotechnical Commission, 1998-2000.
- 8) Anon., *Safety Instrumented Systems (SIS) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques*, ISA dTR84.0.02. Draft, Version 4, March 1998.