

# **SVILUPPO DI UNA METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO “ATEX” IN UNA RAFFINERIA**

*Americo Pascucci, Maurizio De Marco, Riccardo Garzi, Valerio Valeriani, Fabrizio Topa, Luca Bianchi e Mauro Bolognini<sup>1</sup>*

*(1) Trecon S.r.l., via Calatafimi, 1 Falconara M.ma e Viale degli Ammiragli 67 Roma, Italia*

## **SOMMARIO**

Il D.Lgs. 233 del 12 giugno 2003 relativo alle “Prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavori esposti al rischio di atmosfere esplosive”, recepisce la direttiva europea 99/92/CE. In particolare il Datore di Lavoro, nell’adempimento degli obblighi previsti dall’art.4 del D.Lgs. 626/94 e s.m.i., ha l’obbligo di valutare in maniera specifica il rischio di esplosione derivante dall’espletamento delle attività dei lavoratori. A seguito della valutazione del rischio esplosione, il Datore di Lavoro deve mettere in atto un piano di riduzione di tale rischio con lo scopo di evitare, per quanto possibile, la formazione di atmosfere esplosive e la sua accensione o, nel caso non sia possibile evitare la formazione di atmosfera esplosiva, diminuire gli effetti di una esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

La mancanza di linee guida ufficiali o di riferimenti normativi per la corretta valutazione del rischio per lavoratori esposti ad atmosfere esplosive all’interno di una attività lavorativa ha comportato lo sviluppo di diverse metodologie applicabili a vari settori industriali e/o commerciali ricadenti nell’obbligo di tale direttiva, denominata comunemente “ATEX”. Tra questi rientrano le raffinerie dove, a causa della presenza di elevate quantità di prodotti infiammabili, il rischio di formazione di atmosfere potenzialmente esplosive risulta credibile.

Nel presente articolo è descritta l’applicazione di una metodologia sviluppata per la valutazione del rischio ATEX in una raffineria e le fasi che la compongono. Tale metodologia è basata sulla valutazione del rischio ATEX in considerazione delle misure di controllo esistenti, mediante l’associazione di un “peso” e di un “fattore di efficacia”, che permettono di mantenere tale rischio a valori accettabili. Tale metodologia permette di individuare in modo specifico quelle misure di controllo, valutate durante il processo di analisi, che consentono di mantenere i livelli di rischio a valori accettabili e/o di implementare dei processi di verifica atti a monitorare il mantenimento di tali misure di controllo.

## **I. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LAVORATORI ESPOSTI AD ATMOSFERE ESPLOSIVE**

Lo schema del processo di valutazione del rischio “ATEX”, alla base della metodologia oggetto del presente articolo, è rappresentato in FIGURA 1; tale processo è divisibile nelle seguenti fasi:

- Definizione del sistema: definizione delle caratteristiche del sistema o dell’ambiente in esame.
- Identificazione dei pericoli: individuazione delle sorgenti di rischio ragionevolmente credibili.
- Valutazione del rischio: stima del rischio di esplosione e valutazione della sua accettabilità.
- Riduzione del rischio: individuazione di “barriere” che possano ridurre il rischio o possibilmente eliminare la fonte di origine del rischio stesso.

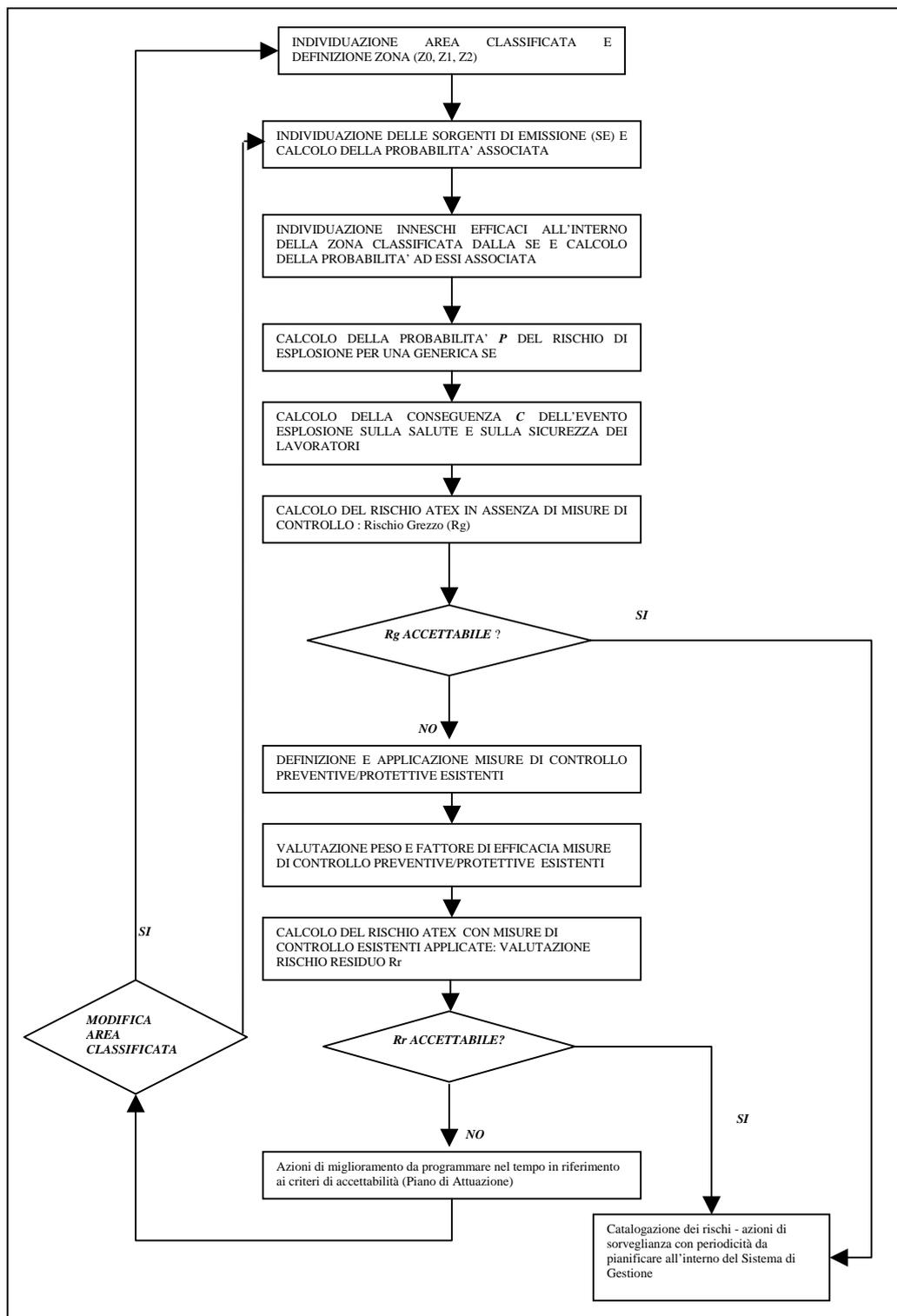


Figura 1: schema di processo valutazione rischio “ATEX”

Come si evince dalla figura il processo di valutazione del rischio ATEX è di due tipi:

- Sequenziale: il processo deve seguire delle fasi ben definite e tra loro collegate
- Ciclico: alla fine del processo è necessario prevedere un processo di verifica della riduzione del rischio a livelli accettabili a seguito dell’applicazione delle misure di controllo preventive e/o protettive.

Nei paragrafi successivi vengono descritte le singole fasi del processo di valutazione ATEX e la definizione dei criteri che sono alla base del loro sviluppo.

## **II. DEFINIZIONE DEL SISTEMA E IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI**

L'esplosione è una rapida reazione di ossidazione che produce un aumento della temperatura, della pressione o di entrambe contemporaneamente. Affinché una esplosione abbia origine, il combustibile (gas, vapori infiammabili o polveri) e il comburente devono trovarsi in particolari condizioni dettate dai seguenti parametri:

- Punto di infiammabilità
- Limiti di esplosività
- Concentrazione limite di ossigeno

I requisiti di una possibile sorgente di innesco che possa dar luogo all'esplosione (innesco efficace) devono riferirsi a:

- Minima energia di accensione (MIE)
- Temperatura minima di accensione di un'atmosfera esplosiva

I possibili effetti in caso di esplosione sono costituiti dai seguenti fattori:

- Fiamme
- Radiazione termica
- Onde di pressione
- Detriti vaganti
- Emissioni pericolose di materiale

Il pericolo è rappresentato dalla presenza di grandi quantità di sostanze infiammabili a differenti condizioni di esercizio; eventuali anomalie durante il normale funzionamento o a seguito di disfunzioni possono generare condizioni di rischio con conseguente formazione di atmosfere potenzialmente esplosive.

Nel caso specifico della valutazione di rischio ATEX l'identificazione delle aree pericolose è effettuata mediante la classificazione delle aree stesse così come richiesto dallo stesso D.Lgs. 233/03; tale classificazione può essere effettuata mediante l'applicazione della norma CEI 31-30 (EN 60079-10). La classificazione delle aree pericolose corrisponde ad un'analisi operativa del grado di sicurezza equivalente contro la presenza di sostanze o di atmosfere pericolose; detta analisi porta a definire una zona con pericolo di esplosione secondo tre categorie, Zona 0, 1 e 2 i cui significati sono riassunti nella TABELLA 1.

La classificazione del sistema è una fase molto importante poiché rappresenta il punto di partenza dell'intero processo di valutazione; la classificazione deve essere effettuata disponendo di una serie di informazioni e di dati che devono essere forniti dai gestori degli impianti oggetto della valutazione. Una volta definita la classificazione di un sistema è importante che essa non venga modificata senza una verifica da parte dei classificatori stessi, infatti azioni non concordate possono invalidare la classificazione delle aree pericolose effettuata in origine.

TIPO DI ZONA	DESCRIZIONE
Zona 0 (Z0)	Luogo dove è presente continuamente o per lunghi periodi un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas
Zona 1 (Z1)	Luogo dove è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas
Zona 2 (Z2)	Luogo dove non è possibile sia presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas durante il funzionamento normale o, se ciò avviene, è possibile sia presente solo poco frequentemente e per breve periodo

Tabella 1: Definizione delle zone pericolose per gas, vapori e nebbie

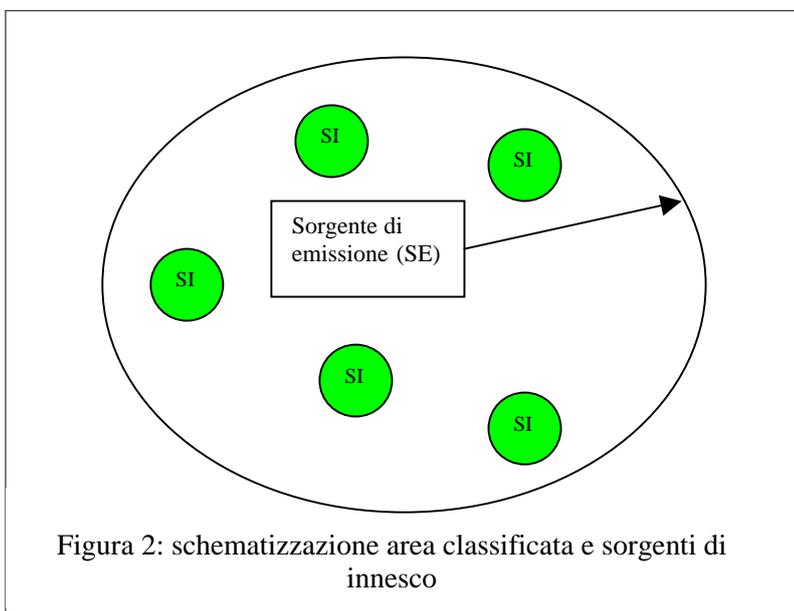
Con riferimento alla definizione delle zone riportata in TABELLA 1 è possibile definire tre livelli di probabilità ad esse associate:

- Zona 0 ⇒ Probabilità Alta
- Zona 1 ⇒ Probabilità Media
- Zona 2 ⇒ Probabilità Bassa

Una volta nota l'estensione di un'atmosfera potenzialmente esplosiva originata da una Sorgente di Emissione (SE) è necessario individuare le varie sorgenti di innesco efficaci (SI) presenti nella zona classificata.

In FIGURA 2 è riportata schematicamente una situazione rappresentativa della fase di individuazione dei pericoli.

Le sorgenti di innesco o di accensione devono essere ricercate nelle apparecchiature elettriche o non elettriche che si trovano all'interno di un'area classificata. Caratterizzate tutte le sorgenti di innesco sarà necessario valutarne l'efficacia, in relazione alle caratteristiche della sostanza pericolosa presente (energia minima di accensione, temperatura di autoaccensione etc.), al fine di verificare se queste possono effettivamente causare l'innesco di una atmosfera potenzialmente esplosiva. A tale scopo in base all'estensione della zona classificata vengono individuate tutte le apparecchiature con sorgenti di innesco proprie e in tal modo vengono selezionate le sorgenti di accensione efficaci.



In generale le sorgenti di innesco originate dalle apparecchiature possono essere suddivise come segue (rif. UNI EN 1127-1):

- Scintille elettriche
- Scariche elettrostatiche
- Superfici calde
- Fiamme o gas caldi
- Scintille di origine meccanica
- Inneschi chimici

Le sorgenti di innesco possono essere proprie delle apparecchiature di processo (ad es: superfici calde o scintille per attrito tra componenti meccanici), dovute alla presenza di personale o all'effettuazione di operazioni periodiche di controllo e manutenzione.

Per ogni tipologia di apparecchiatura presente in impianto sono stati identificati i possibili inneschi efficaci plausibili che esse potevano generare. Per fare ciò, sono stati analizzati anche gli storici dei malfunzionamenti delle apparecchiature.

Tali sorgenti di innesco individuate possono essere suddivise nelle seguenti macroaree:

- Apparecchiature con organi in movimento (pompe, compressori, air fin etc.)
- Apparecchiature statiche nelle quali si ha scambio termico (scambiatori, forni, tubi etc.)
- Apparecchiature statiche le cui sorgenti di innesco sono legate principalmente a disfunzioni delle variabili di processo (colonne di distillazione, reattori etc.)
- Apparecchiature con fiamme libere la cui sorgente di innesco è legata al funzionamento dell'apparecchiatura (forni, caldaie, torce etc.)
- Apparecchiature elettriche o strumentali
- Presenza di personale dedicato alle attività di manutenzione e di conduzione impianti

La classificazione delle sorgenti di accensione in base alle apparecchiature viene suddivisa nel seguente modo:

- Manifestazione durante il funzionamento normale
- Manifestazione unicamente a seguito di disfunzioni
- Manifestazione unicamente a seguito di rare disfunzioni

Da quanto sopra è possibile considerare le sorgenti di accensione in base alla probabilità di insorgenza che presentano come:

- **INNESCO CONTINUO:** manifestazione continua o frequente
- **INNESCO RARO:** manifestazione in circostanze rare
- **INNESCO MOLTO RARO:** manifestazione in circostanze molto rare

### III. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

In questa fase si procede alla valutazione del rischio di esplosione associato ad una determinata sorgente di emissione *SE* localizzata all'interno dell'impianto oggetto dello studio. Nell'effettuare tale valutazione si tengono in considerazione i seguenti elementi:

- probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive
- probabilità che le fonti di accensione siano presenti e divengano attive ed efficaci
- caratteristiche dell'impianto, sostanze utilizzate, processi e loro possibili interazioni
- entità degli effetti prevedibili

Il valore del rischio di esplosione  $R_{EXP}$  associato ad una *SE* viene definito come segue:

$$R_{EXP} = P \times C$$

dove :

$R_{EXP}$	=	rischio di esplosione
$P$	=	probabilità di esplosione
$C$	=	stima della conseguenza / classe di danno

La probabilità di esplosione  $P$  è funzione della probabilità associata al tipo di classificazione della zona e della probabilità associata ad ogni innesco efficace presente all'interno della stessa. Tali probabilità vengono combinate tra loro al fine di ottenere il valore della probabilità di esplosione  $P$  associato ad una singola *SE*.

La probabilità di esplosione associata ad una generica *SE* è pertanto definita come segue:

$$P = f_x(P_{EM}; P_{INN})$$

dove :

$P_{EM}$	=	probabilità di presenza di una atmosfera esplosiva
$P_{INN}$	=	probabilità di presenza di innesco efficace

La stima delle conseguenze di un'esplosione  $C$  è valutata in base ai parametri specifici significativi riportati in TABELLA 3, alcuni dei quali sono riferiti a caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze infiammabili desunti dallo standard NFPA n° 68 "Guide for venting of deflagrations" (ed. 2002).

Tali parametri specifici, denominati  $C_i$ , vengono correlati con alcuni livelli di riferimento in accordo ai quali è definita la gravità di ognuno di essi.

Ci	PARAMETRO	UNITA'	LIVELLI RIFERIMENTO GRAVITA'		
			a	b	c
C1	Kg – Gas Vapor deflagration index	[ bar m/s ]	Kg < 100	100 <= Kg < 500	Kg >= 500
C2	Vz – Volume di zona pericolosa	[ m³ ]	Vz < 10	10 <= Vz =< 100	Vz > 100

Ci	PARAMETRO	UNITA'	LIVELLI RIFERIMENTO GRAVITA'		
			a	b	c
C3	Confinamento ambiente	[ --- ]	Nube non confinata	Nube Parzialmente Confinata	Nube Completamente Confinata
C4	Pmax – Pressione massima di esplosione	[ bar ]	$P_{max} < 5$	$5 \leq P_{max} < 7$	$P_{max} \geq 7$
C5	Vf – velocità di fiamma	[ m/s ]	$V_f < 0,2$	$0,2 \leq V_f < 1$	$V_f \geq 1$
C6	D – distanza stimata di danno	[ m ]	$D < 2$	$2 \leq D < 10$	$10 \leq D < 50$

Tabella 3: Parametri della valutazione della stima delle conseguenze o classe di Danno – C

Il valore della stima delle conseguenze C viene così calcolato:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

I valori relativi alla probabilità di esplosione e alle conseguenze ad essa associata sono necessari per valutare attraverso una matrice decisionale (FIGURA 3) il livello di rischio ATEX associato ad una singola sorgente di emissione nell'area considerata: il grado di rischio individuato consente di determinare il livello di accettabilità o meno del rischio stesso.

Conseguenze	PROBABILITA' DI ESPLOSIONE		
	BASSA	MEDIA	ALTA
Grave			
Estrema			

Figura 3: matrice decisionale

La valutazione del rischio ATEX deve inoltre tenere conto delle possibili misure di controllo, gestionali o strutturali, preventive o protettive che consentono di mitigare un possibile rischio di esplosione. A seguito di tale analisi vengono individuati due livelli di rischio:

Rischio grezzo (Rg): rischio di esplosione in una determinata area senza l'effetto delle misure di controllo esistenti.

Rischio residuo(Rr): rischio di esplosione in una determinata area con l'applicazione delle misure di controllo.

La valutazione della mitigazione del rischio che le misure di controllo comportano deve essere effettuata mediante l'analisi dell'effetto che tali misure hanno sulla probabilità o sulle conseguenze di un'esplosione; alcune di esse possono agire sulla probabilità di emissione mentre altre possono agire sulla probabilità che un innesco risulti efficace. Le misure di controllo preventive o protettive

individuabili all'interno di una raffineria, efficace ai fini ATEX, possono essere suddivise nelle tre macroaree definite nella TABELLA 4:

	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>ESEMPI DI APPLICAZIONE</b>
A	Gestionali e/o organizzative	Istruzioni operative, Permessi di lavoro, Informazione, Formazione, DPI, Segnaletica, Controllo e sorveglianza, etc
B	Strutturali e/o impiantistiche	Standard costruttivi, ispezioni, manutenzioni, dispositivi elettrici di protezione, etc.
C	Sistemi impiantistici attivi	Sistemi di rilevazione, inertizzazioni, convogliamento, sistemi antincendio, etc.

Tabella 4: Parametri della valutazione della stima delle conseguenze o classe di Danno – C

A ciascuna delle misure di controllo viene attribuito un “peso” attraverso il quale si definisce l’effetto che essa ha sulla probabilità o sulle conseguenze di un rischio di esplosione; per ciascuna di esse inoltre è definito un “fattore di efficacia” che consente di valutare lo stato attuale di applicazione della misura di controllo individuata.

La combinazione dei diversi pesi, associati alle diverse misure di controllo, e i rispettivi fattori di efficacia consente di stimare l’effetto che le misure di controllo individuate hanno sul rischio grezzo caratteristico di una data sorgente di emissione nell’area in cui è ubicata; tale effetto è valutabile come una riduzione percentuale del rischio grezzo e la valutazione del rischio residuo di esplosione associato ad una sorgente di emissione in una determinata area.

#### IV. RIDUZIONE DEL RISCHIO

A seguito della valutazione del rischio residuo associato ad una sorgente di emissione all'interno di una determinata area è necessario verificarne il livello di accettabilità; a tal fine si fa riferimento ai criteri di classificazione definiti nella matrice decisionale riportata in FIGURA 4; all'interno della matrice a ciascun grado di rischio è associato il corrispondente livello di accettabilità. Le azioni intraprese si traducono nell'implementazione delle misure di controllo preventive o protettive individuate, applicabili ad un determinato innesco o sorgente di emissione, agendo rispettivamente sulla probabilità o sulle conseguenze di un rischio di esplosione.

L'effetto delle azioni intraprese si traduce nell'aumento del "peso" o del "fattore di efficacia" associati a ciascuna misura di controllo individuata; la combinazione dei nuovi valori consente di ridurre il rischio a valori più bassi fino al raggiungimento di un livello accettabile in accordo alla matrice decisionale di riferimento.

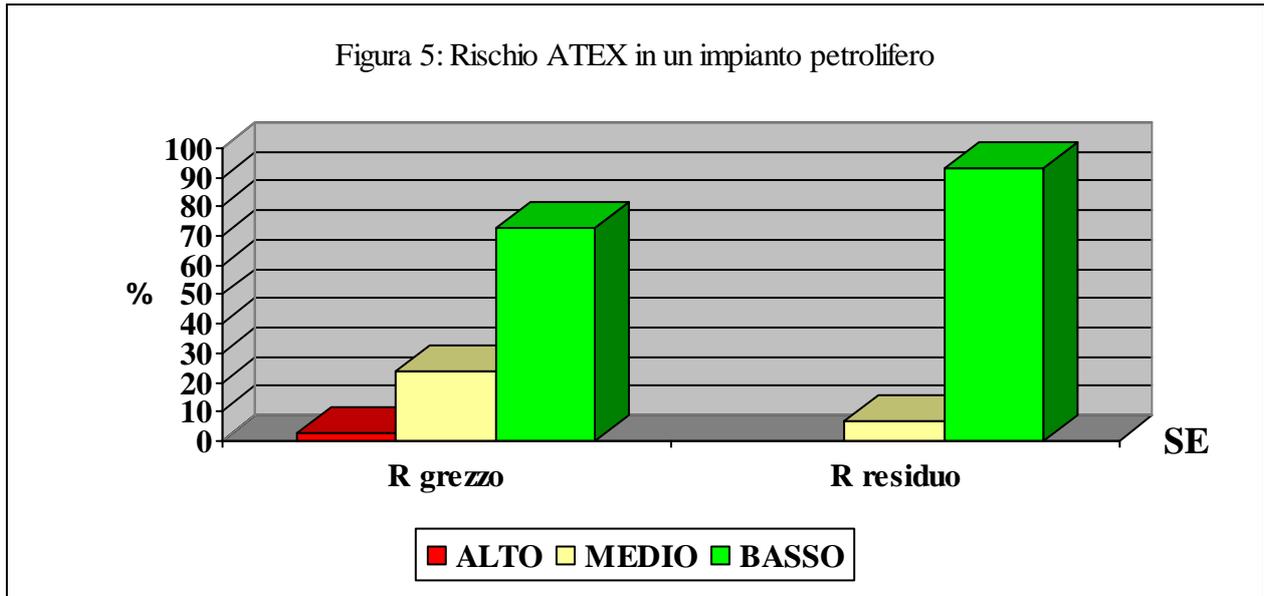
<b>RISCHIO</b>	<b>LIVELLO DI RISCHIO</b>	<b>PRIORITÀ INTERVENTO</b>
<b>ALTO</b>	<b>Rischio <i>Inaccettabile</i></b>	<b>Azioni correttive da programmare immediatamente</b>
<b>MEDIO</b>	<b>Rischio <i>Migliorabile</i></b>	<b>Azioni di miglioramento da programmare nel breve termine</b>
<b>BASSO</b>	<b>Rischio <i>Accettabile</i></b>	<b>Mantenimento delle misure di controllo individuate</b>

Figura 4: Matrice decisionale – Livello accettabilità del rischio

Al fine di valutare l'effetto di eventuali misure di controllo aggiuntive, atte a ridurre il grado di rischio a livelli accettabili, è necessario procedere ad una rivalutazione del rischio secondo lo schema riportato in FIGURA 1.

In FIGURA 5 sono rappresentati i risultati della metodologia ATEX applicata ad un impianto petrolifero per tutte le sorgenti di emissione individuate. La valutazione di rischio ha permesso in tal modo di definire un piano di interventi atti a ridurre a livelli accettabili i rischi più alti e a implementare all'interno del sistema di gestione quei processi di monitoraggio per quelle misure di controllo esistenti a livelli di efficacia tali da mantenere livelli di rischio accettabili.

Figura 5: Rischio ATEX in un impianto petrolifero



## V. CONCLUSIONI

La metodologia illustrata nel presente articolo risulta essere innovativa rispetto ad altri criteri di valutazione del rischio ATEX finora sviluppati. Essa infatti non si basa su una semplice valutazione qualitativa del rischio presente ma permette una definizione quantitativa di quest'ultimo.

La definizione di un "peso", associato a ciascuna misura di controllo preventiva/protettiva, e il relativo "fattore di efficacia" consente di individuare in maniera specifica quelle azioni, strutturali o gestionali, da implementare all'interno di un'organizzazione necessarie per mantenere i rischi ATEX a livelli accettabili. L'individuazione delle misure aggiuntive, atte a ridurre a livelli bassi quei rischi il cui grado è elevato, risulta essere molto più facilitata dalla possibilità di verificare l'effetto diretto delle compensazioni individuate sul rischio ATEX finale.