

D.Lgs. 81/08 Titolo XI

Valutazione del Rischio e Documento di Protezione contro le esplosioni

La metodologia
Ramses 4





Docente p.i. Davide Salvagio

Le Direttive Atex

Le direttive ATEX sono 2, entrate in vigore obbligatoriamente nel 2003:

Direttiva 99/92/CE o ATEX 137, definita direttiva “sociale”, attuata con D.Lgs 233/03 e che introduce il titolo XI nel D.Lgs 81/08 (ex. VIII Bis del D.Lgs. 626/94)

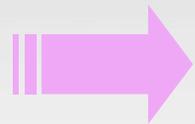
Direttiva 94/9/CE o ATEX 100 attuata con D.P.R. 126/98*

* È in vigore dal 30 marzo 2014 la Nuova Direttiva ATEX 2014/34/UE pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea in data 29 Marzo 2014. La Direttiva 94/9/CE è abrogata con effetto decorrente dal 20 aprile 2016, fatti salvi gli obblighi degli Stati membri in termini di recepimento. Le modifiche sono per lo più formali e non tecniche.

Relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive.

Le atmosfere esplosive considerate sono quelle dovute a gas, vapori, nebbie infiammabili e polveri combustibili

Il datore di lavoro deve:



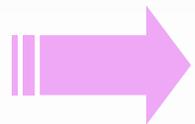
Prevenire la formazione di atmosfere esplosive o valutarne la probabilità di formazione



Valutare la probabilità d'innescio dell'atmosfera esplosiva



Valutare l'entità degli effetti prevedibili e limitare i danni, se necessario

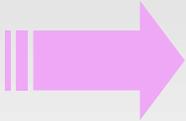


Consentire lo svolgimento del lavoro in sicurezza

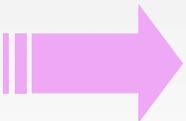


Assicurare un'adeguata sorveglianza

Il datore di lavoro deve:



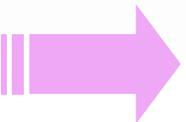
Assicurare la formazione professionale dei lavoratori esposti ad atmosfere esplosive



Provvedere ad istruzioni scritte e autorizzazioni al lavoro



Assicurare le misure di protezione contro le esplosioni, dove necessarie



In caso di modifiche elaborare il documento sulla protezione contro le esplosioni, aggiornandolo

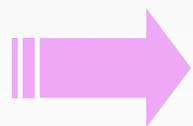
Disposizioni in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera esplosiva.

Si applica a materiali, impianti e macchine destinati ad essere impiegati in atmosfere potenzialmente esplosive.

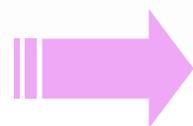
Rispetto a prima, si applica anche ai sistemi non elettrici

Interessa in particolar modo i costruttori di impianti, macchine e componenti

I riferimenti tecnici armonizzati per garantire la conformità a tali direttive sono:



**Per i sistemi elettrici, le NORME CEI
(Comitato Elettrotecnico Italiano)**



**Per i sistemi non elettrici, le NORME UNI
(Ente Nazionale di Unificazione)**

Le direttive ATEX non si applicano:



A navi marittime e unità mobili off-shore e attrezzature utilizzate a bordo di esse, per le quali si applicano norme internazionali



A mezzi di trasporto (veicoli e loro rimorchi), ad eccezione di mezzi utilizzati in atmosfere esplosive quali carrelli elevatori o similari



A prodotti contemplati dall'art. 223, comma 1, lettera b) del trattato di Roma, cioè armi, munizioni e materiale bellico

Le direttive ATEX non si applicano:

➔ Ad apparecchiature mediche in ambiente medico

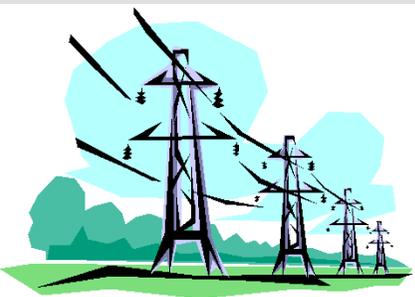
➔ Ad apparecchi utilizzati in ambienti domestici e non commerciali

➔ Ad apparecchi, luoghi e sistemi di protezione dove il pericolo di esplosione è dovuto ad esplosivi, sostanze instabili o altra natura come, per esempio, apparecchi a pressione soggetti alla direttiva PED

➔ A dispositivi di protezione individuale, oggetto della direttiva 89/689/CEE

ENERGIA

- Centrali Termoelettriche
- Impianti Turbogas
- Impianti di cogenerazione con Biogas
- Inceneritori, Termovalorizzatori
- Impianti di compressione e/o decompressione gas combustibili
- Centrali Termiche a polvere combustibile



INDUSTRIA PESANTE

- Raffinerie
- Industria chimica e petrolchimica
- Industria farmaceutica
- Produzione e depositi di solventi o diluenti;
- Produzione e depositi di prodotti alcolici (Alcool, trielina, ecc)
- Depositati di carburante (Benzine, Gasolio, GPL, Metano, ecc)
- Impianti di smaltimento rifiuti
- Industria metallurgica e carbonifera

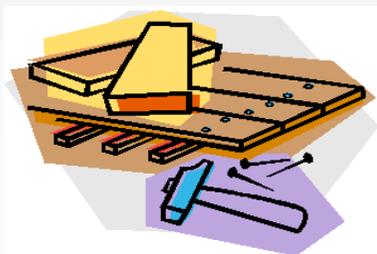


INDUSTRIA LEGGERA ED ALIMENTARE



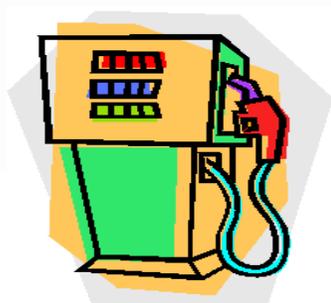
- Industria agro-alimentare
- Industria tessile
- Mobilifici
- Produzione e depositi di vernici o smalti;
- Industria cosmetica e produzione di profumi

ARTIGIANATO



- Falegnamerie e lavorazione del legno
- Carrozzerie
- Officine con attività ossi-acetilenica (saldatura)

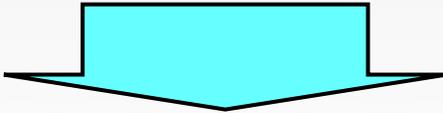
ALTRE APPLICAZIONI



- Centrali Termiche
- Distributori di carburante

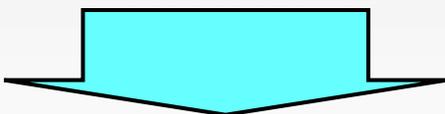
Alcune definizioni

Esplosione



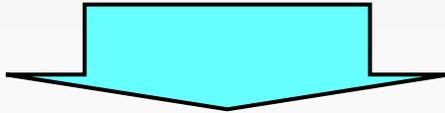
Brusca reazione di ossidazione o decomposizione che produce un aumento della pressione e/o della temperatura (onda di pressione e gradiente di temperatura)

Deflagrazione



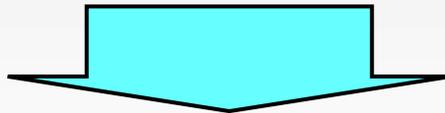
Esplosione che si propaga a velocità subsonica

Detonazione



Esplosione che si propaga a velocità supersonica, caratterizzata da un'onda d'urto

Atmosfera esplosiva



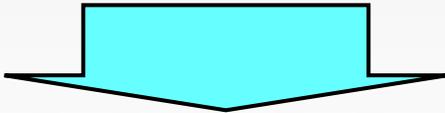
Miscela in aria di una sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore, nebbia o polvere, in condizioni atmosferiche normali, in cui, dopo l'accensione, la combustione procede fino ad esaurimento della miscela stessa.

Gas



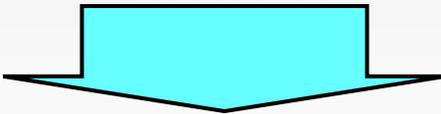
Sono GAS le sostanze che si trovano al di sopra della loro temperatura critica (es. Metano, Idrogeno, Acetilene)

Vapore



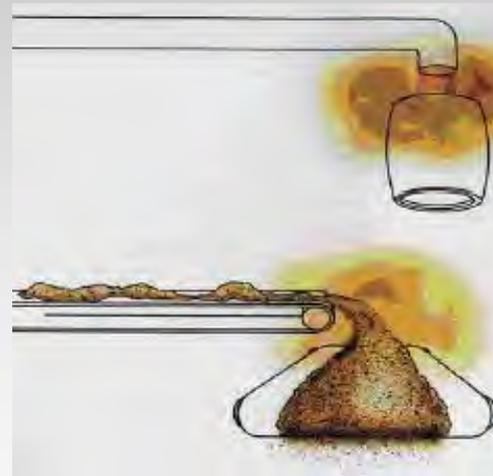
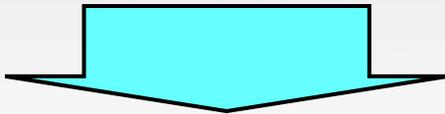
Sono VAPORI le sostanze che si trovano al di sotto della loro Temperatura critica (es. GPL in bombole a temperatura ambiente, vapori di solventi)

Nebbia



E' costituita da goccioline di liquido disperse in un GAS (es. aria). I comuni spray formano nebbie come pure i liquidi forzati attraverso un ugello

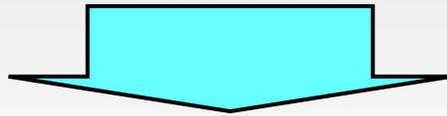
Polvere



Piccole particelle solide presenti nell'atmosfera, che si depositano sotto l'effetto del loro stesso peso, ma che possono rimanere sospese nell'aria per un certo periodo di tempo. Sono generalmente considerate polveri le particelle con "granulometria" inferiore a 0.5-1.0 mm.

Generalmente, possono formare atmosfere esplosive (polvere-aria) solo le polveri con "granulometria" inferiore a 0,25 mm.

Polvere combustibile



Polvere che reagisce con l'ossigeno dell'aria brucia o diventa incandescente (arde) in aria; inoltre può formare un'atmosfera esplosiva con l'aria in condizioni di pressione e temperatura normali.

Anche sostanze non combustibili allo stato solido compatto possono produrre polveri combustibili (es. acciaio, alluminio, rame, zinco, zolfo, ecc.)

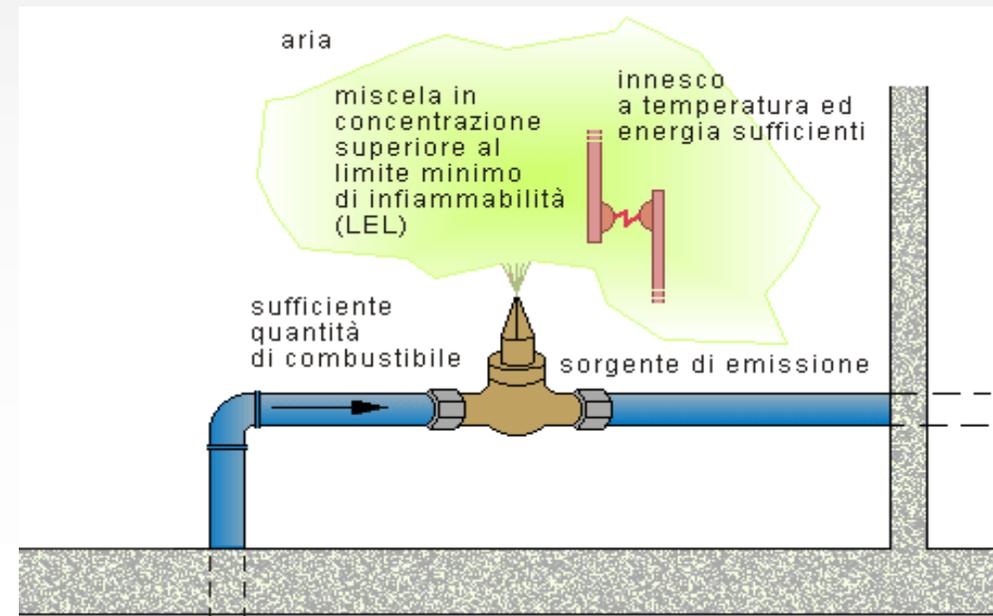


Le condizioni necessarie perché si verifichi un'esplosione

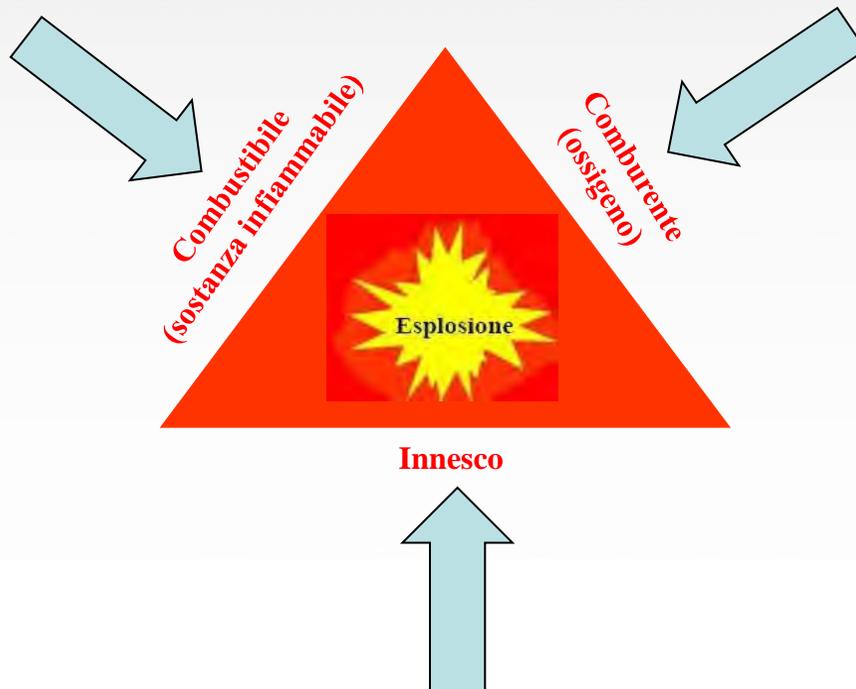
Un'esplosione si può innescare solo quando in uno stesso ambiente coesistono (nello spazio e nel tempo) le seguenti due condizioni:

è presente un'atmosfera esplosiva (classificazione in zone)

si manifesta una causa d'innescò (requisiti degli impianti e delle apparecchiature, efficacia delle sorgenti d'innescò)

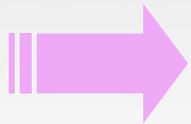


IN SINTESI DEVONO CHIUDERSI I LATI DEL “TRIANGOLO DELLE ESPLOSIONI”

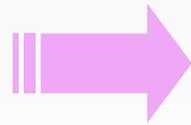


La sorgente di innesco deve essere in grado di fornire alla miscela esplosiva, per una data concentrazione della sostanza in aria, una quantità di energia sufficiente affinché la combustione superi quel punto critico oltre il quale è in grado di auto-sostenersi, permettendo al fronte di fiamma di propagarsi da solo senza apporto di energia dall'esterno. Questa energia è specifica di ogni sostanza ed il valore minimo si definisce Energia Minima di Accensione (MIE).

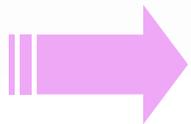
CLASSIFICARE IN ZONE SIGNIFICA:



Definire il livello di probabilità di formazione di un'atmosfera esplosiva



Definirne l'estensione nello spazio



Definire i parametri per la scelta degli impianti e delle apparecchiature nonché la loro massima temperatura superficiale

La classificazione Atex

La classificazione dei luoghi è l'attività fondamentale dell'intero processo valutativo in quanto, se è malfatta, imprecisa o eccessivamente conservativa, può pregiudicare l'intero processo di valutazione e caricare di costi insostenibili, sia immediati che a lungo termine, le aziende. Difatti, come si vedrà nel seguito, da essa dipende la valutazione del rischio, la scelta delle apparecchiature e la gestione degli impianti.

SI IDENTIFICANO SEI TIPOLOGIE DI ZONE PERICOLOSE E TRE LIVELLI DI PROBABILITA' (D.Lgs 81/08 Titolo XI)

**PER GAS E VAPORI
INFIAMMABILI**

ZONA 0 (alta probabilità)
ZONA 1 (media probabilità)
ZONA 2 (bassa probabilità)

**PER POLVERI E
FIBRE
COMBUSTIBILI**

ZONA 20 (alta probabilità)
ZONA 21 (media probabilità)
ZONA 22 (bassa probabilità)

Riferimenti orientativi di frequenza e durata dell'atmosfera esplosiva in relazione al tipo di zona

Tipo di zona		Presenza atmosfera esplosiva	Frequenza in un anno	Durata
Gas, vapori, nebbie	Polveri		In 365 giorni	ore
0	20	Continua o per lunghi periodi	$> 10^{-1}$	> 1000
1	21	Periodica od occasionale nel funzionamento normale	$10^{-1} > P > 10^{-3}$	$1000 > h > 10$
2	22	Non prevista nel funzionamento normale e solo per brevi periodi	$10^{-3} > P > 10^{-5}$	$10 > h > 0,1$

Le zone pericolose hanno origine da un punto del sistema/impianto dal quale può essere rilasciata, secondo diverse modalità, una sostanza infiammabile e/o combustibile. Questi punti vengono definiti “Sorgenti di Emissione” (SE)

Si osserva che:

Nessuna sostanza infiammabile/combustibile
oppure nessuna possibilità di rilascio

Nessuna SE

Nessuna zona pericolosa

Le sostanze infiammabili in grado di formare atmosfere esplosive a temperatura ambiente sono in genere contrassegnate dalle seguenti frasi di rischio DSP-DPD:

Nessun
simbolo

R10 (H220)
Infiammabili



F

R11 (H225)
Facilmente
Infiammabili



F+

R12 (H226)
Estremamente
Infiammabili

Le frasi di rischio DSP-DPD sono superate e sostituite dalla classificazione CLP

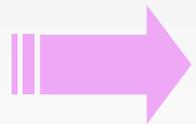
	CLP	DSD/DPD
<p>Gas infiammabili Previste 2 categorie. La frase R12 diventa H220.</p>		
<p>Aerosol infiammabili Si tratta di una nuova classe La valutazione viene fatta solamente se contengono sostanze infiammabili e tiene conto di diversi parametri (calore di combustione, altezza della fiamma...).</p>		
<p>Liquidi infiammabili La frase R12 diventa H224. Non è possibile trasformare le frasi R10 e R11 nelle corrispondenti frasi CLP in quanto cambiano i valori del punto di infiammabilità limite (da 21 °C a 23 °C per il limite per la categoria 2, da 55 °C a 60 °C per il limite per la categoria 3).</p>		

In particolare vapori significativi si hanno per quelle sostanze con una temperatura d'infiammabilità o flash point uguale o inferiore alla temperatura d'impiego. Non vanno quindi trascurate altre sostanze che possono formare atmosfere esplosive a temperatura maggiore di quella ambiente. Le polveri organiche e metalliche sono in genere sempre combustibili.

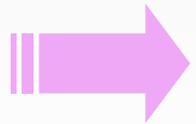


LEL e UEL

Perché una miscela di una sostanza infiammabile in aria possa esplodere, la sua concentrazione deve essere:



Maggiore del Limite Inferiore di Esplosività (LEL)



Minore del Limite Superiore di Esplosività (UEL)

ad esempio:

Idrogeno - Aria
 $4\% < C < 75\%$

Metano - Aria
 $5\% < C < 15\%$

Ammoniaca - Aria
 $15\% < C < 27\%$

Il range di esplosività si modifica con la temperatura e con la concentrazione d'ossigeno nell'aria.

Per le polveri, la cui distribuzione in nube non è spazialmente uniforme, il UEL ha poca importanza pratica

Secondo la Norma CEI 31-87 alcune decine di litri di miscela esplosiva non sono considerati pericolosi. Questa affermazione va tuttavia esaminata in relazione al confinamento della zona pericolosa.

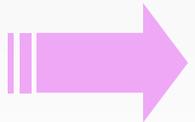
ESEMPIO: 1 solo litro di GPL (Gas di Petrolio Liquefatto) liquido, con rapporto di espansione liquido-gas di circa 270, trasformato in gas e diluito nell'aria al LEL del 2% dà origine a circa 13.500 l. di atmosfera esplosiva.

Non sono quindi da sottovalutare anche piccole quantità derivanti da un guasto accidentale

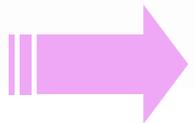
Le SE possono essere di 3 tipologie:



SE di grado continuo nelle quali la sostanza infiammabile/combustibile è sempre o quasi sempre presente



SE di primo grado dalle quali la sostanza infiammabile/combustibile può essere emessa per periodi significativi



SE di secondo grado dalle quali la sostanza infiammabile/combustibile può essere emessa raramente (per es. a seguito di un guasto)

Per i Gas e Vapori c'è in genere corrispondenza tra SE e zone, come segue:



SE di grado continuo e zone 0



SE di primo grado e zone 1



SE di secondo grado e zone 2

Nel caso ottimale di sistemi di ventilazione o aspirazione notevolmente efficaci, la zona pericolosa potrebbe ridursi al punto da essere considerata **“trascurabile”**.

Una zona trascurabile, definita dalla Norma **“Zona NE”**
(Negligible Extent), è di fatto una zona

NON PERICOLOSA

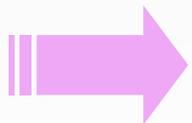


Nel caso di polveri è da notare che gli strati presenti frequentemente in un turno di lavoro (es. a terra o sulle apparecchiature per scarsa pulizia) si considerano SE, il cui grado è da valutare a seconda che lo strato stesso sia frequentemente o scarsamente disturbato. Più precisamente:

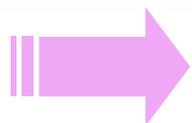
- **Frequentemente disturbato**
➔ **SE di Primo Grado**
- **Non frequentemente disturbato**
➔ **SE di Secondo Grado**

La classificazione in zone, sebbene sia per legge di competenza del Datore di Lavoro, deve essere realizzata da parte di tecnici competenti che si avvalgono delle norme tecniche specifiche.

Si citano ad esempio:

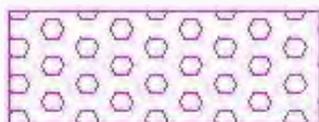


La Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) e relative guide applicabili a gas, vapori e nebbie

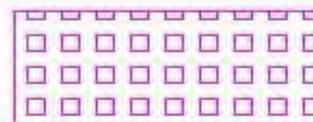


La Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) e relative guide applicabili a polveri combustibili

**Tratteggi suggeriti dalle Norme CEI EN per
l'identificazione delle zone su disegni
planimetrici e sezioni
(i colori sono arbitrari)**



ZONA 0



ZONA 20



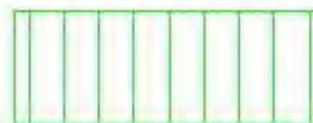
ZONA 1



ZONA 21

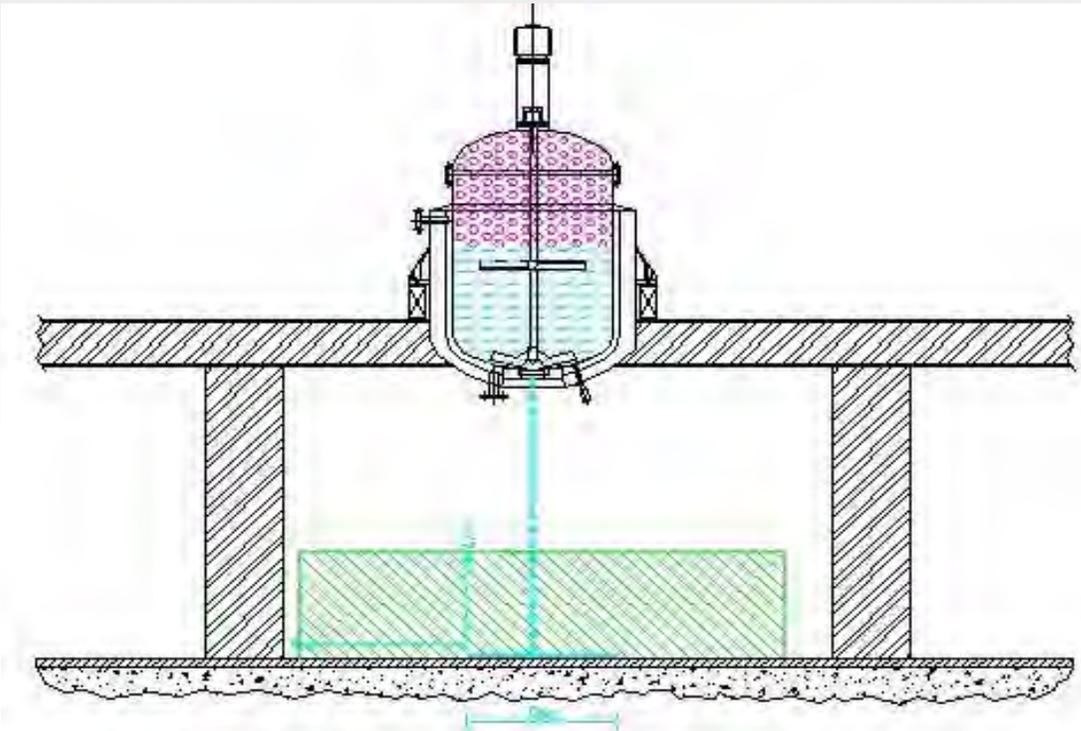


ZONA 2

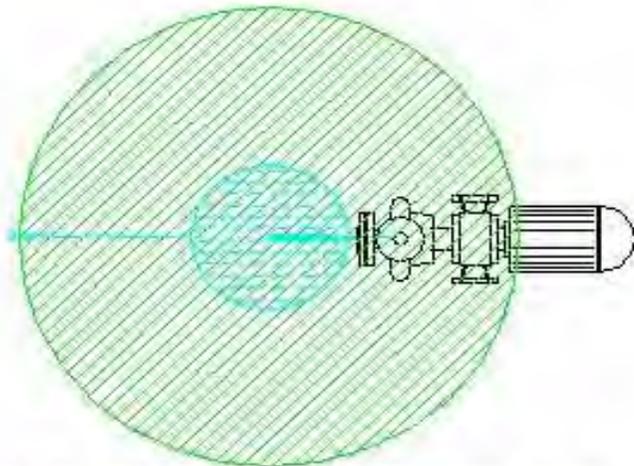
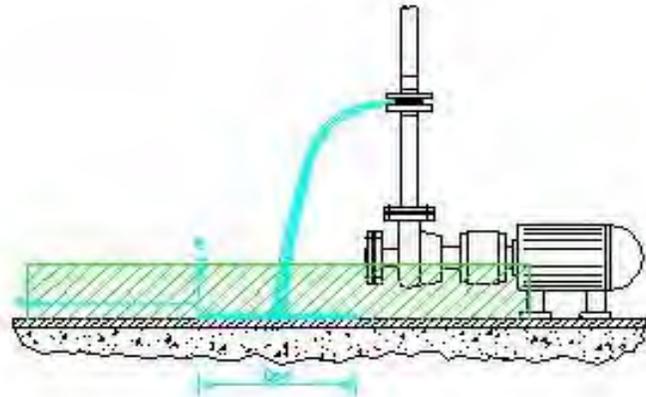


ZONA 22

Esempi di zone per Gas-Vapori

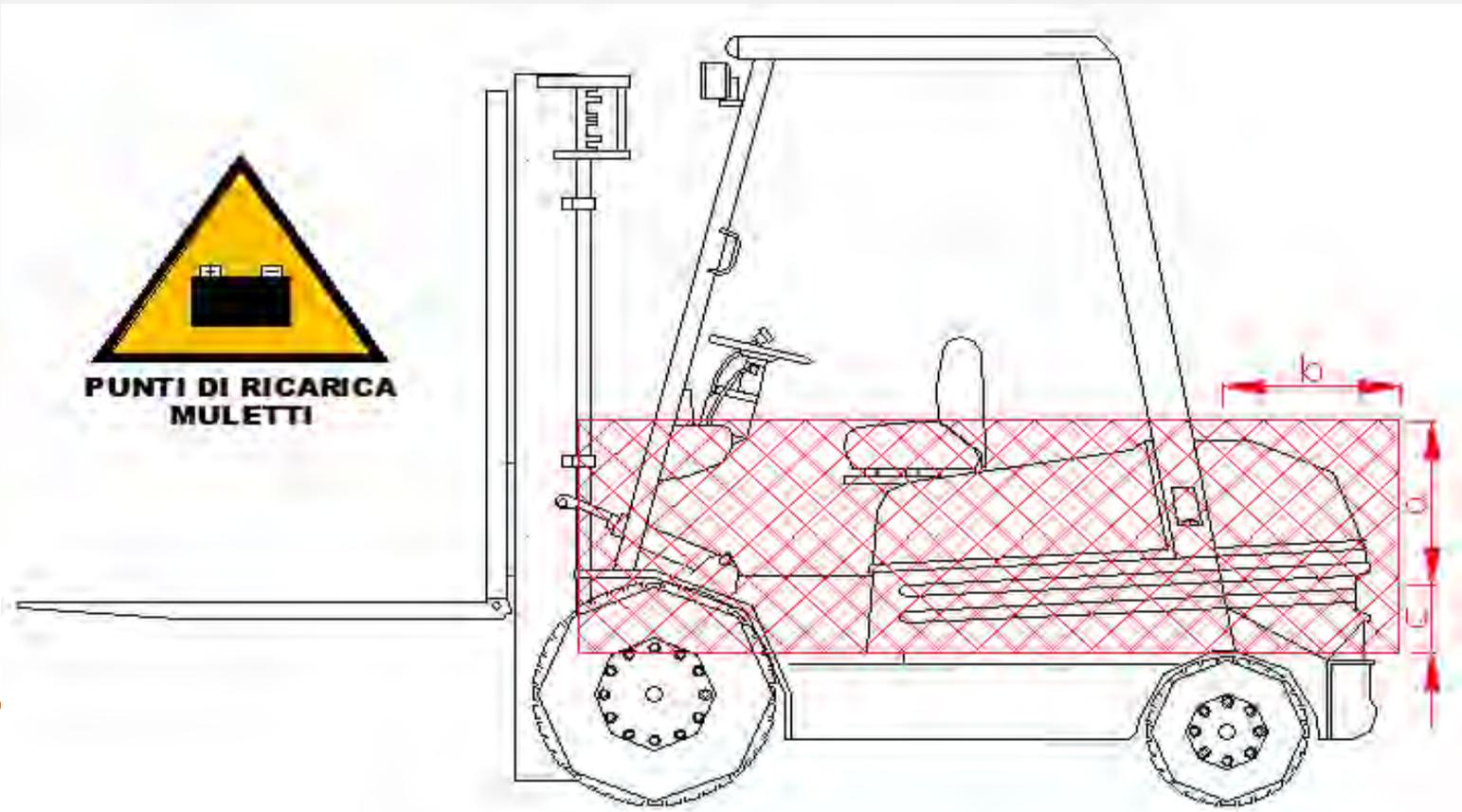


REATTORE/SERBATOIO - STILLICIDIO A PRESSIONE IDROSTATICA

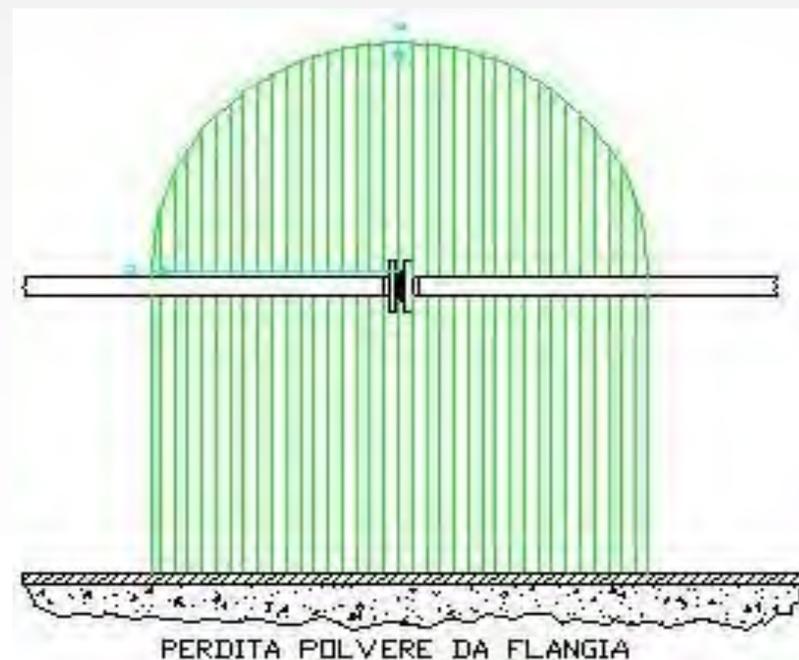
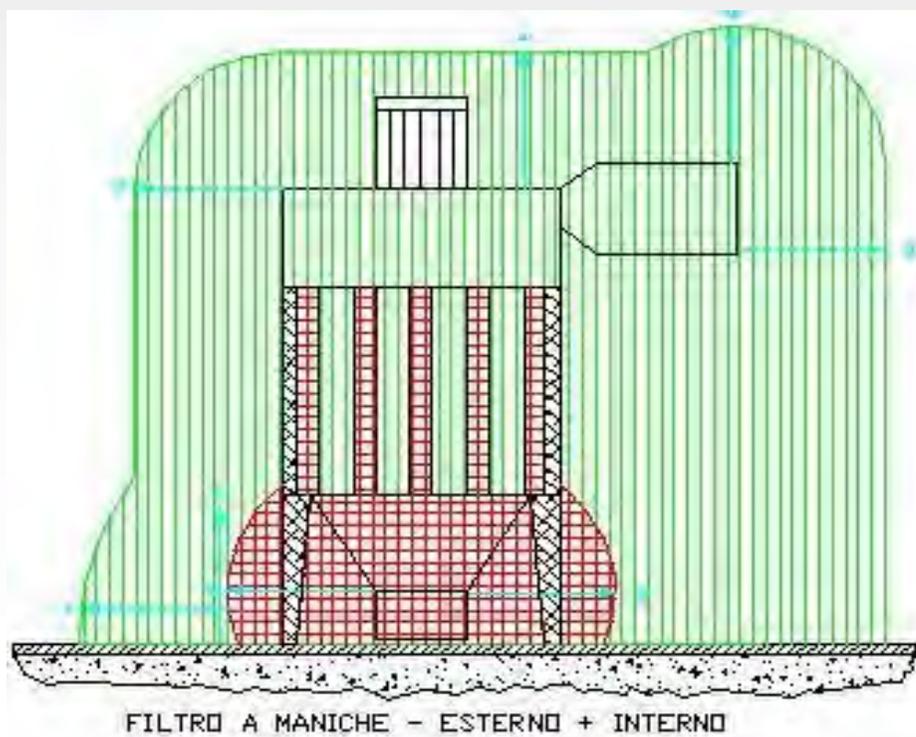


PERDITA DA VALVOLA/FLANGIA IN PRESSIONE (POZZA LAMBITA)

Esempi di zone per Gas-Vapori



Esempi di zone per Polveri Combustibili



Le zone pericolose per formazione di Atmosfere Esplosive devono essere identificate dal seguente cartello

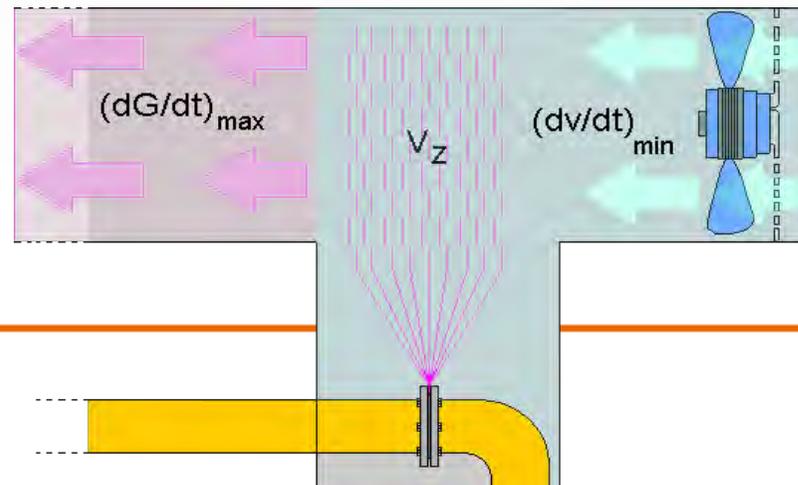


Esistono diversi metodi per effettuare la classificazione delle aree che fanno riferimento, come già detto, a norme, guide e raccomandazioni. Il D.lgs. 81/08 nell'All. XLIX suggerisce (ma non è obbligatorio) di fare riferimento alle norme europee nonché alle relative guide di applicazione della seguente tabella:

NORME	
CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)	Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas
CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)	Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili
GUIDE	
CEI 31-35	Guida alla applicazione della CEI 31-30 classificazione dei luoghi pericolosi per la presenza di gas
CEI 31-35/A	Guida alla applicazione della CEI 31-30 classificazione dei luoghi pericolosi per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili: esempi di applicazione
CEI 31-56	Guida alla applicazione della CEI 31-52 (CEI 31-88) classificazione dei luoghi pericolosi per la presenza polveri combustibili

La norma EN 60079-10-1 (gas e vapori) si basa sugli effetti della ventilazione ed in particolare sul grado di ventilazione (vedi tabella slide seguente) e propone un metodo analitico attraverso il quale si determina il tipo di zona. La guida CEI 31-35 (sempre gas e vapori) si basa sulla norma europea e propone un procedimento per la valutazione dell'estensione della zona.

Per le polveri la norma EN 60079-10-2 propone un metodo non analitico, in cui il tipo di zona è determinato in base alla probabilità che si presenti un'atmosfera pericolosa, mentre la relativa estensione è prefissata e dipende dal tipo di zona. La guida CEI 31-56 propone, invece, un metodo più elaborato che porta fino alla determinazione dell'estensione della zona.



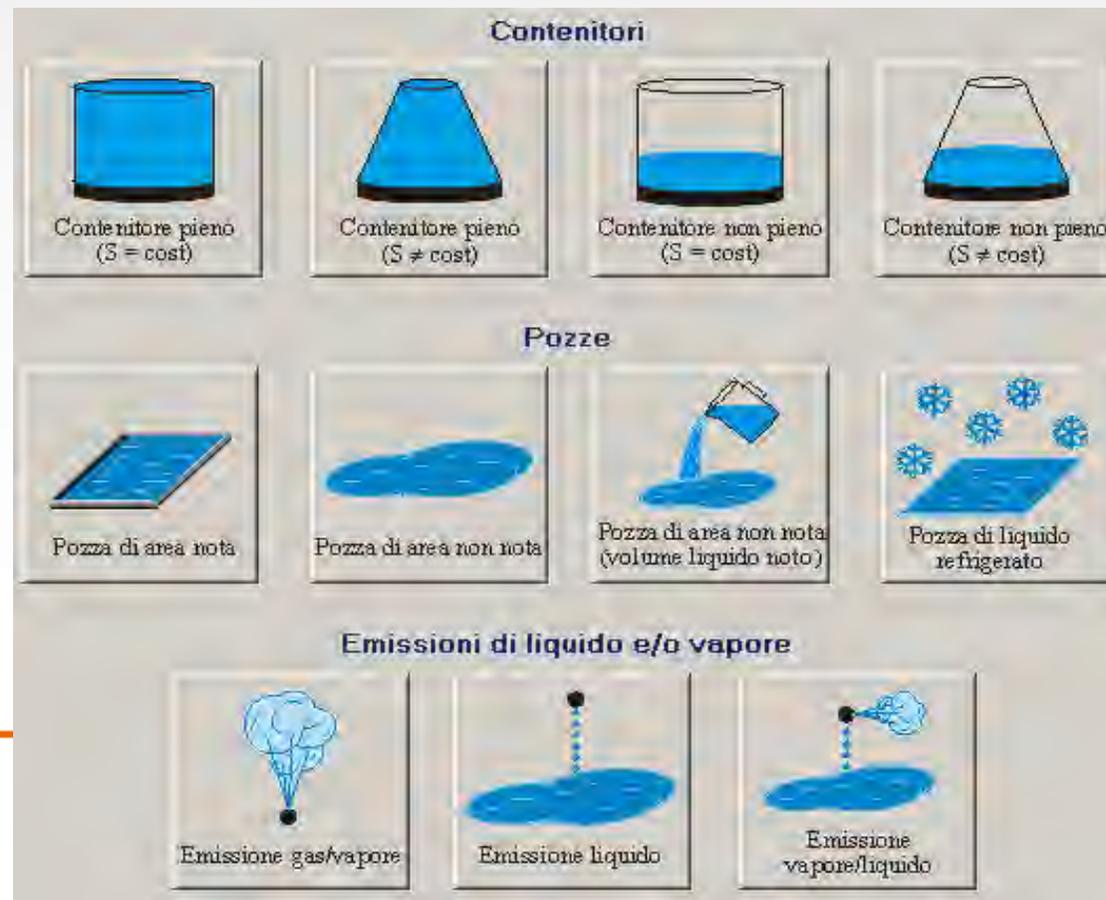
<p>Grado di ventilazione alto</p>	<p>Si ha quando la ventilazione è in grado di ridurre la concentrazione in prossimità della sorgente di emissione in modo praticamente istantaneo, limitando la concentrazione al di sotto del limite inferiore di esplosibilità. Ne risulta una zona di estensione trascurabile. Tuttavia, quando la disponibilità della ventilazione non è buona, un altro tipo di zona può circondare la zona di estensione trascurabile.</p>	
<p>Grado di ventilazione medio</p>	<p>Si ha quando la ventilazione è in grado di controllare la concentrazione, determinando una zona limitata stabile, sebbene l'emissione sia in corso, e dove l'atmosfera esplosiva per la presenza di gas non persista eccessivamente dopo l'arresto dell'emissione. L'estensione ed il tipo della zona sono condizionati dalle grandezze caratteristiche di progetto.</p>	
<p>Grado di ventilazione basso</p>	<p>Si ha quando la ventilazione non è in grado di controllare la concentrazione mentre avviene l'emissione e/o non può prevenire la persistenza eccessiva di un'atmosfera esplosiva dopo l'arresto dell'emissione.</p>	

Si individuano le sostanze pericolose determinando i parametri chimico-fisici che le caratterizzano e altri parametri tipici. Nella slide seguente, a titolo d'esempio, si riportano i parametri caratteristici dell'Acetone tratti dalla Tabella GA2 della Guida CEI 31-35.

Caratteristiche della sostanza infiammabile (Tabella GA2 Guida CEI 31-35)

Acetone	
Formula o composizione	CH₃COCH₃
Numero di identificazione CAS	67-64-1
Temperatura d'infiammabilità	$T_i =$ -20 ° C
Densità relativa all'aria del vapore	$\rho_{gas} =$ 2
Densità (massa volumica) del liquido	$\rho_{liq} =$ 792 kg/m ³
Coefficiente di diffusione	$C_{gd} =$ 0,037 m ² /h
Rapporto tra i calori specifici	$g = c_p/c_v =$ 1,140
Calore specifico a temperatura ambiente	$c_{sl} =$ 2200 J/(kg*K)
Calore latente di vaporizzazione alla T_b	$c_{lv} =$ 536000 J/kg
Massa molare	$M =$ 58,08 kg/kmol
Limite inferiore d'esplosibilità in aria	$LEL_v =$ 2,50 %
Limite superiore d'esplosibilità in aria	$UEL_v =$ 13,00 %
Temperatura di ebollizione	$T_b =$ 56,50 ° C
Tensione di vapore a 20° C	$p_v =$ 23117 Pa
Tensione di vapore a 40° C	$p_v =$ 54942 Pa
Temperatura di accensione	$T_{acc} =$ 465 ° C
Gruppo	IIA
Classe di temperatura	T1

Occorre quindi individuare le possibili fonti di emissione di sostanze infiammabili e relativi scenari di rilascio, registrandone ubicazione e caratteristiche. Di seguito alcuni scenari tipici di emissione:



Si valuta la ventilazione presente nell'ambiente considerato, distinguendo il caso di ambienti aperti ed ambienti chiusi.

Si definisce inoltre il fattore di efficacia F (da 1 a 4) che tiene conto di eventuali difficoltà alla circolazione dell'aria e si calcolano infine i ricambi per l'ambiente al chiuso C_0 . Se soddisfatte determinate condizioni al chiuso e comunque sempre all'aperto, i ricambi d'aria si calcolano nell'intorno della SE dopo averne determinato l'estensione e cioè la distanza d_z e relativa quota a in metri (esistono formule riportate nella guida CEI 31-35 per diversi casi).

Si calcola la minima quantità d'aria di ventilazione Q_{amin} necessaria per portare la concentrazione di gas ad un valore pari a $k \cdot LEL$, (dove k è un coefficiente di sicurezza suggerito pari a 0,25 per SE di grado continuo e primo e 0,5 per il secondo grado (i valori non sono comunque vincolanti)).

Calcolata Q_{amin} è possibile determinare il volume ipotetico di atmosfera esplosiva V_z (m^3) che non è il volume effettivo della zona pericolosa che definisce l'estensione della zona ma una stima del volume di atmosfera esplosiva prodotto ed è utilizzato per stabilire il grado della ventilazione dopo aver deciso se esso è trascurabile o non trascurabile (pericoloso o meno).

Si individuano le sostanze pericolose in polvere determinando i parametri fisici che le caratterizzano. A differenza delle sostanze infiammabili liquide o gassose, per le polveri esistono solo basi dati derivanti da prove di laboratorio caratteristiche solo della sostanza sottoposta a prova. Questi dati messi a disposizione da vari enti, tra cui il CEI, servono solo a delle stime qualitative, in quanto, per la stessa sostanza, è sufficiente la modifica della granulometria per ottenere dati completamente diversi. In caso di dubbi è sempre suggerita un'analisi da parte di laboratori specializzati. Nella slide seguente, a titolo d'esempio, si riportano i parametri caratteristici di una polvere tipica dell'industria farmaceutica.

Dove, oltre ai parametri già definiti quali:

- Energia minima di accensione in nube (MIE)
- Limite inferiore di esplosibilità (LEL)
- Dimensioni della polvere o granulometria (valore medio)

valgono le seguenti ulteriori definizioni:

- Temperatura di accensione di una nube di polvere (T_{Cl}) definita come la temperatura minima di una superficie calda di una camera di combustione in cui si verifica l'accensione della polvere in essa contenuta (in condizioni di prova stabilite).
- Temperatura di accensione di uno strato di polvere (T_I) definita come la temperatura minima di una superficie calda alla quale si verifica l'accensione di uno strato di polvere, di spessore specificato (in condizioni di prova stabilite).

Si fa riferimento ad uno strato di polvere di 5 mm di spessore. Per spessori superiori occorre chiedere la misura della temperatura di accensione dello strato di polvere ad un laboratorio specializzato. (segue)

LEL (g/m ³)	Granulo- metria (μm)	T _{5mm} (° C)	T _{Cl} (° C)	Pressione d'esplo- sione (bar)	Kst (bar*m/s)	Classe d'esplo- sione (St)	MIE (mJ)	Conduci- bilità
40	22	280	400	9,7	258	2	3	n.c.

➤ Indice di esplosione e classe di esplosione di una polvere (K_{St} e St)

I parametri che maggiormente individuano gli effetti di una esplosione sono la pressione massima p_{max} e il massimo gradiente di pressione $(dp/dt)_{max}$.

Il massimo gradiente di pressione prodotto dall'esplosione di un volume V di miscela esplosiva di polvere in aria segue la seguente legge (cosiddetta legge cubica):

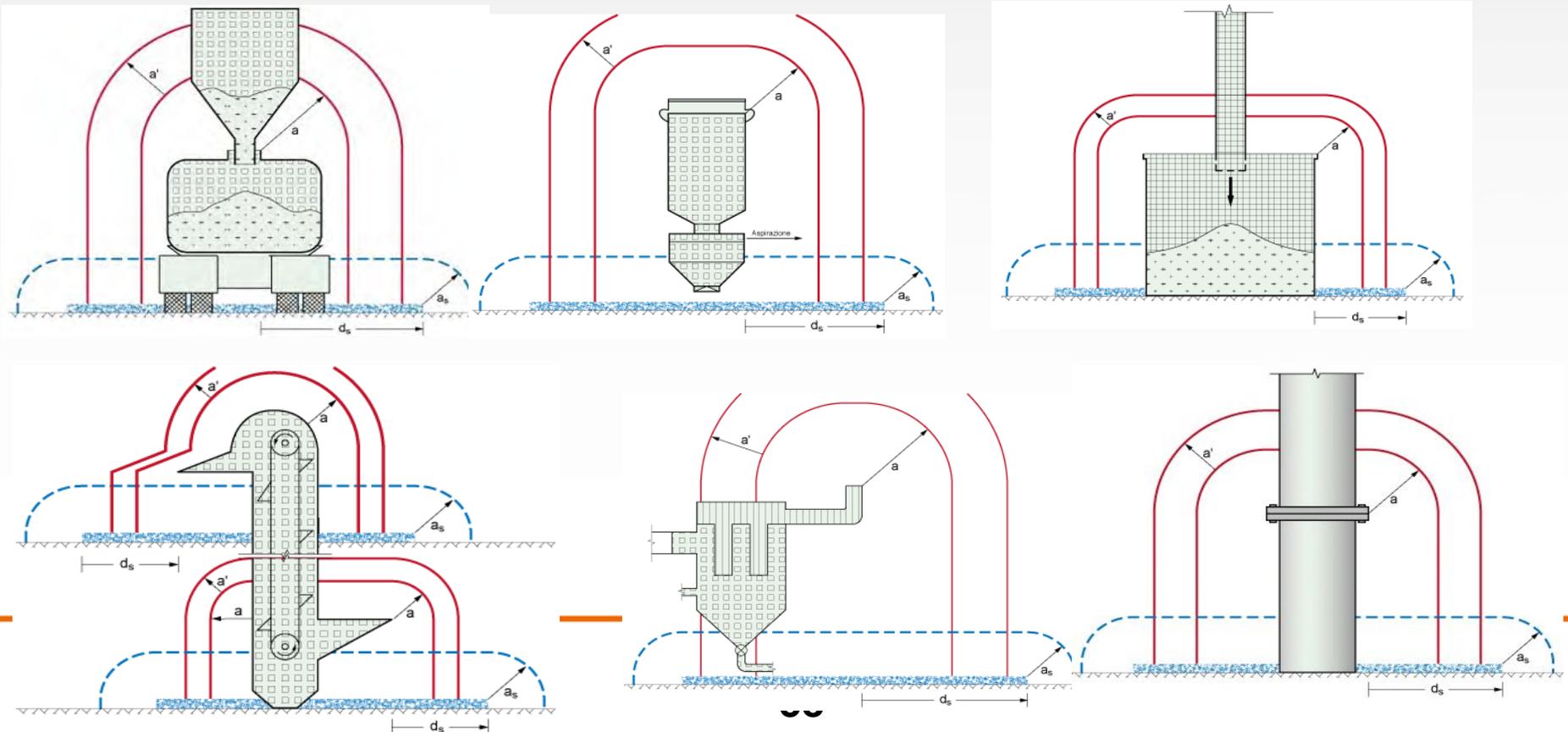
$$(dp/dt)_{max} \sqrt[3]{V} = K_{St}$$

dove K_{St} è una costante, tipica della polvere (indice di esplosione).

La classe di esplosione di una polvere (St) dipende dall'indice di esplosione (K_{St}) come di seguito indicato:

Classe di esplosione della polvere St	Indice di esplosione K_{St} (bar m/s)
St 1	$0 < K_{St} \leq 200$
St 2	$200 < K_{St} \leq 300$
St 3	$300 < K_{St}$

Si individuano le possibili fonti di emissione di sostanze polverulente e relativi scenari di rilascio, registrandone ubicazione e caratteristiche. Di seguito alcuni scenari tipici di emissione:



Per quanto riguarda l'estensione:

La zona 20 è in genere estesa a tutto l'interno di apparecchi e sistemi di contenimento dove la presenza di nubi o di strati di spessore elevato è continua.

Per le zone 21 la norma ritiene spesso sufficiente un'estensione di 1 m dalla sorgente di emissione fino al terreno. Può peraltro essere necessario classificare, in funzione della situazione specifica, come zona 21 l'intera area di lavoro. Una zona 21 non limitata da strutture, posta all'interno è sempre circondata da una zona 22. Si tenga presente che, se le condizioni ambientali legate alla diffusione della polvere lo fanno ritenere opportuno, occorre classificare come pericolosa l'intera area di lavoro non delimitata.

Per le zone 22 la norma ritiene spesso sufficiente un'estensione di 3 m al di là della zona 21 ed attorno alla sorgente di emissione con un'estensione verticale verso il basso fino a terra o fino al livello di un pavimento solido (come per le zone 21).

Sorgenti di accensione

Le sorgenti d'accensione, necessarie ad “accendere” un'atmosfera esplosiva, sono 13 e individuate dalla Norma UNI EN1127-1

- **Superfici calde**
- **Fiamme e gas caldi**
- **Scintille di origine meccanica**
- **Materiale elettrico**
- **Correnti vaganti**
- **Elettricità statica**
- **Fulmini**
- **Onde elettromagnetiche a radiofrequenza (RF) da 10^4 Hz a $3 \cdot 10^{12}$ Hz**
- **Onde elettromagnetiche da $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz**
- **Radiazioni ionizzanti**
- **Ultrasuoni**
- **Compressione adiabatica e onde d'urto**
- **Reazioni esotermiche, inclusa l'autoaccensione delle polveri**

Tutte le sorgenti d'accensione identificate possono essere presenti nelle attività industriali, alcune molto più frequentemente di altre (es. scintille elettriche e meccaniche, superfici calde, materiali elettrici, cariche elettrostatiche). Il fatto che le stesse siano presenti non significa necessariamente che siano efficaci. Per esserlo dovranno avere, come già detto, sufficiente energia, in relazione alle sostanze presenti, in grado di accendere un'atmosfera esplosiva. Inoltre, come vedremo, devono manifestarsi con probabilità non accettabile in relazione alle zone pericolose presenti.

Principi di sicurezza contro le esplosioni

Di seguito si espongono brevi, non esaustivi, ma importanti criteri per valutare, controllare e gestire il rischio d'esplosione dovuto alle Atmosfere Esplosive. Detti criteri sono adottati in genere dai costruttori di apparecchiature, impianti e per valutare il rischio negli ambienti di lavoro. Definiremo detti principi come criteri di conformità normativa in quanto, come vedremo, sono adottati dalle norme di UNI e CEI per definire il livello di sicurezza delle apparecchiature elettriche e non elettriche, ma utilizzabile anche per definire criteri di accettabilità in altre situazioni.

Per conformità normativa si intende il soddisfacimento dei requisiti di protezione di impianti e apparecchiature a specifiche norme tecniche, in accordo alla Direttiva 94/9/CE. L'approccio, tipicamente utilizzato per la certificazione di componenti e macchinari, può essere facilmente esteso anche agli ambienti di lavoro. La Norma UNI EN 13463-1, in luogo del calcolo delle probabilità di accadimento di un evento sfavorevole, richiede l'individuazione del numero di guasti dopo i quali si ha l'evento d'esplosione indesiderato. Se si associa ad ogni guasto/disfunzione una barriera di sicurezza, si potranno identificare il numero di barriere complessive da non superare affinché il sistema in esame sia conforme. Poiché nella tecnica della sicurezza contro le esplosioni le barriere contro un evento sfavorevole sono tipicamente tre, l'analisi dei rischi di accensione verterà nel verificare il sistema affinché la sommatoria delle barriere associate alla formazione di atmosfera esplosiva e all'efficacia delle sorgenti d'innesco sia uguale o superiore a tre, secondo le seguenti corrispondenze:

Numero di Barriere	Presenza di Atmosfera Esplosiva	Possibile evento d'esplosione (sommatoria barriere <3)	Innesco Efficace ammesso	Numero di Barriere
0	Continua o frequente (Zona 0 o 20)		Dopo tre o più disfunzioni/guasti	3
1	Dopo una alterazione del sistema di contenimento o per emissioni non continue, ma previste nel normale funzionamento (Zona 1 o 21)		Dopo due disfunzioni/guasti	2
2	Dopo due alterazioni del sistema di contenimento o in condizioni rare (Zona 2 o 22)		Dopo una disfunzione/guasto	1
3	Dopo tre o più alterazioni del sistema di contenimento o in casi rarissimi (Zona non classificata)		In condizioni ordinarie (apparecchio scintillante)	0

Il “doppio guasto” (due disfunzioni) nella terminologia delle norme europee corrisponde - **66** - a “rara disfunzione”.

Impianti e apparecchiature nei luoghi Atex

Molta confusione si è generata interpretando non correttamente la definizione di Atmosfera Esplosiva secondo l'art. 288 del D.Lgs. 81/08. Difatti, la mancanza di "condizioni atmosferiche" all'interno di molte apparecchiature, ha indotto diversi operatori a ritenere non applicabile il Titolo XI e di conseguenza la Direttiva 94/9/CE. In realtà tutte le apparecchiature e i sistemi di contenimento, in qualche momento del loro impiego, si trovano a condizioni atmosferiche. Ne consegue che la valutazione degli inneschi debba essere effettuata per tutte le apparecchiature, come peraltro indicano le numerose linee guida emesse da diversi autorevoli enti, tra cui ISPESL (il controllo dei parametri di pressione, temperatura e concentrazione di ossigeno per evitare che un'atmosfera divenga esplosiva, ricade comunque nell'ambito di applicazione delle direttive ATEX).

Categorie ATEX

Gruppo I			
Miniere	Categoria M1		Categoria M2
	Funzionamento in atmosfera esplosiva (I M1)		Apparecchiature disalimentate in atmosfera esplosiva (I M2)
Gruppo II			
Industrie di superficie	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Gas-Ex	II 1 G (Zona 0)	II 2 G (Zona 1)	II 3 G (Zona 2)
Dust-Ex	II 1 D (Zona 20)	II 2 D (Zona 21)	II 3 D (Zona 22)
		Obbligo certificazione (notified body)	Dichiarazione del costruttore

Categorie ATEX

In realtà, nella Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-87) le polveri appartengono al Gruppo III; inoltre esse sono suddivise in SOTTOGRUPPI come segue:

- IIIA: fibre e particelle solide volanti combustibili;
- IIIB: polveri non conduttrici;
- IIIC: polveri conduttrici.

Nel DPR 126/98 tale distinzione non è fatta. Difatti (art.1) le polveri combustibili appartengono al Gruppo II come i gas, anche se con categoria assegnata differente: II G per i gas e II D per le polveri.

La recente normativa ha introdotto il concetto di EPL (Equipment Protection Level). Si definiscono nella seguente tabella le corrispondenze e le relative applicabilità alle zone pericolose

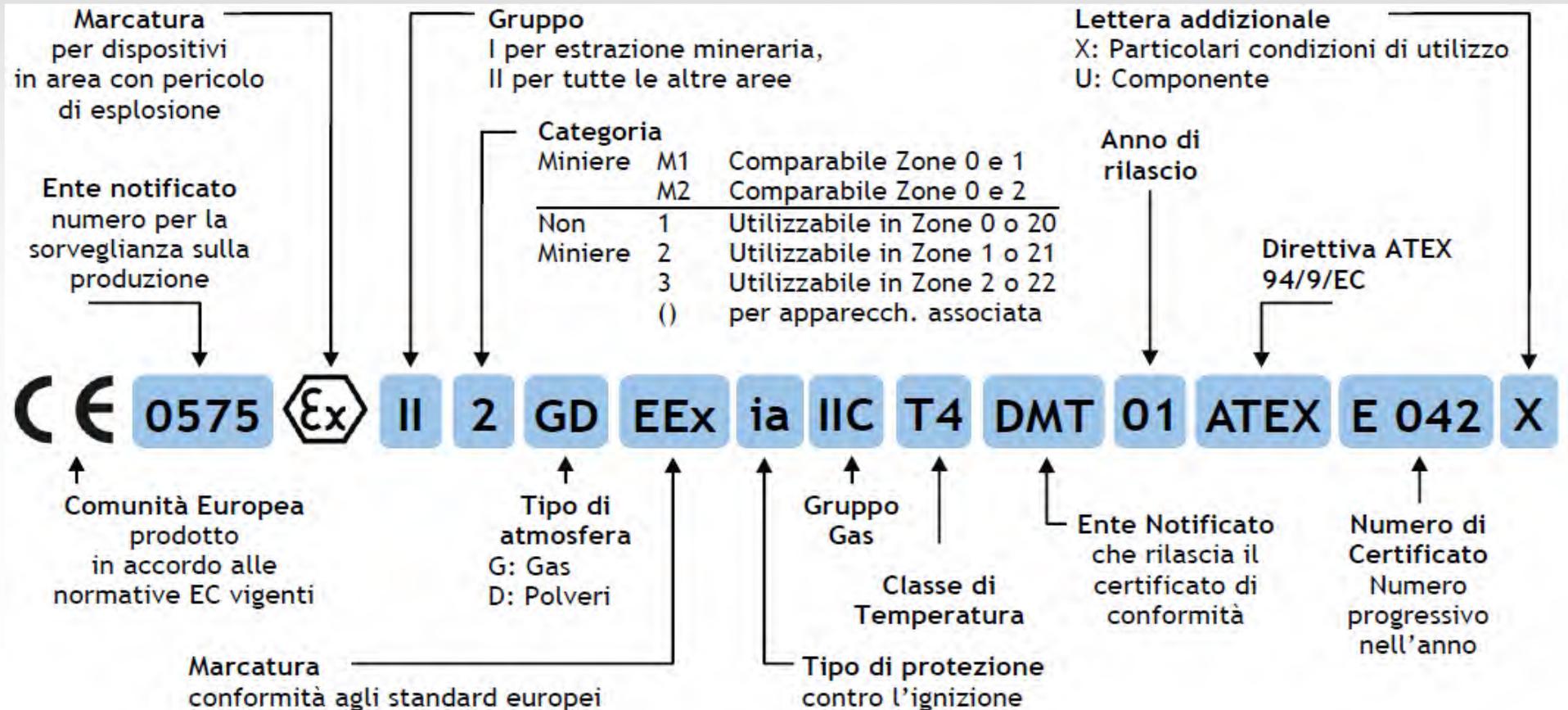
Verde=Ammesso

Rosso=Non ammesso

Tabella di conformità normativa

Zona	Categoria ATEX (EPL)					
	1G (Ga)	1D (Da)	2G (Gb)	2D (Db)	3G (Gc)	3D (Dc)
0	Verde	Rosso	Rosso	Rosso	Rosso	Rosso
20	Rosso	Verde	Rosso	Rosso	Rosso	Rosso
1	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Rosso	Rosso
21	Rosso	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Rosso
2	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Verde	Rosso
22	Rosso	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Verde

Esempio di marcatura CE ATEX



Valutazione dei rischi secondo il Titolo XI

Valutare i rischi d'esplosione significa (dopo aver eseguito la classificazione in zone):



Individuare la presenza o meno delle sorgenti d'ignizione



Se presenti, valutare la probabilità che le stesse divengano efficaci



Se la probabilità di avere sorgenti d'ignizione efficaci, correlata alla probabilità di formazione di atmosfere esplosive, rende il rischio "non accettabile", attuare un insieme di interventi per ridurre il rischio

La riduzione del rischio può essere ottenuta anche adottando particolari procedure e formando/informando opportunamente il personale esposto

Per ridurre il rischio è possibile:

- ➔ Intervenire sul processo/impianti per diminuire la probabilità di formazione di atmosfere esplosive
- ➔ Intervenire sul processo/impianti per eliminare/ridurre la probabilità di avere inneschi efficaci
- ➔ Proteggere gli impianti con sistemi di protezione dalle esplosioni
- ➔ Ridurre l'esposizione del personale nel raggio d'azione di una possibile esplosione

Le misure di protezione adottate, unitamente a procedure e norme di comportamento, devono essere indicate nel **documento di protezione dalle esplosioni**

Si può precisare che:

- è auspicabile disporre di uno strumento in grado di rendere più rapida, completa e corretta l'analisi di dettaglio delle sorgenti di accensione potenziali, al fine di valutare al meglio la probabilità di presenza di inneschi efficaci all'interno di atmosfere esplosive e, se necessario, di definire le misure di controllo consone a ridurre il rischio di esplosione;
- è importante distinguere tra "Conformità normativa" e "Valutazione di rischio" evitando di dare per scontato che la prima sia di per sé garanzia di sicurezza;
- il lavoro di classificazione dei luoghi e di valutazione della presenza e probabilità di inneschi efficaci deve riguardare anche l'interno delle apparecchiature (quelle non certificate ATEX);
- per la definizione del livello di rischio è auspicabile l'utilizzo di indici numerici coerenti e realmente rappresentativi della realtà di rischio.

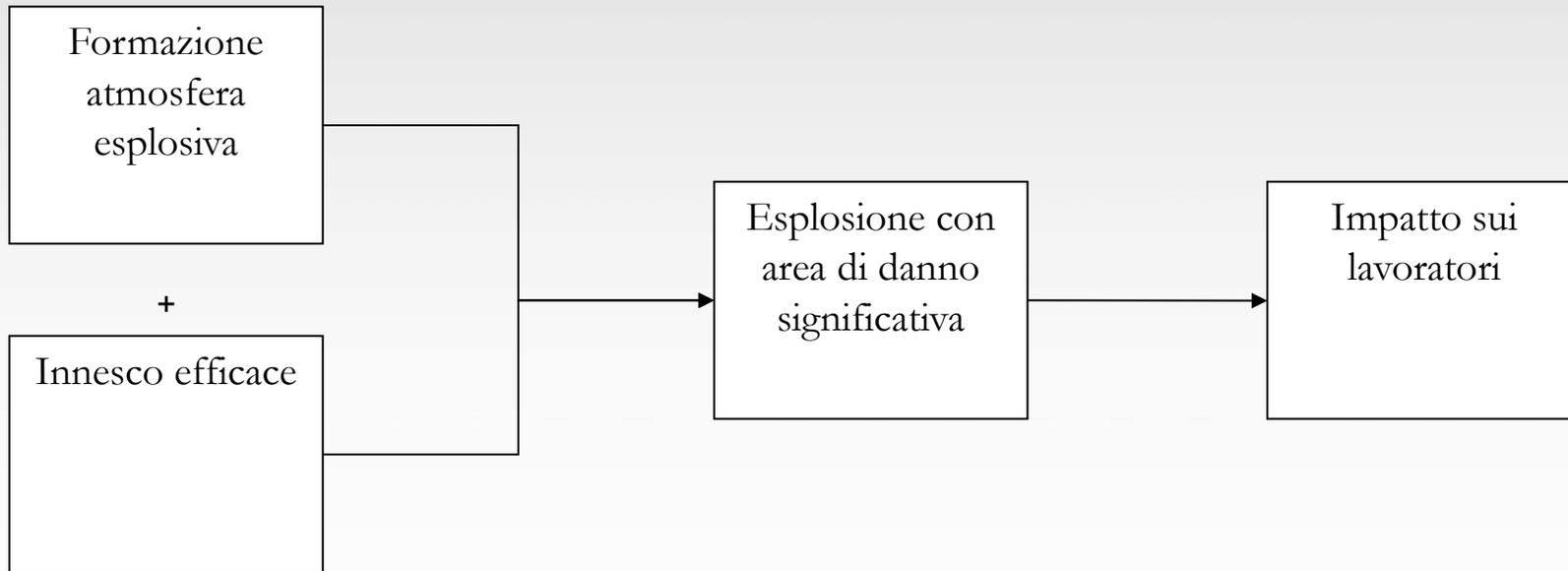
Importante distinguere tra documento di classificazione in zone ATEX dei luoghi di lavoro e la vera e propria valutazione del rischio per i lavoratori: il rispetto del dettato normativo, di cui al Titolo XI del D.Lgs. 81/08, è raggiunto solo andando oltre la classificazione e valutando le sorgenti di accensione, le aree di danno e l'impatto sui lavoratori. Difatti è importante avere in mente la differenza tra "valutazione della probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive" e "valutazione del rischio per i lavoratori". Come già visto, l'art. 293 del D.Lgs. 81/08 richiede al Datore di lavoro che le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive vengano ripartite in Zone secondo l'allegato XLIX. La classificazione in zone, effettuata secondo la pertinente normativa tecnica CENELEC, in particolare CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) per fluidi infiammabili e CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) per polveri combustibili, è conforme a quanto indicato nell'allegato XLIX del D.Lgs. 81/08.

Ciascuna tipologia di Zona, che definisce qualitativamente la probabilità di formazione di atmosfera esplosiva, è generata da una o più Sorgenti di Emissione (SE) ossia un punto o una parte di impianto/apparecchiatura da cui può essere emesso nell'atmosfera un agente infiammabile o combustibile con modalità tali da generare un'atmosfera esplosiva.

Il documento di classificazione in zone ATEX dei luoghi di lavoro rappresenta sicuramente una fonte importantissima e fondamentale di informazioni relative al rischio di esplosione, non di meno, come richiamato dal citato art. 290 del D.Lgs. 81/08, esso è riferito solo ad uno degli aspetti pertinenti per la valutazione del rischio.

Come è noto, infatti, se la formazione di una atmosfera esplosiva è condizione necessaria per avere un'esplosione, non è detto che tale esplosione possa verificarsi, né che debba avere necessariamente effetti molto gravi, né, infine, che debbano essere necessariamente coinvolti i lavoratori.

In effetti per valutare il rischio per i lavoratori occorre prendere in considerazione l'intera catena di eventi:



Ciascuno dei blocchi presenti nello schema richiede una valutazione, e la valutazione del rischio per i lavoratori deriva dall'insieme dei risultati delle stime di probabilità e danno.

Un approccio metodologico ampiamente riconosciuto è quello già visto impiegato per la valutazione dei rischi del macchinario espresso dalla serie di norme UNI EN 13463, individuando le sorgenti d'innescò e valutandone l'efficacia in relazione al tipo di zona pericolosa (barriere di protezione). Detto approccio qualitativo può essere coadiuvato con applicazione di tecniche di indagine semi-quantitative o quantitative tipicamente impiegate nel campo dei grandi rischi industriali (questi ultimi da non confondere con i rischi da atmosfere esplosive, in genere più contenuti).

Le problematiche legate a questa fase sono per lo più dovute:

- all'ampio campo di conoscenze necessario per affrontare l'analisi in modo corretto. Se, ad esempio, per quanto riguarda le scintille di origine meccanica, il materiale elettrico e le cariche elettrostatiche, sono noti ed utilizzati numerosi criteri di valutazione specifici delle sorgenti di accensione, altrettanto non si può dire per gli ultrasuoni e la compressione adiabatica, afferenti ad un campo di indagine scientifica del tutto diverso;
- alla difficoltà di poter gestire in modo esaustivo e rapido un gran numero di informazioni. Infatti, spesso, per ciascuna Sorgente di Emissione che genera un'atmosfera esplosiva, sono presenti numerose sorgenti di accensione potenziali, ciascuna delle quali va analizzata nel dettaglio al fine di valutare la probabilità che possa diventare efficace e, se necessario, di definire misure di controllo che riducano il rischio di esplosione.

Importanti richiami

È importante sottolineare che per i nuovi impianti e/o trasformazione di impianti/processi esistenti l'azienda deve mettere in atto quanto disposto dal D.Lgs 81/08 secondo i seguenti articoli principali:

Art. 18, lettera z

aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e sicurezza del lavoro, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione;

Art. 29, comma 3

La valutazione dei rischi deve essere immediatamente rielaborata, nel rispetto delle modalità di cui ai commi 1 e 2, in occasione di modifiche del processo produttivo o della organizzazione del lavoro significative ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica, della prevenzione o della protezione o a seguito di infortuni significativi o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne evidenzino la necessità. A seguito di tale rielaborazione, le misure di prevenzione debbono essere aggiornate. Nelle ipotesi di cui ai periodi che precedono il documento di valutazione dei rischi deve essere rielaborato, nel rispetto delle modalità di cui ai commi 1 e 2, nel termine di trenta giorni dalle rispettive causali.

TITOLO XI - PROTEZIONE DA ATMOSFERE ESPLOSIVE CAPO II - OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO

Articolo 289 - Prevenzione e protezione contro le esplosioni

- 1. Ai fini della prevenzione e della protezione contro le esplosioni, sulla base della valutazione dei rischi e dei principi generali di tutela di cui all'articolo 15, il datore di lavoro adotta le misure tecniche e organizzative adeguate alla natura dell'attività; in particolare il datore di lavoro previene la formazione di atmosfere esplosive.*
- 2. Se la natura dell'attività non consente di prevenire la formazione di atmosfere esplosive, il datore di lavoro deve:*
 - a) evitare l'accensione di atmosfere esplosive;*
 - b) attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.*
- 3. Se necessario, le misure di cui ai commi 1 e 2 sono combinate e integrate con altre contro la propagazione delle esplosioni e sono riesaminate periodicamente e, in ogni caso, ogniqualvolta si verificano cambiamenti rilevanti.*

Articolo 294 - Documento sulla protezione contro le esplosioni

1. *Nell'assolvere gli obblighi stabiliti dall'articolo 290 il datore di lavoro provvede a elaborare e a tenere aggiornato un documento, denominato: «documento sulla protezione contro le esplosioni».*
2. *Il documento di cui al comma 1, in particolare, deve precisare:*
 - a) *che i rischi di esplosione sono stati individuati e valutati;*
 - b) *che saranno prese misure adeguate per raggiungere gli obiettivi del presente Titolo;*
 - c) *quali sono i luoghi che sono stati classificati nelle zone di cui all'ALLEGATO XLIX;*
 - d) *quali sono i luoghi in cui si applicano le prescrizioni minime di cui all'ALLEGATO L.*
 - e) *che i luoghi e le attrezzature di lavoro, compresi i dispositivi di allarme, sono concepiti, impiegati e mantenuti in efficienza tenendo nel debito conto la sicurezza;*
 - f) *che, ai sensi del Titolo III, sono stati adottati gli accorgimenti per l'impiego sicuro di attrezzature di lavoro.*
3. *Il documento di cui al comma 1 deve essere compilato prima dell'inizio del lavoro ed essere riveduto qualora i luoghi di lavoro, le attrezzature o l'organizzazione del lavoro abbiano subito modifiche, ampliamenti o trasformazioni rilevanti.*

Per lo scopo vengono sinteticamente indicati i punti significativi di indagine e valutazione:

- Classificazione in Zone dei luoghi in cui è possibile la formazione di atmosfere esplosive;
- Definizione della tipologia di impianti e apparecchiature in relazione alle zone classificate in applicazione del DPR 126/98:
 - ✓ Progettazione degli impianti;
 - ✓ Dichiarazioni di conformità impianti;
 - ✓ Dichiarazioni di conformità CE apparecchiature;
 - ✓ Manuali di uso, sicurezza e manutenzione.
- Valutazione del rischio mediante applicazione della normativa vigente in particolare la Norma UNI EN 1127-1;
- Protezione dai fulmini;
- DPI;
- Formazione;
- Procedure operative di sicurezza;
- Cartellonistica di segnalazione zone pericolose.

Davide Salvagio

- Progettista Impianti Elettrici
- Consulente Industriale
- Specialista in Atmosfere Esplosive
- Membro del SC 31J del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI)

20832 Desio (MB) – Via Dei Cacciatori, 3 • Tel 0362 337130 • Mobile 338 8647293 • e-mail: d.salvagio@studiosalvagio.it
Collegio Periti Industriali Monza e Brianza Albo n.332 • Abilitazione Prevenzione Incendi L.818/84 n. MB00332 P 0554
Codice Fiscale SLV DVD 61T27 D286Z • Partita IVA 03545820965 • web site www.studiosalvagio.it

