



# Valutazione del rischio per la presenza di miscele esplosive aria/polveri: l'approccio metodologico

**Francesca Bellamino**  
SC Rischio Industriale ed energia  
Arpa Piemonte



## D.lgs. 81/2008: TITOLO XI – Protezione da atmosfere esplosive

### Campo di applicazione (art. 287)

Si applica a tutti i luoghi di lavoro ove possono essere presenti atmosfere esplosive <sup>1)</sup> dovute a gas/vapori/nebbie/polveri

Prescrive le misure per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfera esplosiva

*1 ) miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili o combustibili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo accensione, la combustione si propaga nell'insieme della miscela incombusta*



## D.lgs. 81/2008: Titolo XI - Capo II: Obblighi del datore di lavoro

- ❑ effettuare la valutazione dei rischi derivanti da atmosfere esplosive
- ❑ adottare le misure tecniche e organizzative adeguate per prevenire la formazione di atmosfere esplosive
- ❑ se la natura dell'attività non lo consente deve adottare misure per:
  - evitare l'accensione di atmosfere esplosive
  - attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione della aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze

limite inferiore di esplosività (LEL)

Classificazione aree ATEX

temperatura minima di innesco (MIT)

Individuazione delle fonti di innesco da superfici calde

energia minima di innesco (MIE)

Individuazione delle fonti di innesco di natura elettrica/elettrostatica

pressione massima di esplosione ( $P_{max}$ )  
costante di esplosione ( $K_{ST}$ )

Dimensionamento sistemi di sfogo o soppressione

concentrazione limite di ossigeno (LOC)

Dimensionamento sistemi inertizzazione

# Caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze

 **IFA**  
Institute for Occupational Safety and Health  
of the German Social Accident Insurance

GESTIS-DUST-EX DGUV | Contact | Deutsch | Français

Search

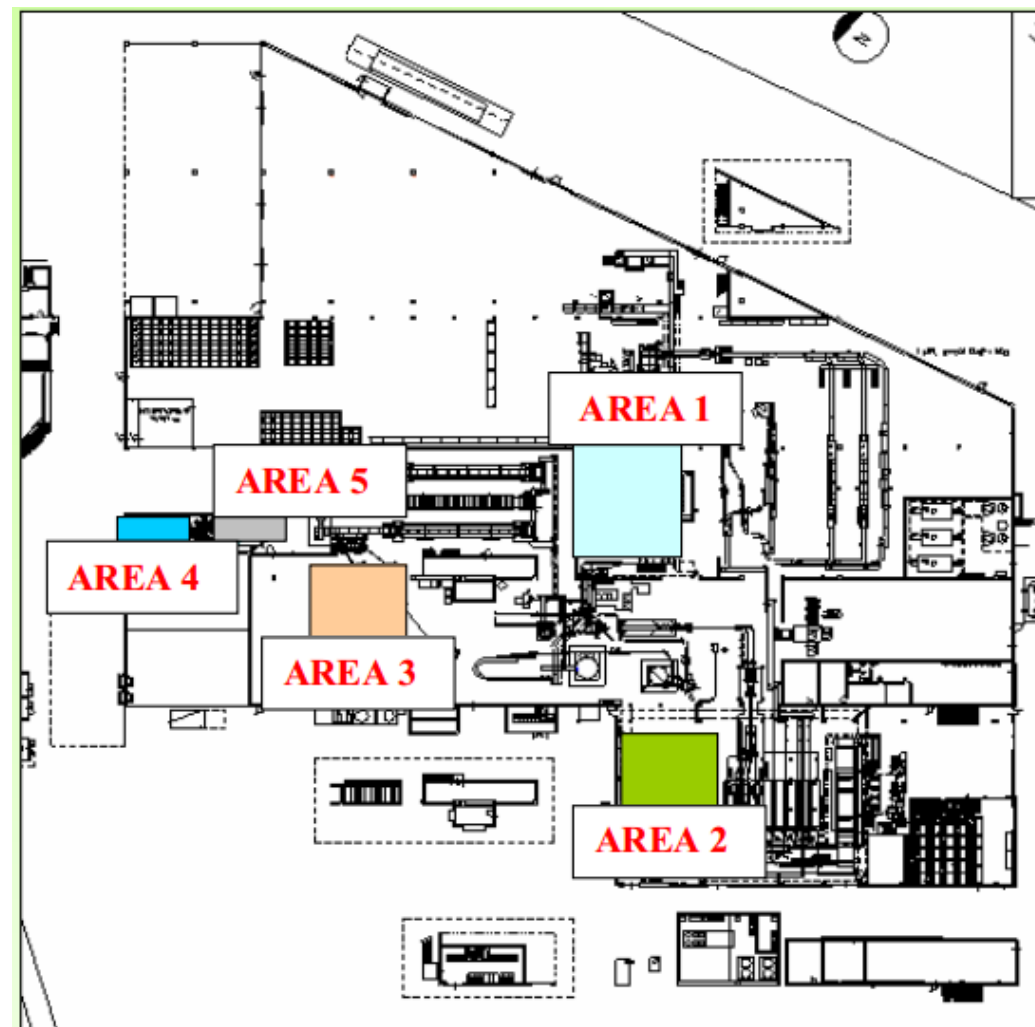
Home > Results

## Results

search for : **flour** / number of results : **101**

material	median value [ $\mu\text{m}$ ]	explosibility	minimum ignition energie [mJ]
→ Wheat flour, type 405	30	St 1	30/100
→ Wheat flour, type 550	<60	St 1	>10
→ Wheat flour, type 550	56	St 1	>300
→ Wheat flour, type 550	60	St 1	
→ Wheat flour, type 550	75	St 1	
→ Wheat flour, type 550	<56	St 1	
→ Wheat flour, type 550	27	St 1	100/300
→ Wheat flour/powdered sugar (50:50)	27	St 1	
→ Wheat swelling flour	<63	St 1	
→ Wheat swelling flour	<60	(St 2)	
→ Wheat swelling flour (lactate)	<63	St 1	10/100
→ Wheatgerm (flour)	38	St 1	10/100
→ Wood (flour)	<10		
→ Wood (sprinkling flour)	31	St 2	
→ Wood flour	60	St 1	

La valutazione dei rischi di esplosione deve tener conto delle **sostanze utilizzate**, delle **caratteristiche dell'impianto**, dei **processi** e loro possibili interazioni





## Aree/attrezzature critiche

- ricezione grano (stazione di scarico, filtri depolveratori, sistema di aspirazione)
- trasporto del grano (es. elevatori a tazze, coclee, trasporto pneumatico)
- essiccazione
- stoccaggio (silos di stoccaggio, confezionamento)
- ecc.



La prevenzione delle esplosioni da polveri. Vigone, 21 giugno 2017





## Altre attività di servizio

- deposito di bombole gas infiammabili
- area batterie di emergenza
- area ricarica carrelli elevatori e trans pallet
- serbatoi gasolio su gruppi elettrogeni (riscaldamento, motopompe antincendio)
- rete di distribuzione gas metano, cabina di decompressione, centrale termica
- ecc.





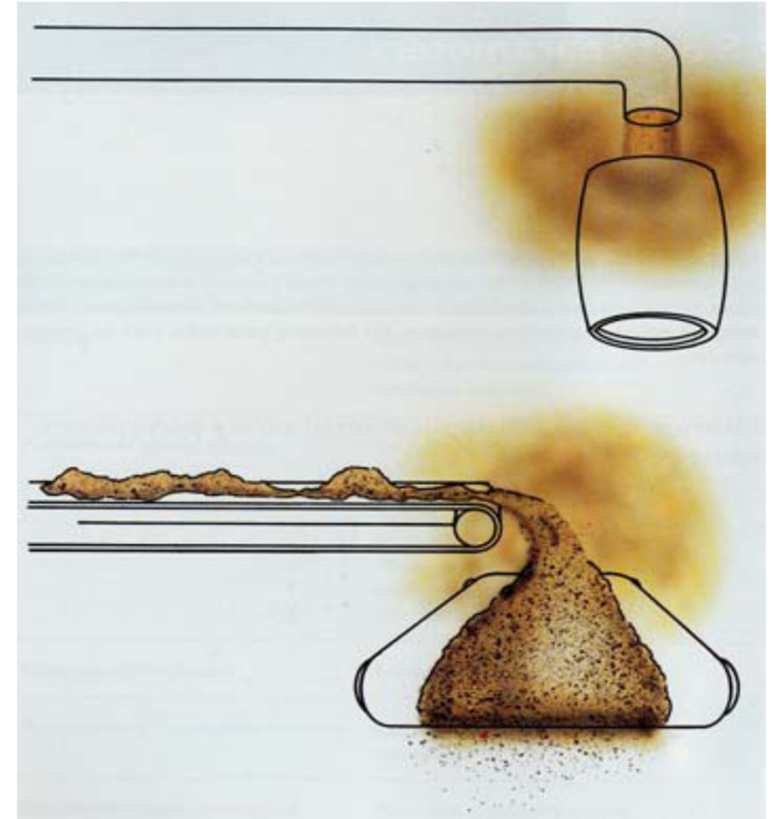
## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione delle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Le sorgenti di emissione

- ❑ Sorgente di emissione: un punto o parte da cui può essere emesso nell'atmosfera polvere combustibile, con modalità tale da originare un atmosfera esplosiva. Anche lo strato di polvere è una sorgente di emissione
- ❑ Grado dell'emissione: continuo, primo grado, secondo grado





## Grado delle sorgenti di emissione (1)

**Continuo**: sempre presente o che può avvenire **per lunghi periodi**

- *strati di polvere combustibile in recipienti aperti,*
- *strati di polvere all'interno di sistemi di contenimento (cicloni, filtri tramogge, mescolatori, ecc.),*
- *strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati frequentemente e formare nubi esplosive con il livello di mantenimento della pulizia "scarso"*



## Grado delle sorgenti di emissione (2)

**Primo grado:** può avvenire **periodicamente** od **occasionalmente** durante il funzionamento ordinario

- *bocche di caricamento o di scarico aperte*
- *nastri trasportatori aperti*
- *sacchi anche chiusi, se di materiale che lasci trapelare la polvere o soggetto a rompersi facilmente*
- *macchinari per l'imballaggio*
- *strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati anche poco frequentemente e formare nubi esplosive, con il livello di mantenimento della pulizia "scarso"*



## Grado delle sorgenti di emissione (3)

**Secondo grado**: non prevista durante il **funzionamento normale** e che se avviene è possibile solo **poco frequentemente e per brevi periodi**

- *punti di riempimento sacchi*
- *sacchi non ermeticamente chiusi e quelli soggetti a rompersi facilmente*
- *sacconi contenitori di grande volume (big bag)*
- *punti di discontinuità (flange, manicotti, ecc.)*
- *strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati anche poco frequentemente e formare nubi esplosive, con il livello di mantenimento della pulizia adeguato*



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione della aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



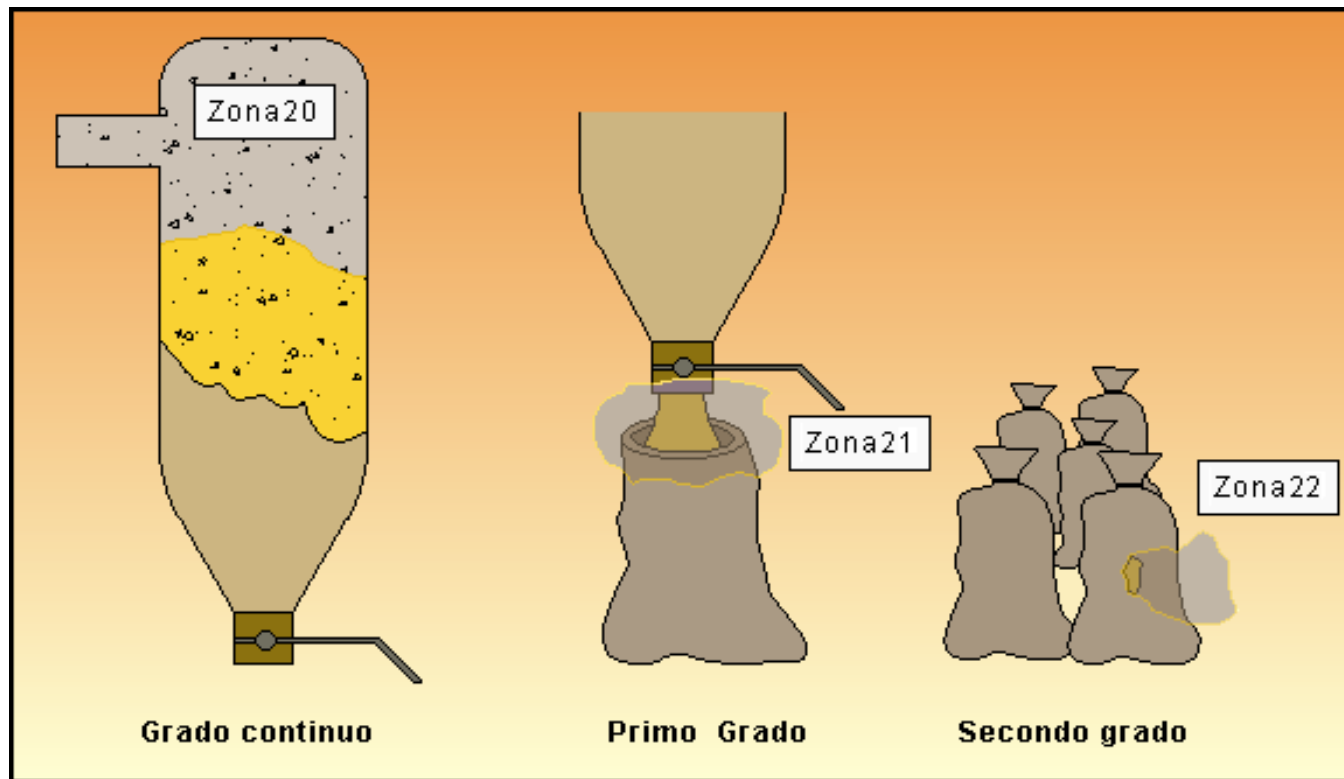
## La classificazione della aree con pericolo di esplosione

- ❑ **Zona 20 (0)** : area in cui è **presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente** un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile (miscela di vapori e gas infiammabili) nell'aria
- ❑ **Zona 21 (1)**: area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile (miscela di vapori e gas infiammabili) nell'aria, è **probabile** che avvenga **occasionalmente** durante le **normali attività**
- ❑ **Zona 22 (2)**: area in cui durante le **normali attività non è probabile** la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile (miscela di vapori e gas infiammabili) **o**, qualora si verifici, sia unicamente **di breve durata**.





## Esempi di aree con pericolo di esplosione





## Esempi di classificazione

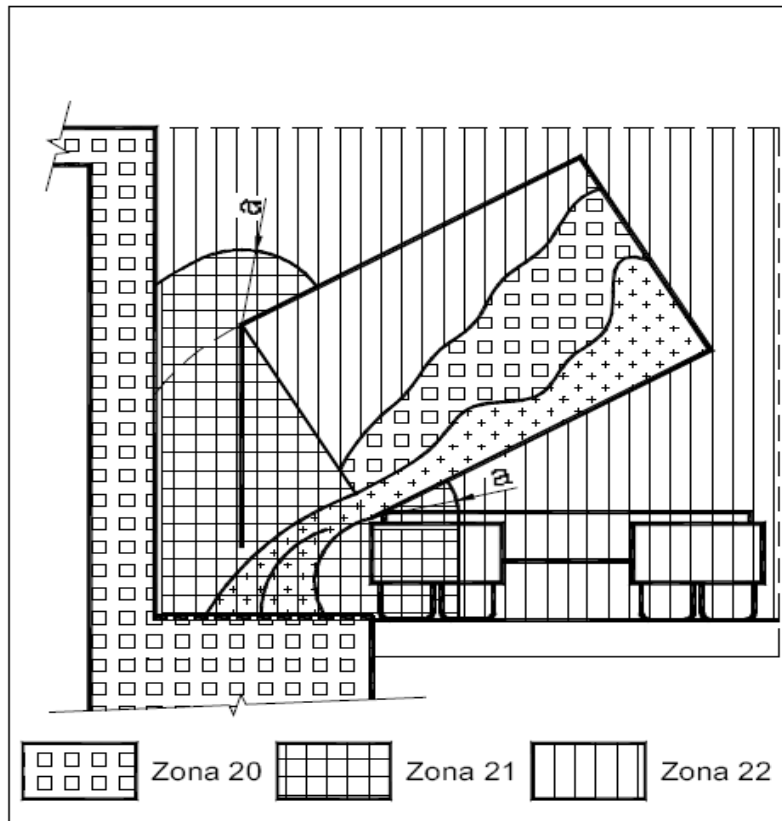


Fig. 1: Esempio di zone pericolose originate dallo svuotamento di un autocarro in una fossa di ricezione priva di mezzi di aspirazione polveri, sita in ambiente chiuso

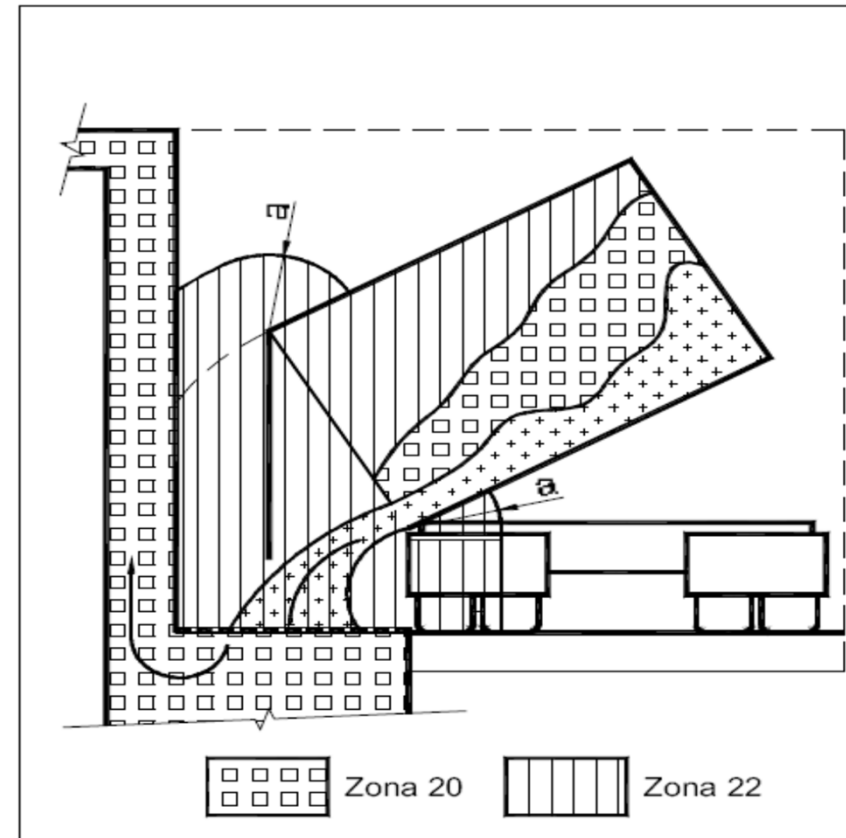


Fig. 2: Esempio di zone pericolose originate dallo svuotamento di un autocarro in una fossa di ricezione con sistema di aspirazione polveri, sita in ambiente chiuso



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione della aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Le sorgenti di innesco (1)

La valutazione dei rischi di esplosione deve tener conto della probabilità che le sorgenti di innesco, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano attive ed efficaci

**Norma UNI EN 1127-1** “Atmosfere esplosive –  
Prevenzione dell’esplosione e protezione contro  
l’esplosione – Concetti fondamentali e metodologia”  
(2011)



## Le sorgenti di innesco (2)

- superfici calde**
- fiamme e gas caldi**
- scintille di origine meccanica**
- materiale elettrico**
- correnti elettriche vaganti, protezione contro la corrosione catodica
- elettricità statica**
- fulmini**
- onde elettromagnetiche a radiofrequenza da  $1 \cdot 10^4$  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



## Superfici calde

Qualsiasi superficie che possa surriscaldarsi raggiungendo temperature superiori a quelle critiche (temperatura minima di accensione della nube e dello strato) costituisce una sorgente di innesco

La  $T$  superficiale massima delle attrezzature non deve superare la minore tra la  $T_{\max}$  calcolata con le due formule:

$$T_{\max} \leq 2/3 T_{CL}$$
$$T_{\max} = T_{5\text{ mm}} - 75^{\circ}\text{C}$$

dove:

$T_{CL} = T_{\text{minima}}$  di accensione della nube di polvere (MIT)

$T_{5\text{ mm}} = T_{\text{minima}}$  di accensione dello strato di polvere di 5 mm (LIT)



## Superfici calde: esempi

- ❑ Normale funzionamento: impianti di riscaldamento, apparecchiature elettriche, condutture calde, ecc.
- ❑ Situazioni anomale: parti di impianto che si surriscaldano per difetti di funzionamento o per una non corretta gestione dell'impianto (lubrificazione inadeguata, mancata pulizia)



## Fiamme e gas caldi

Le fiamme sono associate a reazioni di combustione a temperature maggiori di 1000 °C.

I gas caldi si formano come prodotti di reazione e, nel caso di fiamme contenenti polveri e /o fuliggine, si producono anche particelle solide incandescenti.

### Esempi:

- gas caldi di combustione
- fiamme libere durante le attività di saldatura (**permessi di lavoro**)



La prevenzione delle esplosioni da polveri. Vigone, 21 giugno 2017





## Scintille di origine meccanica

Processi di attrito, urto o abrasione (molatura)

Possibile accensione di miscele gas/vapori infiammabili e miscele nebbie/aria o polveri/aria (polveri di metallo/aria).

### Attenzione a:

- polveri depositate, dove le scintille possono causare fuoco senza fiamma
- infiltrazione di materiale estraneo (pietre o pezzi di metallo) in apparecchiature o parti degli impianti



## Materiale elettrico

Tutte le apparecchiature elettriche (ad esempio i motori, i quadri elettrici, i sensori di livello, le lampade, le prese, ecc.) possono divenire sorgenti di innesco efficace se:

- sviluppano un'alta temperatura e non hanno caratteristiche idonee di tenuta all'ingresso della polvere
- non sono oggetto di corretta manutenzione



## Elettricità statica

Polveri: accumulo delle cariche elettrostatiche per contatto di strati compatti ad alta o media resistività volumica, tra loro o con solidi, e successiva separazione (*mescolatura, macinazione, setacciatura, versamento, frantumazione, trasporto pneumatico*)

- ❑ collegamento a terra di tutte le strutture metalliche
- ❑ DPI adeguati
- ❑ utilizzo di pinza di messa a terra automezzi



La prevenzione delle esplosioni da polveri. Vigone, 21 giugno 2017



## Fulmini

Provocano sempre un'accensione se colpiscono un'atmosfera esplosiva, vista la loro notevole energia

### Valutazione del rischio di fulminazione:

- art. 80 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.
- Norma CEI EN 62305-2



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione delle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Le attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione

Messa in servizio **prima del 30/06/2003**

**ALLEGATO L, PARTE A, al D.lgs.81/08**

**Prescrizioni minime** per il miglioramento della protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti ad atmosfera esplosiva:

- **provvedimenti organizzativi** (formazione del personale, istruzioni scritte, autorizzazione al lavoro)
- **misure di protezione contro le esplosioni**

Messa in servizio **dopo il 30/06/2003**

**ALLEGATO L, PARTE A e B, al D.lgs.81/08**

**Prescrizioni minime +**



<b>Zona</b>	<b>Categoria (D.lgs.85/2016)</b>
<b>20 (0)</b>	<b>1</b>
<b>21 (1)</b>	<b>2</b>
<b>22 (2)</b>	<b>3</b>



## ALLEGATO L, parte A, al D.lgs.81/08: misure di protezione contro le esplosioni

**Punto 2.4:** impianti, attrezzature, sistemi di protezione e tutti i loro dispositivi di collegamento, compresi quelli che non rientrano nella definizione di apparecchi o sistemi di protezione di cui al DPR 126/98, *“sono posti in servizio soltanto **se dal documento sulla protezione contro le esplosioni risulta che possono essere utilizzati senza rischio in un'atmosfera esplosiva. [...]**”*

**Punto 2.5:** *si devono prendere tutte le misure necessarie per garantire che le attrezzature di lavoro con i dispositivi di collegamento a disposizione dei lavoratori, nonché la struttura del luogo di lavoro siano **progettate, costruite, montate, installate, tenute in efficienza e utilizzate in modo tale da ridurre al minimo i rischi di esplosione e, se questa dovesse verificarsi, si possa controllarne o ridurne al minimo la propagazione all'interno del luogo di lavoro e dell'attrezzatura [...]***

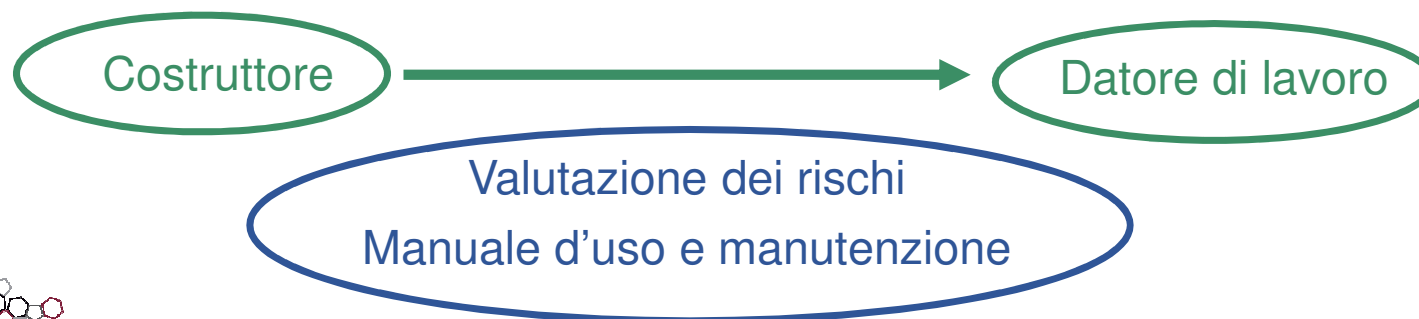
## Art. 70 del D.Lgs.81/2008 (comma 1)

«Salvo quanto previsto al comma 2, le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori devono essere conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto»



## Art.70 del D.Lgs.81/2008 (comma 2)

«Le attrezzature di lavoro costruite in assenza di disposizioni legislative e regolamentari di cui al comma 1, e quelle messe a disposizione dei lavoratori antecedentemente all’emanazione di norme legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, devono essere conformi ai requisiti generali di sicurezza di cui all’Allegato V»







# «Direttiva macchine» - Requisiti essenziali di sicurezza e di salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine e dei componenti di sicurezza

## Rischi specifici

Rischi dovuti all'elettricità statica. La macchina deve essere progettata e costruita in modo da evitare o da ridurre la formazione di cariche elettrostatiche pericolose e/o deve essere munita di mezzi che consentano di scaricarle

Rischi di esplosione. La macchina deve essere progettata e costruita in modo da evitare qualsiasi rischio di esplosione provocato dalla macchina stessa o da gas, liquidi, polveri, vapori ed altre sostanze prodotti utilizzati dalla macchina



## L'Allegato V al D.lgs.81/2008

- 4. Emissioni di gas, vapori, liquidi, polvere, ecc.** "Un'attrezzatura di lavoro che comporti pericoli dovuti ad emanazioni di gas, vapori, o liquidi, ovvero ad emissioni di polveri, fumi o altre sostanze prodotte, usate o depositate nell'attrezzatura di lavoro, deve essere munita di appropriati dispositivi di ritenuta e/o di estrazione vicino alla fonte corrispondente a tali pericoli"
- 12. Incendio ed esplosione.** "[...]. Tutte le attrezzature di lavoro devono essere realizzate in maniera da evitare di sottoporre i lavoratori ai rischi di esplosione dell'attrezzatura stessa e delle sostanze prodotte, usate o depositate nell'attrezzatura di lavoro"



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione della aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Limitazione degli effetti di un'esplosione

**Misure di prevenzione** delle atmosfere esplosive e delle sorgenti di ignizione **non attuabili** con sufficiente sicurezza



Adozione di misure che limitano gli effetti di un'esplosione a dimensioni non pericolose

- progettazione resistente alle esplosioni
- scarico della pressione di esplosione
- soppressione delle esplosioni
- isolamento delle esplosioni



## Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

- la conoscenza della pericolosità delle sostanze e del ciclo produttivo
- l'individuazione delle sorgenti di emissione
- la classificazione della aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle sorgenti di innesco
- l'analisi delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione
- l'individuazione delle misure per limitare gli effetti di un'esplosione
- la redazione di un programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni



## Il programma di interventi per migliorare il livello di sicurezza contro le esplosioni

Il documento di valutazione dei rischi deve contenere il **programma** delle misure ritenute necessarie per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza (art. 28, comma 2, lettera c)

Il documento 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**

**Crono programma degli interventi per la protezione contro le esplosioni**

# Gli elementi della valutazione del rischio di esplosione

## Caso studio: le attività molitorie

### 1. DOCUMENTO DI VALUTAZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI

AZIENDA: \_\_\_\_\_ DATA DI COMPILAZIONE: \_\_\_\_\_

### 2 ADEGUATEZZA DELLE ATTREZZATURE E DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

#### A) ATTREZZATURE PRESENTI NELLE AREE CON PERICOLO DI ESPLOSIONE

SI NO

Ciascuna attrezzatura installata DOPO il 30.6.2003 è provvista di marcatura ATEX e di dichiarazione di conformità per l'area in cui è installato (*All. L, parte A e B del D.Lgs. 81/08*)

Ciascuna attrezzatura installata PRIMA del 30.6.2003 (*All. L, parte A del D.Lgs. 81/08*):

è provvista di marcatura CE e del manuale d'uso che contiene la valutazione dei rischi effettuata dal costruttore e ne descrive l'utilizzo a cui è stato destinato (*art. 70 c. 1*)

oppure

è provvista di valutazione dei rischi da parte del datore di lavoro <sup>1</sup>, da cui si evince l'idoneità ad operare nell'area in cui è installata, qualora sia stata costruita precedentemente alla Direttiva Macchine (*art. 70 c.2*)

altre caratteristiche (*specificare*) \_\_\_\_\_

PIEMONTE  
**Arpa**  
Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale

## LA PREVENZIONE DELLE ESPLOSIONI DA POLVERE

CASO STUDIO: LE ATTIVITÀ MOLITORIE



ED. 0, REV. 1, DICEMBRE 2015



Grazie per l'attenzione