



La presenza di queste sostanze può essere spesso causa di incendi ed esplosioni anche in quelle attività che, a prima vista, non sono classificabili come luoghi a rischio

Polveri combustibili il rischio è in agguato

Nell'industria, la polvere è generata come prodotto o sottoprodotto indesiderato di numerosi processi quali il trasporto del materiale, l'essiccazione, la frantumazione, la levigatura, il taglio di materiale in eccesso e tanti altri. Quando ci si pone il problema di controllare le polveri nei luoghi di lavoro, spesso si pensa ci si riferisca solo a come evitare di inalare polveri nocive per la salute. In realtà, l'accumulo di polveri combustibili e le negligenze nella loro manipolazione possono condurre a conseguenze molto più gravi con seri danni, infortuni e perdita di vite umane, anche in attività non soggette ai

■ **Gianfranco Tripi**

controlli dei Vigili del fuoco ai fini del rilascio del certificato di prevenzione incendi.

Il rischio può risultare elevato anche in quelle attività che

trattano sostanze apparentemente innocue. Ne è testimonianza l'incidente avvenuto il 7 Febbraio 2008 nello zuccherificio della Imperial Sugar a Port Wentworth (Georgia, USA), quando lo zucchero in polvere presente nello stabilimento è esploso come polvere da sparo, uccidendo 14 persone, ferendone 36 di cui sei rimaste in ospedale per un mese a causa delle gravi ustioni e distruggendo il 12% circa dello stabilimento (*Figura 1*). Gli investigatori della US Chemical Safety Board (CSB), agenzia federale indipendente

per la protezione dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente dagli incidenti chimici, hanno individuato la causa nelle emissioni di zucchero dagli impianti di raccolta, trasporto e movimentazione dello stesso dovute a difetti di progettazione e manutenzione ed a prassi inadeguate di pulizia.

La prima esplosione, il cosiddetto "evento primario", probabilmente si è verificata all'interno di un nastro trasportatore dello zucchero ubicato sotto due grandi sili di stoccaggio. Poco tempo prima il nastro trasportatore era stato racchiuso con dei carter di acciaio, determinando così uno spazio confinato e non ventilato dove la polvere di zucchero si è accumulata fino a raggiungere una concentrazione esplosiva innescata da un cuscinetto surriscaldato. L'esplosione si è propagata verso l'adiacente edificio destinato all'imballaggio, sollevando gli accumuli di polvere di zucchero presenti su attrezzature, pavimenti e altre superfici orizzontali. Il risultato è stato una serie di potenti esplosioni secondarie di polvere e di incendi con le conseguenze sopra descritte.

Il CSB ha ricostruito l'evento con un video disponibile, insieme a quelli di numerosi altri incidenti, sul sito istituzionale della CSB con il titolo "Combustible Dust: An Insidious Hazard". Tale video più di ogni altra considerazione mostra l'importanza di un'attenta valutazione dello specifico problema.

Nel seguito si esamineranno le sorgenti di polveri combustibili e si descriverà la metodologia prevista dalle norme tecniche vigenti per valutare la loro pericolosità intrinseca e quella legata ai processi che le producono o utilizzano, classificando i luoghi in cui esse sono o possono essere presenti in base alla frequenza con cui possono originarsi atmosfere esplosive. Si potranno così individuare le zone in cui si rende necessario adottare le specifiche misure per la protezione contro le esplosioni previste dal titolo XI del D.Lgs. 81/08: controllo delle emissioni di polvere, eliminazione delle sorgenti di innesco e contenimento dei possibili danni.

La polvere

La polvere è costituita da particelle solide generate da movimentazione, frantumazione, macinazione, impatto rapido e processi chimici di "rottura" di materiali organici o inorganici, come roccia, minerali, metalli, carbone, legno e grano. Tali particelle sono comprese in un'ampia gamma di dimensioni: quelle troppo grandi per rimanere in aria cadono al suolo, mentre quelle più piccole rimangono sospese a lungo. Le dimensioni delle polveri sono misurate in micron (millesimi di metro).

La polvere combustibile

Per distinguere una polvere combustibile da altre polveri, ci si può riferire alla definizione della National Fire Protection Association (NFPA), secondo cui una polvere combustibile è un particolato solido combustibile che presenta un rischio di incendio o esplosione se sospeso in aria o in qualche altro mezzo ossidante in un intervallo di concentrazioni, indipendentemente dalle dimensioni delle particelle o la forma. Il particolato combustibile con diametro effettivo fino a circa 420 micron, determinato attraverso il passaggio attraverso un setaccio con fori di tali dimensioni, è generalmente considerato come polvere combustibile.

Tuttavia, anche gli agglomerati di materiali combustibili che hanno una lunghezza mag-

Laureato in Ingegneria Elettrica presso l'Università di Palermo e nel Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco dal 1994, è attualmente in servizio presso la Direzione Regionale dei Vigili del fuoco dell'Emilia Romagna dove, oltre a svolgere la funzione di Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione, è responsabile dei servizi tecnici e logistici e del settore NBCR.

E' membro del Comitato Regionale di Coordinamento in materia di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro e dell'Ufficio Operativo della regione Emilia Romagna.

Ha svolto attività di docenza ed ha presentato lavori in convegni e seminari presso il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), l'Istituto Superiore Antincendio dei Vigili del fuoco a Roma, varie Università ed ordini e colleghi professionali.



Figura 1 - Esplosione presso lo zuccherificio della Imperial Sugar a Port Wentworth, Georgia (da www.csb.gov)

giore del diametro e che di solito non passano attraverso il setaccio di cui sopra, possono ancora rappresentare un pericolo deflagrazione. Pertanto, quando le particelle hanno un rapporto fra superficie e volume superiore a quello di una sfera di diametro di 420 micron, la polvere dovrebbe essere considerata combustibile.

Secondo la CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) per polvere combustibile si intendono le particelle solide finemente suddivise, di dimensioni nominali uguali o inferiori a 500 micron, che possono essere sospese nell'aria, possono depositarsi a causa del peso proprio, possono bruciare o divenire incandescenti e possono formare miscele esplosive con l'aria a pressione atmosferica e temperature normali.

La stragrande maggioranza dei materiali organici naturali e sintetici, così come alcuni metalli, possono formare polveri combustibili ed infatti, secondo la NFPA, ogni processo industriale che riduce un materiale combustibile ed alcuni materiali normalmente non combustibili ad uno stato finemente suddiviso, presenta un potenziale pericolo di incendio o esplosione. Alcuni dei materiali naturali e sintetici organici che possono formare polveri combustibili sono:

- Prodotti alimentari quali grano, latte in polvere, zucchero, farina, amido, cacao, maltodestrine, ecc.
- Prodotti farmaceutici quali vitamine
- Legno
- Prodotti tessili quali cotone e nylon
- Plastica
- Resine
- Biosolidi (rifiuti secchi da impianti di depurazione)
- Carbone.

Polveri combustibili possono essere costituite anche da materiali inorganici e metalli, tra cui alluminio, ferro, magnesio, manganese e zolfo. Sono numerose le attività o industrie in cui si producono tali polveri e che pertanto sono da considerare potenzialmente a rischio di esplosione, quali:

- Agricoltura con le connesse attività di lavorazione, essiccamento, deposito e trasporto
- Industrie tessili, chimiche e farmaceutiche
- Industrie alimentari (ad esempio produzione di caramelle, zucchero, spezie, amido, farina, mangimi)
- Depositi di grano ed in particolare i sistemi di movimentazione e i sili
- Produzione di fertilizzanti

- Lavorazione del tabacco, della plastica, della carta e del legno
- Produzione gomma e pneumatici
- Deposito e lavorazione dei metalli in polvere (in particolare magnesio e alluminio).

Il rischio esplosione nelle attività sottoposte ai controlli di prevenzione incendi

Nella *tabella 1*, nelle due pagine che seguono, si riportano alcuni esempi di attività che possono presentare pericoli di esplosione dovuti alle polveri e che sono sottoposte ai controlli di prevenzione incendi in base alla normativa vigente, ovvero che lo saranno in base al regolamento di semplificazione in materia di prevenzione incendi approvato dal Governo e di prossima emanazione. Si ricorda che tale regolamento prevede l'avvio dell'attività tramite Segnalazione Certificata di Inizio Attività (SCIA) e individua tre cate-

gorie ad ognuna delle quali corrisponde una disciplina differenziata in relazione al rischio:

- attività a basso rischio e standardizzate (categoria A): nessun parere di conformità sul progetto e controlli con sopralluogo a campione;
- attività a medio rischio (categoria B): valutazione di conformità dei progetti ai criteri di sicurezza antincendio e controlli con sopralluogo a campione;
- attività a elevato rischio (categoria C): valutazione di conformità dei progetti ai criteri di sicurezza antincendio e controlli con sopralluogo.

Come si può desumere da tale tabella, per le attività dove è presumibile sia presente o comunque da valutare attentamente il pericolo di esplosione dovuto alle polveri combustibili, poco o nulla cambia rispetto le attuali procedure, essendo in generale ricomprese nella categoria C.

costi di installazione da - 30% al - 60%

100% TESTED

Il tuo PARTNER per la PREFABBRICAZIONE

ITALCERT
Saldatura certificata

Spk Prefabb®
www.spkprefabb.it **ITALY MADE**

Tabella 1 - Esempi di attività con pericolo di esplosione per le polveri presenti

Attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi	Attività D.M. 16/2/1982	Attività nuovo regolamento	Categoria nuovo regolamento
Officine o laboratori per la verniciatura (nda: a secco) con vernici infiammabili e/o combustibili con oltre 5 addetti	21	14	- B fino a 25 addetti - C oltre 25 addetti
Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono sostanze instabili che possono dar luogo da sole a reazioni pericolose in presenza o non di catalizzatori ivi compresi i perossidi organici	26	19	C
Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono nitrati di ammonio, di metalli alcalini e alcalino-terrosi, nitrato di piombo e perossidi inorganici	27	20	C
Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono sostanze soggette all'accensione spontanea e/o sostanze che con l'acqua sviluppano gas infiammabili	28	21	C
Stabilimenti ed impianti ove si produce, impiega e/o detiene fosforo e/o sesquisolfuro di fosforo	31	23	C
Stabilimenti ed impianti per la macinazione e la raffinazione dello zolfo	32	24	C
Depositi di zolfo con potenzialità superiore a 100kN	33	24	C
Fabbriche di fiammiferi; depositi di fiammiferi con quantitativi superiori a 5 kN	30	25	C
Stabilimenti ed impianti ove si produce, impiega e/o detiene magnesio, elektron e altre leghe ad alto tenore di magnesio		26	C
Mulini per cereali ed altre macinazioni con potenzialità giornaliera superiore a 200 kN	35	27	C
Depositi di cereali ed altre macinazioni di capacità geometrica superiore a 500 kN	non previsto	27	- B fino 1000 kN - C oltre 1000 kN
Impianti per l'essiccazione di cereali e di vegetali in genere con depositi di prodotto essiccato di capacità superiore a 500 kN	36	28	C
Stabilimenti ove si producono surrogati del caffè	37	29	C

Attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi	Attività D.M. 16/2/1982	Attività nuovo regolamento	Categoria nuovo regolamento
Zuccherifici e raffinerie dello zucchero	38	30	C
Pastifici e/o riserie con produzione giornaliera superiore a 500 kN	39/40	31	C
Stabilimenti, impianti, depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi superiori a 50 kN	57/58	44	- B depositi fino 500 kN - C stabilimenti e impianti; depositi oltre 500 kN
Stabilimenti e impianti ove si producono e lavorano resine sintetiche e naturali, fitofarmaci, coloranti organici e intermedi e prodotti farmaceutici con l'impiego di solventi ed altri prodotti infiammabili	59	45	- B fino 25 addetti - C oltre 25 addetti
Depositi di fitofarmaci e/o di concimi chimici a base di nitrati e/o fosfati con quantitativi superiori a 500 kN	60	46	- B fino a 1000 kN - C oltre 1000 kN
Stabilimenti ed impianti per la fabbricazione di cavi e conduttori elettrici isolati, con quantitativi in lavorazione e/o in deposito superiori a 100 kN	61/62	47	- B fino 1000 kN - C oltre 1000 kN
Gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici ed impianti di cogenerazione di potenza complessiva superiore a 25 kW (nda: ad esempio alimentati da scarti del legno)	64	49	- A fino 350 kW - B fra 350 e 700 kW - C oltre 700 kW
Stabilimenti, con oltre 5 addetti, per la costruzione di aeromobili, veicoli a motore, materiale rotabile ferroviario e tranviario, carrozzerie e rimorchi per autoveicoli; cantieri navali con oltre 5 addetti (nda: comportanti taglio di metalli)	68/69/70/71	52	- B fino a 25 addetti - C oltre 25 addetti
Officine meccaniche per lavorazioni a freddo con oltre 25 addetti	72	54	- B fino a 50 addetti - C oltre a 50 addetti
Impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 116 kW	91	74	- A fino 350 kW - B fra 350 e 700 kW - C oltre 700 kW

Classificazione dei luoghi con presenza di atmosfere esplosive

In tali attività, ai fini della valutazione del rischio di esplosione legato alle polveri combustibili, occorre innanzitutto individuare se le sostanze trattate possono presentare tale pericolo e classificare i luoghi in cui esse sono o possono essere presenti.

La classificazione può essere condotta attraverso la norma CEI EN 61241-10:2004 (CEI 31-66) e la relativa guida CEI 31-56 di applicazione.

Nel 2010 è stata emanata la norma CEI 31-88 (CEI EN 60079-10-1:2010) che sostituisce la CEI 31-66 la quale rimarrà comunque applicabile fino al 1/6/2012, non essendo peraltro ancora disponibile la relativa guida per l'applicazione.

In ogni caso le variazioni tecniche significative rispetto la versione precedente sono limitate e riguardano il chiarimento dei rischi presentati dalla polvere, l'introduzione dei gruppi delle polveri, in analogia ai gas, e il Livello di Protezione delle Apparecchiature (EPL); inoltre l'estensione usuale della zona 22 oltre la zona 21 è stato esteso da 1 m a 3 m. Le anzidette norme trattano l'identificazione e la classificazione dei luoghi dove sono presenti atmosfere esplosive dovute a polvere e strati di polvere combustibile in condizioni atmosferiche normali, onde consentire un'adeguata valutazione delle sorgenti di accensione presenti in detti luoghi; non prendono invece in considerazione gli effetti del danno conseguente ad un incendio o ad un'esplosione.

Esse inoltre non si applicano a:

- luoghi minerari sotterranei
- luoghi dove un rischio può manifestarsi a causa della presenza di miscele ibride (polvere e gas)
- polveri di esplosivi che non richiedono per la combustione l'ossigeno presente nell'atmosfera oppure sostanze piroforiche

Secondo la NFPA, ogni processo industriale che riduce un materiale combustibile ed altre sostanze normalmente non combustibili ad uno stato finemente suddiviso, presenta un potenziale pericolo di incendio o esplosione

- guasti catastrofici che superano il concetto di anomalità considerato dalle stesse norme e nel seguito descritto

- ogni rischio derivante dell'emissione di gas infiammabili o tossici dalla polvere. Rispetto alla procedura per la classificazione degli aeriformi, caratterizzata dalla

complessità delle formule e del calcolo, i calcoli nel caso delle polveri sono estremamente semplici e ciò deriva non dalla semplicità della materia, ma dalla sua stessa complessità. Infatti, a differenza dei gas, il comportamento di una nube di polvere è molto meno prevedibile, in quanto dipendente da molteplici fattori tra loro correlati, relativi alla polvere stessa e all'ambiente in cui si sviluppa la nube.

Pertanto, non potendo determinare con precisione il fenomeno, ci si avvale di una valutazione più approssimata, e quindi più semplice.

Caratteristiche del materiale

La classificazione dei luoghi è basata su diversi fattori quali la combustibilità della polvere, le caratteristiche del materiale utilizzato nel processo, la natura dei rilasci da componenti particolari dell'impianto e il regime di funzionamento e di manutenzione dell'impianto, compreso il mantenimento della pulizia.

Le caratteristiche del materiale di interesse sono ad esempio la ripartizione percentuale delle particelle in funzione del diametro (granulometria), il contenuto di umidità, la temperatura minima di accensione della nube e dello strato, la resistività elettrica. Tali informazioni possono essere rilevate dalle schede di sicurezza, da tabelle quali quelle riportate nell'appendice della guida CEI 31-56 e in ultima analisi può essere confermata per mezzo di specifiche prove di laboratorio basate su campioni opportunamente prelevati e che siano rappresentativi delle effettive condizioni di utilizzo.

Ineffetti i risultati delle prove di laboratorio possono risultare falsati ad esempio se la polvere non viene prelevata immediatamente dopo la sua emissione, per effetto dell'umidità assorbita dall'ambiente o dell'ossidazione se metallica. Inoltre una polvere in un certo punto del processo può risultare più pericolosa di quella esaminata, se questa è stata prelevata in un punto a monte che non consente di rilevare l'effetto della frantumazione durante il trasporto.

Sorgenti di emissione

Successivamente, occorre identificare i contenimenti di polvere e le sorgenti di emissione, ossia i punti da cui può essere emessa o sollevata nell'aria polvere combustibile in grado di dar luogo ad un'atmosfera esplosiva. Questa definizione comprende gli strati di polvere in grado di essere dispersi sotto forma di una nube di polvere.

La sorgente di emissione può emettere polvere sia nel funzionamento normale che anormale, nonché durante la manutenzione.

In relazione alle varie circostanze, non tutte le sorgenti di emissione producono necessariamente un'atmosfera esplosiva da polvere. D'altro canto, una piccola sorgente di emissione continua o diluita, nel tempo può produrre uno strato di polvere potenzialmente pericoloso.

Determinata la probabilità che la polvere sia rilasciata da dette sorgenti e quindi la probabilità di formazione di atmosfere esplosive da polvere nelle varie parti dell'impianto, possono essere identificati i tipi di zone pericolose e la loro estensione.

Nell'individuazione delle potenziali sorgenti di emissione non è richiesto di prendere in considerazione i guasti agli impianti di entità catastrofica o relativi a incidenti rilevanti. Per esempio, non sono generalmente considerate sorgenti di emissione i recipien-

ti in pressione, tubi, condotti e derivazioni prive di giunzioni, valvole con dispositivi di tenuta e giunti flangiati, purché nella loro progettazione e costruzione sia stata tenuta in debita considerazione la prevenzione di perdite di polveri. Identificate dunque le sorgenti di emissione, occorre determinarne i relativi gradi di emissione.

Come per i gas, anche per le polveri sono definiti tre gradi dell'emissione:

- emissione di grado continuo: emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi, oppure per brevi periodi a intervalli frequenti. Sono tali ad esempio gli strati di polvere combustibile in recipienti aperti o all'interno dei sistemi di contenimento, quali mulini, frantumatrici, essiccatoi, cicloni, filtri, tramogge, mescolatori, condutture per il trasporto, coclee, nastri trasportatori, insaccatrici, sili e che possono essere disturbati frequentemente, ovvero gli strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati frequentemente in luoghi in cui non si svolgono operazioni di pulizia (livello di mantenimento della pulizia "scarsa").
- emissione di primo grado: emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il funzionamento normale. Sono tali ad esempio le aperture verso l'ambiente di macchinari aperti quali mulini e polverizzatori e di unità di riempimento o di svuotamento prive di mezzi di prevenzione della formazione di nubi di polvere, i punti di carico/scarico di treni e autocarri, i punti di svuotamento sacchi e/o piccoli contenitori, i sacchi chiusi di materiale che lascia trapelare la polvere, gli strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati anche poco frequentemente con il livello di mantenimento della pulizia "scarso".

Non tutte le sorgenti di emissione producono un'atmosfera esplosiva da polvere, ma una piccola sorgente di emissione continua o diluita nel tempo può creare uno strato di polvere potenzialmente pericoloso

- emissione di secondo grado: emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi. Sono tali ad esempio le aperture verso l'ambiente di unità di riempimento o di svuotamento a cielo aperto dotate di mezzi di prevenzione dalla formazione di nubi di polvere, quali i punti di carico/scarico di treni, autocarri e tramogge con sistemi di aspirazione polveri, i sacchi non ermeticamente chiusi e quelli soggetti a rompersi facilmente, i punti di discontinuità (es. flange, manicotti, ecc.) di apparecchiature, macchinari e tubazioni, le manichette di connessione in materiale tessile, gli 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".

Le emissioni di grado continuo e di primo grado sono previste durante il funzionamento normale, quindi possono essere più chia-



Figura 2 - Esempio di possibile sorgente di emissione di grado continuo (interno sistema di trasporto), primo (connessioni) e secondo (manicotti)

ramente individuate, sia come caratteristiche di emissione, sia come durata, sia come frequenza di emissione.

Un'emissione che avviene sia pure poco frequentemente e per brevi periodi, ma durante il funzionamento normale non può generalmente essere considerata di secondo grado ma di primo grado.

Le emissioni di secondo grado non sono previste durante il funzionamento normale ed in genere sono riconducibili ad eventi non voluti, quali avarie e stati difettosi prevedibili, uso non corretto ragionevolmente prevedibile; pertanto, per definire la loro durata e frequenza, è necessario fare riferimento alle modalità di sorveglianza (esercizio) e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili e dei relativi componenti. La *Figura 2* riporta un esempio di sorgente di emissione.

Zone

Alle tre diverse emissioni corrispondono tre diversi tipi di zona, aventi definizione del tutto analoga a quella prevista per i gas, salvo il termine "2" anteposto al tipo di zona (0, 1, 2) che ci dice che si sta trattando di polveri. Si ha quindi:

- **zona 20:** luogo in cui un'atmosfera esplosiva, sotto forma di una nube di polvere combustibile nell'aria, è presente in modo continuo, per lunghi periodi, o frequentemente.
- **zona 21:** luogo in cui è probabile sia presente un'atmosfera esplosiva, sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, occasionalmente durante il funzionamento normale.
- **zona 22:** luogo in cui è improbabile sia presente un'atmosfera esplosiva, sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, durante il funzionamento normale o, se ciò avviene, è presente solo poco frequentemente e per breve periodo.

In genere un'emissione di grado continuo genera una zona 20, una di grado primo una zona 21 e una di grado secondo una zona 22 (*Figura 3*). Tale corrispondenza può essere

Esempio di estensione delle zone pericolose intorno ad un impianto di processo

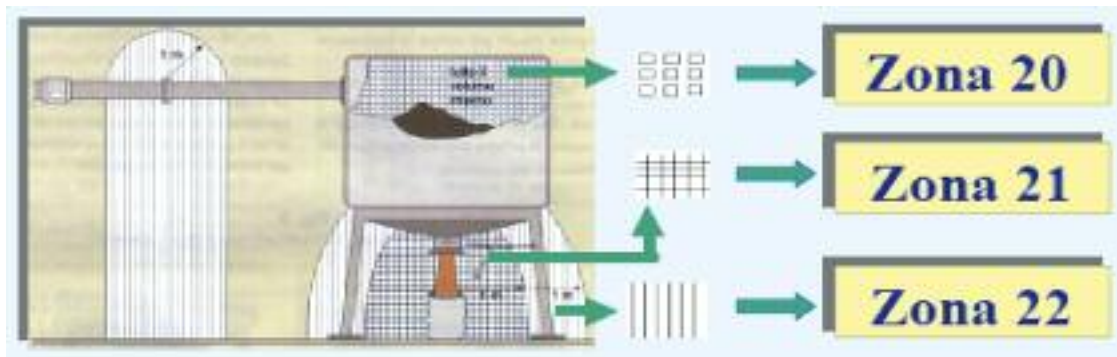


Figura 3 - Esempio di classificazione

modificata, in senso favorevole o sfavorevole, dalle condizioni ambientali e dai sistemi di bonifica adottati, come descritto più avanti.

Strati

A differenza dei gas, le particelle di polvere tendono, in un tempo più o meno lungo, a depositarsi al suolo, prevalentemente nei pressi della sorgente di emissione ma anche, in misura minore, a molta distanza da essa. Nel tempo, se non rimossi, si possono formare strati di polvere notevoli anche nell'intero ambiente ove avviene l'attività "polverosa".

Uno strato di polvere può rappresentare un pericolo quale sorgente di emissione di atmosfera esplosiva, se per qualche motivo viene sollevata e dispersa nell'aria (ad esempio per l'azione del vento, il passaggio di un mezzo o a seguito di un'esplosione primaria che coinvolga altra polvere depositata nell'ambiente) ovvero per l'incendio dello stesso strato formatosi sopra componenti che producono calore, quali dispositivi elettrici o motori. Oltretutto la polvere accumulata riduce lo scambio termico del componente determinandone l'aumento della temperatura superficiale che può superare la temperatura di accensione della polvere in strato, innescandola.

Se le polveri in strato non possono sollevarsi, e quindi formare nubi esplosive, oc-

corre considerare solo il pericolo d'incendio.

Il fatto che lo strato di polvere, sollevato da perturbazioni esterne, possa produrre un'atmosfera esplosiva, porta a considerarlo come una sorgente di emissione, in modo del tutto analogo alle sorgenti di emissione originate dai sistemi di contenimento, con un grado di emissione legato alla frequenza di formazione dello strato e alla frequenza del possibile disturbo, evitando in generale quelle situazioni che potrebbero determinare strati con emissioni di grado continuo.

Al fine di impedire l'innescò dello strato di polvere, in tutta la zona interessata dallo strato occorre installare solo apparecchiature idonee, tali cioè che la loro massima temperatura superficiale sia inferiore, con un opportuno margine di sicurezza, alla temperatura di innescò dello strato, per convenzione individuata dalla temperatura di innescò di uno strato di 5 mm di spessore (T_{5mm}).

Per strati di polvere fino a 5 mm sulle ed intorno le apparecchiature, la temperatura superficiale massima ammessa per l'apparecchiatura non deve superare la temperatura di accensione T_{5mm} , con un margine di sicurezza di 75 K (Regola 1 della CEI EN 50281-1-2):

$$T_{max} = T_{5mm} - 75 \text{ K}$$



Figura 4 - Strati e livello pulizia

Se si prevedono strati di spessore maggiore o apparecchiature completamente sommerse dalla polvere, la temperatura superficiale massima ammessa delle apparecchiature (T_{max}) deve essere ulteriormente ridotta in funzione dello spessore, e può essere determinata utilizzando i criteri riportati nella CEI EN 50281-1-2, ovvero sperimentalmente, simulando le condizioni di lavoro, o ancora attraverso metodi di calcolo riconosciuti (Regole 2 e 3 e 4 della norma anzidetta).

Per polveri con temperature minime di accensione inferiori a 250°C ed in ogni caso dubbio o in cui sia richiesta una maggiore precisione, la temperatura minima di accensione, in funzione dello spessore dello strato di polvere, deve essere definita mediante apposite indagini di laboratorio.

Nella valutazione degli strati riveste particolare importanza la gestione della pulizia, dal momento che uno strato ed i conseguenti pericoli possono essere notevolmente ridotti o eliminati da una idonea procedura di rimozione della polvere.

L'efficacia dei provvedimenti di pulizia degli ambienti (Figura 4) è espressa dal parametro "livello di mantenimento della pulizia" che può assumere i seguenti tre livelli, definiti nell'allegato C della CEI EN 61241-10:

- Buono, quando gli strati di polvere sono

mantenuti a spessori trascurabili, oppure sono assenti, indipendentemente dal grado o dai gradi delle emissioni, oppure sono rimossi rapidamente in caso si formino poco frequentemente. In questo caso, il pericolo che si verifichino nubi di polveri esplosive dagli strati e il pericolo d'incendio dovuto agli strati sono esclusi.

- Adeguato, quando gli strati di polvere non sono trascurabili ma sono di breve durata, meno di un turno di lavoro (8 h circa), comunque da definire sulla base dei fattori che contribuiscono alla formazione dello strato e della nube, quali portata complessiva di emissione, velocità di sedimentazione, velocità dell'aria, disturbi e turbolenze, ecc.. In questo caso, il pericolo che si verifichino nubi di polveri esplosive dagli strati e il pericolo d'incendio dovuto agli strati non è escluso ma le apparecchiature scelte secondo la regola 1 sono ragionevolmente idonee.
- Scarso, quando gli strati di polvere non sono trascurabili e perdurano per oltre un turno di lavoro.

Il pericolo d'incendio può essere controllato selezionando le apparecchiature in funzione dello spessore degli strati di polvere, da definire caso per caso. In questo caso, il pericolo che si verifichino nubi di polveri esplo-

sive dagli strati e il pericolo d'incendio dovuto agli strati non è escluso (Figura 5).

Per determinare l'estensione dello strato di polvere si possono considerare le seguenti regole:

- per impianti esistenti può essere opportuno effettuare valutazioni sperimentali per definire l'estensione e lo spessore degli strati che si formano;
- in ambienti chiusi, a meno che non siano molto vasti in relazione all'emissione considerata, è buona regola estendere gli strati all'intero ambiente;
- negli ambienti aperti l'estensione agli strati è in generale limitata nell'intorno delle sorgenti di emissione;
- l'estensione dello strato non può in ogni caso essere inferiore all'estensione in pianta della zona pericolosa originata dall'emissione dal sistema di contenimento.

Estensione delle zone pericolose

In generale, le zone 20 dovrebbero essere limitate ai volumi interni dei sistemi di contenimento e/o delle apparecchiature anche perché le condizioni che potrebbero condurre ad una zona 20 all'esterno dei sistemi di contenimento sono proibite nei luoghi di lavoro.

All'esterno delle apparecchiature le zone 21 (ed eventualmente le zone 20 che non si possono eliminare) devono essere di ridotta estensione. Per tale ragione, la Guida CEI 31-56 indica per esse una dimensione che non dovrebbe superare il metro.

Discorso diverso vale per le zone 22 che, essendo legate ad anomalie di funzionamento, possono in alcuni casi produrre l'emissione di notevoli quantitativi di polvere con conseguente maggiore estensione della zona prodotta.

La Guida CEI 31-56 (appendice GD) prevede una semplice metodologia di calcolo per individuare l'ordine di grandezza dell'estensione della zona, dipendente dai parametri caratteristici della polvere e dalle condizioni ambientali, basata sulla determinazione della distanza pericolosa d_z , definita come distanza dalla sorgente di emissione nella direzione di emissione e di più probabile dispersione della nube esplosiva, a partire dalla quale la concentrazione delle polveri combustibili nell'aria è inferiore al limite inferiore di infiammabilità. Il calcolo della estensione della zona prevede il calcolo della distanza pericolosa d_z (poi approssimata per eccesso a fornire la distanza "a") a partire da una distanza di riferimento d_0 definita sulla base delle caratteristiche della polvere (grandezza



Figura 5 - Livello di mantenimento della pulizia scarso

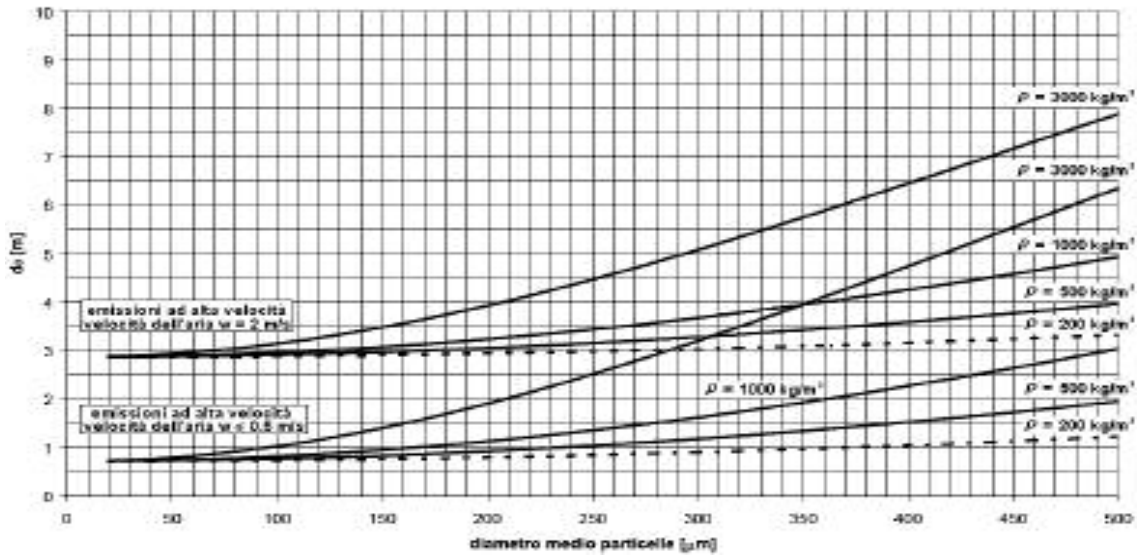


Figura 6 - Distanza d_0 per emissioni ad alta velocità

media delle particelle e densità della sostanza considerata), della ventilazione presente nell'ambiente, della portata di emissione della sorgenti di emissione, e di altri parametri, secondo la relazione:

$$d_z = (d_o + d_h) \cdot k_d \cdot k_w \cdot k_{ta} \cdot k_u$$

Si ritiene utile, al fine di una maggiore comprensione dell'influenza degli anzidetti parametri sull'estensione delle zone pericolose, descriverne le modalità per la loro determinazione.

Distanza di riferimento d_0 [m]

Per la sua determinazione occorre innanzitutto valutare se si tratta di emissioni a bassa velocità (da sistemi a pressione atmosferica) o di emissioni ad alta velocità (da sistemi in pressione). Per le emissioni a bassa velocità la distanza di riferimento d_0 può essere generalmente assunta pari a 1 m. Negli altri casi essa può essere ricavata dal grafico di *Figura 6*, che indica la distanza, in metri, cui può pervenire la polvere, considerando una sorgente di emissione in prossimità (fino a 3 m) della superficie di deposito (suolo, pavimento, o

superficie che delimita inferiormente la caduta della polvere), in funzione della grandezza media delle particelle d_m [micron] e della densità (assoluta) della polvere considerata.

Distanza addizionale d_h dipendente dall'altezza della sorgenti di emissione [m]

Si aggiunge quando la sorgente di emissione non si trova in prossimità della superficie di deposito (oltre 3 m). Essa dipende dall'altezza della sorgente di emissione ed in particolare viene posto pari a 0,5 per altezze comprese fra i 3 e i 20 m e pari a 1 per altezze superiori a 20 m (*Figura 7*).

Coefficiente k_d

Tiene conto della quantità di polvere emessa, dal momento che portate elevate tendono a riempire tutto il volume individuato dalla distanza $d_o + d_h$ ($k_d=1$) mentre portate ridotte tendono a riempirne solo una parte ($k_d=0,5$). Tali valori di 0,5 o 1 sono individuati a partire dal rapporto tra la portata di emissione Q_d della sorgente di emissione e il limite inferiore di infiammabilità della sostanza considerata, tenuto conto della velocità di sedimentazione U_s (tabella GD.3.3-A della Guida).

Coefficiente kw

In funzione della propria velocità di sedimentazione (caduta) U_t , la polvere può depositarsi rapidamente oppure rimanere sospesa in aria per un lungo periodo. Essa varia da frazioni di m/s ad alcuni m/s, nel caso di polveri metalliche. L'aria di ventilazione w nell'intorno della sorgente di emissione introduce un aumento della distanza a cui può giungere la polvere che dipende dal rapporto tra la velocità dell'aria di ventilazione e la velocità propria delle particelle di polvere (assunta pari alla velocità di sedimentazione U_t) secondo quanto desumibile dalla *Figura 8*.

Coefficiente ku

Dipende dal contenuto di umidità della polvere. I valori tipici sono 1 per umidità inferiore al 12%, 0,8 per umidità compresa fra il 12 e il 40% e 0,3 per umidità fra il 40 e il 50% (oltre la polvere non si considera più esplosiva, pur restando il pericolo di incendio dello strato).

Coefficiente kta

Esso dipende dal tipo di ambiente in cui avviene l'emissione, dal momento che la polvere si disperde con maggiore facilità al-

l'aperto piuttosto che in un ambiente chiuso. I valori generalmente assunti sono 0,5 (ambiente aperto), 0,8 (ambiente aperto con ostacoli) e 1 (ambiente chiuso).

Prevenzione delle esplosioni

L'art.289 del D.Lgs 81/08 individua quale obiettivo prioritario ai fini della prevenzione e protezione contro le atmosfere esplosive, la progettazione, l'esercizio e il mantenimento di opere o impianti dove le polveri combustibili di qualunque natura sono presenti o possono formarsi (luoghi di lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito), tali da evitare la presenza di atmosfere esplosive pericolose. Quindi occorre innanzitutto valutare la possibilità di eseguire interventi atti a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive, limitando in numero e in estensione le zone più pericolose (zone 20 e 21) e quindi il numero e la portata delle emissioni continue e di primo grado, e adottando provvedimenti di bonifica come indicato nell'Appendice GC della Guida.

Affinchè un ambiente possa essere considerato "bonificato", occorre che le polveri combustibili disperse nell'aria siano mantenute in concentrazione inferiore al limite infe-

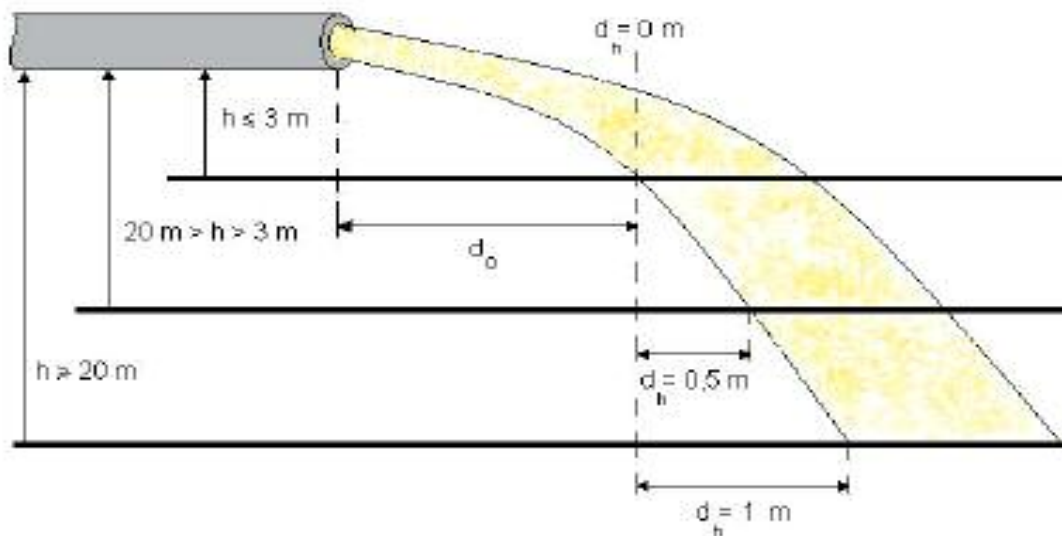


Figura 7 - Distanza d_h

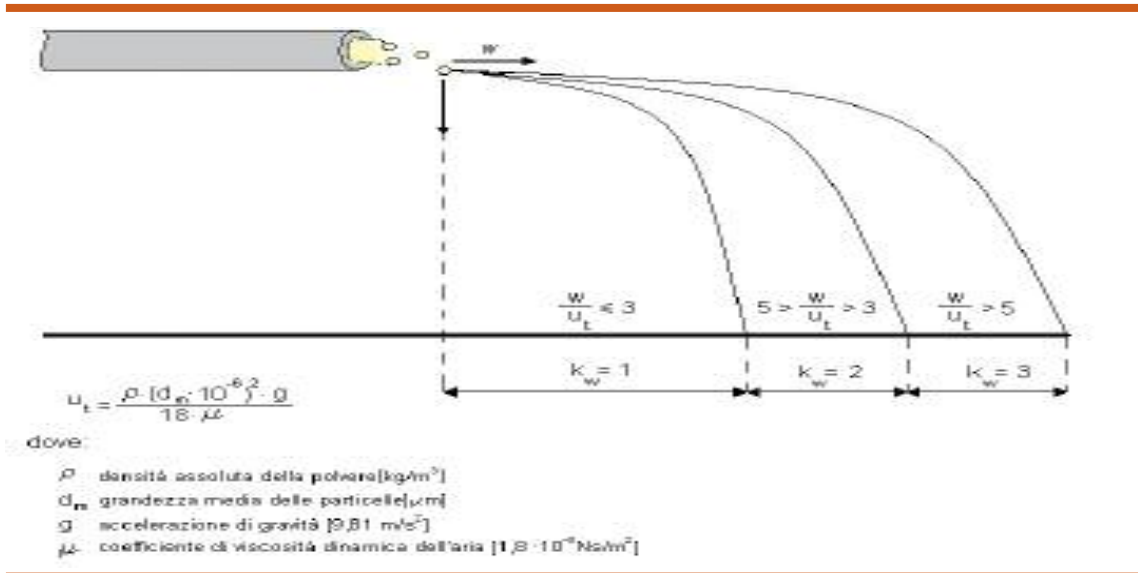


Figura 8 - Coefficiente k_w

riore del campo di infiammabilità con opportuni margini di sicurezza e che gli strati di polvere siano mantenuti di spessore trascurabile. Possono ritenersi tali anche gli ambienti nei quali le condizioni sopra indicate sono realizzate per proteggere le persone contro la tossicità delle polveri senza ricorrere a mezzi protettivi individuali.

I provvedimenti di bonifica, per essere efficaci, devono assicurare requisiti di disponibilità buona o almeno adeguata, cioè rispettivamente devono funzionare con continuità per tutto il tempo in cui la polvere combustibile può essere immessa nell'ambiente ovvero sono ammesse delle interruzioni purché poco frequenti e per brevi periodi.

I provvedimenti di bonifica possono essere diversi:

- a) asportazione continua delle polveri combustibili disperse nell'aria con sistemi di ricambio dell'aria ambiente;
- b) asportazione delle polveri combustibili emesse da singole sorgenti di emissione;
- c) contenimento in depressione delle polveri combustibili;
- d) rimozione degli strati di polveri combustibili presenti nell'ambiente;
- e) inertizzazione dell'atmosfera dell'ambiente (locale o contenitore);

- f) inertizzazione delle polveri combustibili;
- g) pressurizzazione dei locali o edifici.

Ad esempio, la *Tabella 2* mostra che se le polveri emesse da singole sorgenti di emissione vengono asportate con sistemi di aspirazione localizzata in grado di ridurre la concentrazione di polvere nell'aria in modo praticamente istantaneo al di sotto del limite inferiore di infiammabilità sia nell'immediato intorno della sorgente di emissione che all'interno del sistema di aspirazione (cioè con grado di efficacia alto) e che funzionano con continuità (cioè con disponibilità buona), nel loro intorno si avranno zone potenzialmente esplosive di estensione trascurabile (NE: Negligible Extent) indipendentemente dal grado di emissione delle sorgenti di emissione.

Prevenire le atmosfere esplosive

La più sicura azione contro i rischi derivanti dalle atmosfere esplosive consiste nell'evitare che esse possano formarsi. Tale indicazione, apparentemente banale, può talvolta rivelarsi non solo praticabile ma anche più economica, dal momento che le misure tecniche e organizzative per evitare l'accensione delle atmosfere esplosive e per attenuare gli effetti di un'eventuale esplosione, neces-

(Tabella GC.3.2-A GC.3 CEI 31-56)

Grado emissione (2)	Grado di ventilazione (aspirazione localizzata)						
	Alto			Medio			Basso (3)
	Disponibilità ventilazione (aspirazione localizzata)						
	Buona	Adeguata	Scarsa	Buona	Adeguata	Scarsa	B/A/S
Continuo	Z 20 NE	Z 20 NE Z 22 (1)	Z 20 NE Z 21 (2)	Z 20	Z 20 + Z 22 (1)	Z 20 + Z 21 (2)	N.C.
Primo	Z 21 NE	Z 21 NE Z 22 (1)	Z 21 NE Z 22 (2)	Z 21	Z 21 + Z 22 (1)	Z 21 + Z 22 (2)	N.C.
Secondo	Z 22 NE	Z 22 NE (2)	Z 22 (2)	Z 22	Z 22 (1)	Z 22 (2)	N.C.

(1) E' prevista la formazione di strati di polvere di spessore generalmente inferiore di 5 mm.
 (2) E' prevista la formazione di strati di polvere di spessore generalmente maggiore di 5 mm. da valutare caso per caso.
 (3) Il Grado BA550 non è stato considerato in quanto, in queste condizioni, le zone pericolose devono essere definite considerando l'assenza del sistema di captazione e asportazione della polvere.

Tabella 2 - Provvedimenti di bonifica - aspirazione localizzata

sarie per contenere i rischi dovuti alle atmosfere esplosive di cui non si è impedita la formazione, possono nel tempo risultare più onerose delle prime.

È dunque fondamentale progettare, impianti, processi e ambienti tenendo nel dovuto conto la prevenzione della formazione di atmosfere esplosive.

A valle di tale attività, le decisioni sui tipi e l'estensione delle zone e sulla presenza di strati di polvere devono essere documentate attraverso elaborati grafici di classificazione dei luoghi, da utilizzare poi quale base per la valutazione delle sorgenti di accensione e quindi per proseguire nell'attività di valutazione dei rischi di cui al titolo XI del D.Lgs.81/08, fino alla elaborazione del documento sulla protezione contro le esplosioni. È fondamentale che i motivi delle decisioni prese siano riportati tramite note nella documentazione di classificazione dei luoghi per facilitare la comprensione in occasione di successivi riesami della classificazione medesima, eventualmente condotti da tecnici diversi, ed anche per una più efficace attività di controllo e verifica da parte degli enti preposti (VVF, AUSL, ARPA, organismi abili-

tati). Si dovrà infine porre particolare attenzione al mantenimento nel tempo delle condizioni poste alla base della classificazione, da cui la necessità della loro chiara esplicitazione, ed al riesame della classificazione in seguito alla messa in servizio dell'impianto, per verificare le ipotesi di progetto e successivamente su base periodica e comunque in seguito a variazioni del processo o dei materiali in lavorazione, oppure qualora le emissioni di polvere diventassero più frequenti a seguito del deterioramento dell'impianto.

Bibliografia

- "A guide to combustible dusts"- Occupational Safety and Health Division N.C. Department of Labor
- "Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili" di Riccardo Tommasini - btscuola n°29 Ottobre 2005
- "Presenza di polveri combustibili o esplosivi base della classificazione dei luoghi pericolosi" di Gianluca Saputi - Dipartimento Omologazione e Certificazione ISPESL
- "Sugar dust explosion and fire" - U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board Report September 2009 (www.csb.gov)