

Mitigazione del rischio d'incendio all'interno dei silos contenenti cereali mediante processi di inertizzazione

Cristiano Cusin – Massimo Fratti – Luigi Ferraiuolo – Marcus Alessandro Severi
Corpo Nazionale Vigili del Fuoco
www.vigilfuoco.it



D.P.R. 1 agosto 2011 n. 151



Attività 27

Mulini per cereali ed altre macinazioni con potenzialità giornaliera superiore a 20.000 kg

Depositi di cereali e di altre macinazioni con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg



Attività 28

Impianti per l'essiccazione di cereali e di vegetali in genere con depositi di prodotto essiccato con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg



RISCHI

Incendio

combustibilità dei cereali
materiali vari



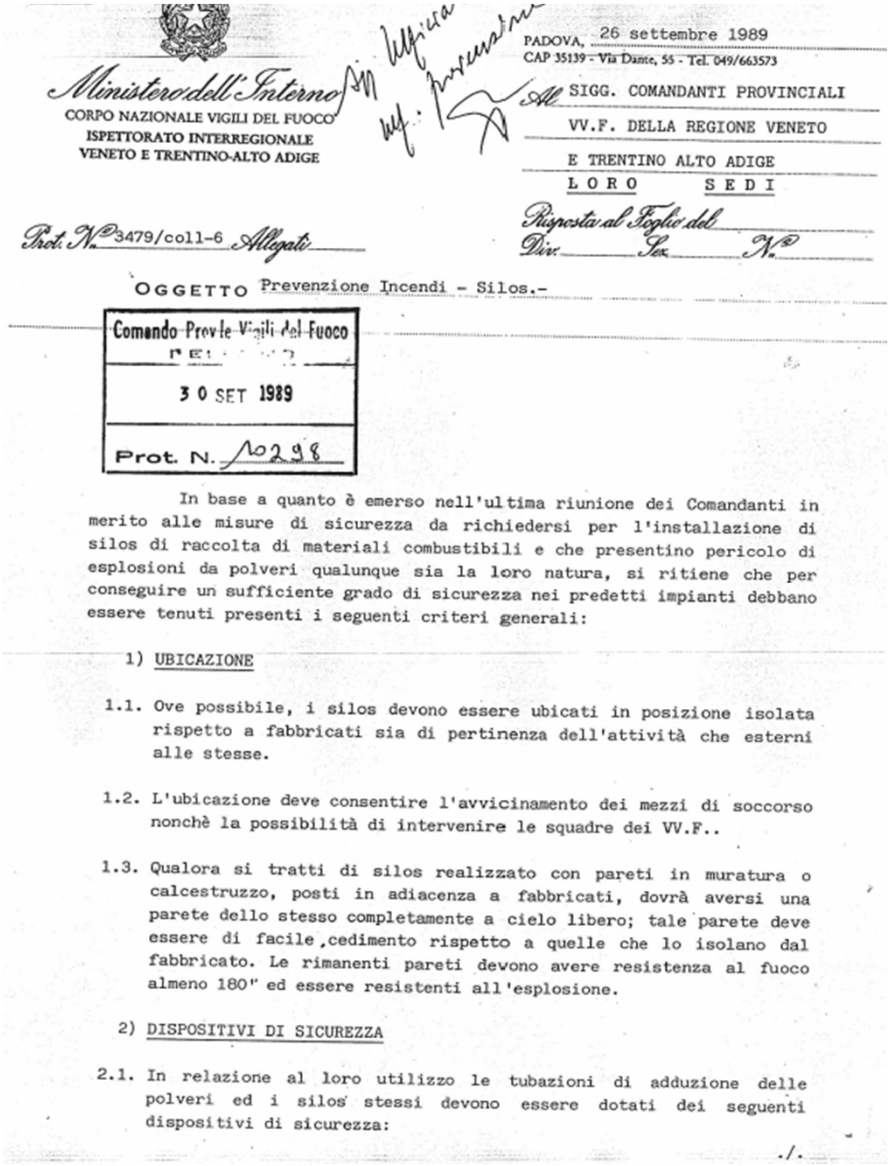
Esplosione

ambienti di lavoro

all'interno dei contenitori di stoccaggio

Miscele di polveri di cereali con aria

alimentazione bruciatore (gas)



Ministero dell'Interno
CORPO NAZIONALE VIGILI DEL FUOCO
ISPETTORATO INTERREGIONALE
VENETO E TRENTINO-ALTO ADIGE

PADOVA, 26 settembre 1989
CAP 35139 - Via Dante, 55 - Tel. 049/663573

Prot. N. 3479/coll-6 Allegati

All SIGG. COMANDANTI PROVINCIALI
VV.F. DELLA REGIONE VENETO
E TRENTINO ALTO ADIGE
LORO SEDI

Risposta al Foglio del
Div. Sez. N.

OGGETTO Prevenzione Incendi - Silos.-

Comando Prov.le Vigili del Fuoco
30 SET 1989
Prot. N. 10298

In base a quanto è emerso nell'ultima riunione dei Comandanti in merito alle misure di sicurezza da richiedersi per l'installazione di silos di raccolta di materiali combustibili e che presentino pericolo di esplosioni da polveri qualunque sia la loro natura, si ritiene che per conseguire un sufficiente grado di sicurezza nei predetti impianti debbano essere tenuti presenti i seguenti criteri generali:

1) UBICAZIONE

1.1. Ove possibile, i silos devono essere ubicati in posizione isolata rispetto a fabbricati sia di pertinenza dell'attività che esterni alle stesse.

1.2. L'ubicazione deve consentire l'avvicinamento dei mezzi di soccorso nonchè la possibilità di intervenire le squadre dei VV.F..

1.3. Qualora si tratti di silos realizzato con pareti in muratura o calcestruzzo, posti in adiacenza a fabbricati, dovrà aversi una parete dello stesso completamente a cielo libero; tale parete deve essere di facile cedimento rispetto a quelle che lo isolano dal fabbricato. Le rimanenti pareti devono avere resistenza al fuoco almeno 180" ed essere resistenti all'esplosione.

2) DISPOSITIVI DI SICUREZZA

2.1. In relazione al loro utilizzo le tubazioni di adduzione delle polveri ed i silos stessi devono essere dotati dei seguenti dispositivi di sicurezza:

./.

non è stata elaborata una **Regola Tecnica**

Come utile riferimento è comunque disponibile la **nota prot. n. 3479/coll 6 del 26/09/1989** dell'**Ispettorato Interregionale Vigili del Fuoco del Veneto e Trentino Alto-Adige**,

suggerisce alcuni **criteri generali** per i **silos di raccolta di materiali combustibili** che presentano pericoli di esplosioni da polveri **"*qualunque sia la loro natura*"**

La misura di **protezione attiva**



idrante UNI 70 a colonna da posizionare a debita distanza dal portellone di scarico



impianto idrico di irrorazione a pioggia con comando manuale composto da anelli toroidali disposti sulla parte superiore del silo

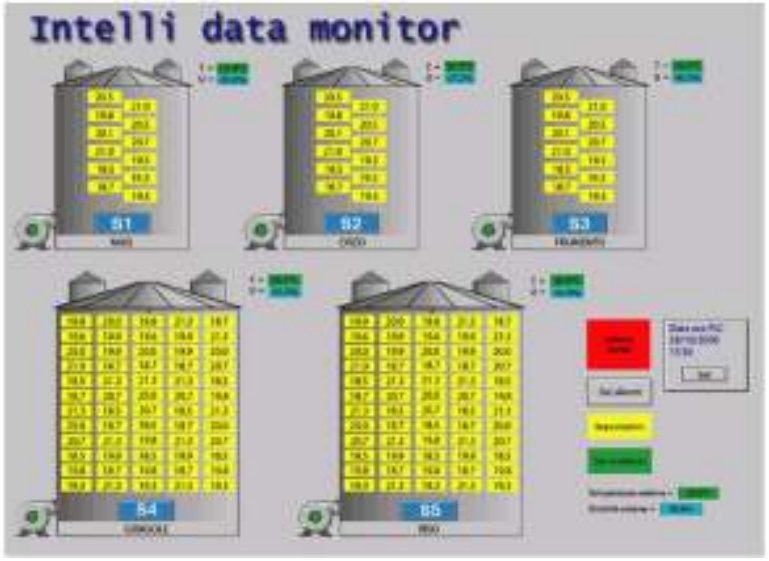
Confronto sull'efficacia per i silos di cereali di dimensioni molto grandi, generalmente maggiori dei silos installati presso le attività di lavorazione del legno, in cui può presentarsi con maggiore possibilità **anche il fenomeno dell'autocombustione per fermentazione**



Misure di sicurezza adottate prevenire

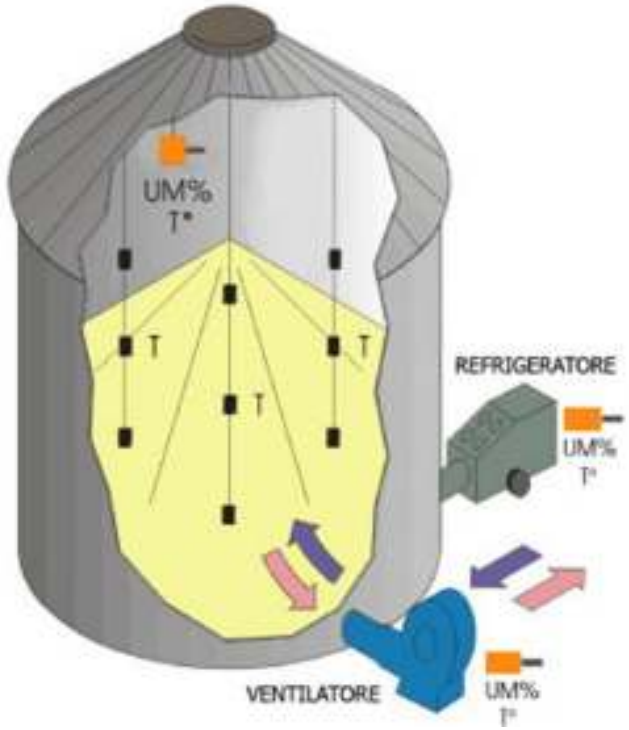


la fermentazione comporta un lento progressivo aumento della temperatura della massa insilata ben prima di qualsiasi processo di autocombustione



i silos moderni sono completamente monitorati tramite un impianto automatico di rilievo della temperatura

metodi di salvaguardia del prodotto insilato



ventilazione con aria ambiente, qualora le caratteristiche fisiche (temperatura ed umidità relativa) dell'aria ambiente non comportino il degrado di quelle del prodotto insilato

ventilazione con aria raffreddata ed essiccata, erogata da refrigeratore carrellato



Se questa operazione non è sufficiente e gli **aumenti della temperatura permangono** si deve procedere allo svuotamento del silo per cui ogni silo è dotato di un sistema automatizzato di svuotamento rapido del materiale contenuto



Una soluzione a questo problema è l'effettuazione di una **inertizzazione degli spazi intergranellari** con la contestuale estinzione dei fenomeni di autocombustione ed un ulteriore raffreddamento della massa

linee guida ASI 8.41/93



Leitfaden Explosionsschutz
in der
Getreide- und Futtermittelwirtschaft auf
Grundlage der
Betriebssicherheitsverordnung

Le linee guida partono dal presupposto che in passato, nei casi di lotta contro gli incendi di silos, a causa di errori, sono più volte state causate delle esplosioni di polveri che hanno portato a danni a materiali e a persone.

Uno degli errori che si ripetono nel tempo e che possono portare ad esplosioni durante la lotta antincendio è ad esempio il tentativo di spegnere l'incendio di silos mediante acqua, dirigendo a tal proposito il getto pieno sul materiale polveroso.
Questa azione porta ad una sospensione della polvere, dove la fonte di innesco è già presente a causa dell'incendio.

Approccio al processo di inertizzazione secondo le ASI 8.41/93

Presupposto che in presenza di **prodotti organici**, e quindi non di materiale sfuso poroso con inclusione d'aria, al di sotto di **una concentrazione di ossigeno di 8 parti percentuali in volume non sussista più pericolo d'esplosione**



Per **evitare una propagazione dell'incendio** il contenuto di ossigeno deve essere invece ridotto a **4 – 6 parti percentuali in volume**

Le concentrazioni limite di ossigeno da mantenere per evitare la formazione di atmosfere esplosive sono prese dalla BGR 104/2007

Raccolta delle norme tecniche per la **prevenzione** dei **rischi derivanti dalle atmosfere esplosive**

Approccio al processo di inertizzazione secondo le ASI 8.41/93



deve essere opportunamente calcolata la **quantità di gas inerte** necessaria

Approccio al processo di inertizzazione secondo le ASI 8.41/93



Installazione di un **sistema di monitoraggio delle temperature** all'interno della massa insilata per riuscire a riconoscere in tempo l'insorgere dell'incendio

Predisposizione di **misure per chiudere il silo**, per esempio tramite, saracinesche

Stipulazione di **contratti preventivi con fornitori di gas inerti**, che possano fornire in un breve lasso di tempo serie di pacchi bombole o sistemi di cisterne con evaporatore

Prevedere nei pressi della base del silo aree idonee al montaggio per l'evaporatore o i mezzi di erogazione del gas inerte

Approccio al processo di inertizzazione secondo le ASI 8.41/93

Predisposizione di allacciamenti per l'introduzione di gas inerte sia in sommità che alla base del silo effettuati in modo che la fuoriuscita del gas non venga intasata dal materiale sfuso; per evitare perdite di gas dalle attrezzature di scarico il collegamento del gas inerte alla base deve essere posizionato da 1m fino a 1,5 m al di sopra della condotto di scarico e questo spazio deve essere pieno di materiale sfuso

Installazione di cartelli ben visibili in prossimità del collegamento del gas inerte, dal quale sia possibile evincere **la pressione massima interna consentita**; devono essere inoltre sempre disponibili la planimetria e lo schema tecnico del silo, con tutti i necessari dati relativi alla costruzione (per esempio altezza, diametro, forme di apertura, dimensioni delle aperture, ….).

Predisposizione di **condotti di scarico rapido in emergenza**; in tali condotti **deve essere inserito un ulteriore allacciamento per l'introduzione di gas inerte**

SINTESI DELL'ESPERIENZA EFFETTUTA



struttura dei sili nel sito

diametro di 11m

altezza di circa 13,5 m

volume di 1370 m^3

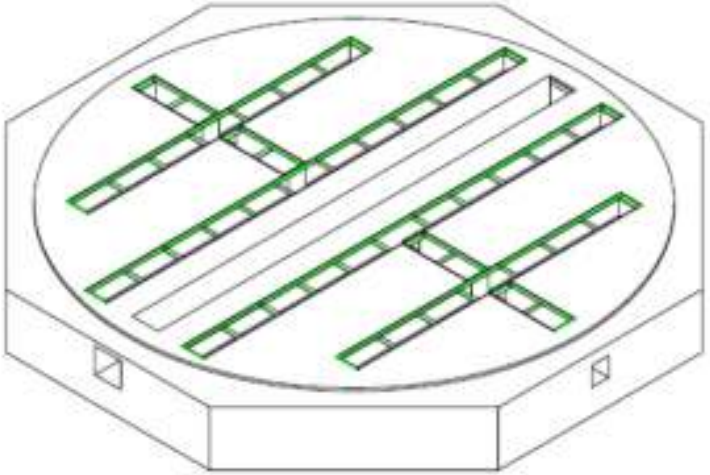
capacità di 1000 t

diametro di 3 m

altezza di 13,5 m

volume di 99 m^3

struttura sottoposta a prova



la fondazione in cemento armato è dotata di una rete di canali di distribuzione aria, coperti da lamiere perforate e non connessi all'esterno se non tramite il bocchello di insufflaggio

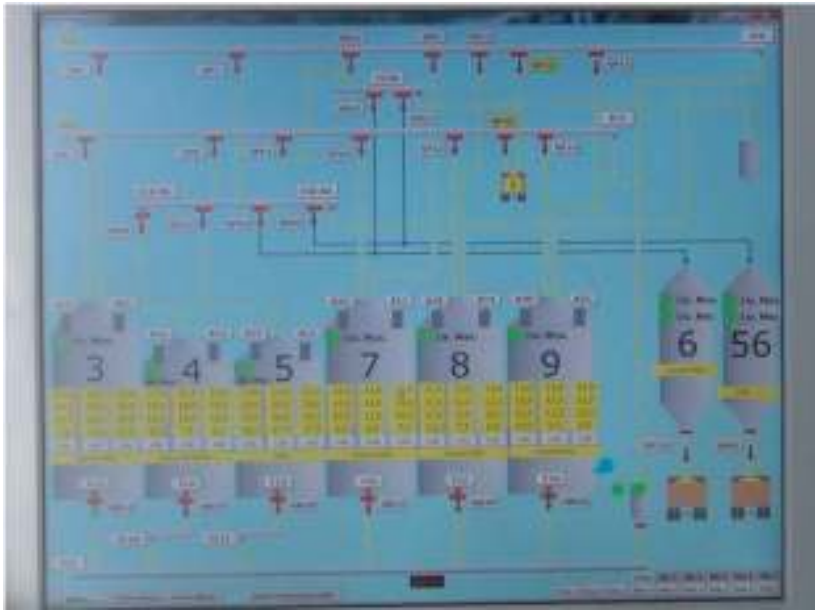
il canale di alloggiamento del trasportatore di scarico è fisicamente separato da detti canali mediante pareti in cemento

il raccordo tra la parete cilindrica del sili e la fondazione è sigillato con cordone continuo in neoprene

la parete del silo è realizzata con il **sistema di aggraffatura doppia e continua "Lipp"**, che garantisce la tenuta ai liquidi e conseguentemente un'accettabile tenuta ai gas



La regolarità e l'efficacia del processo di inertizzazione può essere verificata utilizzando i sistemi fissi di rilevazione di temperatura della massa insilata e gli strumenti portatili, posti a diverse altezze, che consentono la misura della percentuale di ossigeno residuo negli spazi intergranellari, e la percentuale di gas inerte insufflato





Calcolo di progetto

volume di gas inerte necessario

peso specifico apparente del cereale in cumulo	→	Kg/m^3 800
peso specifico effettivo del chicco di cereale	→	Kg/m^3 1.300
peso specifico medio dell'aria alla temperatura ambiente	→	Kg/m^3 1,21
volume effettivo occupato dai chicchi, ovvero frazione del volume unitario occupato dai chicchi (rapportato al volume unitario 1 m^3)	→	m^3 0,615
volume effettivo occupato dall'aria, ovvero frazione del volume unitario occupato dall'aria (rapportato al volume unitario 1 m^3)	→	m^3 0,385

geometria del silo
(D= m 3.5; H =13.5; V = 98.96 m^3)

volume **nominale** di CO2 necessario per portare sotto l'8% la percentuale di O2 nella miscela gassosa residua negli spazi intergranellari del volume unitario → circa **m^3 30**

volume **suggerito** di CO2 da insufflare → circa **m^3 36**

Test sperimentale

n°1 pacco bombole di CO_2 liquida, del peso di circa 160 kg e della capacità di 175 Nm^3



n°1 preriscaldatore idrotermico per gas inerti, avente le seguenti caratteristiche:

- portata massima 50 Nm^3/h di CO_2 gassosa
- pressione massima d'esercizio 250 bar, TS °C -20 / +70
- dimensioni esterne 600x300x300mm
- alimentazione 220 V – 50 Hz , potenza 1500 W
- peso 12 kg

una serie di tubazioni flessibili ad alta pressione da 2" con valvole di dosaggio ed intercettazione

un bocchello di insufflaggio da 2" con valvola di intercettazione

quadro elettrico di comando e controllo

una sonda portatile per la misurazione istantanea di CO_2 ed O_2 gassosi

un'asta di supporto della sonda, della lunghezza adattabile da 0,00 a 4,00 m

Il test vero e proprio è iniziato alle ore 11,45 del 20/04/2013 e si è concluso alle ore 13,15 → **1 ora e 30 minuti**

sviluppandosi con le seguenti modalità

misurazione delle **caratteristiche dell'aria** negli spazi intergranellari, **prima dell'insufflaggio di CO_2** ed a diverse profondità nella massa insilata → **O_2 - 20.80%, CO_2 - 0.01 %;**

insufflaggio di CO_2 dal basso onde consentire la progressiva espulsione verso l'alto dell'aria inclusa negli spazi intergranellari, in virtù del maggior peso specifico della CO_2 rispetto all'aria

portata media di insufflaggio **30 Nm^3/h**

Misurazioni

dalle **11,45** alle 12,30	nessuna modifica sensibile dei valori misurati dalla sonda
dalle 12,30 alle 12,45	la percentuale di CO_2 è lentamente salita da 0,01 ad 8,00 %, mentre la percentuale di O_2 scendeva dal 20,80 al 20,00 %
dalle 12,45 alle **12,55**	la percentuale di CO_2 è rapidamente salita da 8,00 ad 70,00 %, mentre la percentuale di **O_2 scendeva dal 20,80 al 8,00 %;**
dalle 12,55 alle **13,00**	la percentuale di CO_2 è salita da 70,00 ad 75,00 %, mentre **la percentuale di O_2 scendeva dal 8,00 al 4,50 %** e ciò anche a 0,5 m di profondità nella massa insilata
dalle 13,00 alle 13,15	nessuna modifica significativa dei valori sopraindicati

Considerazioni emerse dal test sperimentale

il **volume di CO_2 nominale** da insufflare per l'inertizzazione era di **30 Nm^3**

il **volume di CO_2 suggerito** da insufflare per l'inertizzazione era di **36 Nm^3**, per compensare eventuali perdite

la portata media di insufflaggio era di **30 Nm^3/h**



il risultato cercato, **ossia di percentuale residua di O_2 inferiore all'8% è stato raggiunto dopo un'ora**, probabilmente in quanto la tipologia del silos tramoggiato e completamente metallico limitava al minimo le perdite

i **volumi di CO_2** suggeriti da insufflare nei silos più grandi corrispondono a **500 m^3**, ovvero a quanto erogabile di fatto da **n°3 pacchi bombole da 150 kg**



il **tempo di insufflaggio sarebbe di 10 h** utilizzando il vaporizzatore di test avente portata max di 50 Nm^3/h, ma decisamente inferiore, ovvero di **4 ore** utilizzando un **vaporizzatore autotrasportato avente portata max di 150 Nm^3/h**

Le **misure di sicurezza contro il rischio autocombustione** sono soprattutto idonee alla **salvaguardia del prodotto insilato** che eccede di gran lunga il valore del silo di stoccaggio.

Il **limite di applicabilità** del metodo è riferito alla **tipologia di silo**, in particolare per quanto riguarda la distribuzione uniforme dei canali di ventilazione/insufflazione di gas inerte e la minimizzazione delle perdite del gas insufflato

Inoltre questo processo richiede **tempi discretamente lunghi** in quanto la **velocità di insufflazione del gas CO_2 deve essere contenuta** (di norma non superiore a 150Nm^3/h) onde evitare di sollevare polvere dal pelo libero della massa insilata e conseguentemente di portare alla formazione di miscela aria polvere nel rapporto potenzialmente esplosivo, e di evitare l'insorgere di camini preferenziali all'interno della massa stessa.

Ulteriore **limitazione** può essere **l'approvvigionamento di una quantità sufficiente di CO_2 in tempi ragionevoli**; a questo proposito nello stabilimento dovrà essere conservato o reso immediatamente disponibile un quantitativo di CO_2 sufficiente a sopperire i tempi di consegna del restante volume di gas necessario per l'inertizzazione completa ed il relativo evaporatore, oltre alla predisposizione dei bocchelli per il collegamento

Si dovrà infine definire un **contratto di servizio** attrezzato con i**mpianto mobile di stoccaggio e vaporizzazione CO_2**, avente le caratteristiche di potenzialità e portata corrispondenti almeno a quelle sopraindicate per il silo di massima dimensione **disponibile ad erogare il servizio entro il termine massimo di 36 h dalla chiamata**.
Le 36 ore indicate come limite massimo di intervento sono in linea con i contratti tipo stipulabili con i fornitori di gas tecnici locali

In conclusione si ritiene che **l'installazione di un sistema di inertizzazione a CO_2** sia una **valida misura di sicurezza antincendio** con un costo non eccessivo se paragonato ad esempio al costo d'installazione e manutenzione di un impianto idranti integrato con l'erogazione a pioggia sui silos; erogazione a pioggia che in caso di predisposizione del sistema d'inertizzazione può risultare non necessaria

Non si deve inoltre dimenticare che il sistema d'inertizzazione permette di preservare anche il materiale insilato non ancora soggetto a fenomeni di fermentazione o combustione e **rendere sicure le delicate operazioni di scarico**

Arrivederci ……..



…… Buon Lavoro