

**2° modulo formativo - 5 marzo 2025 ore 14:30 (webinar)**

# **SICUREZZA NEGLI STABILIMENTI SEMPLICI. CASI INCIDENTALI IN CUI LA GRAVITÀ DELL'EVENTO (E DEGLI EFFETTI) PRESCINDE DALLA COMPLESSITÀ DEL PROCESSO**

**Caso 1: esplosione durante movimentazione in  
magazzino di stoccaggio chemicals solidi**

# Esplosione durante movimentazione in magazzino di stoccaggio chemicals solidi

- Stabilimento: stoccaggio, movimentazione e manipolaz. prodotti chimici di base
- Area: 50000 m<sup>2</sup> – area industriale
- Produzione: 330.000 tonnellate di prodotti chimici
- Capacità: stoccaggio permanente di oltre 300 prodotti
- Unità coinvolta: capannone solidi A coperto, in cemento armato prefabbricato, di circa 3000 m<sup>2</sup>, adibito allo stoccaggio di prodotti chimici di base, solidi incombustibili e prodotti comburenti

# Veduta aerea stabilimento

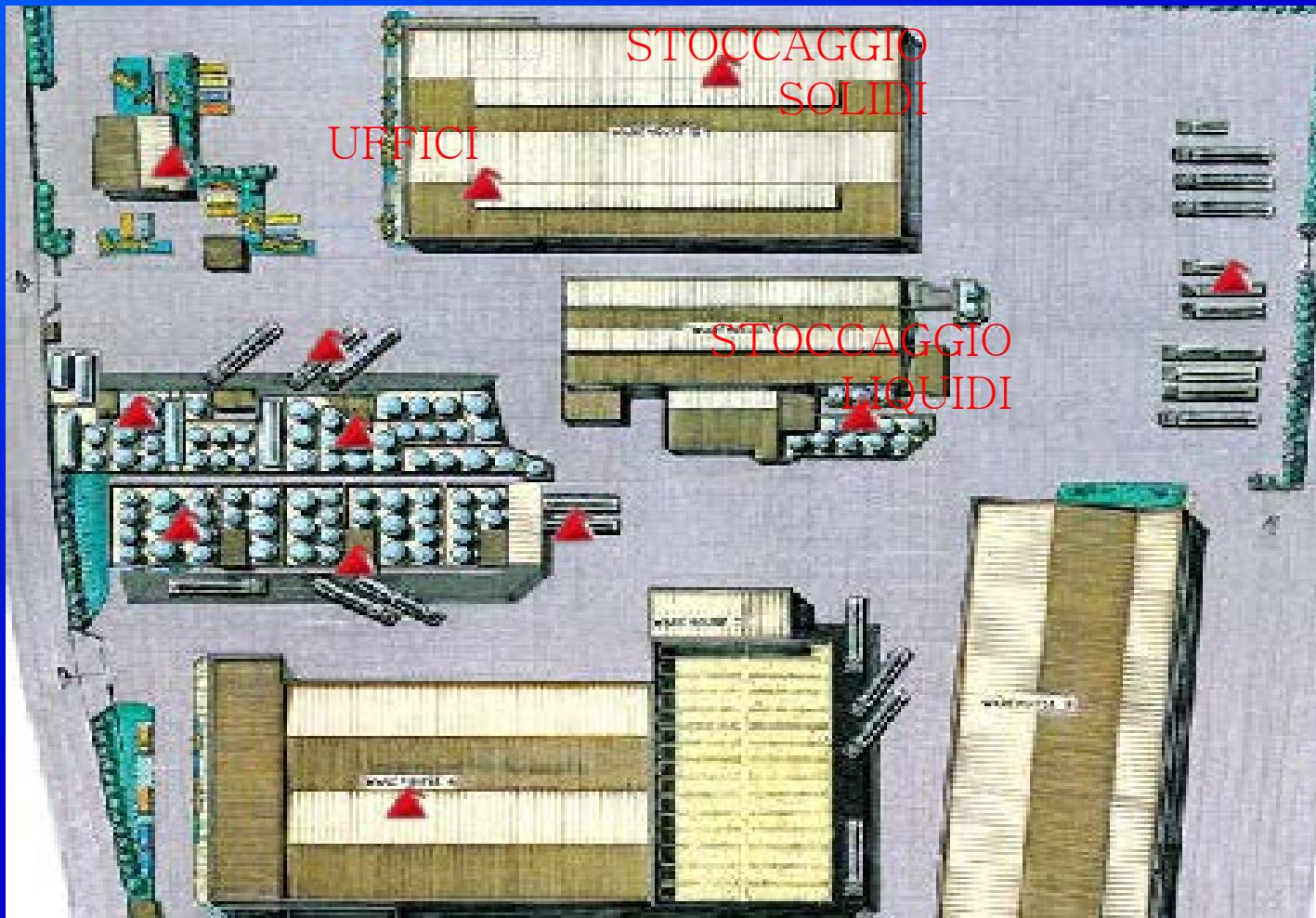


# Composizione Deposito

*(parte in esercizio al momento dell'evento)*

- Capannone solidi A (3000 m<sup>2</sup> in cemento armato prefabbricato):
  - stoccaggio/movimentazione prodotti chimici di base, solidi incombustibili e prodotti comburenti
  - apposito locale interno tipo bunker da 200 m<sup>2</sup>, compartmentato REI 120, per stoccaggio fusti metallici di prodotto combustibile (idrosolfito di sodio)
  - movimentazione prodotti con carrelli elevatori diesel, no operazioni di lavorazione-trattamento
  - lato sud adiacente a uffici commerciali/amministrativi, separati da area stoccaggio con muro REI 90, e protetti da impianto di spegnimento a lama d'acqua
- adiacente capannone contenente carboni attivi e soda; piazzale esterno adibito a deposito di cisternette da 1 m<sup>3</sup>, cisterne da 3000l e fusti di prodotti chimici, 3 parchi serbatoi fuori terra (area liquidi), di cui 2 contigui

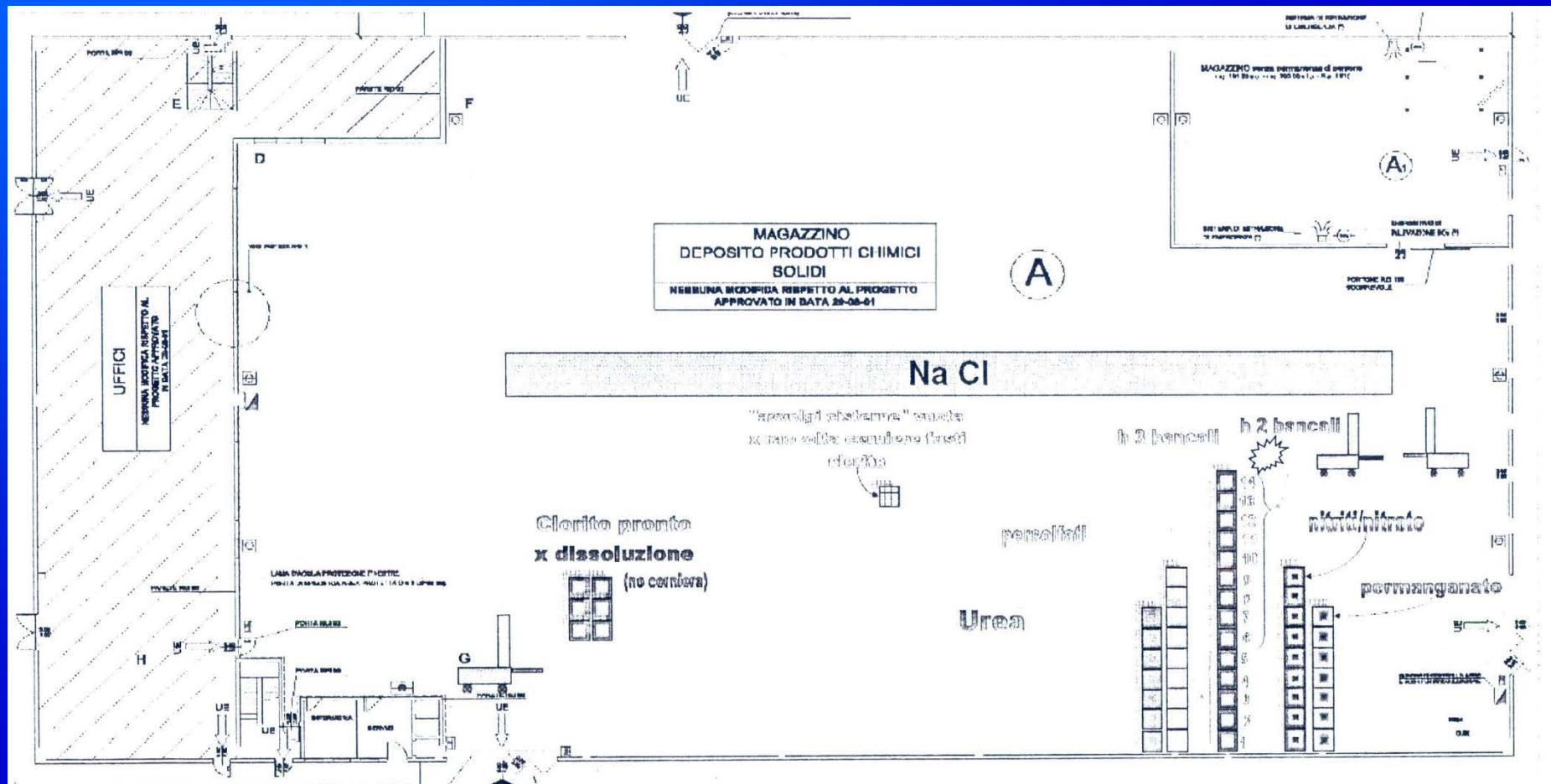
# Planimetria Stabilimento



# Unità/Apparecchiatura sorgente *situazione al momento dell'incidente*

- il capannone A stoccava prodotti solidi in sacchi e fusti metallici in ferro da 50 kg confezionati su bancali di 16 fusti per bancale; bancali sovrapposti in doppia fila e/o tripla fila, per un'altezza massima di 4 m. Fusti omologati ADR (diam. 35 cm, h 46 cm), dotati di coperchio metallico chiuso da anello a leva e sigillo di sicurezza (**rimosso nel capannone A, prima del trasporto all'impianto di dissoluzione**)
- incidente originatosi in area stoccaggio comburenti, nella zona bancali clorito di sodio in polvere cristallina. Presenti circa 30 t di clorito di sodio in fusti pronti per il trasporto all'impianto di dissoluzione nell'area stoccaggio liquidi
- presenti 2 operatori magazzinieri a bordo di 2 carrelli elevatori affiancati: 1 dipendente, 1 lavoratore interinale. 3° magazziniere situato in zona a ridosso uffici

# Planimetria Unità Capannone A



# Sequenza eventi incidente (1)

- ore 11.20: l'operatore dipendente facendo erroneamente retromarcia con carrello elevatore diesel all'interno del magazzino sezione comburenti, urtava con la parte posteriore del carrello un bancale di fusti metallici da 50 kg contenenti clorito di sodio in polvere cristallina
- l'impatto del carrello ha spinto indietro la fila inferiore di fusti del bancale colpito, e ha sbilanciato alcuni fusti della fila superiore che cadevano al successivo riavanzamento del carrello; uno o più fusti caduti si sono aperti rovesciando il contenuto di clorito a terra
- avvertito sibilo dopo lo sversamento del clorito al suolo, con contemporanea presenza di fiamma e sviluppo di nuvola di polvere di prodotto al centro dello sversamento

# Sequenza eventi incidente (2)

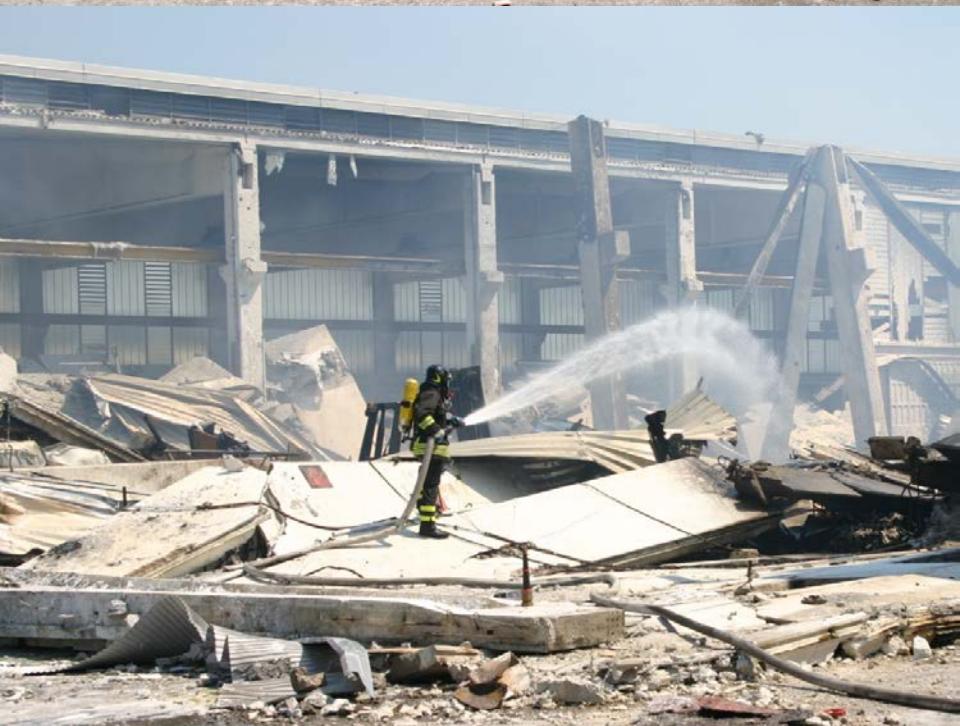
- mentre gli operatori si allontanavano vs presidi antincendio si verificava la **deflagrazione principale**, con collasso parziale del capannone A (pilastri laterali e di copertura), conseguente crollo pareti di tamponamento e travi a doppia falda lato NE
- **operatore interno veniva travolto dal crollo**: rinvenuto il suo corpo all'esterno del perimetro verso le 15.30; operatore interinale scaraventato sul piazzale esterno prima del crollo: in tal modo rimaneva solo contuso e ustionato; portato nel vicino ospedale veniva dimesso in serata
- effettuate prove sperimentali per individuare probabili cause presso la Stazione Sperimentale Combustibili

# Conseguenze - danni

- danni a persone: 1 morto (magazziniere dipendente), 1 ferito (magazziniere interinale) contuso ed ustionato con ustioni di 1° grado, ospedalizzato e dimesso in serata
- danni materiali: danni interni corrispondenti a circa 3.2 mil. euro (danni strutturali e perdita materiale), di cui circa 810.000 euro di prodotto perso. Danni strutturali al capannone A, danni a tamponamenti interni degli uffici. Danni su capannone adiacente con modesti danni al materiale interno stoccati (carboni attivi e soda)
- danni ambiente: monitoraggio ARPA, proseguito nel giorno successivo, con misura di concentrazioni gas pericolosi tramite esplosimetri e drager, non ha evidenziato valori significativi per nessuna sostanza all'esterno dello stabilimento. All'interno riscontrata la presenza di NH<sub>3</sub> e HCN tali da rendere necessaria la maschera con filtro per le 48 ore successive all'evento

# Capannone A danneggiato







# Fusti Clorito Esplosi



Accumulo stoccaggio  
dei materiali nel  
magazzino



# Cause

- errata manovra di muletto all'interno dell'area comburenti ha causato urto e **caduta fusti di clorito di sodio**, fuoriuscita prodotto solido in cristalli, sviluppo nuvola di polvere di prodotto nel punto dello sversamento, successiva deflagrazione
  - fusti dotati di coperchio metallico chiuso da anello metallico a leva e **sigillo di sicurezza (spina)**, che veniva rimosso nel capannone A, prima del trasporto all'impianto di dissoluzione
  - tutto il clorito di sodio presente nel capannone (circa 30 t) è stato coinvolto nell'evento
- ➔ ipotesi più credibile: **clorito di sodio sversato avrebbe reagito con una sostanza incompatibile** presente sul luogo dello sversamento (ipotizzato acido peracetico poiché riscontrate tracce); tale reazione esotermica avrebbe innalzato la T fino a raggiungere le condizioni di decomposizione del clorito di sodio e la successiva esplosione

# Cause di radice

- prove sperimentali finalizzate ad individuare le cause di radice, che possano giustificare lo sviluppo di una simile esplosione dallo sversamento di qualche fusto di clorito, sono state effettuate presso la Stazione Sperimentale Combustibili, presso cui si sono rivolti i CTU per l'indagine
- durante le indagini, riscontrata la presenza contemporanea di sostanza incompatibile nel capannone A, sia per presa visione della situazione in essere (rilievi fotografici) che da campionamenti successivi analizzati
- in particolare, 2 giorni dopo l'evento è stata identificata la presenza di tracce di acido peracetico nel punto dell'esplosione. Il contatto di tale sostanza con il clorito sversato può generare esplosione, gas infiammabili e pressurizzazione dell'ambiente, come sperimentato dall'ARPA e indicato nella scheda di sicurezza del clorito di sodio

# Scheda di sicurezza clorito di sodio (NaClO<sub>2</sub>)

- H272 Può aggravare un incendio; comburente.  
H301 Tossico se ingerito.  
H310 Letale per contatto con la pelle.  
H330 Letale se inalato.  
H314 Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari.  
H400 Molto tossico per gli organismi acquatici.
  - reagisce violentemente con acidi, composti di ammonio, fosforo, cloro,... causando pericolo di esplosione;
  - decomposizione esplosiva per forte riscaldamento a circa 180°-200°C con produzione di fumi tossici e corrosivi
- ⇒ ipotizzata decomposizione successiva del clorito di sodio presente nel capannone, a causa della elevata T raggiunta per la violenta reazione esotermica iniziale dovuta a contatto con l'acido

# Scheda di sicurezza acido peracetico (perossido organico)

- H226 - Liquido e vapori infiammabili  
H242 - Rischio d'incendio per riscaldamento  
H271 - Può provocare incendio o esplos.; molto comburente  
H332 - Nocivo se inalato  
H400 - Molto tossico per gli organismi acquatici
- Si decompone al calore
- Rischio d'incendio per riscaldamento
- Potenziale pericolo per reazioni esotermiche
- Può provocare l'accensione di materie combustibili
- Il contatto con prodotti infiammabili può provocare incendi od esplosioni
- Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato
- Fiamma o calore intenso possono causare la brusca rottura degli imballaggi

# Cause di radice

- rinvenuta presenza di 1 cisternetta da 1000 l di acido peracetico al 15% stoccata all'esterno del magazzino, trovata danneggiata (per il crollo) e quasi vuota vicino al portone di accesso, zona soggetta a dilavamento da parte dei VVF per molte ore
- inoltre, presenza nel capannone A di un bancale di fusti di plastica blu contenenti acido peracetico, distante dal punto del rilascio; l'azienda ha dichiarato che tale presenza, non corretta trattandosi di prodotto incompatibile oltre che liquido, era temporanea e dettata dalla dinamica di magazzino; elemento che conduce ad ipotizzare una non corretta gestione di magazzino

# Fustini acido peracetico



Integri perché lontani  
dall' esplosione e  
successivamente  
spostati.

muletto

Evidenza della presenza  
di fustini di acido  
peracetico nell' area  
dell' esplosione, a  
fianco del muletto  
coinvolto



# Macerie residue nell'area dell'esplosione



Acido peracetico



# Causa di radice

Nella relazione CTU ...:

- “esplosione dovuta ad innescò di clorito di sodio a seguito di surriscaldamento da reazione di clorito con acido peracetico o con altre sostanze che possono dar luogo a reazioni incompatibili... Cause riconducibili a reazione indesiderata, non voluta e non valutata, fra clorito di sodio e acido peracetico o altre sostanze”
- “prove di miscelazione con acido peracetico hanno mostrato che la reazione tra quest'ultimo ed il clorito di sodio è fortemente esotermica ed immediata a T ambiente (30°C)...l'energia liberata da una reazione incompatibile con acido peracetico può aver innalzato la T di una parte del clorito di sodio presente fino all'innescò della reazione di decomposizione e, l'energia liberata da quest'ultima, può aver portata la T fino alla decomposizione dell'intera massa di clorito presente...Il forte sviluppo termico e la formazione di prodotti gassosi conseguenti possono aver portato agli effetti osservati”

# Azioni d'emergenza

- intervento immediato squadra interna: completa evacuazione del personale aziendale, utilizzo idranti ed altri mezzi di estinzione (a polvere e CO<sub>2</sub>) per la prima fase di spegnimento, in attesa dell'arrivo dei VVF esterni contattati
- attivata automaticamente la barriera d'acqua prevista a protezione del corpo uffici; personale evacuato si è riunito nel punto di raccolta ove, dopo l'appello dei presenti si è constatata l'assenza di 1 magazziniere
- VVF intervenuti sul posto con 39 partenze attivate in 3 gg, di squadre da sede centrale e distaccamenti
- incaricata ditta esterna per la messa in sicurezza dell'area e per la rimozione delle macerie; nei giorni successivi ha provveduto, in presenza di ARPA, VVF e ASL, a travasare i prodotti ancora parzialmente presenti nei contenitori danneggiati, mediante pompe, in idonei contenitori nuovi

# Azioni d'emergenza

- incendio (verificatosi insieme all'esplosione e coinvolgente anche il magazzino contiguo) alimentato da legno pallet e materiale plastico di imballo, difficile da affrontare per la presenza di vapori tossico-nocivi e per la possibile reazione con acqua di prodotti incompatibili. Richiesto intervento di personale specialistico VVF dell'NBCR
- domate le fiamme, VVF proseguivano con abbattimento vapori dei prodotti chimici che continuavano a formarsi sia per il calore che per la perdita di contenimento di contenitori schiacciati dagli elementi crollati
- alle 12,30 giungeva sul posto l'ARPA che proseguiva alla misura di concentrazioni di gas pericolosi liberati tramite esplosimetri e drager

# Azioni d'emergenza

- alle 15.30: rinvenuto dai VVF (fuori dal confine lato Nord) corpo magazziniere disperso schiacciato da 2 pannelli perimetrali di tamponamento capannone, sopra i quali era crollata la trave a doppia falda di testa
- spegnimento focolai protratto fino a sera; protratte fino a mattina successiva raffreddamento e rimozione prodotti chimici in contenitori aperti, per la messa in sicurezza dell'area
- consigliato riparo al chiuso (finestre-porte chiuse) dal Comune, per le prime 2-3 ore dopo l'incidente, agli occupanti dell'area entro 200m dal luogo, nonostante non rilevati contaminanti dannosi alla popolazione
- altre Autorità intervenute: ASL, Carabinieri, vice-Prefetto, Protezione Civile, Sindaco, Assessore ecologia, tecnico del Comune, Vigili Urbani, Polizia. Vigili urbani e Protezione Civile hanno provveduto ad interrompere il traffico su strade adiacenti stabilimento per circa 2 ore

# Analisi fattori gestionali – scheda

| Rif. n. xx   | Data xx  | Titolo: esplosione capannone solidi stabilimento chimico   |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| <b>Descrizione tecnica sintetica dell'evento:</b> Esplosione ed incendio di capannone (A), originati da rilascio di clorito di sodio da fusti metallici, urtati da mezzo elevatore (muletto) per errore di manovra dell'operatore. L'esplosione, sviluppatasi poi a catena, coinvolgeva altri fusti e sacche di sostanze pericolose presenti nel capannone, e l'onda d'urto così generata determinava il collasso dello stesso capannone. Il crollo della struttura provocava il decesso per schiacciamento dell'operatore, l'onda d'urto feriva un 2° operatore presente, ospedalizzato poi fino a sera. L'onda d'urto danneggiava il capannone di solidi adiacente, determinandone il collasso di parte della struttura; estensione di minimi focolai nel 2° capannone per proiezione di scintille. Sviluppo di nube a fungo di colore inizialmente chiaro (particolato strutture collassate) e poi nero (fumi combusti). Attivazione emergenza interna ed intervento immediato dei VVF esterni di diversi distaccamenti e provincie dell'area. Intervento dell'ARPA per monitoraggio a campione della qualità dell'aria nella zona limitrofa al capannone esploso. Messa in sicurezza stabilimento ed intercettazione rete fognaria. Estinzione completa delle fiamme nel pomeriggio. Intervento Forze dell'ordine e autorità locali. Successivi controlli ambientali sulle acque reflue. |  |  |  |  |  |
| <b>Sistemi tecnici critici:</b> fusto metallico, muletto   |  |  |  |  |  |
| Fattore gestionale   | Descrizione  | Azioni intraprese  | Azioni previste / programmate  |  |  |
| 3.i<br>identificazione pericolosità di sostanze e definizione di criteri/requisiti di sicurezza  | <p>l'innesto poteva essere evitato con attenta valutazione-applicazione delle incompatibilità tra le sostanze</p> <p>non adeguata consultazione delle schede di sicurezza, che esplicitavano il rischio associato alla incompatibilità tra sostanze pericolose</p> <p>collocazione sostanze in zona a spazio limitato, strutture non adeguate alle reali necessità aziendali</p> |  | <p>miglioramento delle procedure di gestione ed analisi delle Schede di Sicurezza</p> <p>ampliamento magazzino con costruzione di 2 nuovi capannoni</p>  |  |  |
| 3.iii<br>pianificazione adeguamenti impiantistici e gestionali per la riduzione dei rischi   | <p>necessità miglioramento gestione allocazione-movimentazione delle sostanze incompatibili e/o pericolose stoccate nel magazzino</p> <p>necessità miglioramento indicazione puntuale di tipologia, posizione e quantitativi delle sostanze stoccate, stante la potenziale incompatibilità tra le stesse pur se appartenenti alla stessa categoria</p>                           | <p>predisposte procedure gestionali per il controllo delle quantità e compatibilità dei prodotti stoccati, in particolare predisposta una planimetria dettagliata con indicazione delle destinazioni d'uso</p> | <p>definizione di una matrice di compatibilità delle sostanze pericolose (liquidi e solidi) ed identificazione delle corrispondenti aree di stoccaggio interne ed esterne e nei bacini di contenimento</p> |  |  |

# Analisi fattori gestionali – scheda

| Fattore gestionale  | Descrizione  | Azioni intraprese  | Azioni previste / programmate  |
|---|--|--|--|
| <b>2.iii<br/>Attività di formazione ed addestramento</b>  | <p>l'errata manovra di muletto da parte del magazziniere nell'area comburenti ha causato l'urto e la caduta di fusti di clorito di sodio, con fuoriuscita di prodotto solido in cristalli</p> <p>non adeguata formazione specifica dei magazzinieri sulla pericolosità delle sostanze manipolate</p> | intensificazione della azione di informazione e formazione del personale operativo | potenziamento delle azioni di vigilanza e controllo sul rispetto delle Procedure Operative e delle Istruzioni tecniche da parte del personale operativo<br>revisione ed aggiornamento delle procedure dei Sistemi gestionali di qualità e di sicurezza e pianificazione della conseguente azione formativa sui soggetti responsabili coinvolti |
| <b>4.iii Procedure operative ed istruzioni nelle condizioni normali, anomale e di emergenza</b> | Fusti metallici dotati di coperchio chiuso da anello a leva e sigillo di sicurezza, che veniva erroneamente rimosso nel capannone A, prima del trasporto all'impianto di dissoluzione  | Modifica operativa di procedura di rimozione sigillo sicurezza da fusti            |  |
| <b>3.ii<br/>Analisi di sicurezza</b><br><b>5.i gestione delle modifiche</b>                     | Mancata considerazione, nella analisi preventiva del rischio, di possibili rischi connessi a modifiche della natura delle sostanze pericolose detenute e della destinazione d'uso dei serbatoi e delle aree interne ed esterne di stoccaggio e degli impianti di lavorazione                         |  | Aggiornamento analisi di rischio con considerazione di tutte le possibili ipotesi incidentali in area magazzino  |