

**ALLEGATO 2: CASO STUDIO ESPLOSIONE PRESSO CAPANNONE  
DARKEM SITO IN SCARMAGNO**

Quantità di sostanze presenti nel capannone al momento dell'esplosione.

- Si fa riferimento alla Tabella 9 pag. 160 della Consulenza Tecnica.
- Per quanto riguarda le quantità considerate, si prende in esame il quantitativo massimo accertato tra SIT e documenti di sequestro.

| <b>SOSTANZA</b>                         | <b>QUANTITA'</b><br><b>(ton.)</b> | <b>Indicazioni riferite ai dati</b>                          |
|---|-----------------------------------|--|
| Perborato di sodio                      | 0,5                               |  |
| Perclorato di sodio                     | 4                                 |  |
| Clorato di sodio                        | 21,8                              |  |
| Perclorato di potassio                  | 25                                |  |
| Nitrato di stronzio                     | 10                                |  |
| Nitrato di bario                        | 10                                |  |
| Clorato di potassio                     | 5                                 |  |
| Nitrito di sodio                        | 30                                | La quantità si riferisce alla somma delle tre sostanze.      |
| Nitrito di potassio                     |                                   |  |
| Nitrato di sodio                        |                                   |  |
| Nitrato di potassio                     | 24                                |  |
| Solfato di idrossilammina               | 23                                |  |
| PEG (polietilenglicole)<br>1500<PM<6000 | 60                                | Valore massimo riscontrato tra SIT e documenti di sequestro. |
| lignite                                 | 0,1                               |  |
| soda caustica                           | 1                                 |  |
| calcio formiato                         | 24                                |  |
| acido adipico                           | 0,049                             |  |
| <b>TOTALE</b>                           | <b>216</b>                        |  |

| <b>Sostanza</b><br><b>Solfato di idrossilammina</b> | <b>Valore</b> | <b>Unità di misura</b> | <b>Fonte di origine dei dati individuati.</b> |
|---|---------------|------------------------|---|
|   |               |                        | MSDS Applichem                                |
| Quantità  | 23000         | kg                     | Consulenza tecnica.                           |
| Temperatura di fusione                              | 170           | °C                     | Consulenza tecnica.                           |
| Valori di pH a 20 °C                                | 3,6           |                        | Wikipedia                                     |
| Densità a 20 °C                                     | 1,88          | g/cm <sup>3</sup>      | Wikipedia                                     |
| Densità apparente a 20 °C                           | 1100          | kg/m <sup>3</sup>      | Wikipedia                                     |
| Solubilità con acqua a 20 °C:                       | 587           | g/l                    | Wikipedia                                     |
| Massa molecolare                                    | 164,14        | g/mol                  | Wikipedia                                     |
| Aspetto   | solido bianco |                        | Consulenza tecnica.                           |

|  |  |              |   |
|--|--|--------------|---|
| frasi H                                | 290 - 351 - 3<br>02 - 312 - 37<br>3 - 319 - 315<br>- 317 - 400 |              | Wikipedia   |
| consigli P                             | 281 - 273 - 3<br>08+313 - 305<br>+351+338                      |              | Wikipedia   |
| frasi R                                | R2, R21/22,<br>R36/38, R40,<br>R43, R48/22<br>, R50            |              | Wikipedia   |
| NFPA flammability Rating               | 1  |              | Wikipedia   |
| NFPA reactivity Rating                 | 2  |              | Wikipedia   |
| NFPA Health Rating                     | 3  |              | Wikipedia   |
| Densità relativa                       | 1,67   | acqua = 1    | Wikipedia   |
| Energia di decomposizione              | 1818   | J/g          | Consulenza tecnica.   |
| (dP/dt) <sub>max</sub> sostanza solida | >5200  | psia/min     | Comparison of the thermal decomposition behavior for members of the hydroxylamine family; Lizbeth O. Cisneros, William J. Rogers, M. Sam Mannan               |
| Temperatura di autoaccensione          | 144  | °C           | Comparison of the thermal decomposition behavior for members of the hydroxylamine family; Lizbeth O. Cisneros, William J. Rogers, M. Sam Mannan               |
| P <sub>max</sub> sostanza solida       | 103,4  | bar          | Comparison of the thermal decomposition behavior for members of the hydroxylamine family; Lizbeth O. Cisneros, William J. Rogers, M. Sam Mannan               |
| linear burning velocity (100°C)        | 0,07   | cm/sec       | <a href="http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/295766.pdf">http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/295766.pdf</a>   |
| Vapor Pressure:                        | 3.35E-05   | mmHg at 25°C | <a href="http://www.molbase.com/en/properties_10039-54-0-moldata-37274.html#tabs">http://www.molbase.com/en/properties_10039-54-0-moldata-37274.html#tabs</a> |

| <b>Sostanza</b><br><b>Clorato di potassio</b> | <i>Valore</i>               | <i>Unità di misura</i> | <i>Fonte di origine dei dati individuati.</i>  |
|---|-----------------------------|------------------------|--|
| <i>QUANTITA'</i>                              | 5000                        | Kg                     | Consulenza tecnica.  |
| <i>Temperatura di fusione</i>                 | 356                         | °C                     | Consulenza tecnica.  |
| <i>Densità a 20 °C</i>                        | 2,32                        | g/cm <sup>3</sup>      | Wikipedia  |
| <i>Solubilità con acqua a 20 °C:</i>          | 73                          | g/l                    | Wikipedia  |
| <i>massa molecolare</i>                       | 122,55                      | g/mol                  | Wikipedia  |
| <i>aspetto</i>                                | Solido<br>Bianco<br>Inodore |                        | Wikipedia  |
| <i>frasi H</i>                                | 271 - 302 - 3<br>32 - 411   |                        | Wikipedia  |
| <i>consigli P</i>                             | 210 - 221 - 2<br>73         |                        | Wikipedia  |
| <i>frasi R</i>                                | 9-20/22-<br>51/53           |                        | Wikipedia  |
| <i>NFPA flammability Rating</i>               | 0                           |                        | Appendix A Fire & Explosion Index Dow  |
| <i>NFPA reactivity Rating</i>                 | 3                           |                        | Appendix A Fire & Explosion Index Dow  |
| <i>NFPA Health Rating</i>                     | 2                           |                        | Appendix A Fire & Explosion Index Dow  |
| <i>NFPA special hazard</i>                    | OXIDIER                     |                        | Wikipedia  |
| <i>Energia di decomposizione</i>              | 1344                        | J/g                    | Consulenza tecnica.  |
| <i>Temperatura di autoaccensione</i>          | 472                         | °C                     | Thermal decomposition of pyrotechnic mixtures containing sucrose with either potassium chlorate or potassium perchlorate |
| <i>Boiling Point</i>                          | 400                         | °C                     | Wikipedia  |
| <i>Entalpia di formazione Std</i>             | -391,2                      | KJ/mol                 | Wikipedia  |
| <i>Melting point</i>                          | 356                         | °C                     | Chemistry_of_Pyrotechnics-<br>_Basic_Principles_and<br>_Theory_Conkling  |
| <i>Calore di reazione</i>                     | -10,6                       | Kcal/mol               | Wikipedia  |

## **La metodologia RAMSES 4**

- Applicazione di RAMSES 4 all'esplosione presso il capannone di stoccaggio Darkem sito in Scarmagno.
- Dato che si è in presenza di un elevato numero di sostanze stoccate, bisognerebbe calcolare gli indici per ogni sostanza. Si è deciso di soffermarsi principalmente su Solfato di idrossilammina, Clorato di potassio, Perclorato di potassio, e PEG essendo una sostanza combustibile.
- Nel presente lavoro si riporta il calcolo effettuato per il Solfato di Idrossilammina, che restituisce gli indici di rischio maggiori.

| <b>INDICI DI PERICOLO ASSOCIATI AGLI AGENTI CHIMICI</b> |  |
|---|--|
| <b><i>I<sub>Pe</sub></i></b>                            | indice pericolo per irraggiamento/onda di pressione (esplosione) |
| <b><i>I<sub>pt</sub></i></b>                            | indice di pericolo per inalazione a seguito di esplosione        |

$$I_{Pe} = 2.5 + IPI + IPC1 + IPC2 + IPE1 + IPE2$$

| <b>SOLFATO DI IDROSSILAMMINA</b> |   |               |   |
|----------------------------------|---|---------------|---|
|                                  | <b><i>Descrizione indice</i></b>  | <b>Valore</b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>  |
| <b><i>IPI</i></b>                | <i>energia di innesco</i>   | 0,6           |   |
| <b><i>IPC1</i></b>               | <i>facilità di ingresso nel campo di esplosibilità in base alla temperatura</i> | 0             | Secondo il metodo non dovrei attribuire nessun valore all'indice in funzione delle frasi H e R della sostanza; nella realtà si nota l'elevata pericolosità della sostanza e quindi la carenza del metodo. |
| <b><i>IPC2</i></b>               | <i>ampiezza del campo di esplosibilità</i>                                      | N.D.          |   |
| <b><i>IPE1</i></b>               | <i>intensità dell'esplosione</i>  | 0,8           | Pmax ottenuta da letteratura; Pmax= 103,42 bar  |
| <b><i>IPE2</i></b>               | <i>velocità massima di aumento della pressione nel tempo</i>                    | 0,2           | Non sono stati trovati valori di Kst, per questo ho utilizzato la legge cubica per il calcolo del Kst, utilizzando dP/dtmax e il volume della sfera di misura utilizzata (130 cm <sup>3</sup> ).          |

| <b>CLORATO DI POTASSIO</b> |   |               |  |
|----------------------------|---|---------------|--|
|                            | <b><i>Descrizione indice</i></b>  | <b>Valore</b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>   |
| <b><i>IPI</i></b>          | <i>energia di innesco</i>   | 0,2           | Temp. di accensione >300°C.  |
| <b><i>IPC1</i></b>         | <i>facilità di ingresso nel campo di esplosibilità in base alla temperatura</i> | N.D.          | H271 – Può provocare un incendio o un'esplosione; molto comburente. R 9: Può esplodere reagendo con sostanze combustibili. In realtà il metodo non ne tiene conto. |
| <b><i>IPC2</i></b>         | <i>ampiezza del campo di esplosibilità</i>                                      | N.D.          | DATO NON PRESENTE  |
| <b><i>IPE1</i></b>         | <i>intensità dell'esplosione</i>  | N.D.          | DATO NON PRESENTE  |
| <b><i>IPE2</i></b>         | <i>velocità massima di aumento della pressione nel tempo</i>                    | N.D.          | DATO NON PRESENTE  |

- Data la completezza dei dati e i valori maggiori ottenuti, si è deciso di riferire il calcolo nelle fasi successive al Solfato di Idrossilammina.

|            | <b>VALORE</b> | <b>VALORE FINALE</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>   |
|------------|---------------|----------------------|---|
| <b>IPe</b> | 4,1           | 4,725                | "Nessuna particolare condizione tra quelle riportate dal metodo Ramses 4. Dati ricavati da fonti diverse, senza possibilità di confronto dei singoli dati. Almeno alcuni dei dati utilizzati derivano da misure sperimentali sull'agente considerato. |
| <b>IPt</b> | 5             | 5,625                | Basandosi sul valore di NFPA Health Rating (3) si assegna l'indice di pericolo corrispondente.  |

**INDICE DI RISCHIO PER SORGENTE DI EMISSIONE**

|   |
|---|
| $IRE-SE = IPE + \Delta_{zona} + \Delta_{inneschi} + \Delta_{danni\ esplosione} + KSE-E$ |
| $IRT-SE = IPT + \Delta_{zona} + \Delta_{inneschi} + \Delta_{danni\ tossicità} + KSE-T$  |

| <b>VOLUME INTERNO FUSTI DI STOCCAGGIO</b> |  |               |  |
|---|--|---------------|--|
|   | <b>Descrizione indice</b>  | <b>VALORE</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
| $\Delta_{zona}$                           | Variatione del rischio dovuto alla classificazione della Zona  | -5            | Non è presente la classificazione delle zone secondo direttive ATEX. Solo per procedere con il calcolo si ipotizza una zona ATEX 22.   |
| $\Delta_{inneschi}$                       | Variatione del rischio dovuto alla probabilità di presenza di Sorgenti di Accensione                   | -3            | "Combustione di uno strato di polveri o di altro materiale combustibile"; secondo la relazione l'innesco può essere dovuto a "stoccaggio di materiale caratterizzato da classi di stoccaggio non compatibili". Si considera che l'innesco possa avvenire durante guasti prevedibili. |
| $\Delta_{danni\ espl.}$                   | Variatione del rischio dovuto all'entità dei danni diretti da esplosione                               | 3,87          |  |
| $\Delta_{danni\ toss.}$                   | Variatione del rischio dovuto all'entità dei danni indiretti da tossicità dei prodotti di combustione. | 3,5           |  |
| <b>KSE-E</b>                              | Costante per Sorgente di Emissione rischio esplosione  | 3             |  |
| <b>KSE-T</b>                              | Costante per Sorgente di Emissione rischio tossico   | 3             |  |

| <b>Tipo di nube</b>                     | <b>Espressione di f</b>                   | <b>Valore numerico</b> |
|---|---|------------------------|
| nube completamente confinata            | $f = 10(\text{Log}(P_{max})/1,19 + 0,33)$ |                        |
| nube parzialmente confinata             | $f = 10(\text{Log}(P_{max})/1,09 - 0,33)$ | <b>328,5874312</b>     |
| nube non confinata                      | $f = 10(\text{Log}(P_{max})/0,98 - 1,48)$ |                        |
| $d=f*V^{(1/3)}$ : distanza di danno (m) | <b>757,0532582</b>                        |                        |
| Distanza di danno t (m)                 | <b>Non rilevante</b>                      |                        |

| <b>Fattori di correzione della distanza di danno</b>       | <b>Valore</b> |
|--|---------------|
| Possibilità di ignizione ad alta intensità                 | 2             |
| Possibile effetto domino                                   | 5             |
| Sono presenti sistemi antincendio ad intervento automatico | 0,9           |
| distanza di danno corretta (m)                             | 7571,43       |
| distanza di danno corretta rischio tossico (m)             | 3785,26       |

|        | <i>Descrizione indice</i>                                 | <i>Valore finale</i> | <i>Classe di rischio</i> |
|--------|---|----------------------|--------------------------|
| IRE-SE | Indice di Rischio da Esplosione per Sorgente di Emissione | <b>3,604</b>         | <b>MODERATO</b>          |
| IRT-SE | Indice di Rischio da Tossicità per Sorgente di Emissione  | <b>4,203</b>         | <b>ALTO</b>              |

| <i>INDICE</i>            | <i>INDICE DI RISCHIO PER MANSIONE</i>  | <i>VALORE</i> | <i>Ipotesi e considerazioni varie</i>  |
|--------------------------|--|---------------|--|
| <b>IRE-SE</b>            | Indice di Rischio da Esplosione per Sorgente di Emissione  | 3,60          |  |
| <b>IRT-SE</b>            | Indice di Rischio da Tossicità per Sorgente di Emissione   | 4,20          |  |
| $\Delta_{PROSSIMITA'-E}$ | Variazione del rischio dovuto alla posizione della mansione all'interno dell'area dei danni diretti da esplosione                              | 1             | "In prossimità del confine del volume esplosivo", si considera il fatto che può accadere che l'operatore si trovi vicino la sostanza pericolosa. |
| $\Delta_{PROSSIMITA'-T}$ | Variazione del rischio dovuto alla posizione della mansione all'interno dell'area dei danni indiretti da tossicità dei prodotti di combustione | 1             |  |
| $\Delta_{FREQUENZA}$     | Variazione del rischio dovuto frequenza della presenza della mansione  | -1,7          | Dalle dichiarazioni riportate si evince che l'orario lavorativo è di 8 ore lavorative al giorno per 40 ore settimanali.                          |
| $\Delta_{FORMAZIONE}$    | Variazione del rischio dovuto al livello di formazione della mansione  | 1             | Insufficiente informazione sui rischi da atmosfere esplosive.  |
| <b>KM-E</b>              | Costante per Mansione rischio esplosione   | 2             |  |
| <b>KM-T</b>              | Costante per Mansione rischio tossico  | 2             |  |

|              | <i>Descrizione indice</i>                    | <i>VALORE FINALE</i> | <i>LIVELLO DI RISCHIO</i> |
|--------------|--|----------------------|---------------------------|
| <b>IRE-M</b> | Indice di Rischio da Esplosione per Mansione | <b>5,9</b>           | <b>ALTO</b>               |
| <b>IRT-M</b> | Indice di Rischio da Tossicità per Mansione  | <b>6,5</b>           | <b>ALTO</b>               |

## **SW&HI: safety weighted hazard index**

- Applicazione di SW&HI all'esplosione presso il deposito commerciale Carmagnani Piemonte S.p.A.

| <i>Simbolo</i> | <i>proprietà</i>             | <i>valore</i> |
|----------------|------------------------------|---------------|
| M              | Quantità presente (Kg)       | 23000         |
| Hc             | calore di combustione kJ/mol | 298,4         |
| K              | costante                     | 3,148         |
| PP             | pressione (kPa)              | 101,325       |
| V              | volume (m3)                  | 12,23         |
| VP             | tensione vapore (kPa)        | 0,000004466   |
| T              | temperatura °C               | 20            |
| AP             | pressione atm. (kPa)         | 101,325       |

|          | <i>Descrizione termine SW&amp;HI</i>  | <i>Valore</i> |
|----------|---|---------------|
| <b>B</b> | <i>misura quantitativa del danno causato dall'unità di processo.<br/>area che considera il 50% della probabilità di danno</i> | <b>448,44</b> |
| <b>A</b> | <i>crediti riferiti ai sistemi di controllo e sicurezza installati per contenere</i>  | <b>2,352</b>  |

| <i>Indice di Rischio</i> | <i>Valore</i> | <i>Classe di rischio</i> |
|--------------------------|---------------|--------------------------|
| SW&HI                    | <b>190,6</b>  | <b>ESTREMO</b>           |

### **UNITA' DI STOCCAGGIO**

| <i>Espressione Fattore energetico</i>                    | <i>Valore Fattore energetico</i> |
|--|----------------------------------|
| $F1 = 0.1 * M * (Hc)/K$                                  | <b>218022,55</b>                 |
| $F2 = \frac{6}{K} * PP * V = 1.304 * 10^{-3} * PP * V$   | <b>1,61</b>                      |
| $F3 = 1 * 10^{-3} * \frac{1}{T + 273} * (PP - VP)^2 * V$ | <b>0,428</b>                     |

| <i>Espressione</i>                                    | <i>VALORE</i> |
|---|---------------|
| $HP=(F1*pn1+F*pn2) *pn3*pn4*pn5*pn6*pn7*pn8*pn9*pn10$ | 836179,1      |
| $B1=4.76*(hazard\ potential)^{1/3}$                   | 448,4         |

| <i>Simbolo</i> | <i>Penalità</i>                           | <i>Valore</i> | <i>Ipotesi e considerazioni</i>  |
|----------------|---|---------------|--|
| <i>Pn1</i>     | <i>Effetto della Temperatura</i>          | <b>1,1</b>    | Temperatura ambiente   |
| <i>Pn2</i>     | <i>Effetto della Pressione</i>            | <b>1,1</b>    | Pressione atmosferica  |
| <i>Pn3</i>     | <i>Effetto vicinanza unità pericolosa</i> | <b>1,1</b>    | In realtà nelle prossimità del magazzino non sono presenti altre unità separate da questo che possano essere considerate pericolose. |

|            |   |               |  |
|------------|---|---------------|--|
| <i>Pn4</i> | <i>Effetto della quantità di sostanza</i>                           | <b>1,15</b>   | In realtà il rapporto $Nf/Nr < 1$ , ma considero la curva relativa al rapporto unitario.   |
| <i>Pn5</i> | <i>Effetto delle caratteristiche di reattività e infiammabilità</i> | <b>1</b>      |  |
| <i>Pn6</i> | <i>% spazio occupato dall'unità</i>                                 | <b>1,2528</b> | Area stimata di 714 m <sup>2</sup> .   |
| <i>Pn7</i> | <i>Effetto fattori esterni</i>                                      | <b>1,1</b>    | Scarmagno zona sismica: 4  |
| <i>Pn8</i> | <i>Effetto fattori sociali</i>                                      | <b>2</b>      | Effettuando un'analisi storica, anche dalle dichiarazioni rese, si evince come nel passato DARKEM sia stata oggetto di atti dolosi ripetuti nel tempo. |

$$A = 0.15 * (1 + cr1) * (1 + cr2) * (1 + cr3) * (1 + cr3) * (1 + cr4) * (1 + cr5) * (1 + cr6) * (1 + cr7) * (1 + cr8)$$

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>                                 |
|---------------|----------------|---|
| <i>cr1=</i>   | 0,5            |   |
| <i>cr11</i>   | 0,1            | Assenza Certificato prevenzione incendi, pag. 194 Consulenza tecnica. |
| <i>cr12</i>   | 0,2            | Comunicazioni di tipo telefoniche.                                    |
| <i>cr13</i>   | 0,1            | Assenza Certificato prevenzione incendi, pag. 194 Consulenza tecnica. |
| <i>cr14</i>   | 0,1            | Non vi sono ospedali nelle vicinanze del sito                         |
| <i>cr15</i>   | 0              | Non vengono svolte prove antincendio.                                 |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
|---------------|----------------|--|
| <i>cr2=</i>   | 1,4            |  |
| <i>cr21</i>   | 0,8            | Ci sono 5 dipendenti in generale nel sito, numero molto basso.   |
| <i>cr22</i>   | 0,5            | Sono presenti dispositivi antincendio, ma la loro quantità e disponibilità non è stata mai soggetta a valutazione. |
| <i>cr23</i>   | 0              | Non sono mai stati effettuati corsi di formazione del personale, pag. 211,212 Consulenza tecnica.                  |
| <i>cr24</i>   | 0              |  |
| <i>cr25</i>   | 0              |  |
| <i>cr26</i>   | 0,1            |  |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
|---------------|----------------|--|
| <i>cr3=</i>   | 0,65           |  |
| <i>cr31</i>   | 0              |  |
| <i>cr321</i>  | 0              |  |
| <i>cr322</i>  | 0,2            |  |
| <i>cr323</i>  | 0,25           | "Estintori sia in polvere che in CO2", dichiarazioni pag.218 Consulenza tecnica. |
| <i>cr324</i>  | 0              |  |
| <i>cr325</i>  | 0,2            | "Rilevatori antifumo", dichiarazioni pag.218 Consulenza tecnica.                 |
| <i>cr33</i>   | 0              |  |
| <i>cr34</i>   | 0              |  |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>   |
|---------------|----------------|---|
| <i>cr4=</i>   | 0              | Non sono presenti sistemi di controllo. |
| <i>cr41</i>   | 0              |   |
| <i>cr42</i>   | 0              |   |
| <i>cr43</i>   | 0              |   |
| <i>cr44</i>   | 0              |   |
| <i>cr45</i>   | 0              |   |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b> |
|---------------|----------------|---------------------------------------|
| <i>cr5=</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr51</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr52</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr53</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr54</i>   | 0              |                                       |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b> |
|---------------|----------------|---------------------------------------|
| <i>cr6=</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr61</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr62</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr63</i>   | 0              |                                       |
| <i>cr64</i>   | 0              |                                       |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>                             |
|---------------|----------------|---|
| <i>cr7a=</i>  | 0,1            | L'operatore deve compiere completamente manualmente l'operazione. |

| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
|---------------|----------------|--|
| <i>cr7b=</i>  | 1,3            | In assenza di dati ci riferiamo ad un valore medio (0.4), tranne che per il senso di sicurezza data la mancanza totale di corsi di formazione degli operatori. |
| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
| <i>cr7=</i>   | 1,7            |  |
| <b>Indice</b> | <b>Credito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>  |
| <i>cr8=</i>   | 0,1            | Errore operativo di omissione o commissione  |

## **Fire And Explosion Index**

| <i>Indice</i> | <i>Descrizione fattore</i>                    | <i>Valore</i> | <i>Ipotesi e considerazioni</i>   |
|---------------|---|---------------|---|
| MF            | <i>Material Factor solfato idrossilammina</i> | 14            |   |
|               | <i>Material Factor clorato di potassio</i>    | 29            | Il valore di Nr viene aumentato di 1, in quanto la sostanza è un forte ossidante. |
|               | <i>Material Factor perclorato di potassio</i> | 24            | Il valore di Nr viene aumentato di 1, in quanto la sostanza è un forte ossidante. |

- considero il valore di MF maggiore tra le varie sostanze coinvolte, che mi porta ad avere un F&EI maggiore.
- Il calcolo si riferisce al Clorato di potassio.

|          |   |             |   |
|----------|---|-------------|---|
| Nh       | <i>NFPA Health rating (Nh)</i>  | 3           |   |
| Nf       | <i>NFPA Flammability rating (Nf)</i>  | 1           |   |
| Ni       | <i>NFPA Instability rating (Ni)</i>   | 3           |   |
| 1A       | <i>Exothermic Reaction (range of input 0.3 - 1.25)</i>                          | 0,00        | Nessuna reazione esotermica durante le normali operazioni.  |
| 1B       | <i>Endothermic Reaction (input range 0.2 - 0.4)</i>                             | 0,00        | Nessuna reazione endotermica durante le normali operazioni.   |
| 1C       | <i>Material Handling and Transfer (input range 0.25 - 0.8)</i>                  | 0,00        | Nf max=1 per questo non viene considerato.  |
| 1D       | <i>Enclosed or Indoor Process or storage Units handling Flammable materials</i> | 0,00        |   |
| 1E       | <i>Ease of Access for Emergency Responders</i>                                  | 0,20        | L'area è di massimo 714 m <sup>2</sup> .  |
| 1F       | <i>Drainage and Spill Control</i>   | 0,00        | Flash point > 60°C.   |
| <b>1</b> | <b>General Process Hazards</b>  | <b>1,20</b> |   |
| 2A       | <i>Toxicity of the material handled.</i>  | 0,60        | Riferito al Solfato di idrossilammina.  |
| 2B       | <i>Process or Storage operates at vacuum (&lt;500mmHg) -penalty 0.5</i>         | 0,00        |   |
| 2C       | <i>Operation in or near the flammable range (input range 0.0 - 0.8)</i>         | 0,20        | Si è in presenza di soli prodotti allo stato SOLIDO. La sostanza è immagazzinata su scaffalature senza irrigatori integrati nel telaio. |
| 2D       | <i>Dust Explosion (input range 0.0 - 2.0)</i>                                   | 0,25        | Si tratta per lo più di confezioni di materiale solido in polvere o in pastiglie.   |
| 2E       | <i>Pressure Penalty</i>   | 0,00        | Lo stoccaggio avviene a pressione atmosferica, secondo il metodo non devo attribuire nessuna penalità                                   |
| 2F       | <i>Low Temperature Operation</i>  | 0,00        | Sono soddisfatti tutti i requisiti. Penalità= 0.  |
| 2G1      | <i>Combustible and Flammable materials in Process</i>                           | 0,00        |   |
| 2G2      | <i>Liquids or gases in Storage</i>  | 0,00        |   |
| 2G3      | <i>Solids in Storage or Process</i>   | 0,00        |   |
| 2H       | <i>Corrosion and Erosion (input range 0.0 - 0.75)</i>                           | 0,00        |   |
| 2I       | <i>Leakage, Joints, packing, flexible joints</i>                                | 0,40        | Problemi dovuti all' imballaggio dei materiali.   |
| 2J       | <i>Use of Fired Equipment (fig 6)</i>   | 0,00        |   |
| 2K       | <i>Hot Oil Heat Exchange Equipment (table 5)</i>                                | 0,00        |   |
| 2L       | <i>Rotating Equipment</i>   | 0,00        |   |
| <b>2</b> | <b>Special Process Hazards</b>  | <b>2,80</b> |   |

| <b>Indice F&amp;EI</b>          | <b>Valore</b> | <b>Classe di rischio</b> |
|---------------------------------|---------------|--------------------------|
| <b>Fire and Explosion Index</b> | <b>97,44</b>  | <b>Intermedio</b>        |

- Il valore dei fattori di credito se non presenti è posto uguale a 1.

Process control credit factor (C1):

| <b>Caratteristica</b>                    | <b>Credito attribuito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>                                    |
|--|---------------------------|--|
| <i>emergency power</i>                   | 1                         | Le misure adottate in condizioni di emergenza non sono automatiche.      |
| <i>cooling</i>                           | 1                         | Non è previsto nessun sistema di raffreddamento.                         |
| <i>explosion control</i>                 | 1                         | Credito non destinato a sfiati di emergenza dei serbatoi di stoccaggio.  |
| <i>emergency shutdown</i>                | 1                         | Nessuna procedura di emergenza. Assenza certificato prevenzione incendi. |
| <i>computer control</i>                  | 1                         |  |
| <i>inert gas</i>                         | 1                         |  |
| <i>operating instructions/procedures</i> | 1,                        | Nessuna procedura scritta.   |
| <i>reactive chemical review</i>          | 1                         | Esercitazioni non eseguite.  |

| <b>Fattore di credito</b>                 | <b>simbolo</b> | <b>Valore finale</b> |
|---|----------------|----------------------|
| <i>Process control credit factor (C1)</i> | <i>C1</i>      | <i>1</i>             |

Material Isolation credit factor (C2):

| <b>Caratteristica</b>        | <b>Credito attribuito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>             |
|------------------------------|---------------------------|---|
| <i>remote control valves</i> | 1                         | Nessun sistema di controllo remoto delle valvole. |
| <i>dump/ blowdown</i>        | 1                         |   |
| <i>drainage</i>              | 1                         |   |
| <i>interlock</i>             | 1                         |   |

| <b>Fattore di credito</b>               | <b>simbolo</b> | <b>Valore finale</b> |
|---|----------------|----------------------|
| <i>Material Isolation credit factor</i> | <i>C2</i>      | <i>1</i>             |

Fire protection credit factor (C3):

| <b>Caratteristica</b>                | <b>Credito attribuito</b> | <b>Ipotesi e considerazioni varie</b>                     |
|--------------------------------------|---------------------------|---|
| <i>leak detection</i>                | 1                         | Non vi sono gas detectors                                 |
| <i>structural steel</i>              | 1                         | non è presente ignifugazione dei materiali                |
| <i>fire water supply</i>             | 0,97                      |   |
| <i>special system</i>                | 0,91                      | ad esempio estintori a CO2.                               |
| <i>sprinkler system</i>              | 1                         | Si parla solo di sistemi di rilevazione del fumo.         |
| <i>water curtains</i>                | 1                         |   |
| <i>foam</i>                          | 1                         | Solo estintori manuali e manichette interne al magazzino. |
| <i>hand exstinguishers/ monitors</i> | 0,98                      |   |
| <i>cable protection</i>              | 1                         |   |
| <i>buried and double wall tanks</i>  | 1                         | Non vi sono gas detectors                                 |

---

| <i>Fattore di credito</i>            | <i>simbolo</i> | <i>Valore finale</i> |
|--------------------------------------|----------------|----------------------|
| <i>Fire protection credit factor</i> | <i>C3</i>      | 0,865046             |

|   |                |             |   |
|---|----------------|-------------|---|
| <b><i>CREDIT FACTORS (C)</i></b>                            | $C1 * C2 * C3$ | 0,865       |   |
| <i>Fire and explosion index after compensation F&amp;EI</i> | $F&EI * C$     | <b>84,3</b> | Classe di Rischio residuo:<br><b>Moderato</b> |

## *The Mond Index Procedure*

- UNITA' DI PROCESSO: Magazzino di stoccaggio di prodotti solidi Darkem sito in Scarmagno.
- SOSTANZA CHIAVE: Anche se vi sono altri materiali pericolosi, la sostanza che può maggiormente essere responsabile di condizioni di pericolo è il Solfato di Idrossilammina.
- INFORMAZIONI AGGIUNTIVE:

Pressione: 14,7 psia

Temperatura: 20 °C

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <b><i>MATERIAL FACTOR</i></b>  |                               |
| <i>key material or mixture</i> | Solfato di Idrossilammina     |
| <i>factor determined by</i>    | Marginally flammable material |
| <i>material factor (B)</i>     | 0,78                          |

### **SPECIAL MATERIAL HAZARDS TOTAL**

| <i>Descrizione del fattore</i>                   | <i>Valore</i> | <i>Ipotesi e considerazioni varie</i>   |
|--|---------------|---|
| <i>oxidising materials</i>                       | 20            | Il fattore viene dato anche se la sostanza ossidante non è quella chiave ma altre presenti nel sito.  |
| <i>gives combustible gas with water</i>          | 30            |   |
| <i>mixing and dispersion characteristics (m)</i> | 0             | Anche se le dimensioni delle particelle non sono note, l'esplosione che si è generata è più assimilabile ad un'esplosione di massa, rispetto a polvere dispersa in aria.  |
| <i>subject to spontaneous heating</i>            | 0             |   |
| <i>may rapidly spontaneously polymerise</i>      | 0             |   |
| <i>ignition sensitivity</i>                      | -25           | Tabella 1.4 pag 67 del manuale: "Dust solid and explosive materials". Per assegnare un indice, non avendo un valore di Ignition energy, si considera l'indice IPI di RAMSES assegnato in base alla temperatura di accensione della nube, che mi porta ad avere una MIE compresa tra 10-50 mJ. |
| <i>subject to explosive decomposition</i>        | 0             |   |
| <i>subject to gaseous detonation</i>             | 0             |   |
| <i>condensed phase properties</i>                | 1000          | Si considera la sostanza come in grado di dare detonazione.   |
| <i>other</i>                                     |               |   |
| <b><i>SPECIAL MATERIAL HAZARDS TOTAL</i></b>     | 1025          |   |

### **GENERAL PROCESS HAZARDS TOTAL**

| <i>Descrizione del fattore</i>            | <i>Valore</i> | <i>Ipotesi e considerazioni varie</i> |
|---|---------------|---------------------------------------|
| <i>handling and physical changes only</i> | 10            | Stoccaggio di materiale infiammabile. |
| <i>reaction characteristics</i>           | 0             | No reazioni comprese.                 |
| <i>batch reactions</i>                    | 0             |                                       |
| <i>multiplicity of reactions</i>          |               |                                       |

|   |            |   |
|---|------------|---|
| <i>material transfer</i>                    | 50         | Riempimento o svuotamento, operazioni attraverso un coperchio, una copertura o una presa di fondo aperta. |
| <i>transportable containers</i>             | 100        | Trasporto di materiale in contenitori di plastica tipo sacchetti.   |
| <b><u>GENERAL PROCESS HAZARDS TOTAL</u></b> | <b>160</b> |   |

**SPECIALPROCESS HAZARDS TOTAL**

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b>           | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>   |
|---|----------------------|--|
| <i>low pressure (below 15 psia)</i>             | 0                    | Pressione atmosferica.   |
| <i>high pressure</i>                            | 0                    |  |
| <i>low temperature</i>                          | 0                    |  |
| <i>1) carbon steel +10°C to -25°C</i>           | 0                    |  |
| <i>2) carbon steel below -25°C</i>              | 0                    |  |
| <i>3) other materials</i>                       | 0                    |  |
| <i>high temperature</i>                         | 0                    |  |
| <i>1) flammable material</i>                    | 0                    |  |
| <i>2) material strenght</i>                     | 0                    |  |
| <i>corrosion and erosion</i>                    | 0                    |  |
| <i>joint and packing leakages</i>               | 0                    |  |
| <i>vibration, load cycling etc.</i>             | 0                    |  |
| <i>processes/reactions difficult to control</i> | 0                    |  |
| <i>operation in or near flammable range</i>     | 0                    |  |
| <i>greater than average explosion hazard</i>    | 0                    |  |
| <i>dust or mist explosion hazard</i>            | 70                   | “La pericolosità dei tipi di sostanze stoccate, nonché delle modalità di stoccaggio delle stesse, è evidente.” |
| <i>high strength oxidants</i>                   | 0                    | Si considerano ossidanti liquidi o gassosi.  |
| <i>process ignition sensitivity</i>             | 0                    |  |
| <i>electrostatic hazards</i>                    | 75                   | Elevata presenza di polveri nel sito.  |
| <b><u>SPECIALPROCESS HAZARDS TOTAL</u></b>      | <b>145</b>           |  |

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b> | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>                      |
|---------------------------------------|----------------------|---|
| <i>material total tonnes</i>          | 216                  |   |
| <i>quantity factor</i>                | 100                  | Si è utilizzata la figura 6 del manuale.                          |
| <b><u>LAYOUT HAZARDS</u></b>          |                      |   |
| <i>height in metres</i>               | 9                    | Si è considerata l'altezza del magazzino                          |
| <i>working area square metres</i>     | 26,58                | Lunghezza della zona stoccaggio per una larghezza di mezzo metro. |
| <i>structure design</i>               | 50                   | Riferito all'unità di stoccaggio.                                 |
| <i>domino effect</i>                  | 200                  |   |
| <i>below ground</i>                   | 0                    |   |
| <i>surface drainage</i>               | 0                    |   |
| <i>other</i>                          | 0                    | Si è considerata l'altezza del magazzino.                         |
| <b><u>LAYOUT HAZARDS TOTAL</u></b>    | <b>250</b>           |   |

**OFFSETTING INDEX VALUES FOR SAFETY & PREVENTATIVE MEASURES**

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b> | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>   |
|---------------------------------------|----------------------|--|
| <i>pressure vessels</i>               | 1                    | Norma BS 5500 sostituita da EN 13445, dipende la categoria dei contenitori in pressione (1,2 o 3). Nessun riferimento. |

|  |                 |   |
|--|-----------------|---|
| <i>non-pressure vertical storage tanks</i>                 | <i>1</i>        | Norma BS 2654, e BS 4741 per basse temperature.                 |
| <i>transfer pipelines</i>                                  |                 |   |
| <i>1) design stresses</i>                                  | <i>1</i>        |   |
| <i>2) joints &amp; packings</i>                            | <i>1</i>        |   |
| <i>addittional containment &amp; bunds</i>                 | <i>1</i>        | Caso studio non corrisponde a nessun requisito.                 |
| <i>leakage detection &amp; response</i>                    | <i>1</i>        | Non vi è presente un sistema di rilevazione perdite automatico. |
| <i>emergency venting or dumping</i>                        | <i>1</i>        |   |
| <b><u>PRODUCT TOTAL OF CONTAINMENT HAZARDS FACTORS</u></b> | <b><i>1</i></b> |   |

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b>                  | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>  |
|--|----------------------|---|
| <i>alarm systems</i>                                   | <i>0,95</i>          | Dove l'operatore ha analizzato l'errore e quindi attiva le azioni correttive.   |
| <i>emergency power supplies</i>                        | <i>1</i>             | Le azioni in emergenza vengono attuate non in maniera automatica ma dall' operatore.  |
| <i>process cooling systems</i>                         | <i>1</i>             | No raffreddamento.  |
| <i>inert gas systems</i>                               | <i>1</i>             | No gas inerte nel sistema.  |
| <i>hazard studies activities</i>                       | <i>1</i>             |   |
| <i>safety shutdown systems</i>                         | <i>1</i>             | Non vi è approntato nessuno studio dei rischi e pericoli presenti nel magazzino.  |
| <i>computer control</i>                                | <i>1</i>             |   |
| <i>explosion/ incorrect reactor protection</i>         | <i>1</i>             |   |
| <i>operating instructions</i>                          | <i>1</i>             | Assenza Documento Valutazione dei Rischi.   |
| <i>plant supervision</i>                               | <i>0,81</i>          | "Efficient plant security system and perimeter patrol to keep out anauthorised persons; effient de-matching and no-smoking system and good control of vehicle movement in hazardous areas." |
| <b><u>PRODUCT TOTAL OF PROCESS CONTROL FACTORS</u></b> | <b><i>0,7695</i></b> |   |

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b>                  | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>                            |
|--|----------------------|---|
| <i>management involvement</i>                          | <i>1</i>             | Assenza Documento Valutazione dei Rischi.                               |
| <i>safety training</i>                                 | <i>1</i>             | Non sono programmati regolarmente corsi di aggiornamento del personale. |
| <i>maintenance &amp; safety procedures</i>             | <i>1</i>             |   |
| <b><u>PRODUCT TOTAL OF SAFETY ATTITUDE FACTORS</u></b> | <b><i>1</i></b>      |   |

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b>                   | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b>                          |
|---|----------------------|---|
| <i>structural fire protection</i>                       | <i>0,95</i>          | Si ipotizza un'unità protetta in 2/3 della sua altezza, valore medio. |
| <i>fire walls, barriers</i>                             | <i>1</i>             |   |
| <i>equipment fire protection</i>                        | <i>1</i>             |   |
| <b><u>PRODUCTS TOTAL OF FIRE PROTECTION FACTORS</u></b> | <b><i>0,95</i></b>   |   |

| <b><i>Descrizione del fattore</i></b> | <b><i>Valore</i></b> | <b><i>Ipotesi e considerazioni varie</i></b> |
|---------------------------------------|----------------------|--|
| <i>valve system</i>                   | <i>1</i>             | Informazioni non disponibili.                |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <i>Ventilation</i>                                 | 1 | Quando la ventilazione dell'unità può essere controllata in remoto in caso di fuoriuscita di materiale. |
| <b>PRODUCT TOTAL OF MATERIAL ISOLATION FACTORS</b> | 1 |   |

| <i>Descrizione del fattore</i>                | <i>Valore</i> | <i>Ipotesi e considerazioni varie</i>   |
|---|---------------|---|
| <i>fire alarms</i>                            | 0,95          | "Fire or smoke detectors which will respond to fire at any point with 2-5 min".   |
| <i>hand held fire extinguishers</i>           | 0,95          | "For an adequate supply of suitable fire extinguishers".  |
| <i>water supply</i>                           | 1             | Informazione non disponibile.   |
| <i>water spray or monitor systems</i>         | 0,97          |   |
| <i>foam &amp; inerting installations</i>      | 1             |   |
| <i>fire brigade attendance</i>                | 0,9           | Dipende dal numero di vigili del fuoco o persone preposte che devono intervenire. Data la non elevata presenza di lavoratori nel magazzino, si considera circa 2 persone. |
| <i>site co-operation in fire fighting</i>     | 1             | Si considera che le esercitazioni antincendio non vengono effettuate regolarmente.  |
| <i>smoke ventilators</i>                      | 1             |   |
| <b>PRODUCT TOTAL OF FIRE FIGHTING FACTORS</b> | <b>0,787</b>  |   |

| <i>Indici di rischio</i>            | <i>Valore</i> | <i>Categoria di rischio</i> |
|-------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| <i>EQUIVALENT DOW INDEX (D)</i>     | 136           |                             |
| <i>FIRE INDEX (F)</i>               | 6,35          | MODERATO                    |
| <i>INTERNAL EXPLOSION INDEX (E)</i> | 14,3          | MOLTO ALTO                  |
| <i>AERIAL EXPLOSION INDEX (A)</i>   | 9,8           | LEGGERO                     |
| <i>OVERALL RISK RATING (R)</i>      | 3210,4        | ALTO (GRUPPO 1)             |

| <i>Indici di rischio residuo</i>       | <i>Valore</i> | <i>Categoria di rischio</i> |
|--|---------------|-----------------------------|
| <i>OFFSET FIRE INDEX</i>               | 0,789         | MODERATO                    |
| <i>OFFSET INTERNAL EXPLOSION INDEX</i> | 3,476         | MOLTO ALTO                  |
| <i>OFFSET AERIAL EXPLOSION INDEX</i>   | 0,22          | LEGGERO                     |
| <i>OFFSET OVERALL RISK RATING</i>      | 246,75        | MODERATO                    |