



# FORMAZIONE

FORMAZIONE E SERVIZI TECNICI SICUREZZA E SALUTE NEI LUOGHI DI LAVORO

## L'ESPLOSIONE

# ESPLOSIONI

**ESPLOSIONE** = rapido sviluppo di una grande quantità di gas provocato da fenomeni fisici o chimici, accompagnato da violenti effetti acustici, termici e meccanici

## Cause:

- **chimiche**
  - *combustione di sostanze infiammabili (gas/vapori/polveri)*
  - *reazioni "fuggitive" (runaway)*
- **fisiche**
  - *vaporizzazione rapida di gas liquefatti (BLEVE)*



# ESPLOSIONI

L'esplosione è il risultato di una rapida espansione di gas dovuta ad una reazione chimica di combustione con rilascio improvviso di energia chimica, termica e meccanica immagazzinata in un sistema fisico.

Gli effetti della esplosione sono: produzione di calore, una onda d'urto ed un picco di pressione.

In funzione alla velocità di propagazione della fiamma nella miscela infiammabile non ancora bruciata si definisce :

**DEFLAGRAZIONE** se velocità' di propagazione è minore di quella del suono  
sovrappressione 7 - 8 volte il valore iniziale

**DETONAZIONE** se velocità' di propagazione superiore a quella del suono  
sovrappressione 15 - 16 volte il valore iniziale

Una esplosione può aver luogo quando gas, vapori o polveri infiammabili, entro il loro campo di esplosività, vengono innescati da una fonte di innesco avente sufficiente energia.

# ESPLOSIONI

## Conseguenze:

- **sovrapressioni**
  - **0,03 bar => rottura vetri**
  - **0,07 bar => danni gravi alla salute**
  - **0,30 bar => crollo di strutture/edifici**
  - **0,35 bar => rottura dei timpani**
  - **0,60 bar => letalità diretta**
- **irraggiamento termico**
  - **5 kW/m<sup>2</sup> => danni gravi alla salute**
  - **7 kW/m<sup>2</sup> => possibili effetti letali**
  - **12,5 kW/m<sup>2</sup> => letalità diretta**

La **sovrapressione** generata da un'esplosione risulta pressoché inversamente proporzionale alla **distanza** dal suo epicentro e dipende da molti fattori, tra cui la **massa** coinvolta e la **geometria** dell'ambiente in cui essa avviene.

Esistono diversi modelli matematici per valutare gli effetti di un'esplosione (*TNT equivalente, Multi-Energy, Baker-Strehlow*).

# ESPLOSIVITA' DI MISCELE INFIAMMABILI

Perché una miscela di una sostanza infiammabile in aria possa esplodere, la sua **concentrazione** dev'essere

- > **Limite Inferiore di Esplosività**
- < **Limite Superiore di Esplosività**

*ad esempio:*

Idrogeno - Aria  
 $4\% < C < 75\%$

Metano - Aria  
 $5\% < C < 15\%$

Ammoniaca - Aria  
 $15\% < C < 27\%$



Nelle analisi di rischio delle esplosioni viene normalmente considerato anche un valore di soglia pari a **metà del L.I.E.** per tenere in conto la presenza di eventuali sacche di gas.

# ESPLOSIVITA' DI MISCELE INFIAMMABILI

Perché una miscela di una sostanza infiammabile esplode, dev'esserci un **innesco** che fornisca l'energia necessaria per avviare la combustione.

L'innesco può essere di molti tipi:

- una fiamma
- una scintilla
- una superficie calda
- un urto
- ...



*diverse miscele esplodibili hanno diverse energie minime di accensione valutabili sperimentalmente:*

Idrogeno - Aria = 0,18 mJ

Metano - Aria = 0,28 mJ

Zucchero - Aria = 45 mJ

# SCENARI INCIDENTALI LEGATI A SOSTANZE INFIAMMABILI



## Incendi

- **Jet-Fire**  
un getto di sostanza infiammabile si incendia
- **Pool-Fire**  
incendio di una pozza di liquido infiammabile
- **Flash-Fire**  
incendio di una nube di vapori infiammabili
- **Fireball**  
una grande massa di vapori infiammabili si incendia senza premiscelazione



# SCENARI INCIDENTALI LEGATI A SOSTANZE INFIAMMABILI



## Esplosioni

Una nube di vapori infiammabili premiscelata con aria può esplodere invece di infiammarsi quando la massa della nube è considerevole e la sostanza ha una bassa stabilità chimica.

**Deflagrazione** - quando il fronte di fiamma si propaga con *velocità subsonica*

**Detonazione** - quando il fronte di fiamma si propaga con *velocità supersonica* (con sovrappressioni molto superiori)

Nella pratica si distingue fra:

- **VCE**  
(Confined) Vapor Cloud Explosion: esplosione di una nube di vapori in luogo confinato
- **UVCE**  
Unconfined Vapor Cloud Explosion: esplosione di una nube di vapori in luogo NON confinato



# SCENARI INCIDENTALI LEGATI A SOSTANZE INFIAMMABILI

Nell'**analisi delle conseguenze**, bisogna anche considerare che **ad una esplosione** di sostanze infiammabili solitamente **fa seguito un incendio** del materiale infiammabile raggiunto dal fronte di fiamma.

Inoltre un'esplosione può causare indirettamente conseguenze ancor più gravi, innescando altri eventi incidentali.

Sono i cosiddetti **effetti domino**.

Ad esempio il danneggiamento di un serbatoio contenente una sostanza pericolosa può portare al rilascio in atmosfera di composti tossici e/o infiammabili con distanze di danno ancor maggiori.



# DISPERSIONE DI GAS E VAPORI

I gas e i vapori in aria si disperdono:

- per **diffusione** molecolare (fenomeno lento dovuto ai moti delle particelle gassose);
- per la **turbolenza** dei moti dell'aria (vento).



Il fenomeno dipende perciò da molti fattori, fra cui:

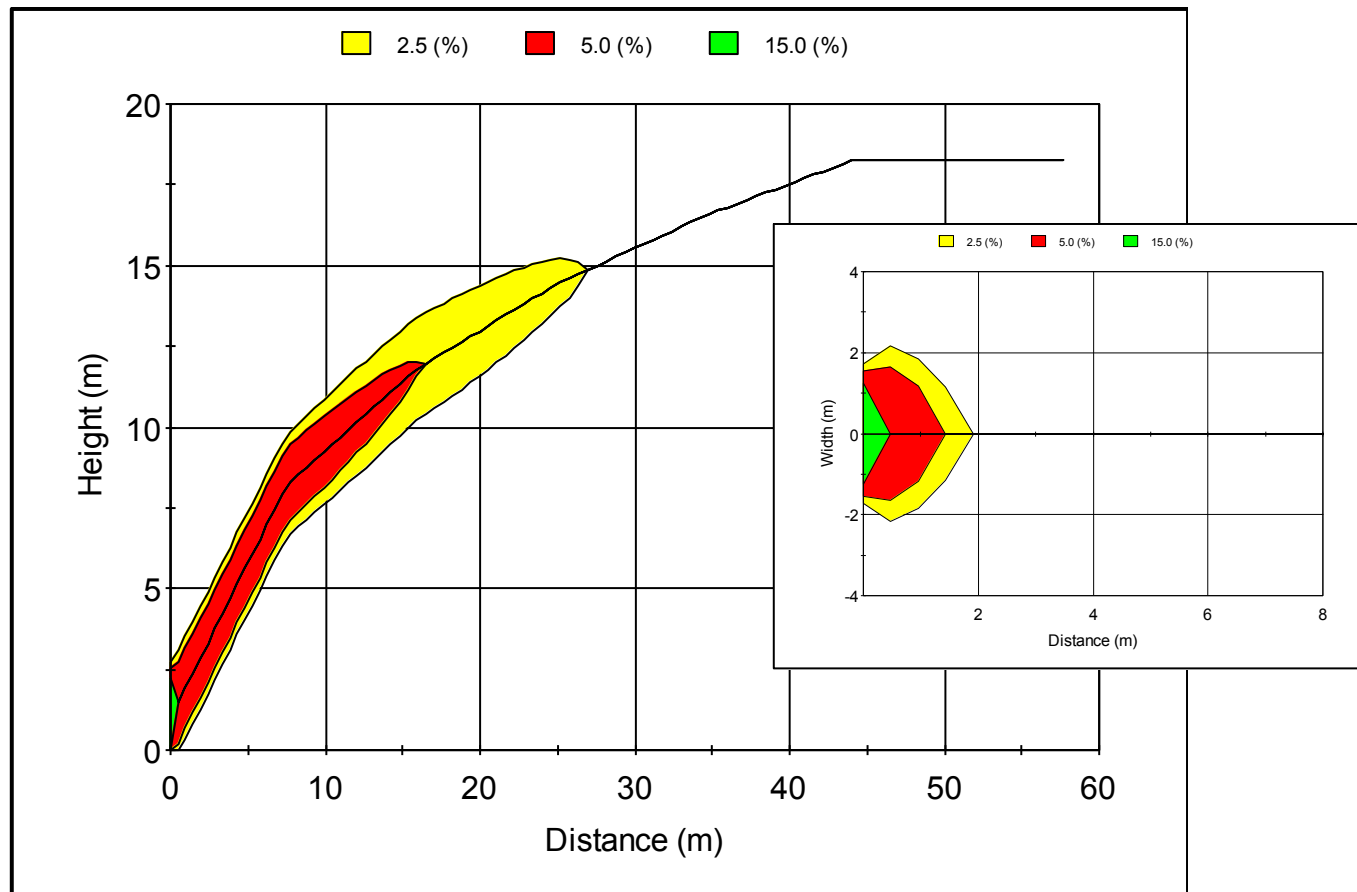
- **portata** dei vapori emessi in atmosfera
- **densità** e **temperatura** dei vapori
- **condizioni meteorologiche** (stabilità atmosferica e velocità del vento)



Questi fattori determinano quindi la **quantità di sostanza** che si trova nel **campo di esplosività** e la distanza a cui un possibile innesco può attivare l'esplosione della miscela.

# METANO

Rilascio da tubazione DN100 a 0,5 barg e 20 °C - Meteo: classe D, vento 5 m/s



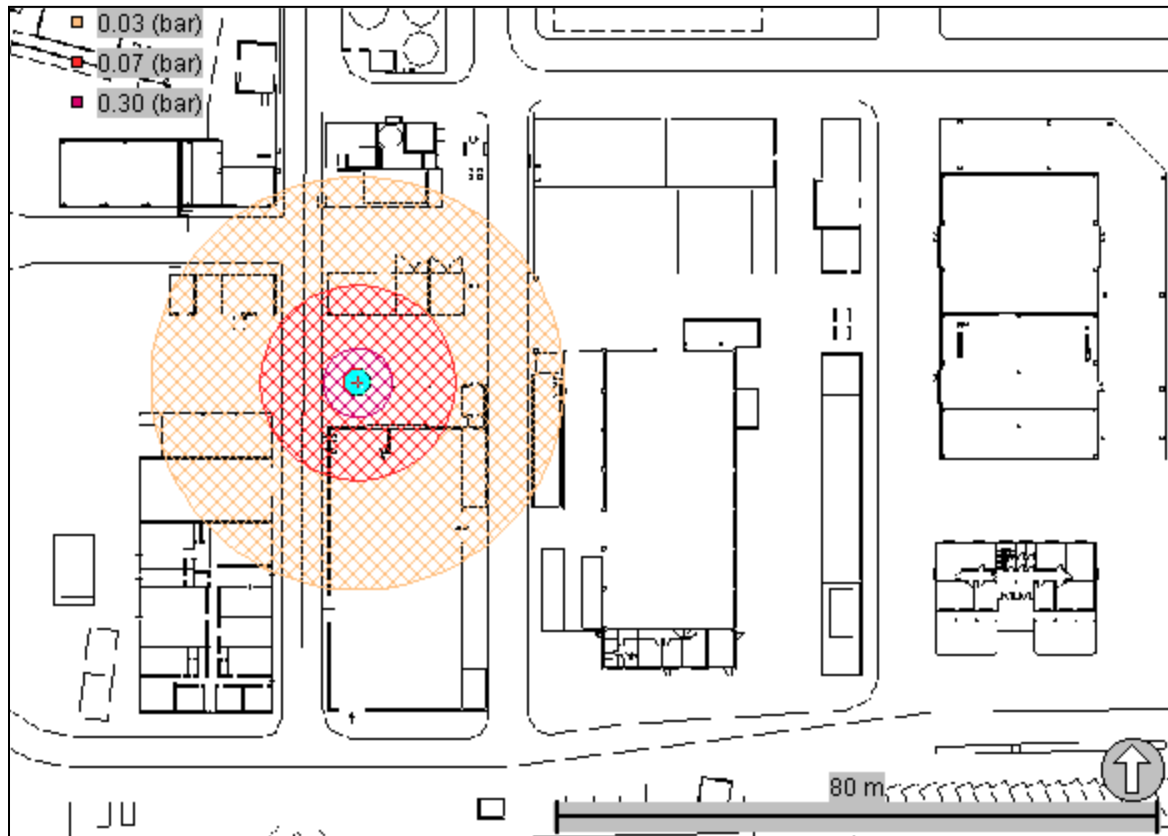
# METANO

***La densità del Metano è minore di quella dell'aria: il gas tende a salire nell'atmosfera se non trova ostacoli.***

Il gas naturale odorizzato è percepibile dall'olfatto a concentrazioni pari a circa un centesimo del LIE (500 p.p.m. di Metano).

# METANO

***La simulazione dello scenario incidentale permette di valutare quali sarebbero le aree coinvolte dall'esplosione.***



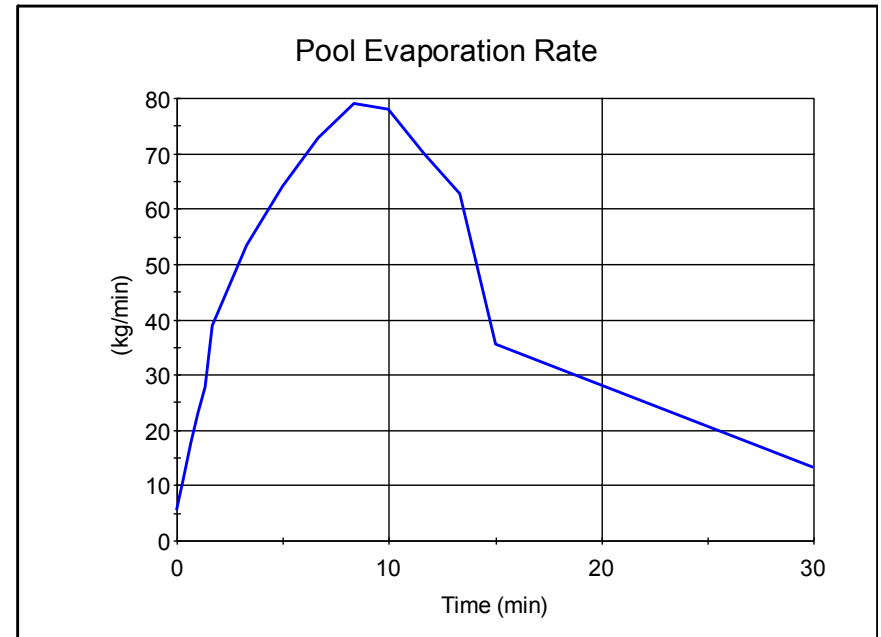
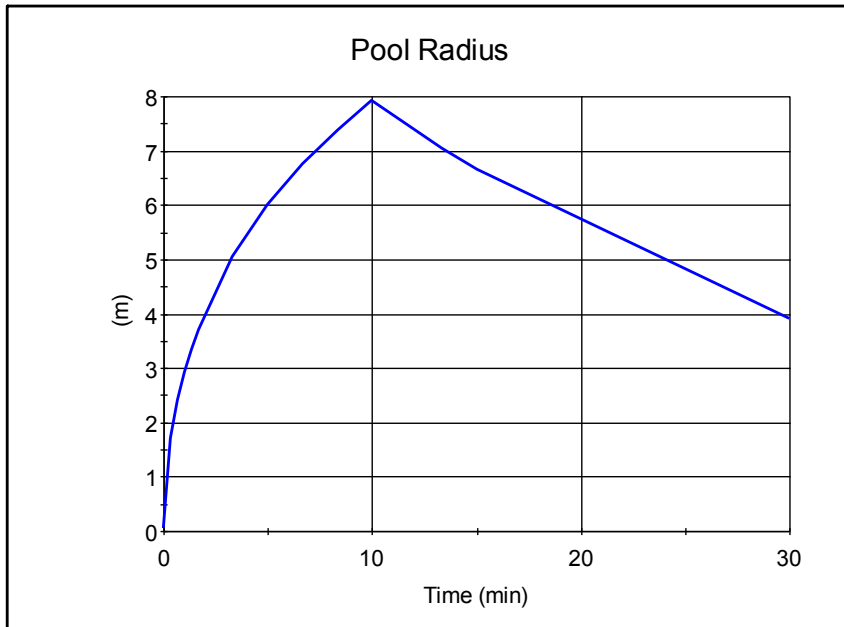
Rispetto ad un incendio, gli effetti di un'esplosione sono molto più rapidi e possono interessare direttamente ampie aree di impatto.

# BUTANO

*Il Butano è uno dei componenti del GPL e ha una temperatura di ebollizione di 0 °C.*

*Il rilascio causa un **FLASH**: parte del liquido evapora istantaneamente e parte si raffredda e forma una pozza al suolo che evapora lentamente assorbendo calore dall'ambiente.*

*(nell'esempio la quantità di Butano che evapora istantaneamente è circa 1/8 del totale)*



# CONCLUSIONI

Le **esplosioni** sono fenomeni di natura chimico-fisica nei quali viene liberata rapidamente una grande quantità di **energia potenzialmente distruttiva** per l'uomo e per gli edifici, impianti e macchinari in esse coinvolti.

L'esplosione di **miscele infiammabili** può avvenire quando:

- è presente una quantità sufficiente di vapori con concentrazione entro i **limiti di infiammabilità**,
- E**
- avviene l'**innesco** della miscela.

La **modellazione matematica** consente di valutare gli effetti degli **scenari incidentali** ipotizzabili in un determinato contesto, consentendo di **individuare le aree pericolose** e di valutare la necessità di opportune azioni preventive o protettive per **ridurre il rischio** connesso alle esplosioni.