

Atmosfere Esplosive

Fenomenologia e applicazione Normativa

Ordine degli Ingegneri di Trapani

3 Maggio 2021

Ing. Salvatore Tafaro



ATMOSFERE ESPLOSIVE

- Richiamo alla normativa
- La fisica delle esplosioni
- Concetti e grandezze di base
- Metodologia valutativa

DEFINIZIONI

Miscele a rischio di esplosione e atmosfere potenzialmente esplosive

Art. 288 Definizioni

ATMOSFERA ESPLOSIVA:

«**atmosfera esplosiva**» una miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo accensione, la combustione si propaga nell'insieme della miscela incombusta.

1-bis. Per condizioni atmosferiche si intendono condizioni nelle quali la concentrazione di ossigeno nell'atmosfera è approssimativamente del **21%** e che includono variazioni di pressione e temperatura al di sopra e al di sotto dei livelli di riferimento, denominate condizioni atmosferiche normali (**pressione pari a 101325 Pa, temperatura pari a 293 K**), purché tali variazioni abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive della sostanza infiammabile o combustibile.

D.Lgs. 81/2008. TITOLO XI

Definizioni

ESPLOSIONE:

Un'esplosione è un improvviso e violento rilascio di energia termica e meccanica a partire da energia chimica, con produzione di gas ad altissima temperatura e pressione.

L'espansione istantanea **di questi gas genera un'onda d'urto nel mezzo fisico in cui avviene**, che in assenza di ostacoli si espande in fronti d'onda sferici centrati nel punto d'origine dell'esplosione. Se incontra ostacoli esercita su di essi una forza tanto maggiore quanto maggiore è la superficie investita e quanto più è vicina al centro dell'esplosione.

Definizioni

ESPLOSIONE:

Le esplosioni chimiche vengono suddivise in:

deflagrazioni, nelle quali la propagazione della reazione chimica di esplosione è una forma di combustione endogena che procede nel materiale a velocità subsonica;

detonazioni, nelle quali la reazione chimica di esplosione non è una combustione, ma una decomposizione diretta della molecola di esplosivo, innescata direttamente dall'onda d'urto: la reazione di esplosione procede quindi alla velocità del suono in quella particolare sostanza attraverso tutto il materiale, e la pressione e temperatura finale dei prodotti di reazione sono quindi molto più elevate

ESPLOSIONI - ATMOSFERE ESPLOSIVE

ESPLODIBILITÀ DI GAS E VAPORI

Quando un gas o un vapore combustibile viene a contatto con l'aria, si possono formare miscele esplosive.

NOTE:

La miscela più pericolosa è quella stechiometrica: comporta il massimo aumento di pressione (P_{max}) ed il massimo gradiente di pressione $(dP/dt)_{max}$.

ESPLOSIONI - ATMOSFERE ESPLOSIVE ESPLODIBILITÀ DI NEBBIE

La nebbia in aria di una materia combustibile liquida può essere infiammabile, anche se il solvente è così poco volatile da non essere presente in quantità apprezzabile nella fase vapore.

E' pertanto evidente che in presenza di nebbie il punto di infiammabilità non ha significato, per quanto concerne la sicurezza.

Dispersioni di aerosol liquidi possono formarsi nei processi di nebulizzazione dei liquidi o nei processi di condensazione dei vapori.

Le dimensioni delle particelle sospese variano indicativamente da 0,5 a 10 μm .

ESPLOSIVITÀ DI POLVERI

Molti materiali solidi combustibili possono provocare un'esplosione se finemente suddivisi e dispersi in aria (metalli, sostanze organiche semplici, polimeri, carbone, materie alimentari).

In comune con i gas e vapori, le polveri miscelate con l'aria presentano un limite inferiore ed un limite superiore di infiammabilità (g/m³).

Le particelle solide pericolose hanno indicativamente un diametro massimo di 200µm.

Dove si possono trovare atmosfere esplosive?

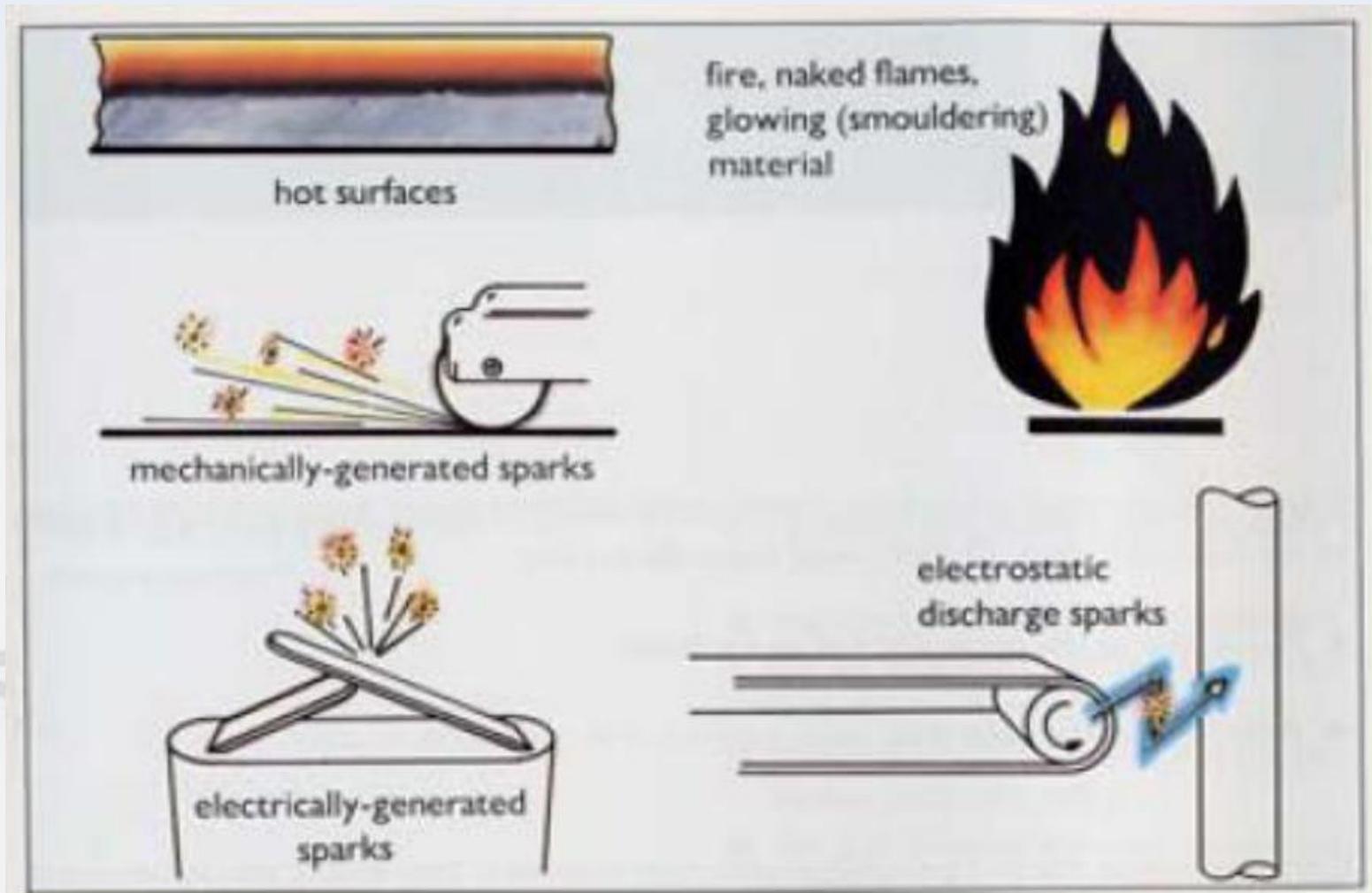
In qualunque posto vi sia o possa essere presenza di :

- gas infiammabili
- vapori di liquidi
- polveri
- nebbie di liquidi
- solidi infiammabili

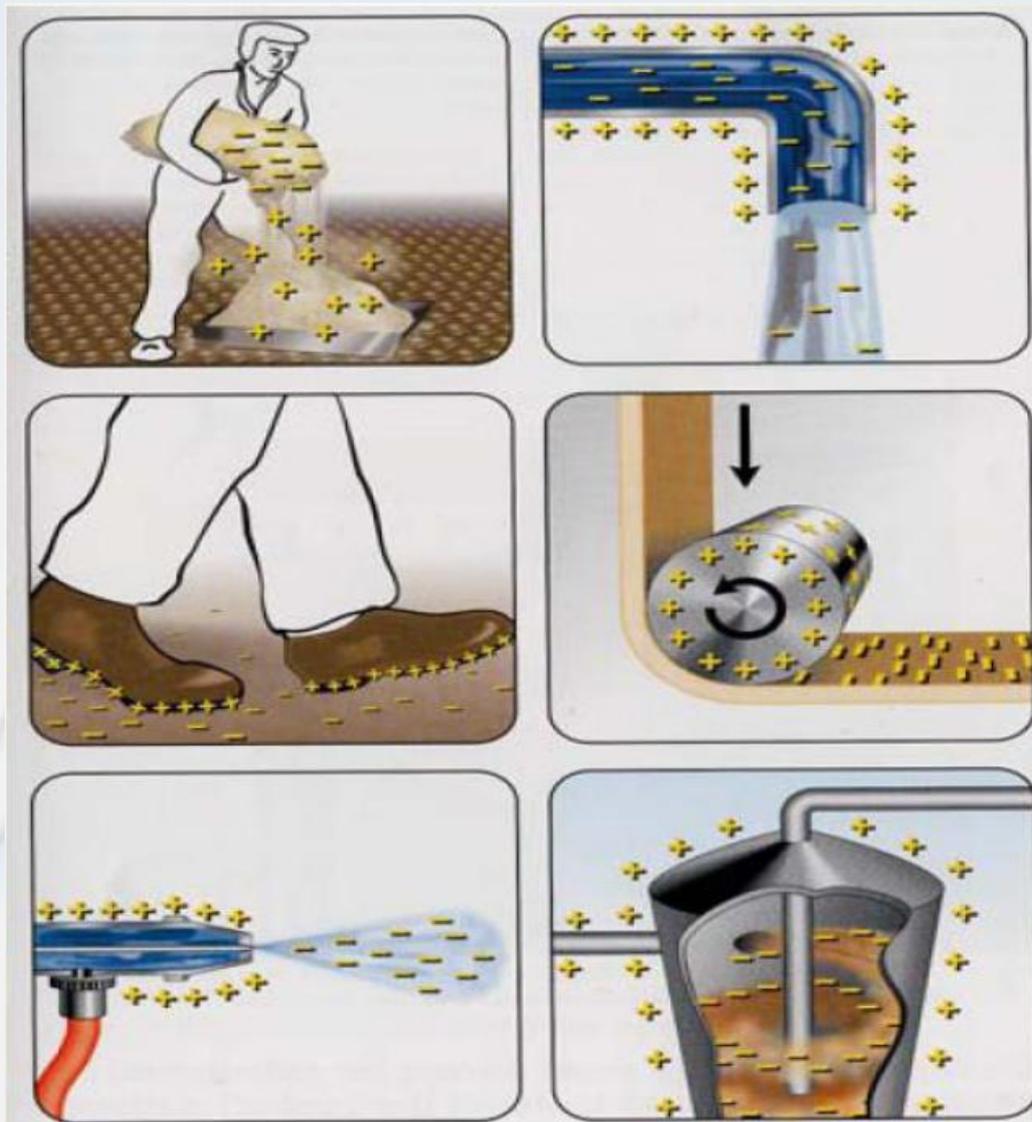
LE CONDIZIONI



LE SORGENTI DI INNESCO PIU' DIFFUSE



LE SORGENTI DI INNESCO PIU' DIFFUSE



ENERGIA MINIMA DI INNESCO

FONTI DI INNESCO - ENERGIA MINIMA DI ACCENSIONE

GAS	E (mJ)	VAPORI	E (mJ)	POLVERI	E (mJ)
idrogeno	0,016	alcol metilico	0,14	stearato di zinco	10
acetilene	0,030	etere etilico	0,20	resina fenolo-formaldeide	15
idrogeno solforato	0,068	benzene	0,55	perossido di cumile	30
propilene ossido	0,13	acetone	1,2	polietilene	30
metano	0,21	isottano	1,3	farina di legno	40
ammoniaca	680	dimetilpropano	1,6	alluminio	10-100

Variazioni del campo di infiammabilità

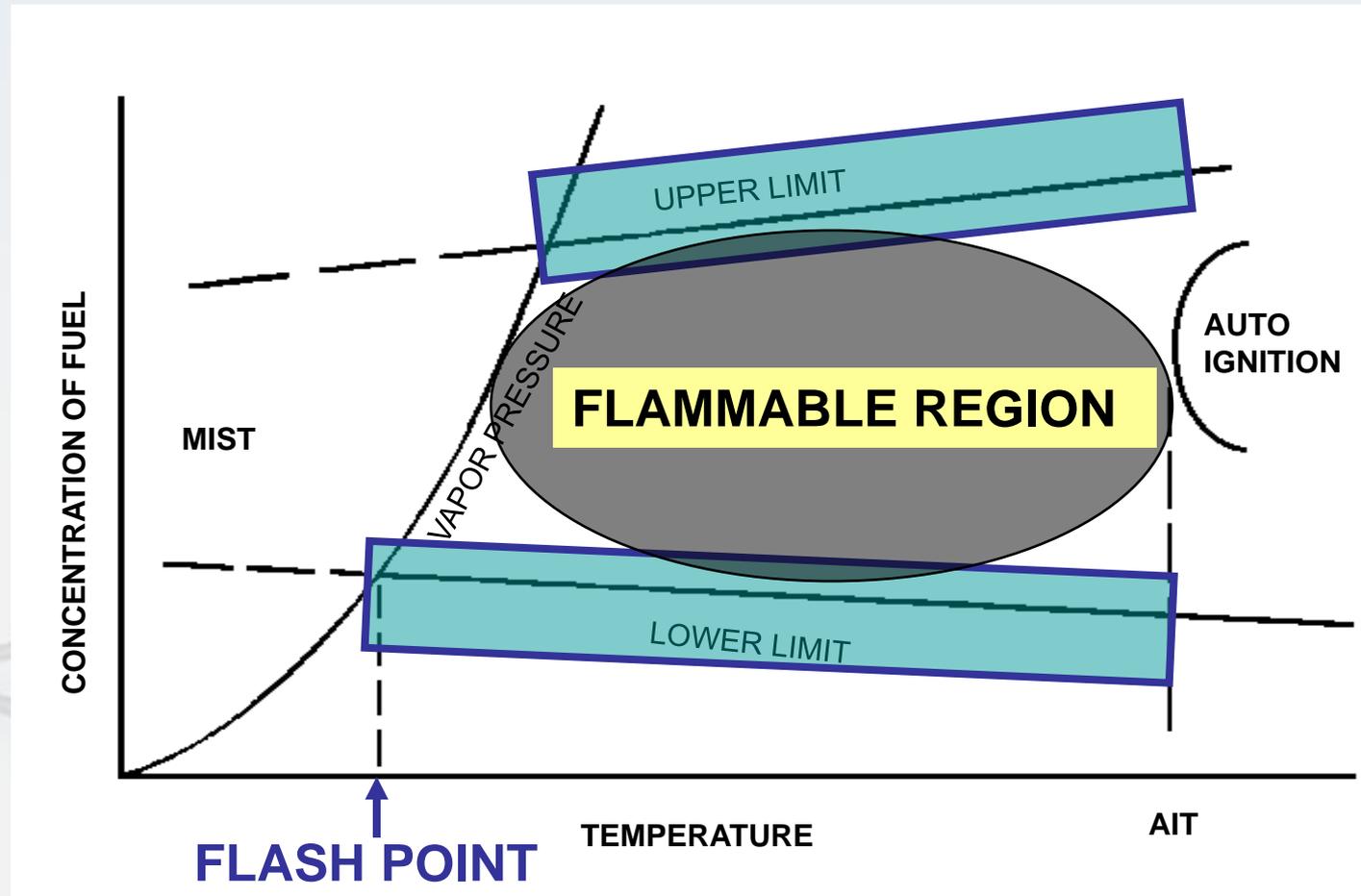


Diagramma di infiammabilità

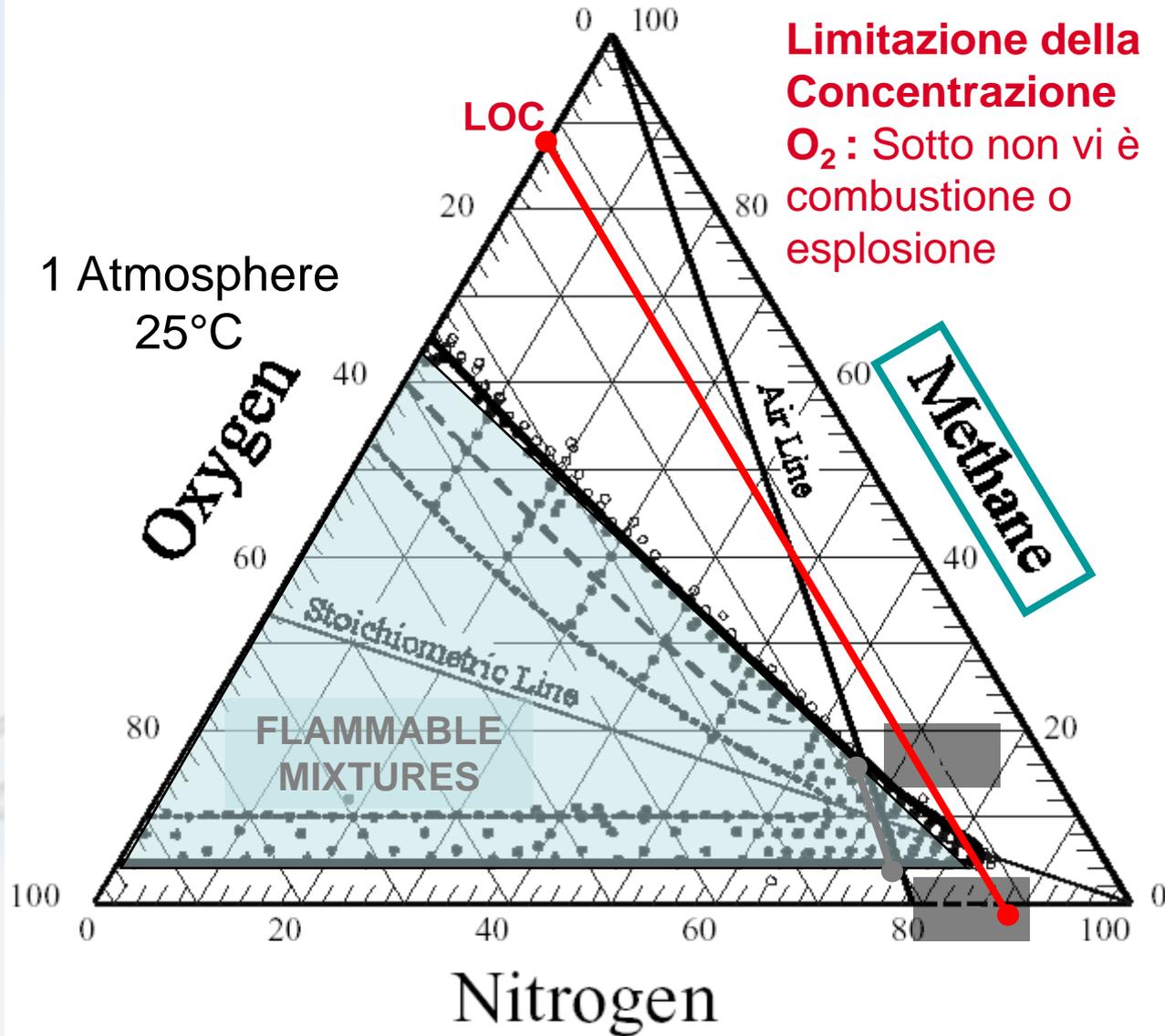
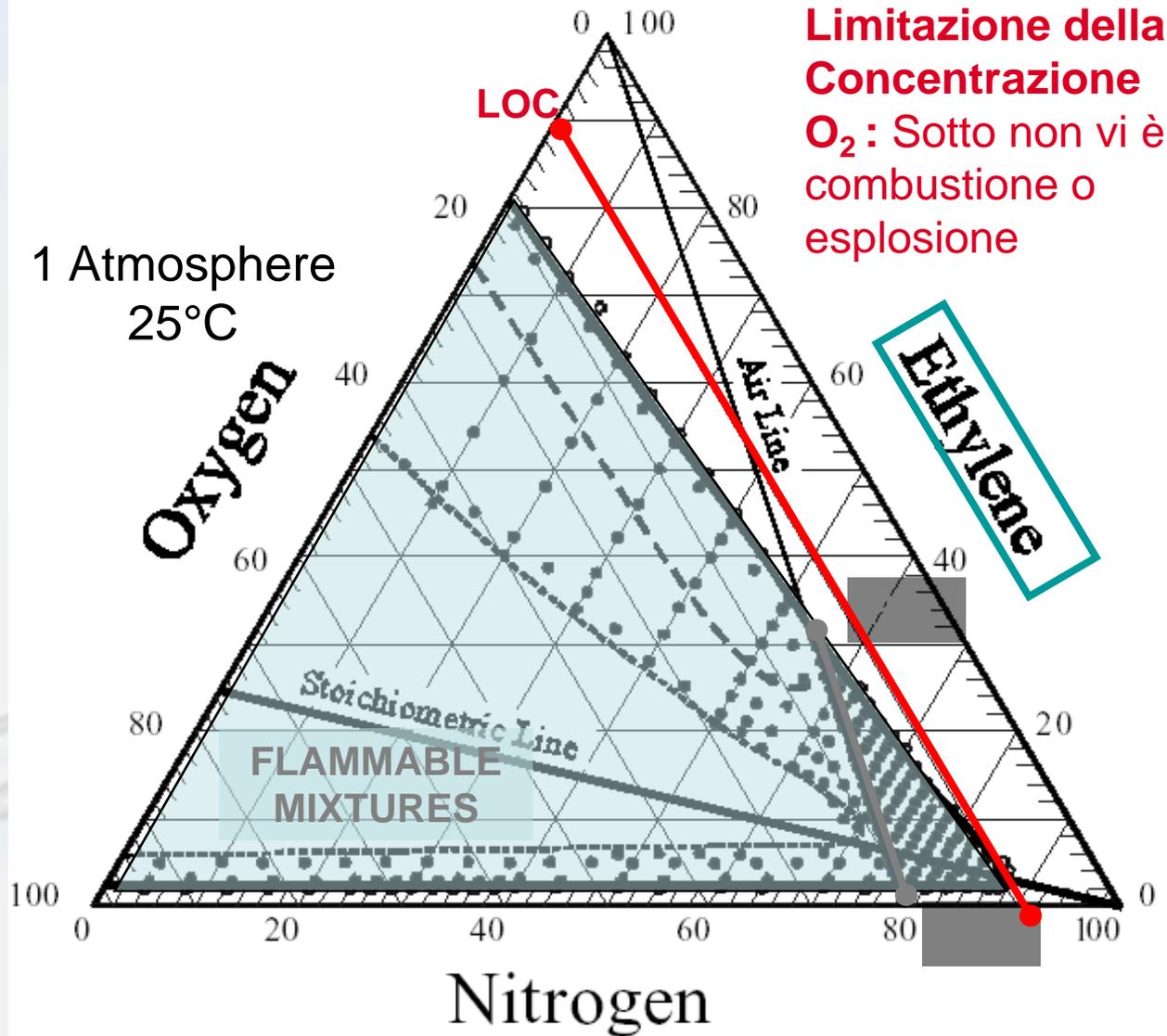


Diagramma di infiammabilità



I Limiti di Infiammabilità cambiano con :



Inerte

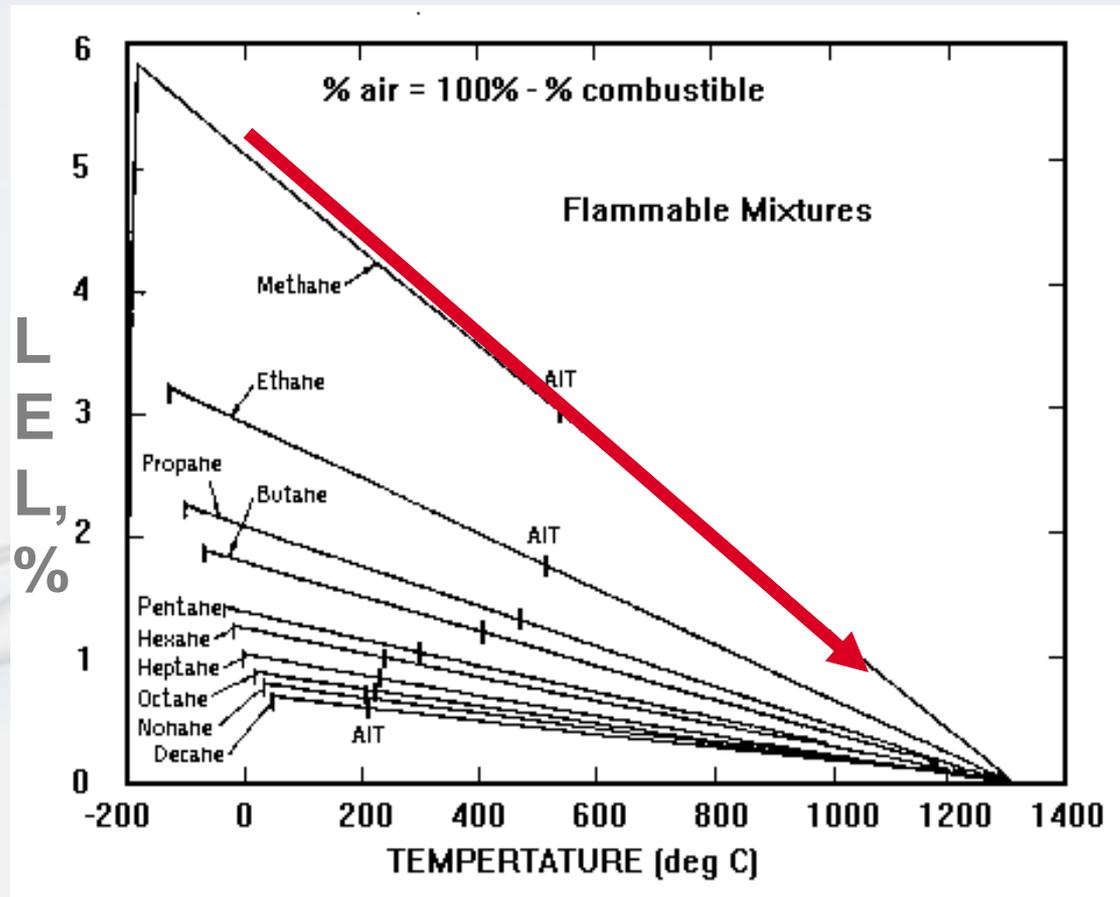


Temperatura

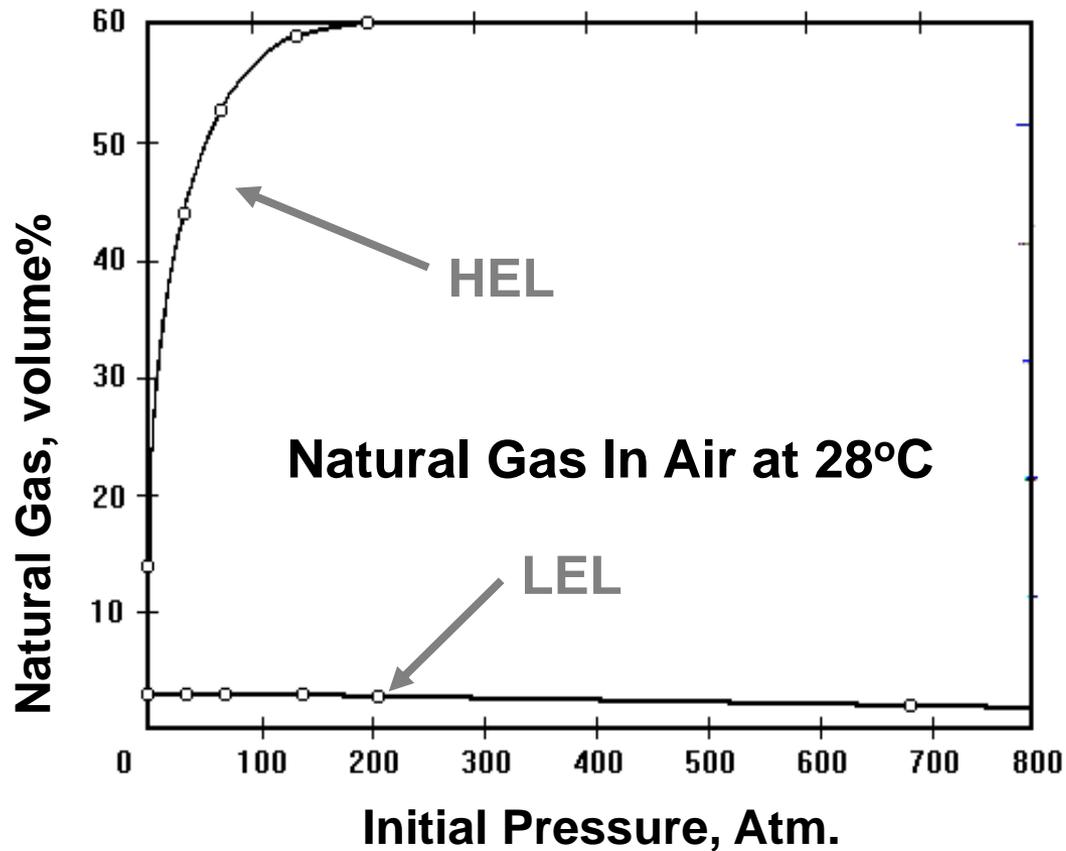


Pressione

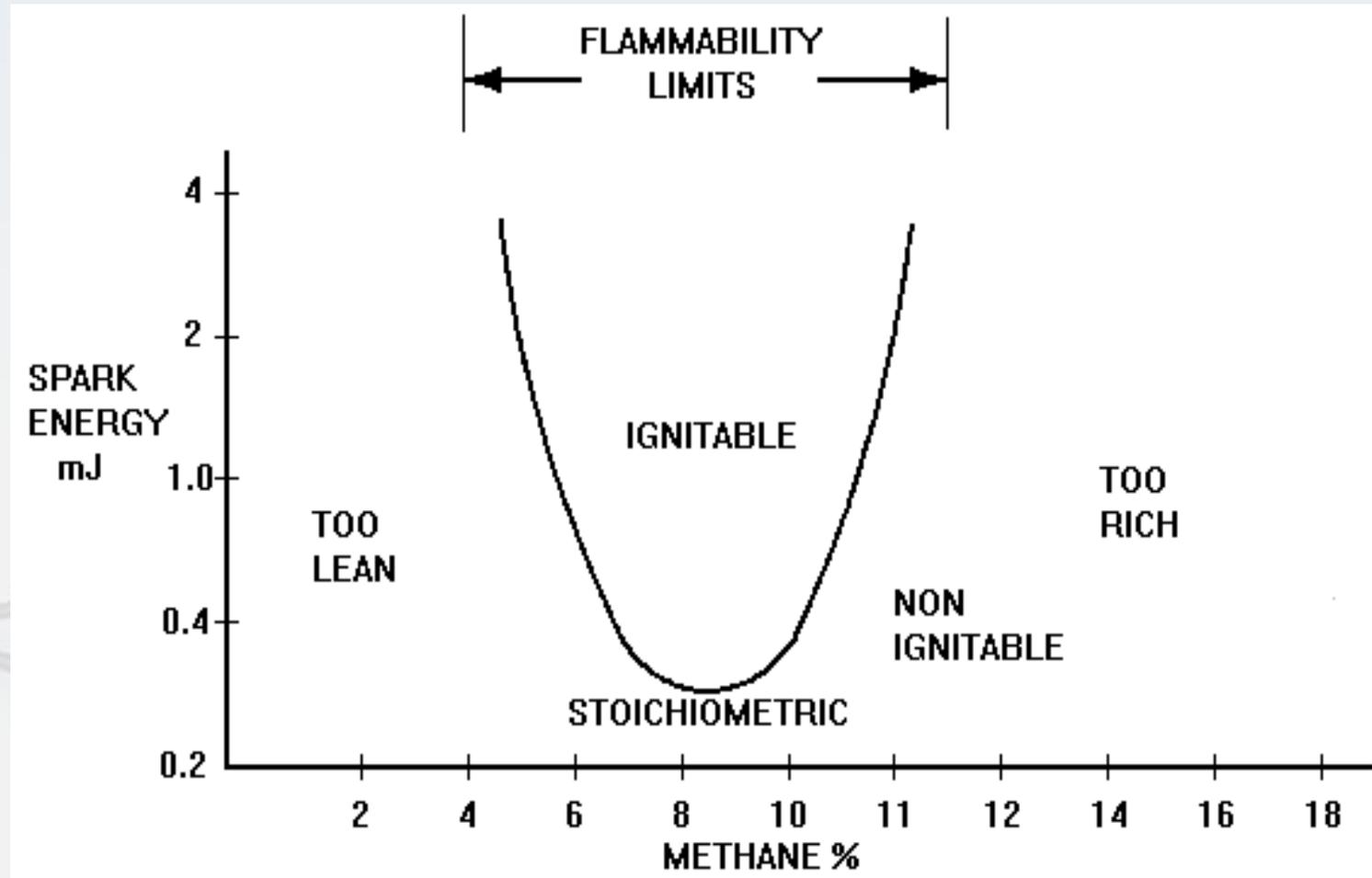
Effetti della Temperatura sul Limite inferiore infiammabilità



Effetti della Pressione sul campo di infiammabilità



Minima Energia di Innesco



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



- **chimiche**

*combustione di sostanze infiammabili
(gas/vapori/polveri)*

reazioni "fuggitive" (runaway)

- **fisiche**

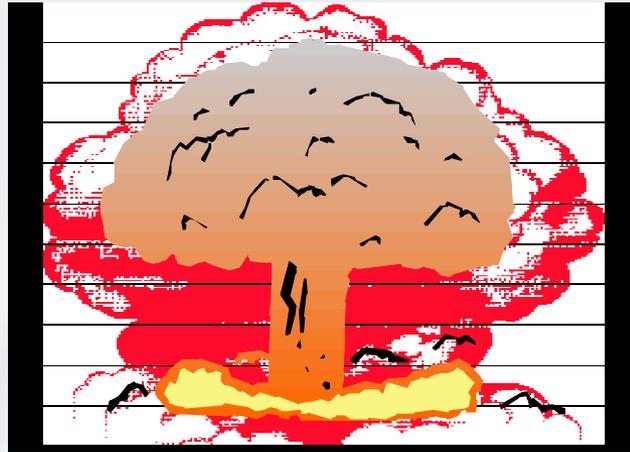
*vaporizzazione rapida di gas liquefatti
(BLEVE)*

Deflagrazione

- Combustione con velocità del fronte di fiamma pari a circa 0.5 - 1 m/sec (subsonica).
- Aumento della pressione per equilibrio termico in spazi chiusi di circa 10 volte.

$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$	=	$\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 11700 \text{ Kcal/Kg}$
Moli Iniziali	=	$1 + 2/0.21 = 10.52$
Moli Finali	=	$1 + 2 + 2(0.79/0.21) = 10.52$
Temp Iniziale	=	25 °C
Temp Finale	=	2226 °C
Aumento pres.	=	9.7
Pressione iniz.	=	1 bar (abs)
Pressione fin.	=	9.7 bar (abs)

Detonazione

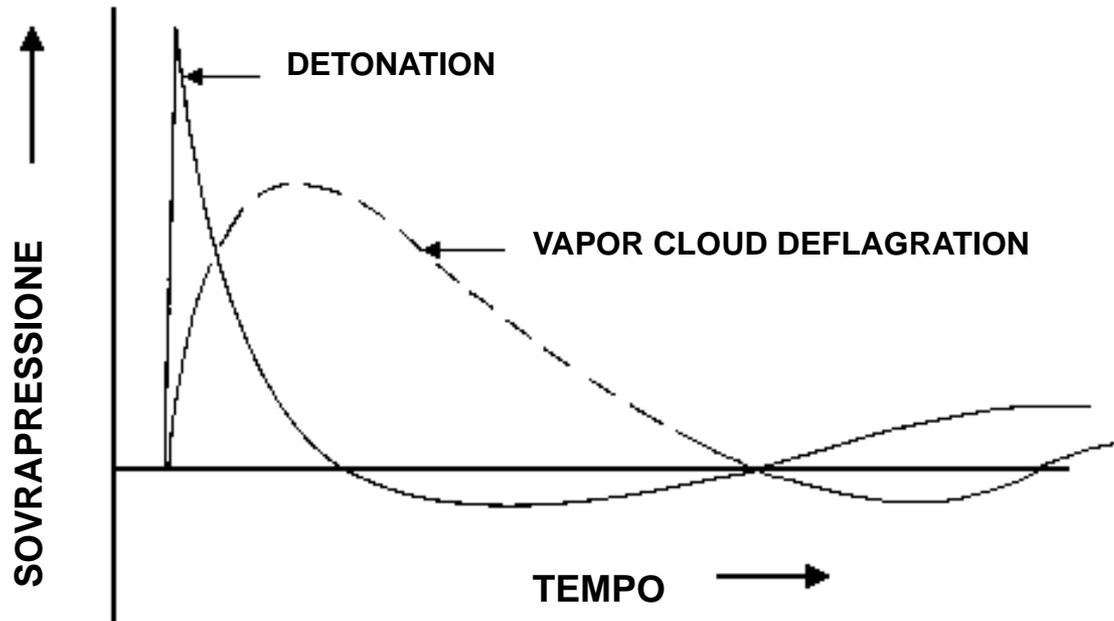


Combustione altamente turbolenta

Velocità del fronte di fiamma molto elevata (supersonica)

Pressioni molto alte $\gg 10$ bars

Pressione – Tempo Diagramma



Cosa favorisce l'alta pressione?

- **Confinamento**
 - Contenimento fughe, aumento turbolenza
- **Composizione nube**
 - Molecole insature – ‘tutte le nubi di etilene esplodono’; basse energie di innesco; alte velocità di fiamma
- **Condi-meteo buone**
 - Atmosfera stabile, basse velocità del vento
- **Nubi di gas estese**
 - Alta probabilità di trovare la sorgente di innesco; più facilmente possono generare sovrappressione
- **Sorgente**
 - Liquidi in cond. di flash; Alte pressioni; grandi o lievi perdite verso il basso

ESPLOSIONI DI POLVERI

Condizioni essenziali per le esplosioni di polveri

- **Presenza di combustibile solido in particelle molto piccole (inferiori a 400 μ);**
- **Basso contenuto di umidità (< 2% circa);**
- **Concentrazione delle particelle di polvere compresa tra due valori:**
 - **Inferiore compreso tra 20 – 60 g/m³**
 - **Superiore compreso tra 2 – 6 g/m³;**
- **La massa di polvere deve essere uniforme;**
- **Presenza di innesco.**

Sostanze suscettibili di esplodere se in polvere

- ◆ Alluminio $E_i = 10 \text{ mJ}$
- ◆ Carbonio
- ◆ Cellulosa
- ◆ Caffè
- ◆ Farina $E_i = 110 \text{ mJ}$
- ◆ Latte $E_i = 50 \text{ mJ}$
- ◆ Zucchero $E_i = 30 \text{ mJ}$
- ◆ Legno

Richiamo normativo DLgs 81/08 e smi

TITOLO XI
PROTEZIONE DA ATMOSFERE ESPLOSIVE

Articoli da art. 287 a art. 297

PROTEZIONE DA ATMOSFERE ESPLOSIVE

TITOLO XI del D.Lgs. 81/2008

Art. 287

Campo di applicazione

SI APPLICA:

- Ai luoghi in cui i lavoratori possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive;
- Ai veicoli destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva;
- Ai lavori in sotterraneo ove è presente un'area con atmosfera esplosiva, oppure è prevedibile, sulla base di indagini geologiche, che tale area si possa formare nell'ambiente.

Art. 287

Campo di applicazione

NON SI APPLICA:

- alle aree utilizzate direttamente per cure mediche, nel corso di esse;
- all'uso di apparecchi a gas di cui al DPR 15.11.1996, n.661;
- alla produzione, alla manipolazione, all'uso, allo stoccaggio ed al trasporto di esplosivi o di sostanze chimicamente instabili;
- alle industrie estrattive a cui si applica il D.Lgs. 25.11.1996,n.624;
- all'impiego di mezzi di trasporto terrestre, marittimo, fluviale e aereo per i quali si applicano le pertinenti disposizioni di accordi internazionali (**ADR,RID,ICAO,IMO, etc.**), nonché la normativa comunitaria che incorpora i predetti accordi.

Art. 289

Prevenzione e protezione contro le esplosioni

1. Ai fini della prevenzione e della protezione contro le esplosioni, sulla base della valutazione dei rischi e dei principi generali di tutela di cui all'articolo 15, il datore di lavoro adotta le misure tecniche e organizzative adeguate alla natura dell'attività; in particolare il datore di lavoro previene la formazione di atmosfere esplosive.

2. Se la natura dell'attività non consente di prevenire la formazione di atmosfere esplosive, il datore di lavoro deve:

- a) evitare l'accensione di atmosfere esplosive;
- b) attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori

Art. 290

Valutazione dei rischi di esplosione

La valutazione dei rischi specifici tiene conto di:

- a) Probabilità e durata della presenza** di atmosfere esplosive;
- b) Probabilità che le fonti di accensione**, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano attive ed efficaci
- c) Caratteristiche dell'impianto**, sostanze utilizzate, processi e loro possibili interazioni
- d) Entità degli effetti prevedibili.**

I rischi di esplosione sono valutati complessivamente.

Nella valutazione dei rischi di esplosione vanno prese in considerazione anche le possibilità di propagazione dell'onda d'urto (incendio, emissione di tossici).

D.Lgs. 81/2008. TITOLO XI

Art. 291

Obblighi generali

Dove possono svilupparsi atmosfere esplosive in quantità tale da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori o di altri, provvedere affinché:

a) Gli ambienti di lavoro siano strutturati in modo da permettere di svolgere il lavoro in condizioni di sicurezza;

b) Sia garantito un adeguato controllo durante la presenza dei lavoratori, in funzione della valutazione del rischio, mediante l'utilizzo di mezzi tecnici adeguati.

Art. 292

Coordinamento

Fermo restando quanto previsto dal **Titolo IV** per i cantieri temporanei e mobili, qualora nello stesso luogo di lavoro operino lavoratori di più imprese, ciascun datore di lavoro è responsabile per le attività soggette al suo controllo.

Ferma restando la responsabilità individuale di ciascun datore di lavoro e quanto previsto dall'articolo 26, il datore di lavoro che è responsabile del luogo di lavoro, **coordina l'attuazione di tutte le misure riguardanti la salute e la sicurezza dei lavoratori** e specifica nel documento sulla protezione contro le esplosioni l'obiettivo, le misure e le modalità di attuazione di detto coordinamento.

Art. 293

Aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive (Allegati XLIX – L – LI)

- **Ripartire in zone**, a norma dell'allegato XLIX, le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive.
- Assicurare che per le aree a rischio siano applicate le **prescrizioni minime** di cui all'allegato L.
- Se necessario, le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive in quantità tali da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori sono **segnalate nei punti di accesso** a norma dell'allegato LI e provviste di **allarmi ottico/acustici** che segnalino l'avvio e la fermata dell'impianto, sia durante il normale ciclo sia nell'eventualità di un'emergenza in atto.

D.Lgs. 81/2008

ALLEGATO XLIX - Ripartizione delle aree

Identificazione

Area in cui possono formarsi atmosfere esplosive:

È quella in cui può formarsi un'atmosfera esplosiva in quantità tali da richiedere particolari provvedimenti di protezione, per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

Area non esposta a rischio di esplosione:

È quella in cui non è da prevedersi un'atmosfera esplosiva in quantità tali da richiedere particolari provvedimenti di protezione.

Le sostanze infiammabili e combustibili sono da considerare come sostanze che possono formare un'atmosfera esplosiva, a meno che l'esame delle loro caratteristiche non abbia evidenziato che esse, in miscela con l'aria, non sono in grado di propagare autonomamente un'esplosione.

D.Lgs. 81/2008

ALLEGATO XLIX - Ripartizione delle aree

Identificazione: La classificazione in zone è una misura di protezione contro il pericolo di esplosione, in quanto ad esse è associato un livello di probabilità di presenza di un'atmosfera esplosiva.

Classificazione: Le aree sono ripartite in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive.

AREA	DESCRIZIONE DELL'AREA
Zona 0	Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia (Apparecchiature di Cat. 1)
Zona 1	Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva, consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività (Apparecchiature di Cat. 2)
Zona 2	Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia o, qualora si verifici, sia unicamente di breve durata (Apparecchiature di Cat. 3)

D.Lgs. 81/2008

ALLEGATO XLIX - Ripartizione delle aree

Identificazione: La classificazione in zone è una misura di protezione contro il pericolo di esplosione, in quanto ad esse è associato un livello di probabilità di presenza di un'atmosfera esplosiva.

Classificazione: Le aree sono ripartite in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive.

AREA	DESCRIZIONE DELL'AREA
Zona 20	Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria (Apparecchiature di Cat. 1)
Zona 21	Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività (Apparecchiature di Cat. 2)
Zona 22	Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata(Apparecchiature di Cat. 3)

METODO DI VALUTAZIONE DELLE ZONE

Il metodo di valutazione e di classificazione delle zone a rischio di esplosione è necessario far ricorso alle norme tecniche di riferimento CEI 31-30 e CEI 31-66.

Per quanto riguarda i **gas, fumi e nebbie** si farà riferimento a:

- Tipo di emissione** (continua, occasionale o rara sia durante le condizioni ordinarie che in emergenza);
- Portata dell'emissione** (geometria, velocità, concentrazione, temperatura di infiammabilità);
- Ventilazione** (naturale o artificiale) e il suo grado (alto, medio, basso);
- Limite inferiore infiammabilità;**
- Densità relativa.**

METODO DI VALUTAZIONE DELLE ZONE GAS

				GRADO DI EMISSIONE		
				CONTINUO	PRIMO	SECONDO **
GRADO DI VENTILAZIONE	ALTO	DISPONIBILITÀ DI VENTILAZIONE	BUONA	(Zona 0 NE) Zona non pericolosa *	(Zona 1 NE) Zona non pericolosa *	(Zona 2 NE) Zona non pericolosa *
			ADEGUATA	(Zona 0 NE) Zona 2 *	(Zona 1 NE) Zona 2 *	(Zona 2 NE) Zona non pericolosa *
			SCARSA	(Zona 0 NE) Zona 1 *	(Zona 1 NE) Zona 2 *	Zona 2
	MEDIO		BUONA	Zona 0	Zona 1	Zona 2
			ADEGUATA	Zona 0 circondata da Zona 2	Zona 1 circondata da Zona 2	Zona 2
			SCARSA	Zona 0 circondata da Zona 1	Zona 1 circondata da Zona 2	Zona 2 ***
	BASSO		BUONA, ADEGUATA O SCARSA	Zona 0	Zona 1 o Zona 0	Zona 1 e anche Zona 0 ***

* Zona 0 NE, 1 NE o 2 NE indicano una zona teorica dove, in condizioni normali, l'estensione è trascurabile.

** La zona 2 creata da un'emissione di secondo grado può superare quella imputabile ad un'emissione di primo grado o di grado continuo; in tal caso, dovrebbe essere considerata la distanza maggiore.

*** È zona 0 se la ventilazione è così debole e l'emissione è tale che un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas esiste praticamente con continuità (cioè si è vicini ad una situazione di "assenza di ventilazione").

METODO DI VALUTAZIONE DELLE ZONE

Per quanto riguarda **le polveri** si farà riferimento a:

- Caratteristiche delle polveri** (grandezza media particelle, densità, umidità, limite inferiore di esplosività);
- Ambiente aperto o chiuso** (T max, P atm, etc.)

METODO DI VALUTAZIONE DELLE ZONE

POLVERI

PRESENZA DI POLVERE	ZONA RISULTANTE DA CLASSIFICAZIONE DEL LUOGO CON NUBI DI POLVERE
Grado di emissione continuo	20
Grado di emissione primo	21
Grado di emissione secondo	22

MISURE DI PREVENZIONE

Sotto elencate vi sono alcune delle misure da adottare per abbassare il rischio di esplosione:

- Inertizzazione;
- Miglioramento della ventilazione;
- Aumentare il tenore di umidità;
- Aumento della granulometria delle polveri;
- Coibentazione parti calde;
- Elettricità statica.

SETTORI E ATTIVITA' INTERESSATI

- Stabilimenti Industriali;
- Industria Chimica;
- Industria Farmaceutica;
- Industria Metallurgica;
- Industria Alimentare;
- Industria del Legno;
- Discariche.

REGOLE GENERALI IMPIANTI ELETTRICI

La scelta delle costruzioni elettriche Ex viene eseguita in modo da non essere causa di innesco per i gas in zone 0, 1 e 2 con riferimento ai gruppi (I e II) e sottogruppi (IIA, IIB e IIC) e alle classi di temperature (T1.....T6)

Ad esempio:

Metano IIA, Etilene IIB, Idrogeno IIC

REGOLE GENERALI IMPIANTI ELETTRICI

In zona **0** sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 1G;

In zona **1** sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 2G;

In zona **2** sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 3G e, a maggior ragione, quelli di categoria 2G e 1G.

PREVENZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

D.Lgs. 81/2008

ATEX 94/9/CE

Requisiti minimi
Luoghi di lavoro
e attrezzature

UTILIZZATORE

CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI

SCELTA DELLE
APPARECCHIATURE

OSSIGENO

COMBUSTIBILE

FONTE
D'INNESCO

combustibile

innesco

aria

D.Lgs. 85/2016

ATEX 2014/34/UE

APPARECCHIATURE
E SISTEMI DI
PROTEZIONE

COSTRUTTORE

CATEGORIE
1, 2 o 3

PROCEDURE DI
VERIFICA DELLA
CONFORMITA'

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

**CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI**

Verifica della presenza di sostanze infiammabili

In generale vengono considerate infiammabili tutte quelle sostanze che sono capaci di sviluppare una reazione esotermica di ossidazione (combustione). Tra queste vi sono :

- le sostanze classificate e contrassegnate come infiammabili, facilmente infiammabili o altamente infiammabili,
- nonché tutte le altre sostanze e preparati non (ancora) classificati, ma che corrispondono ai criteri di infiammabilità o che siano, in genere, da considerare infiammabili

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

**CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI**

Verifica della possibilità di formazione di un'atmosfera esplosiva

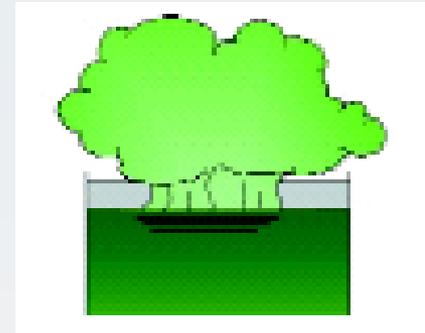
Per «atmosfera esplosiva» si intende una miscela con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo accensione, la combustione si propaga all'insieme della miscela incombusta.

Dove e quando possono formarsi atmosfere esplosive?

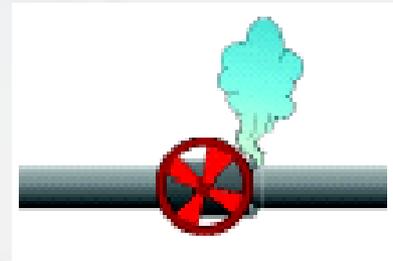
Possibilità di presenza di atmosfera esplosiva aria/ solventi

La miscela aria/solventi può prodursi per

Evaporazione di liquidi in contenitori aperti o versati a pavimento



Perdite strutturali (emissioni fuggitive) dalle tenute di valvole, flange, pompe

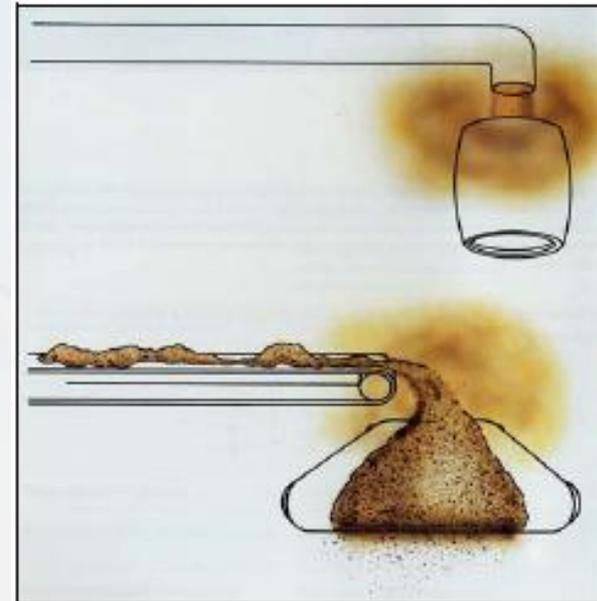


Durante la manipolazione dei liquidi

Possibilità di presenza di atmosfera esplosiva aria/ polvere

La miscela aria/polveri può prodursi per

Operazioni di trasporto e riempimento



Sollevamento di depositi e strati di polveri

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

CLASSIFICAZIONE DELLE AREE GAS E POLVERI

Dopo aver definito

che sono presenti sostanze infiammabili che possono formare con aria atmosfere esplosive

che le atmosfere esplosive formatesi diffondono e vanno ad occupare una determinata area

che le atmosfere esplosive possono persistere per un tempo più o meno lungo

Si procede alla identificazione delle aree pericolose ed alla loro classificazione in corrispondenza del livello di rischio

Identificazione delle aree coinvolte (classificazione delle aree; zonizzazione)

CLASSIFICAZIONE DELLE AREE GAS E POLVERI

Zone pericolose per la presenza di solventi

Zona 0: Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o spesso un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia.

Nota. Di norma le condizioni della zona 0 si presentano solo all'interno di recipienti o di impianti (evaporatori, recipienti per reazioni, ecc.), ma possono verificarsi anche in prossimità di sfiati.

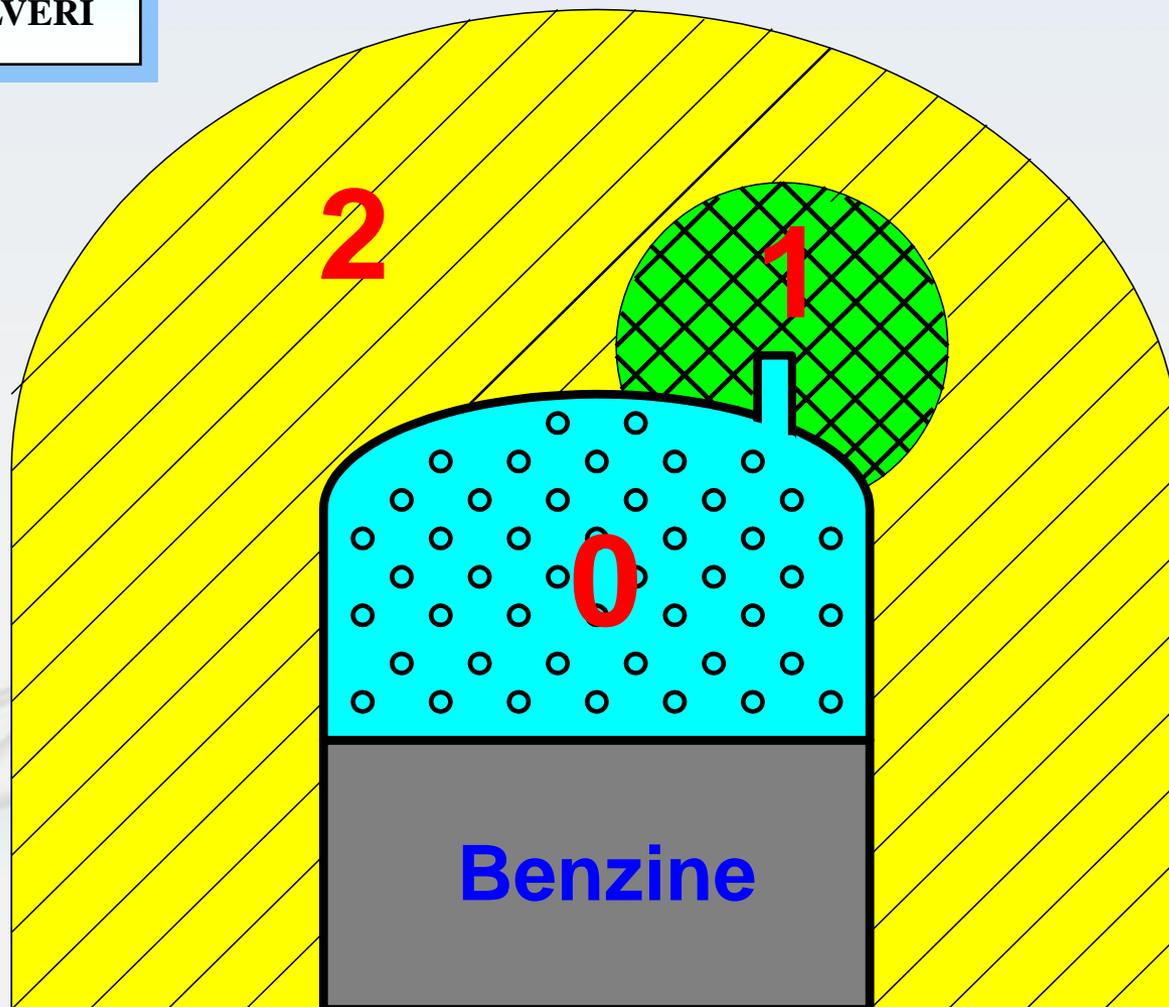
Zona 1: Area in cui durante il normale funzionamento è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia.

Esempio: Ad essa possono appartenere:

- luoghi nelle immediate vicinanze della zona 0;
- luoghi nelle immediate vicinanze delle aperture di alimentazione;
- luoghi nelle immediate vicinanze di premistoppa non sufficientemente a tenuta

Zona 2: Area in cui durante il normale funzionamento non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia e, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata.

**CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI**



Identificazione delle aree coinvolte (classificazione delle aree; zonizzazione)

CLASSIFICAZIONE DELLE AREE GAS E POLVERI

Zone pericolose per la presenza di polveri

Zona 20: Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o spesso un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria.

Esempio: Queste condizioni si presentano, generalmente, solo all'interno di recipienti, tubature, apparecchi, ecc. Vi appartiene di norma solo l'interno di impianti (mulini, asciugatoi, mescolatori, condutture per il trasporto, silos, ecc.).

Zona 21: Area in cui durante il normale funzionamento è probabile occasionalmente la formazione di un'*atmosfera esplosiva* sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria.

Esempio: Aree nell'immediata vicinanza di stazioni di prelevamento o riempimento e aree in cui vi sono depositi di polveri e dove, occasionalmente nel corso del normale funzionamento, si forma, in miscela con l'aria, una concentrazione esplosiva di polveri infiammabili.

Zona 22: Area in cui durante il normale funzionamento non è probabile la formazione di un'*atmosfera esplosiva* sotto forma di nube di polvere combustibile e, qualora si verifici, sia unicamente di breve durata.

Esempio: Ad essa possono appartenere:

- quelle aree nel cui ambito la polvere contenuta in impianti può fuoriuscire da aperture e quindi forma depositi di polveri in quantità pericolose.

**CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI**

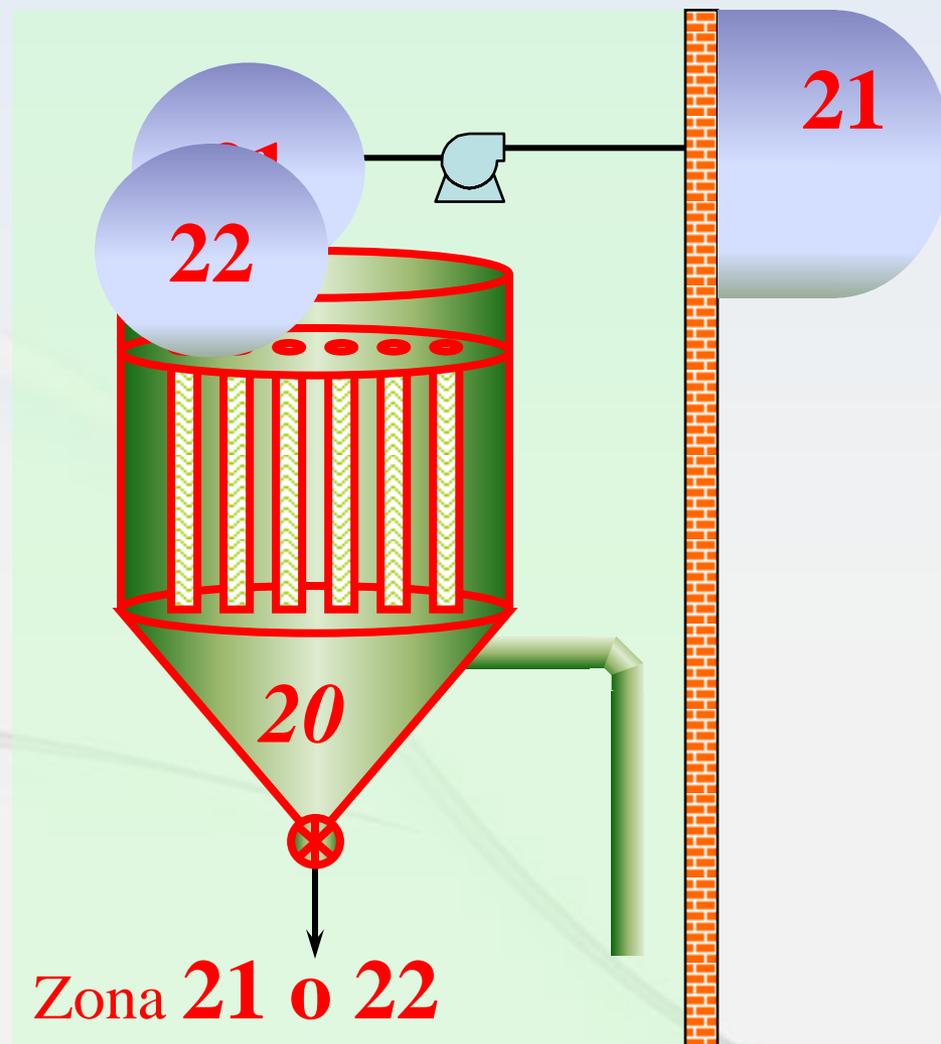
**la zona “sporca” a monte delle
maniche è sempre zona 20**

**la zona a valle delle maniche
può essere non pericolosa o
zona 22**

**se però si rompe una manica
diventa almeno zona 21**

**la zona di scarico può essere
zona 22 o zona 21 in
considerazione di come
vengono effettuate le
operazioni**

All'interno di un filtro a maniche



VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE

**CLASSIFICAZIONE
DELLE AREE
GAS E POLVERI**

**Segnalazione delle zone
potenzialmente esplosive,
laddove necessario.**

**Il datore di lavoro segnala le aree in cui
possono formarsi**

atmosfere esplosive pericolose

**in quantità tali da pregiudicare
la sicurezza e la salute dei lavoratori,**

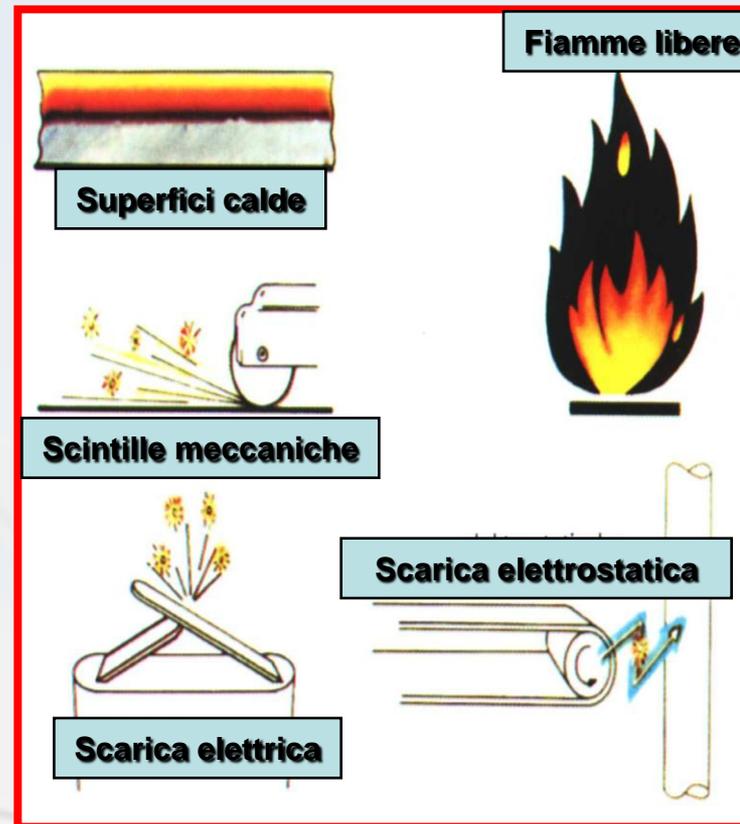
con il seguente segnale di pericolo:



PRESENZA di FONTI DI INNESCO

Tipi di fonti di innesco. Secondo la norma EN 1127-1 le fonti di innesco sono suddivise in tredici tipologie; le più comuni sono le seguenti

- superfici calde
- fiamme e gas caldi
- scintille di origine meccanica
- impianti elettrici
- correnti elettriche vaganti
- elettricità statica
- fulmine
- reazioni chimiche
- compressione adiabatica, onde d'urto, fuoriuscita di gas

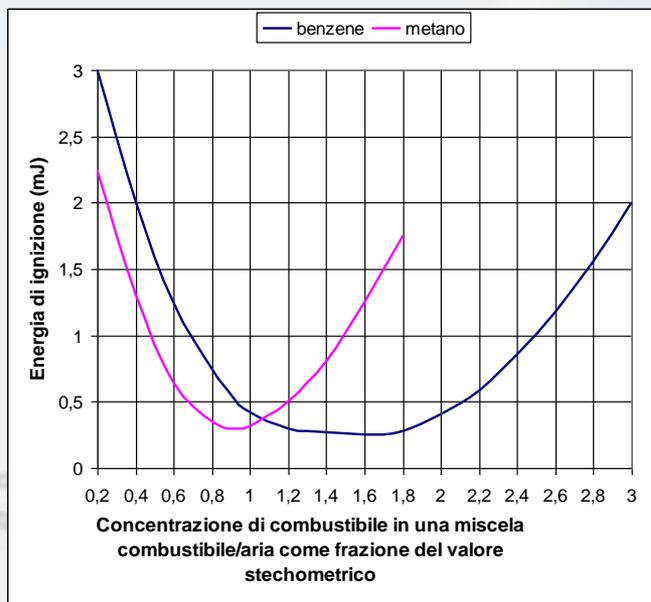


Altre fonti di ignizione sono :

- campi elettromagnetici con frequenza compresa tra 9 kHz e 300 GHz
- onde elettromagnetiche a radiofrequenza da 300 GHz a $3 \cdot 10^6$ GHz o con lunghezza d'onda da 1000 μm a 0,1 μm (campo spettrale ottico)
- radiazioni ionizzanti e ultrasuoni

FONTI DI INNESCO EFFICACI

- Oltre che presente l'innesco deve essere efficace



Innesco efficace è quello che fornisce alla miscela aria/sostanza infiammabile l'energia sufficiente per iniziare la reazione di ossidazione cioè la Combustione

L'energia di innesco (o di ignizione) dipende da vari fattori:

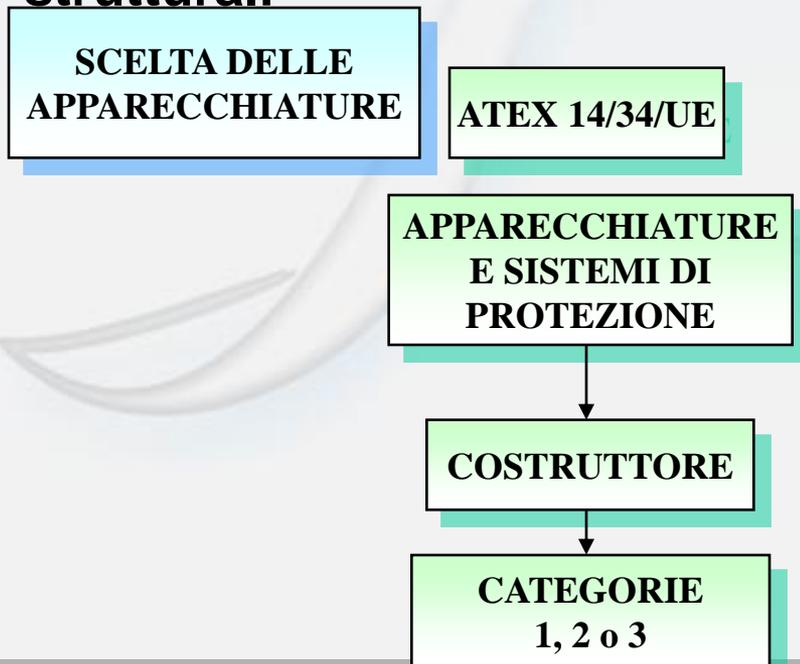
- concentrazione di combustibile
- concentrazione di ossigeno
- Temperatura
- Pressione

FONTI DI INNESCO

Le fonti di innesco possono essere :

- strutturali, cioè legate alle apparecchiature installate
- legate ad operazioni di processo (p.e. riempimenti o travasi) e/o al comportamento (fumatori, manutenzione)

Fonti di innesco strutturali



Fonti di innesco non strutturali

**Tubazioni calde
Fiamme libere
Scariche elettrostatiche**

.....

ANALISI DEL RISCHIO (92/99)

**E MISURE
TECNICHE
E ORGANIZZATIVE**



ATEX 2014/34/UE (D.Lgs. 85/16)

◆ Criteri di classificazione degli apparecchi

Definizione del campo di utilizzo

GRUPPO I : Miniere

GRUPPO II : Industrie di superficie

Definizione di categorie in virtù della pericolosità della zona di utilizzo

CATEGORIA 1

CATEGORIA 2

CATEGORIA 3

Indicazione del tipo di combustibile presente

Gas (G) e Polveri (D, dust)

ATEX 2014/34/UE (D.Lgs. 85/16)

CATEGORIA 1

Gli apparecchi di questa categoria sono caratterizzati da mezzi di protezione contro le esplosioni tali che:

- ✓ In caso di guasto di uno dei mezzi di protezione, almeno un secondo mezzo indipendente assicuri il livello di sicurezza richiesto;**
- ✓ Qualora si manifestino due guasti indipendenti uno dall'altro, sia garantito il livello di protezione richiesto.**

CATEGORIA 2

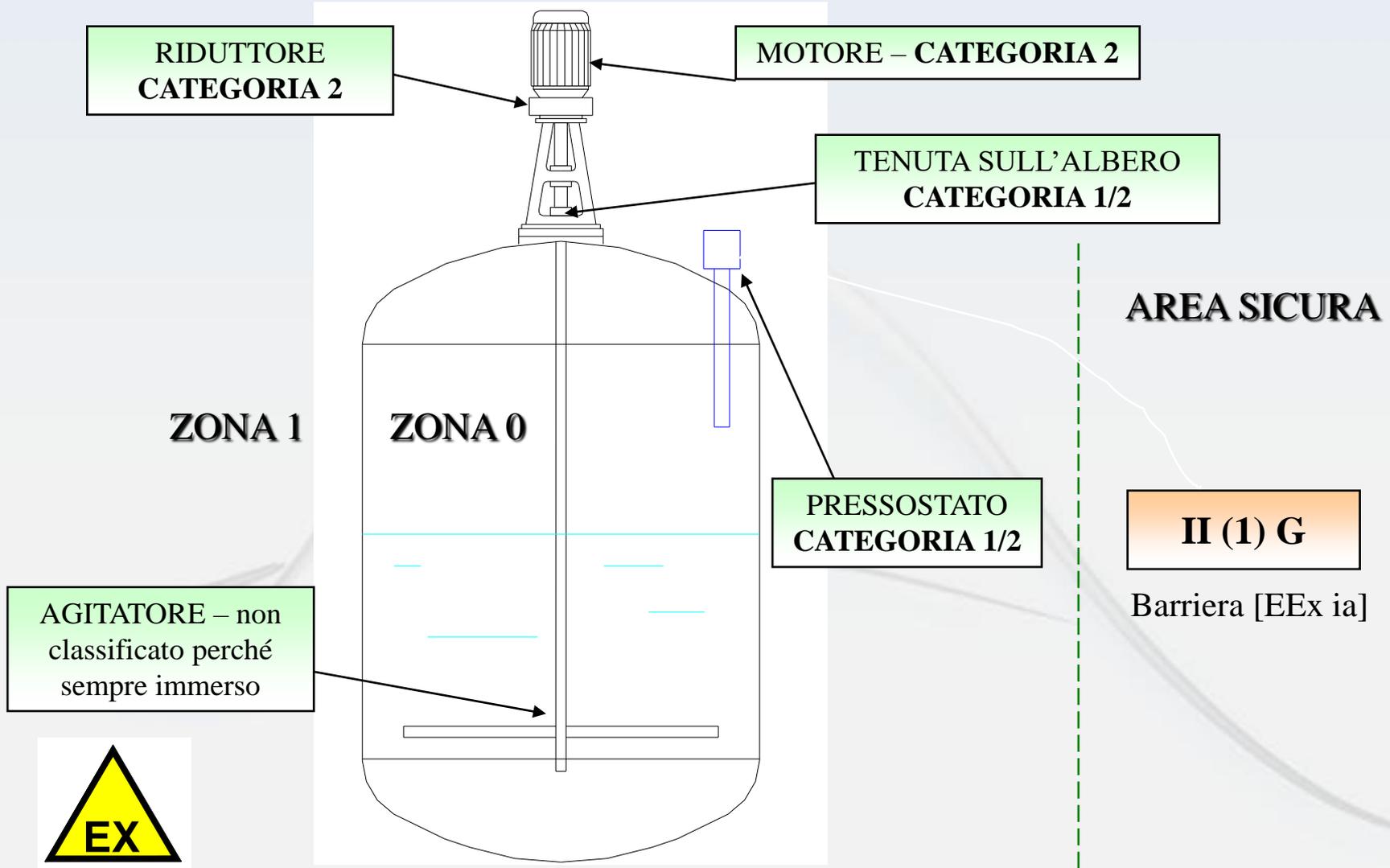
La protezione contro le esplosioni relativa a questa categoria deve funzionare in modo da garantire il livello di sicurezza richiesto anche in presenza di difetti di funzionamento degli apparecchi o in condizioni operative pericolose di cui occorre abitualmente tener conto.

CATEGORIA 3

Questo tipo di prodotti appartenenti alla categoria in questione deve garantire il livello di sicurezza richiesto in condizioni di funzionamento normale.

	GAS (EN60079-10)	Presenza di atmosfera esplosiva	POLVERI (EN50281-3)
Categoria 1	ZONA 0	Continua, per lunghi periodi o spesso	ZONA 20
Categoria 2	ZONA 1	Probabile durante le normali attività	ZONA 21
Categoria 3	ZONA 2	Non probabile durante le normali attività; nel caso solo di breve durata	ZONA 22

Esempio di applicazione



Direttiva 2014/34/UE (D.Lgs. 85/16)

Per la scelta dell'apparecchiatura, oltre al grado di pericolosità dell'area (zona 1, 2 o 3) occorre considerare anche :

- La suscettibilità all'accensione (tanto più bassa quanto più è alta l'energia di innesco della sostanza infiammabile presente)
- La temperatura massima ammissibile nella zona pericolosa

◆ suscettibilità all'accensione

◆ SOSTANZE di riferimento

- ◆ I: metano
- ◆ IIA: propano
- ◆ IIB: etilene
- ◆ IIC: idrogeno e acetilene

CLASSI DI TEMPERATURA

- ◆ Massima temperatura superficiale

T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

E
n
e
r
g
i
a

CONTROLLO DELLE FONTI DI INNESCO

◆ APPARECCHIATURE ELETTRICHE

sistemi di costruzione che assicurano :

◆ CONTENIMENTO

◆ a prova di esplosione (d) *(non deve lasciar uscire la fiamma)*

◆ SEGREGAZIONE

◆ pressurizzazione (p)

◆ immersione in olio (o)

◆ incapsulamento (m)

◆ PREVENZIONE

◆ sicurezza intrinseca (ia - ib)

◆ sicurezza aumentata (e)

Controllo delle fonti di innesco delle apparecchiature

- **APPARECCHIATURE NON ELETTRICHE**
sistemi di costruzione che assicurano :

- **Protection by flow restricting enclosure** (fr) (solo cat. 3)
- **Protection by flame proof enclosure** (d)
- **Protection by inherent safety** (g)
- **Protection by constructional safety** (c)
- **Protection by control of ignition sources** (b)
- **Protection by pressurisation** (p)
- **Protection by liquid immersion** (k)

Controllo delle fonti di innesco delle apparecchiature

Se le apparecchiature non possono essere costruite con i metodi previsti (p.e. quadri elettrici, giunti, ecc) vengono racchiuse in involucri che impediscono il contatto tra le sorgenti di innesco e l'atmosfera esplosiva (e/o il combustibile, p.e. polveri)

Per individuare il grado di protezione degli involucri contro la penetrazione di agenti esterni si usa il termine IP.

Controllo delle fonti di innesco delle apparecchiature

Al prefisso IP vengono fatte seguire due cifre :

- prima cifra : protezione contro il contatto di corpi solidi esterni (e contro l'accesso a parti pericolose)

IP 0X = nessuna protezione contro i corpi solidi esterni ;

IP 1X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni > a 50mm

IP 2X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni > a 12mm

IP 3X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni > a 2.5mm

IP 4X = involucro protetto contro corpi solidi di dimensioni > a 1mm

IP 5X = involucro protetto contro la polvere;

IP 6X = involucro totalmente protetto contro la polvere.

- seconda cifra : protezione contro la penetrazione dei liquidi :

IP X0 = nessuna protezione;

IP X1 = involucro protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua;

IP X2 = involucro protetto contro la caduta di gocce con inclinazione inferiore a 15°;

IP X3 = involucro protetto contro la pioggia;

IP X4 = involucro protetto contro gli spruzzi d'acqua;

IP X5 = involucro protetto contro i getti d'acqua;

IP X6 = involucro protetto contro le ondate;

IP X7 = involucro protetto contro gli effetti dell'immersione;

IP X8 = involucro protetto contro gli effetti della sommersione.

MARCATURA DELLE APPARECCHIATURE

Le apparecchiature destinate ad essere utilizzate in atmosfera potenzialmente esplosiva recano una marcatura specifica che evidenzia :

IL GRUPPO	I (miniere) II (industrie di superficie)
LA CATEGORIA	1 o 2 o 3
IL TIPO DI COMBUSTIBILE	G (gas) D (polveri)
Il modo di protezione delle sorgenti di innesco	(d, ia, k)
Il gruppo del gas di riferimento	(I, IIA, IIB, IIC)
La classe di temperatura	(T1, T2, T3, T4, T5, T6)
L'eventuale grado di protezione	IP (app. elettriche)
La massima temperatura superficiale	(polveri)

ESEMPIO DI MARCATURA

REQUISITI DIRETTIVA 2014/34/UE

O.N.

CESI=0722

INERIS=0080

PTB=0102

ABC, Milano nome e indirizzo costruttore

DE1122-2004 tipo, numero di serie e anno di costruzione

xxxx marcatura CE, n° O.N. (sorveglianza azienda)



II 2 G gruppo, categoria, G= gas e/o D= dust

APPARECCHIATURE ELETTRICHE – NORMA EN 50014

EEx d IIB T3 modo di protezione a prova di esplosione “d”

CESI 04 ATEX 1234X numero di certificazione, X se necessario

----- indicazioni necessarie per l’utilizzo sicuro

APPARECCHIATURE NON ELETTRICHE – NORMA EN 13463-1

c IIB T5 modo di protezione constructional safety “c”

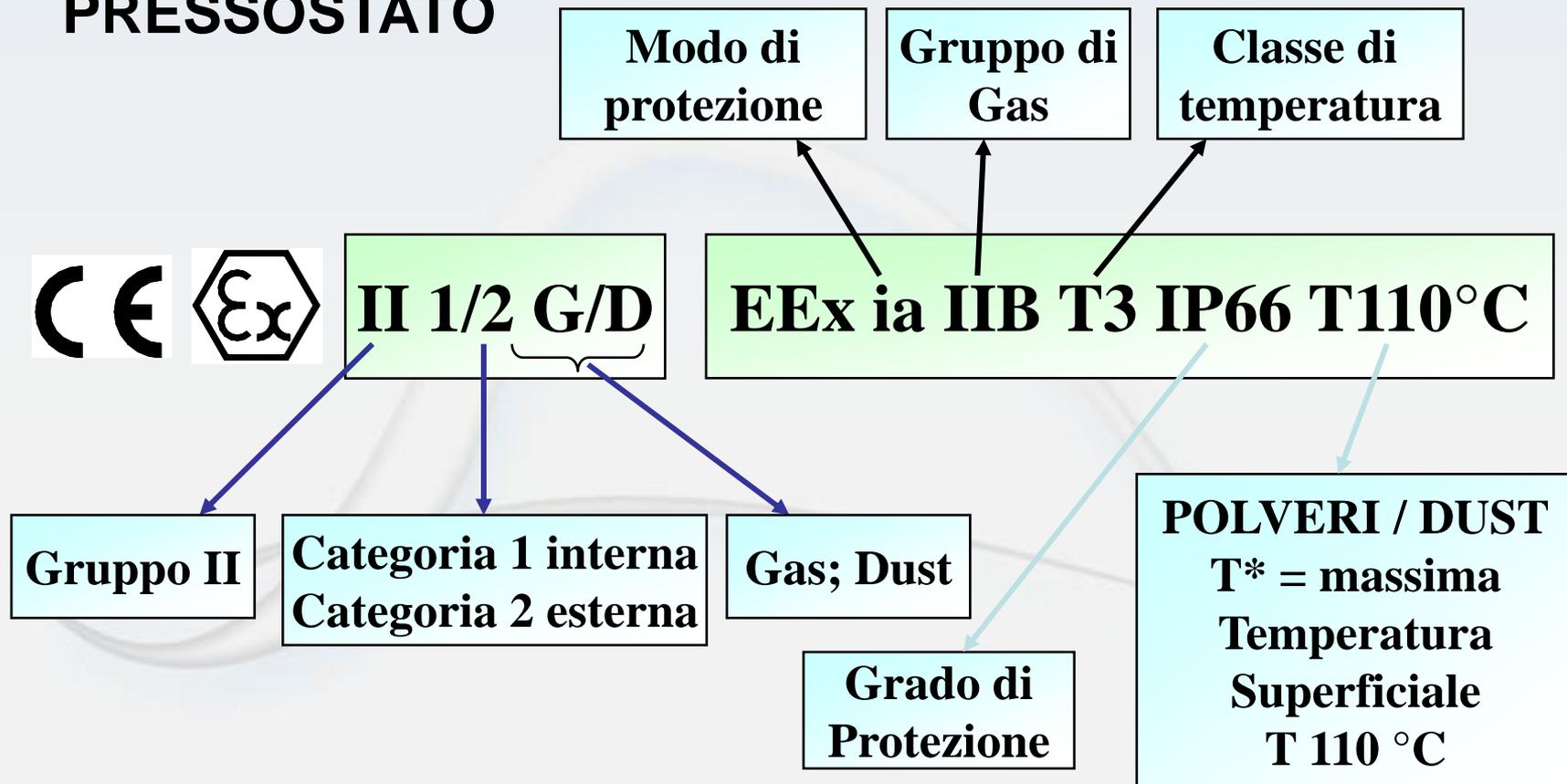
Ref. Tech. File Riferimento al file tecnico del costruttore

PTB 04 ATEX 123 riferimento alla certificazione (eventuale)

----- indicazioni necessarie per l’utilizzo sicuro

ESEMPIO DI MARCATURA

PRESSOSTATO



Atmosfere Esplosive

Fenomenologia e applicazione Normativa

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ordine degli Ingegneri di Trapani

3 Maggio 2021
Ing. Salvatore Tafaro

