



«Scienza e Tecnica della Prevenzione Incendi»

A.A. 2013 - 2014

# Gli impianti elettrici come cause di incendi e di esplosioni



**Docente**

**Ing. Mauro Marchini**

[mgm@mauromarchini.com](mailto:mgm@mauromarchini.com)



# SCALETTA PRESENTAZIONE ODIERNA

- **RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI**
- **GENERALITA' SUGLI IMPIANTI ELETTRICI**
- **ATEX – LE ATMOSFERE ESPLOSIVE**
- **SCARICHE ATMOSFERICHE**
- **IMPIANTI FOTOVOLTAICI**
- **IMPIANTI SPECIALI**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**LEGGE N.248 DEL 22.12.2005** concernente il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti interni agli edifici.

**DM N.37 DEL 22.01.2008** (Regolamento concernente l'attuazione della Legge n.248/2005)

- Sostituisce la Legge 46/90 della quale, tuttavia, restano in vigore i seguenti articoli:
  - ✓ Art.8 finanziamento delle attività di normazione tecnica
  - ✓ Art.14 Verifiche
  - ✓ Art.16 Sanzioni
- Abroga il DPR 447/1991
- Abroga il Capo V del DPR 380/2001(Norme sicurezza impianti)



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008 riguarda i seguenti impianti tecnologici:**

- **Impianti elettrici in genere**
- **Impianti di riscaldamento, di climatizzazione di condizionamento e di refrigerazione**
- **Impianti idrici e sanitari in genere**
- **Impianti per la distribuzione e utilizzazione di qualsiasi tipo di gas**
- **Ascensori, montacarichi, scale mobili e simili**
- **Impianti di protezione antincendio**

**N.B.: per gli impianti connessi a reti di distribuzione si applica a partire dal punto di consegna della fornitura**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- Il DM n.37/2008, con riferimento agli impianti elettrici in genere, riguarda i seguenti impianti:**
- **Impianti elettrici propriamente detti**
  - **Impianti di protezione contro le scariche atmosferiche**
  - **Impianti fotovoltaici**
  - **Impianti per l'automazione di porte, cancelli e barriere**
  - **Impianti radiotelevisivi, le antenne e gli impianti elettronici in genere**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prescrive (art.5) l'obbligo che per tutti gli impianti:**

- **Sia elaborato un progetto**
- **Il progetto deve essere conforme alle *regole dell'arte***
- **I progetti elaborati in conformità alle Norme ed alle Guide del CEI e dell'UNI sono considerati eseguiti a *regola d'arte***
- **Vengono stabiliti i limiti dimensionali e delle relative competenze professionali**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prescrive (art.6) l'obbligo che:**

- **Gli impianti elettrici ad uso residenziale realizzati prima del 13.03.1990 si considerano adeguati se dotati di:**
  - ✓ **Sezionamento e protezione contro sovracorrenti**
  - ✓ **Protezione contro i contatti diretti**
  - ✓ **Protezione contro i contatti indiretti**
  - ✓ **Protezione con interruttore differenziale con  $I_{dn} < 30$  mA**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prescrive (art.7) l'obbligo che per gli impianti venga rilasciato:**

- **La dichiarazione di conformità (DdC): sono previsti due modelli:**
  - ✓ Per le imprese installatrici (Allegato I)
  - ✓ Per gli uffici tecnici interni delle imprese non installatrici (Allegato II)
- **Nei rifacimenti parziali di impianti la DdC si riferisce alla sola sezione di impianto eseguita, ma deve tener conto della sicurezza e funzionalità dell'intero impianto**





## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prevede (art.7) che possa essere rilasciata una Dichiarazione di Rispondenza (DdR):**

- **In mancanza della Dichiarazione di Conformità (DdC), per gli impianti realizzati prima del 27.03.2008, può essere rilasciata una Dichiarazione di Rispondenza (DdR)**
- **Per la redazione della DdR sono previste regole anche in funzione dei limiti dimensionali della realizzazione**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prescrive (art.8) l'obbligo per il committente o proprietario:**

- **della scelta dell'impresa abilitata alla realizzazione degli impianti**
- **di adottare le misure necessarie per conservare gli impianti efficienti nel tempo**
- **di consegnare all'ente distributore dell'energia la DdC o la DdR in caso di nuovi allacciamenti o aumenti di potenza**



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

**Il DM n.37/2008, prescrive (art.13) l'obbligo per il proprietario:**

- **che nelle compravendite immobiliari (salvo patti contrari dichiarati) venga prodotta la DdC o in mancanza la DdR.**



# GENERALITA' SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

## CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE

### ■ IN RELAZIONE ALLA TENSIONE

- ✓ SISTEMI DI CATEGORIA 0 (fino a 50 V – tensione di sicurezza)
- ✓ SISTEMI DI I CATEGORIA (da 50 V a 1000 V – bassa tensione)
- ✓ SISTEMI DI II CATEGORIA (da 1000 V a 30000 V – media tensione)
- ✓ SISTEMI DI III CATEGORIA (oltre 30000 V alta tensione)



# GENERALITA' SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

## CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE

**I SISTEMI DI CATEGORIA 0 fino a 50 V in c.a. e fino a 120 V in c.c. sono denominati anche sistemi a bassissima tensione. Essi possono suddividersi secondo le modalità di impiego in:**

- **SELV (Safety Extra Low Voltage)**
- **PELV (Protective Extra Low Voltage)**
- **FELV (Functional Extra Low Voltage)**



# GENERALITA' SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

## CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE DI I CATEGORIA

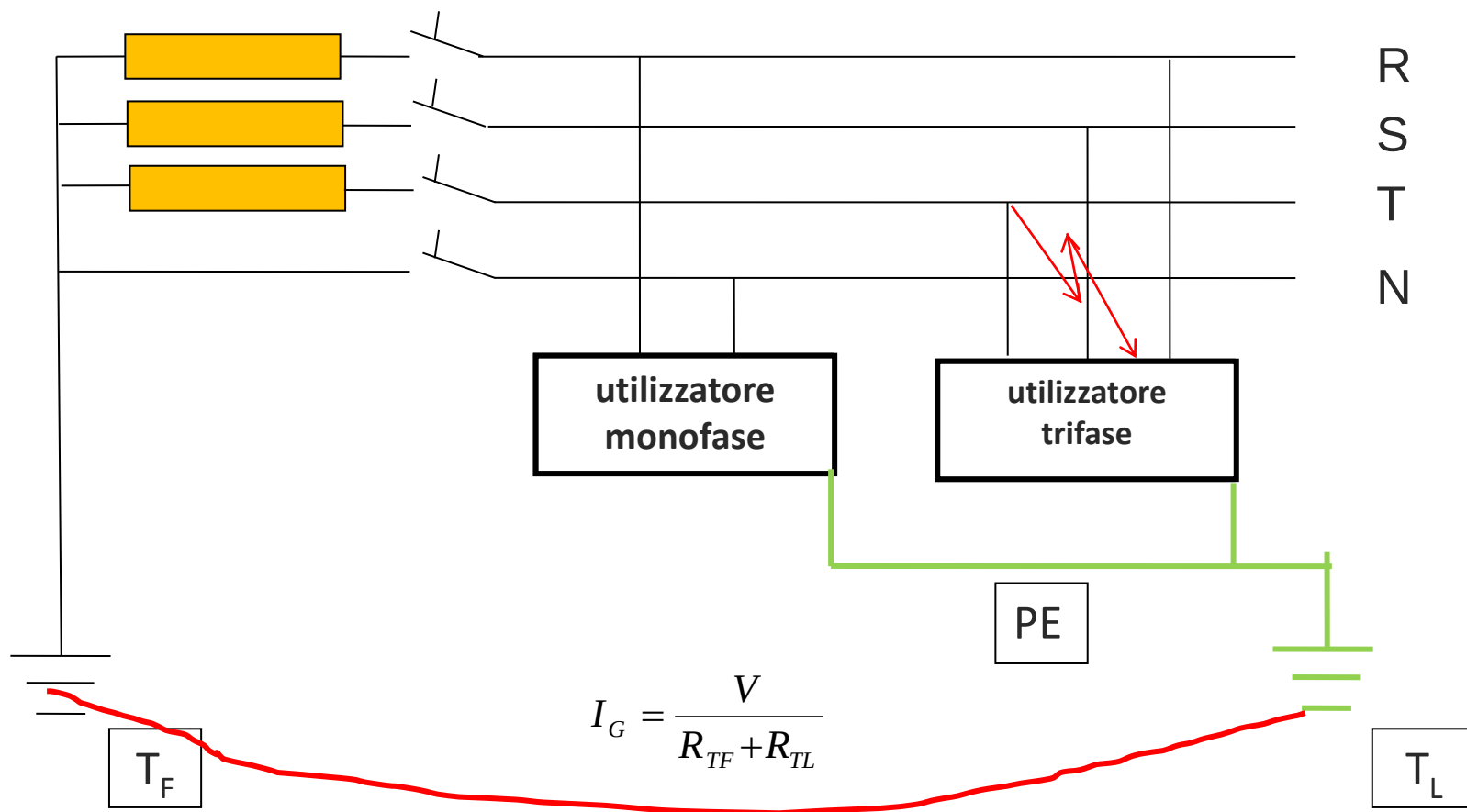
### ■ IN RELAZIONE ALLA MESSA A TERRA

- ✓ SISTEMA TT (Terra – Terra)
- ✓ SISTEMA TN (Terra – Neutro)
- ✓ SISTEMA IT (Neutro isolato - Terra)



# SISTEMA TT

## (UTENZE DEL TIPO EDIFICI RESIDENZIALI)





## SISTEMA TT

### (UTENZE DEL TIPO EDIFICI RESIDENZIALI)

- Neutro collegato al centro stella del trasformatore, distribuito da Ente erogatore.
- Il centro stella del trasformatore è collegato ad una propria terra funzionale ( $T_F$ )
- Le carcasse metalliche degli utilizzatori sono collegate ad una terra locale ( $T_L$ )
- Nel sistema TT il neutro è un conduttore attivo e pertanto è sempre necessaria la sua interruzione
- La corrente di guasto ( $I_G$ ) è limitata da  $R_{TF}$  e da  $R_{TL}$





# SISTEMA TN

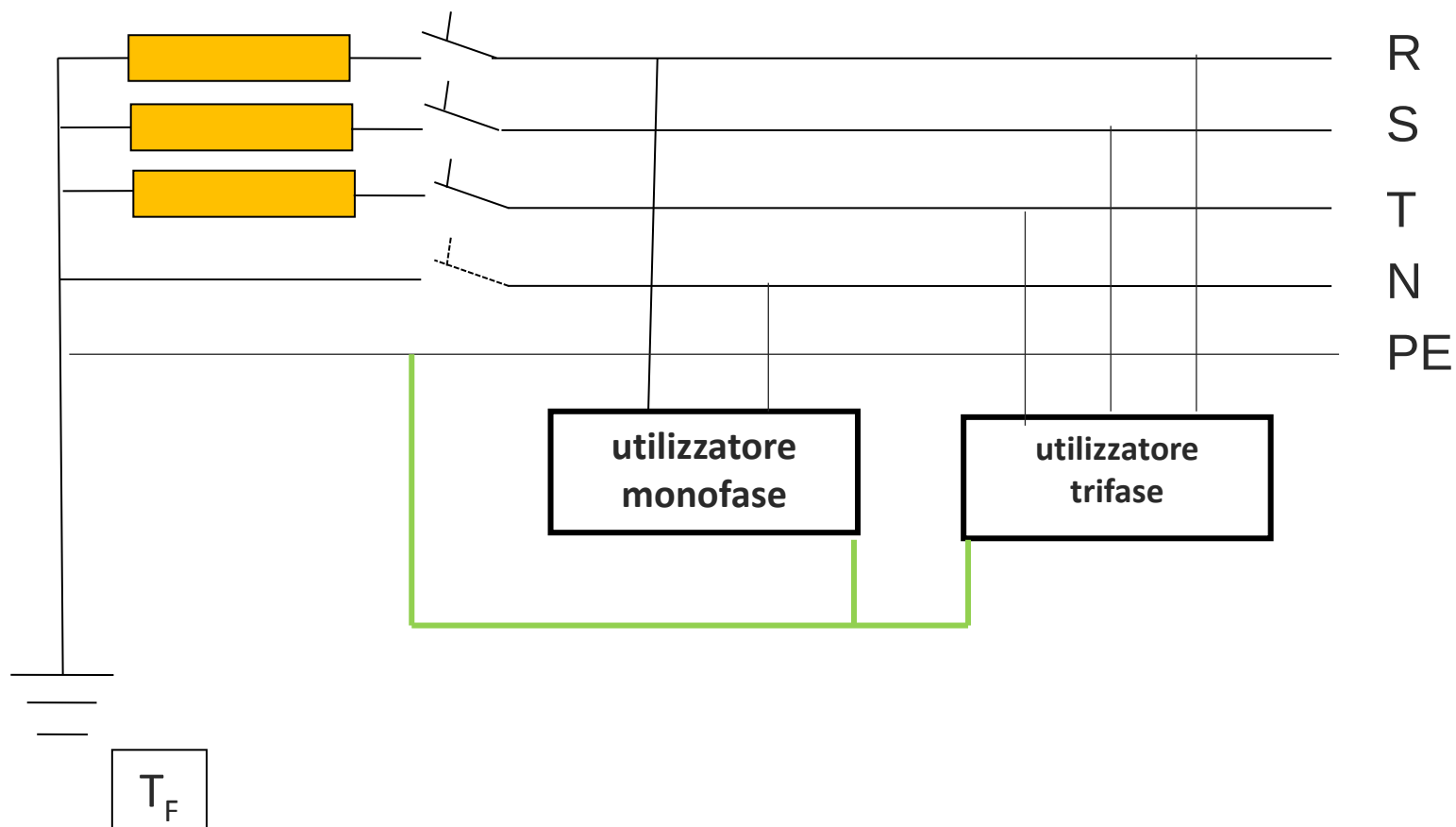
## (UTENZE INDUSTRIALI CON PROPRIA CABINA)

Nel sistema TN possono aversi due sottosistemi:

- TN-S : Il neutro (N) ed il conduttore di protezione (PE) sono  
**Separati**
  - La distribuzione avviene con 5 fili
  - Il neutro N **può** essere interrotto dalla protezione a monte
  - Il conduttore di protezione PE **non deve mai** essere interrotto



# SISTEMA TN-S





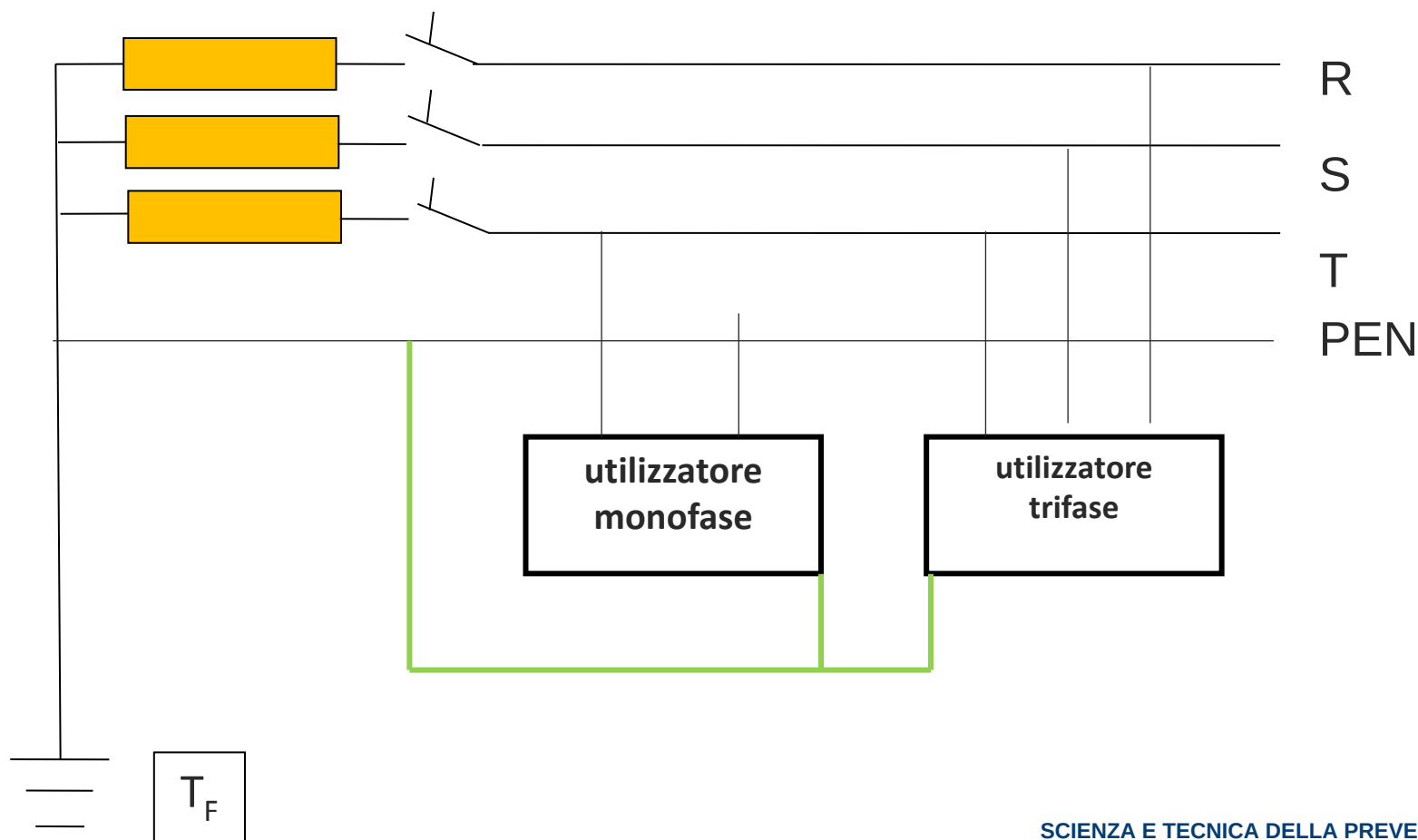
# SISTEMA TN - C

## (UTENZE INDUSTRIALI CON PROPRIA CABINA)

- **TN-C** : Il neutro (N) ed il conduttore di protezione (PE) sono Coincidenti e costituiscono il conduttore denominato PEN
  - La distribuzione avviene con 4 fili
  - La protezione a monte è tripolare
  - Il conduttore PEN non deve mai essere interrotto

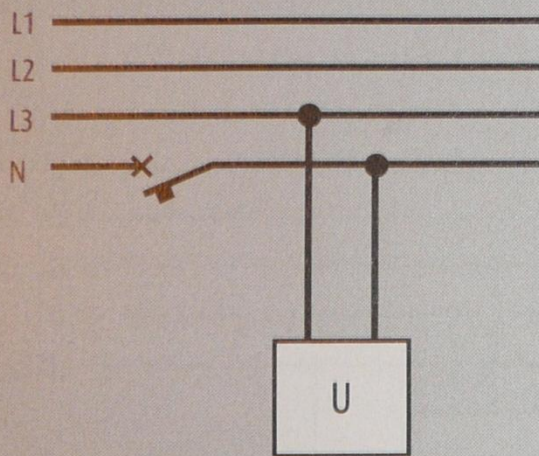


# SISTEMA TN-C

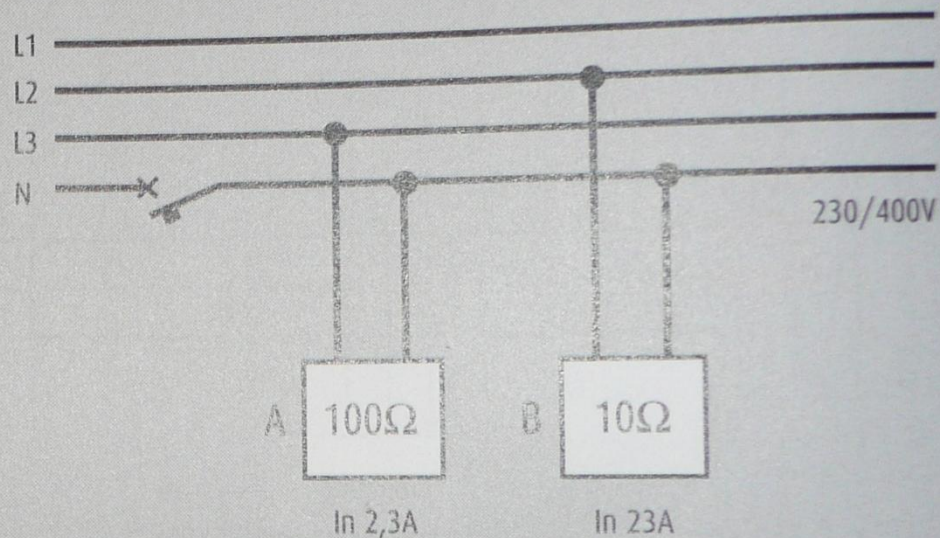


# L'INTERRUZIONE DEL NEUTRO

Vietato interrompere solo il neutro



Il neutro, attraverso l'utilizzatore U assume la tensione di fase

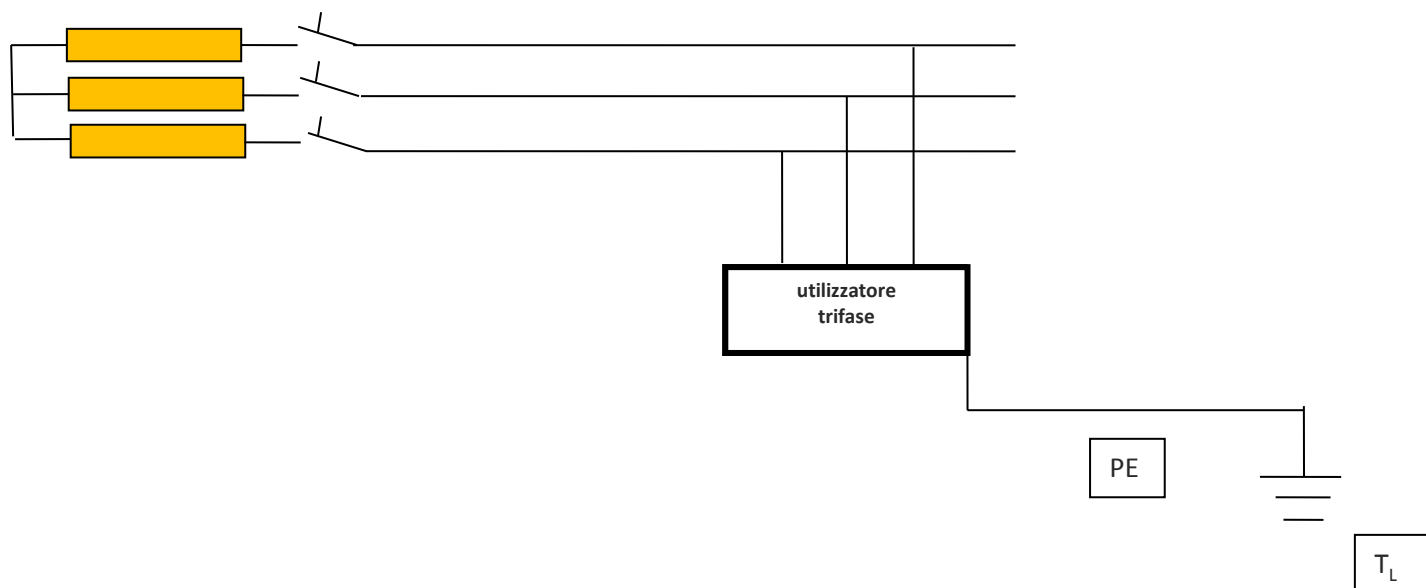


Gli utilizzatori A e B risultano collegati in serie tra L2 L3 alla tensione di 400V con un assorbimento di 3,45A; l'utilizzatore A è sovraccaricato

# SISTEMA IT

(UTENZE INDUSTRIALI CON PROPRIA CABINA E RICHIESTA MASSIMA CONTINUITA' DI SERVIZIO)

Nel sistema IT il neutro è isolato da terra o è collegato attraverso una impedenza di valore sufficientemente elevato  
Tutte le masse degli utilizzatori sono individualmente collegate a terra ed il neutro, di norma, non viene distribuito.





# I RISCHI ELETTRICI

- **ELETTROCUZIONE**
  - ✓ CONTATTI DIRETTI
  - ✓ CONTATTI INDIRETTI
- **INCENDIO E ESPLOSIONE**
  - ✓ SOVRACORRENTI
  - ✓ CADUTA DI TENSIONE
  - ✓ SOVRATENSIONI
  - ✓ SCARICHE ATMOSFERICHE
  - ✓ CARICHE ELETTROSTATICHE
- **MANCANZA ENERGIA ELETTRICA**
  - ✓ ALIMENTAZIONE ELETTRICA DI EMERGENZA
  - ✓ ALIMENTAZIONE DEI SERVIZI DI SICUREZZA
  - ✓ ALIMENTAZIONE DI RISERVA





# L'ELETTROCUZIONE

**Si intende per elettrocuzione il passaggio di corrente elettrica attraverso il corpo umano.**

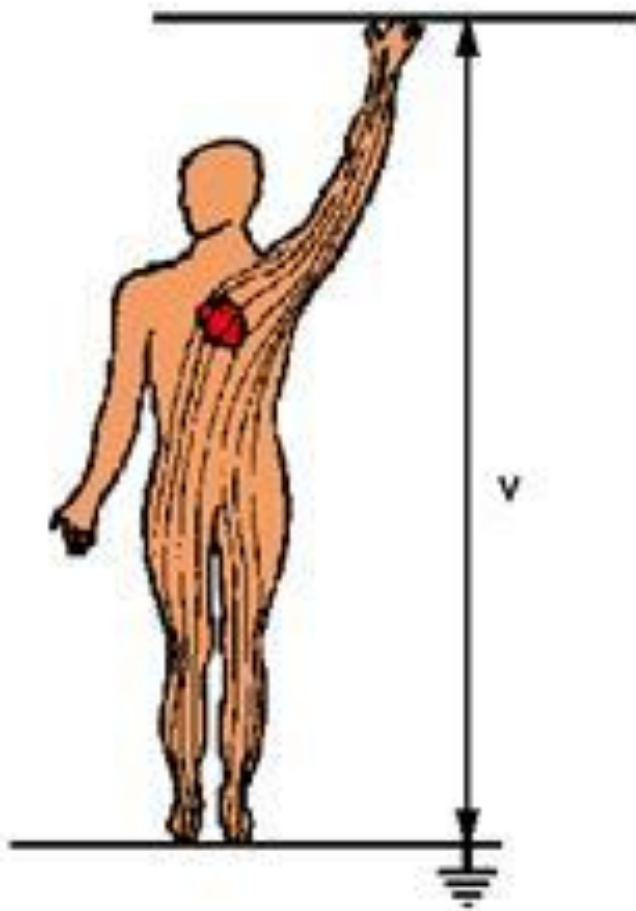
**Questo avviene quando il corpo umano è sottoposto ad una differenza di potenziale.**

**Il corpo umano è vincolato a stare *con i piedi per terra*, pertanto esso ne assume il relativo potenziale elettrico che per convenzione si assume pari a zero.**

**Poiché le sezioni attive degli impianti elettrici hanno sempre una tensione diversa da zero, in presenza di un impianto elettrico esistono i presupposti perché il corpo umano possa essere sottoposto ad una differenza di potenziale e quindi ad un passaggio di corrente secondo la legge di Ohm**



# L'ELETTROCUZIONE





# L'ELETTROCUZIONE

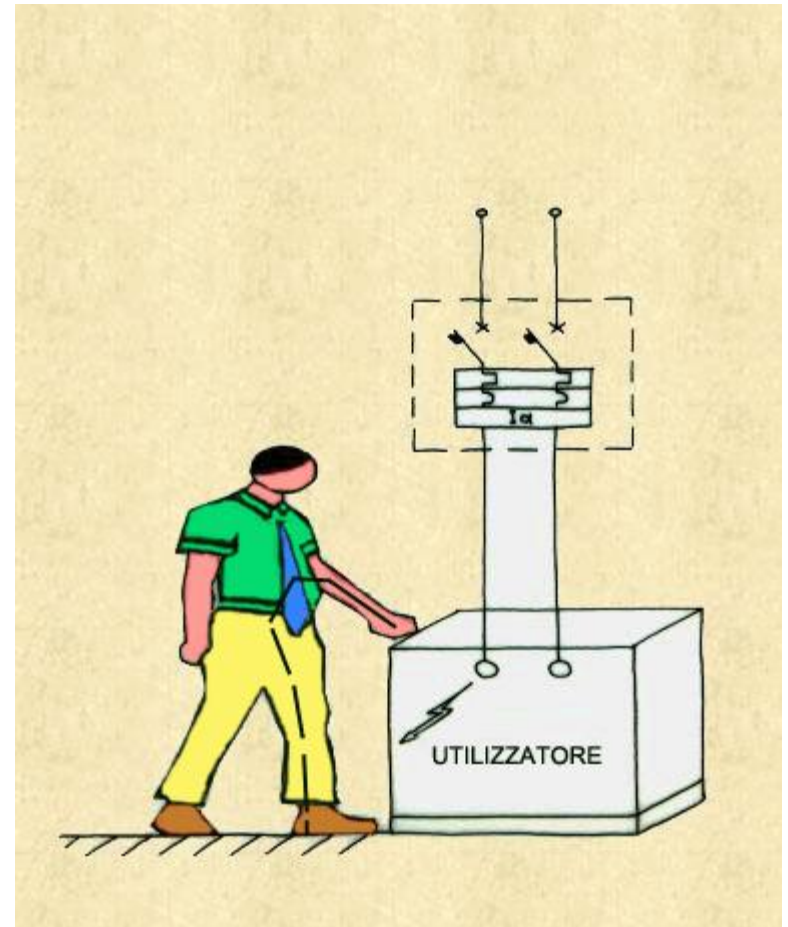
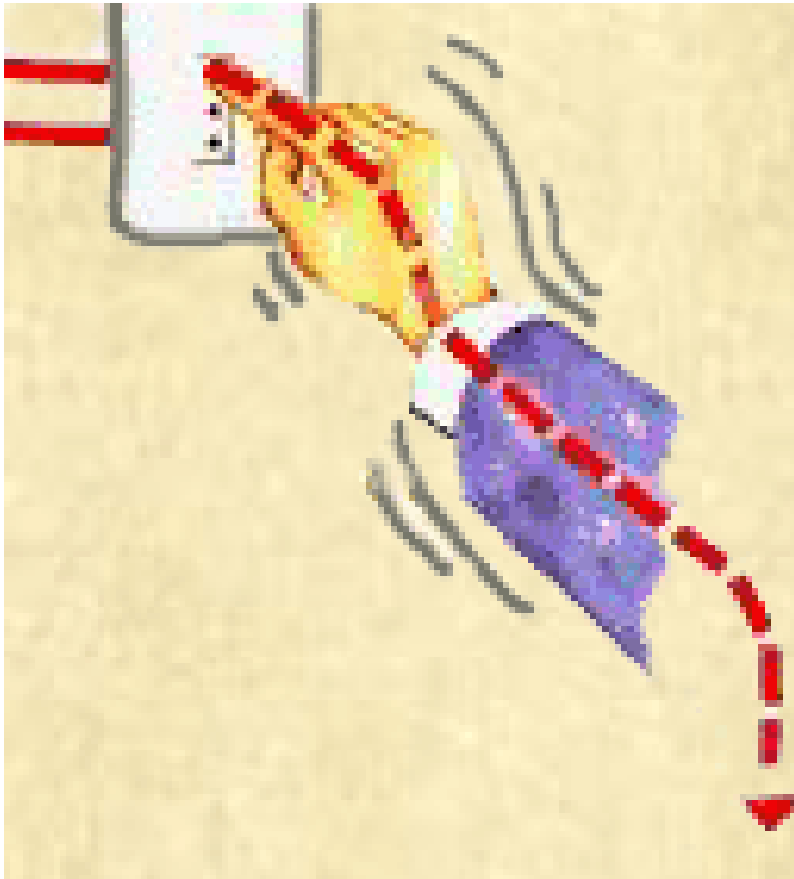
**Il contatto del corpo umano e/o di una sua parte con una sezione attiva di un impianto elettrico può essere:**

- **Diretto**
- **Indiretto**

**Il *contatto diretto* avviene quando il corpo umano o una sua parte tocca direttamente una sezione attiva del circuito elettrico:**

**Il *contatto indiretto* avviene quando una sezione attiva del circuito elettrico viene in contatto, per effetto di un guasto dell'isolamento, con la custodia metallica che racchiude il circuito stesso.**

# L'ELETTROCUZIONE





# L'ELETTROCUZIONE

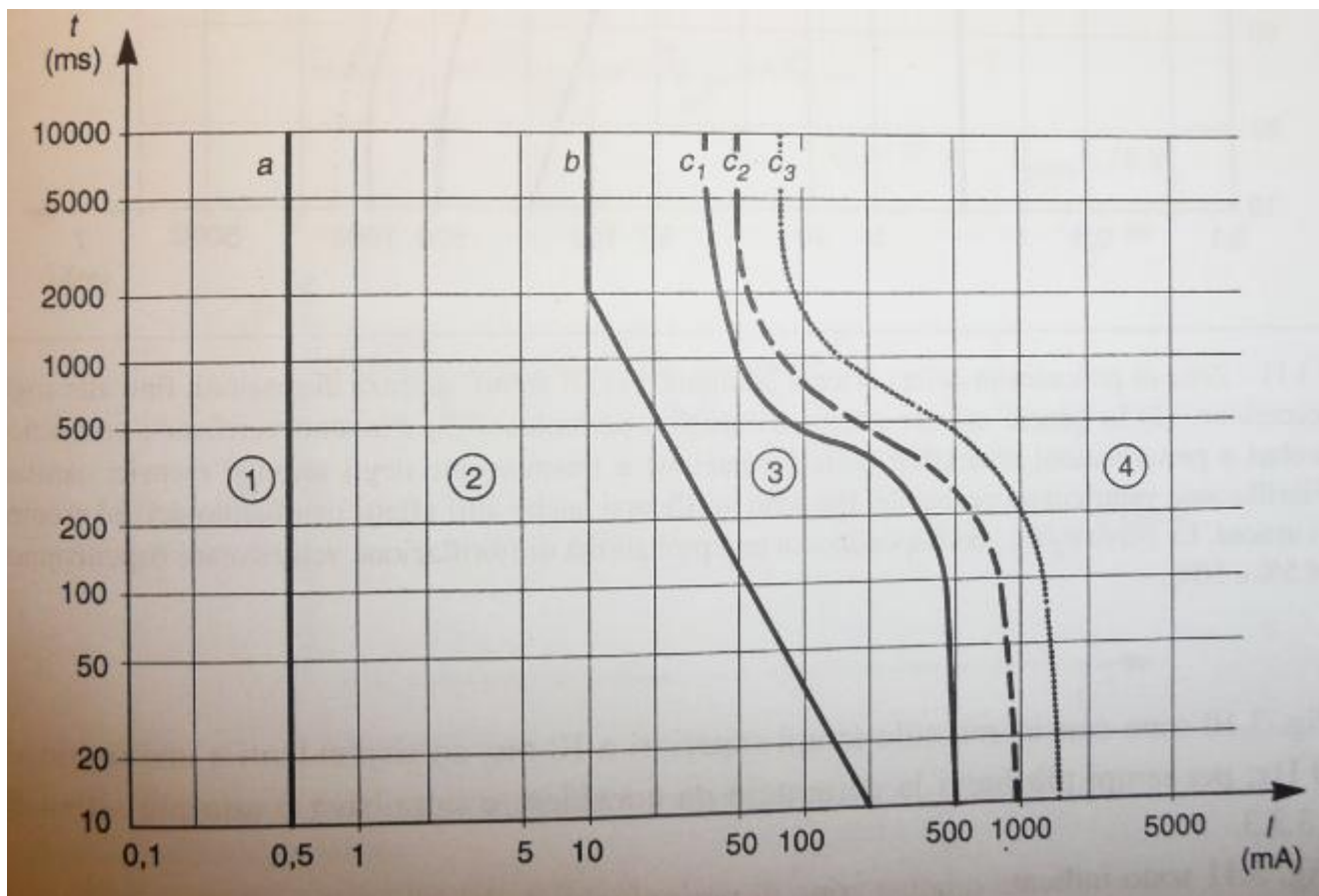
## CONSEGUENZE DI UNA ELETTROCUZIONE

- Arresto della respirazione
- Fibrillazione e/o arresto cardiaco
- Tetanizzazione
- Ustioni

# L'ELETTRUCUZIONE

**Pericolosità della corrente alternata in funzione del tempo**

bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica





## L'ELETTROCUZIONE

- **ZONA 1:** nessun effetto fisiologico (lieve percezione)
- **ZONA 2:** in genere nessun effetto fisiologico, fino alla soglia di tetanizzazione
- **ZONA 3:** effetti fisiologici in genere reversibili quali contrazioni muscolari, difficoltà di respirazione, aritmie cardiache senza fibrillazione ventricolare
- **ZONA 4:** probabile fibrillazione ventricolare, arresto cardiaco, arresto respirazione, ustioni.
- **N.B. :** le curve C2 e C3 corrispondono ad una fibrillazione ventricolare rispettivamente del 5% e del 50%
- **(bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica)**



# L'ELETTROCUZIONE

## MISURE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

- Per prevenire i contatti diretti le parti in tensione devono essere ricoperte in tutta la loro estensione con un materiale isolante o poste dietro involucri in grado di assicurare un grado di protezione sia da contatti da corpi estranei che da sostanze liquide.
- Oltre agli involucri e alle barriere, per prevenire i contatti diretti, l'impiego di un interruttore differenziale ad alta sensibilità può costituire una protezione supplementare (e non alternativa) in grado di intervenire all'atto del guasto.





# L'ELETTROCUZIONE

## MISURE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Le protezioni contro i contatti indiretti possono effettuarsi con dispositivi che impediscono il contatto con gli elementi in tensione o con mezzi che interrompono in circuito impedendo eventuali tensioni di contatto pericolose

Per la salvaguardia contro i contatti indiretti le norme CEI 64-8 suddividono le protezioni in:

- protezioni senza interruzione automatica del circuito;
- protezioni con interruzione automatica del circuito.





# L'ELETTROCUZIONE

## PROTEZIONE SENZA INTERRUZIONE AUTOMATICA DEI CIRCUITI

La protezione senza interruzione automatica del circuito si può realizzare:

- impiegando materiali con particolari caratteristiche di isolamento;
- adeguate separazioni elettriche dei circuiti;
- ambienti isolanti;
- locali equipotenziali.



# L'ELETTROCUZIONE

**La protezione mediante ambienti isolanti prevede l'isolamento completo verso terra dell'ambiente nel quale operano le persone. Questo tipo di impianto deve essere adottato sotto il controllo di personale addestrato per evitare situazioni di pericolo.**

**La protezione mediante locali equipotenziali consiste nel collegare tra loro tutte le masse estranee mediante conduttori equipotenziali.**

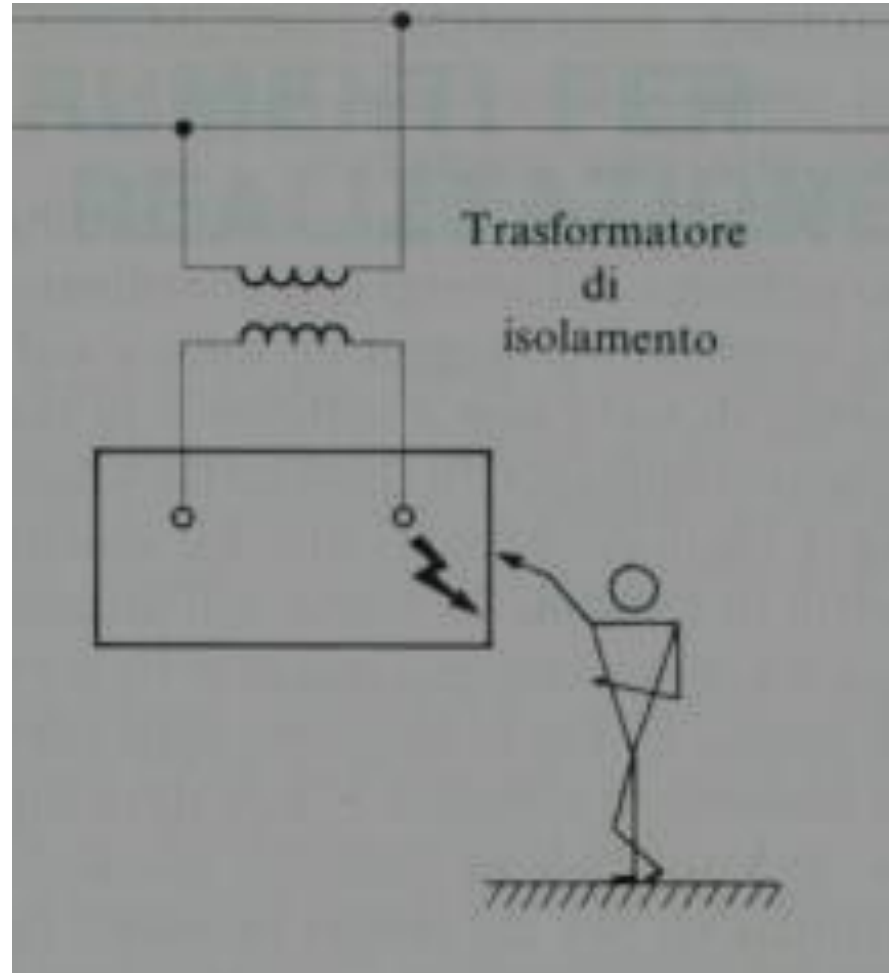


## L'ELETTROCUZIONE

**La separazione elettrica viene realizzata alimentando il circuito tramite un trasformatore di isolamento nel quale si divide il circuito primario da quello secondario.**

**La funzione protettiva consiste nell'impedire vie di richiusura del circuito verso terra, nel caso in cui un operatore toccasse una parte accidentalmente in tensione.**

# L'ELETTROCUZIONE





# L'ELETTROCUZIONE

## PROTEZIONI CON INTERRUZIONE AUTOMATICA DEL CIRCUITO.

La protezione con interruzione automatica del circuito mediante messa a terra consiste nel realizzare un impianto di messa a terra opportunamente coordinato con interruttori posti a monte dell'impianto atti ad interrompere tempestivamente l'alimentazione elettrica del circuito guasto se la tensione di contatto assume valori particolari.

I sistemi di protezione si dividono in:

protezioni per sistemi TT

protezioni per sistemi TN

protezioni per sistemi IT



# L'ELETTROCUZIONE

**SISTEMI TT: protezioni mediante dispositivi a massima corrente**

$$R_T \leq \frac{U_L}{I_{5\text{sec}}}$$

dove:

$R_T$  = resistenza dell'impianto di terra

$U_L$  = tensione di sicurezza (25 ÷ 50 V)

$I_{5\text{sec}}$  = corrente corrispondente ad un tempo di intervento di 5 secondi



# L'ELETTROCUZIONE

## SISTEMI TT: protezioni mediante dispositivi differenziali

$$R_T \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

dove:

$R_T$  = resistenza dell'impianto di terra

$U_L$  = tensione limite di sicurezza (25 ÷ 50 V)

$I_{\Delta n}$  = corrente differenziale nominale



# L'ELETTROCUZIONE

## SISTEMI TN: protezioni mediante dispositivi a massima corrente

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s}$$

dove:

**I<sub>a</sub>** = corrente che determina l'intervento del dispositivo entro il tempo indicato in tabella

**U<sub>0</sub>** = tensione di fase

**Z<sub>s</sub>** = impedenza dell'anello di guasto

| U <sub>0</sub> (V) | Tempo int. Ord. | Tempo int. Str. |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| 120                | 0.8 s           | 0.4 s           |
| 230                | 0.4 s           | 0.2 s           |
| 400                | 0.2 s           | 0.06 s          |





# L'ELETTROCUZIONE

**SISTEMI IT: in caso di semplice guasto a terra si ha**

$$R_T I_d \leq U_L$$

dove:

$R_T$  = resistenza dell'impianto di terra

$U_L$  = tensione (limite) di sicurezza (25 ÷ 50 V)

$I_d$  = corrente di guasto franco a terra (valore modesto essendo prevalentemente capacitiva)

**Talché un semplice guasto a terra non costituisce un pericolo per contatti Indiretti, la stessa cosa non può dirsi per contatti diretti**



# L'ELETTROCUZIONE

**SISTEMI IT:** in caso di doppio guasto a terra il sistema diventa un sistema TN o TT a seconda che le masse affette dai due guasti a terra siano connesse rispettivamente ad un impianto di terra unico o ad impianti di terra separati

$$Z_s \leq \sqrt{3} \cdot \frac{U_0}{2 \cdot I_a}$$

dove:

$Z_s$  = impedenza anello di guasto

$U_0$  = tensione di fase

$I_a$  = corrente che determina l'intervento del dispositivo di protezione del circuito entro il tempo  $t$  specificato nella tabella della slide seguente



# L'ELETTROCUZIONE

**SISTEMI IT: tempi massimi di interruzione in caso di doppio guasto a terra:**

| Tempo di interruzione |                            |                        |                            |                        |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| $U_0/U$               | Condizioni ordinarie       |                        | Condizioni straordinarie   |                        |
|                       | Neutro non distribuito (s) | Neutro distribuito (s) | Neutro non distribuito (s) | Neutro distribuito (s) |
| 120/240               | 0.8                        | 5                      | 0.4                        | 1                      |
| 230/400               | 0.4                        | 0.8                    | 0.2                        | 0.4                    |
|                       |                            |                        |                            |                        |
|                       |                            |                        |                            |                        |



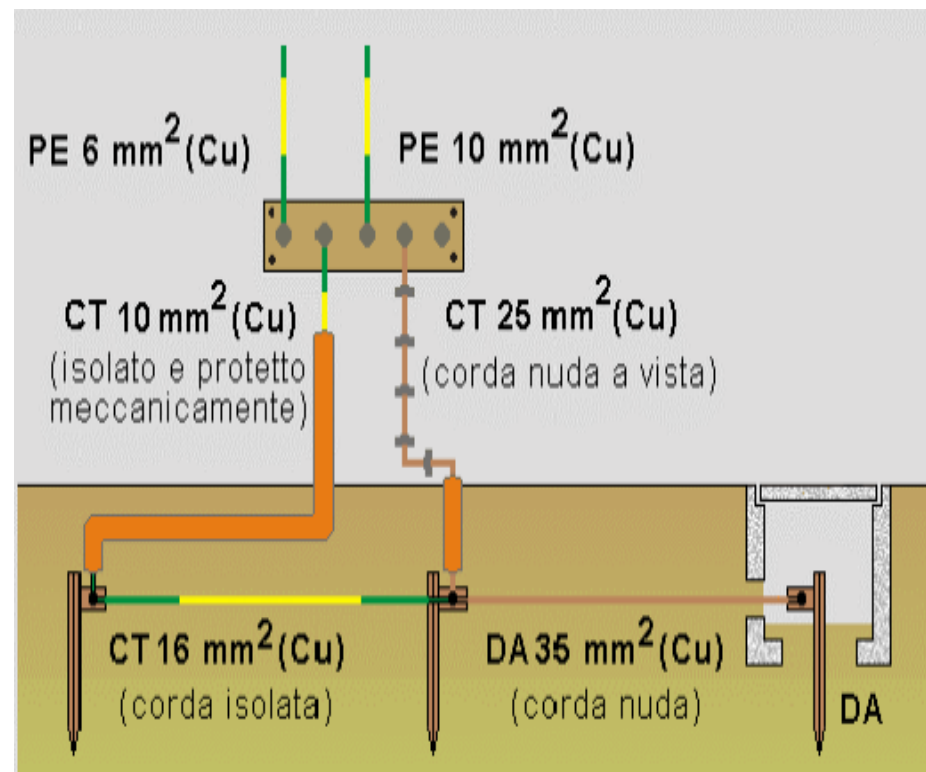
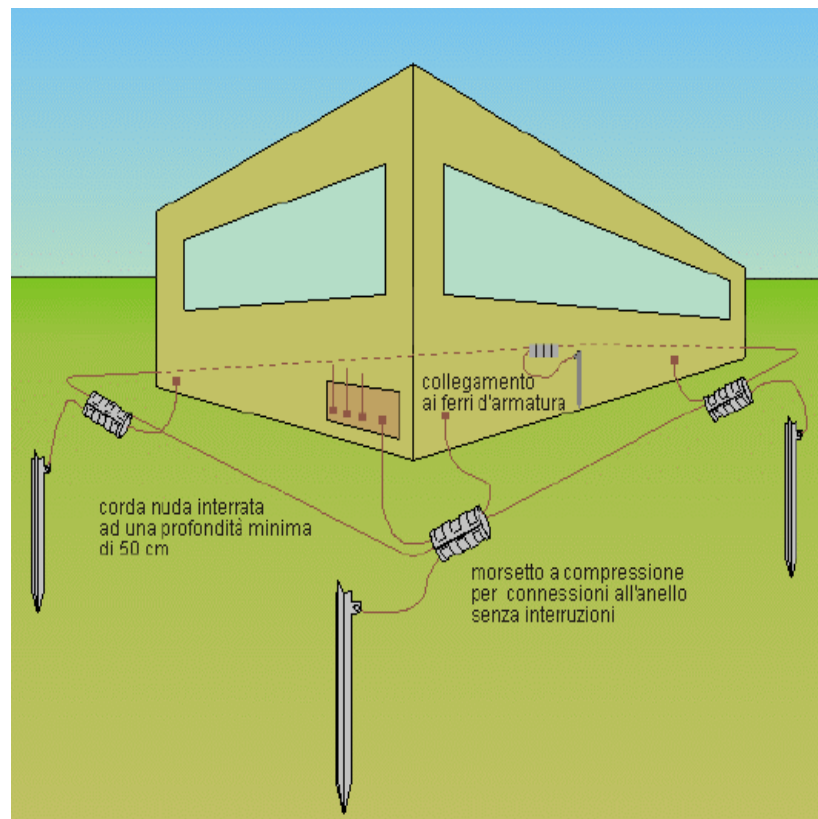
# IMPIANTI DI TERRA

**Collegare una massa a terra vuol dire stabilire un collegamento elettrico tra la massa e il terreno a potenziale zero; in pratica, collegare una massa a terra vuol dire collegarla ad un dispersore, cioè ad un elemento metallico in contatto elettrico con il terreno.**

**Questo collegamento ha lo scopo di impedire che tali masse assumano, in caso di guasto, potenziali verso terra pericolosi per le persone che ne vengono a contatto, e provocare l'intervento contemporaneo dei dispositivi di protezione (posti a monte dell'impianto elettrico) atti ad interrompere tempestivamente l'alimentazione elettrica.**

**Quindi l'impianto di terra deve disperdere facilmente nel terreno le correnti elettriche che si manifestano in corso di guasto, in modo da abbassare il più possibile i valori delle tensioni di contatto.**

# IMPIANTI DI TERRA





# L'ELETTROCUZIONE

## LUOGHI CONDUTTORI – RISTRETTI

- Un luogo è da ritenersi conduttore – ristretto quando ricorrono entrambe le seguenti condizioni:
  - ✓ è in buon collegamento con il terreno (serbatoio metallico, cunicolo umido o bagnato);
  - ✓ Il volume è ridotto tanto da provocare il contatto della persona con le parti conduttrici oltre le mani e i piedi



# L'ELETTROCUZIONE

## LUOGHI CONDUTTORI – RISTRETTI

Nei luoghi conduttori – ristretti per garantire la protezione contro i contatti indiretti sono ammessi tutti i sistemi indicati dalla Norma CEI 64-8:

- interruzione automatica dell'alimentazione,
- componenti di classe II,
- separazione elettrica,

considerando una tensione di contatto limite ridotta rispetto ad un luogo ordinario a 25 V in corrente alternata e a 60 V in corrente continua (SELV).



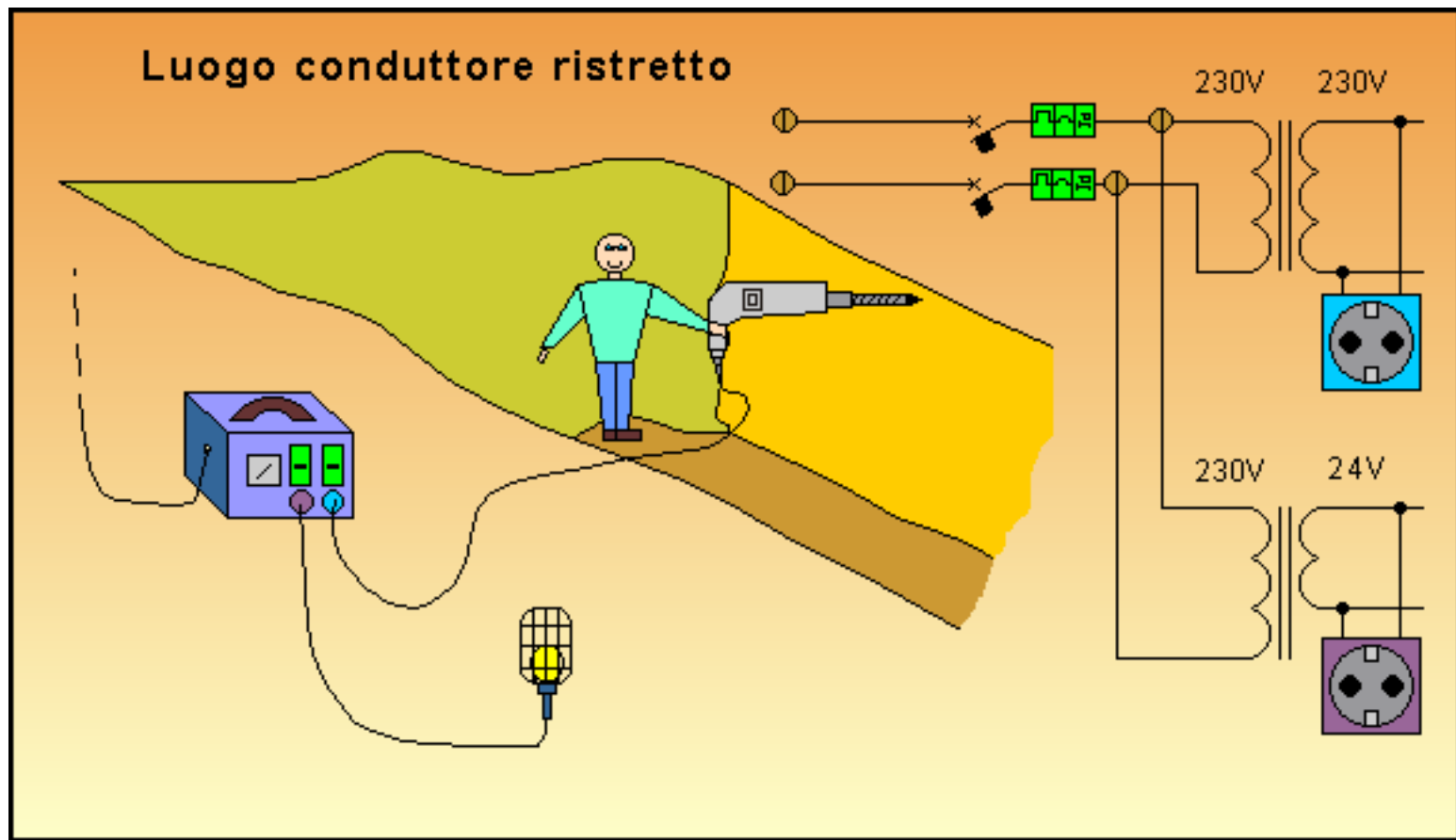
# L'ELETTROCUZIONE

## LUOGHI CONDUTTORI – RISTRETTI

- **Gli utensili portatili, gli apparecchi di misura trasportabili o mobili impiegati in questi luoghi possono essere alimentati a bassissima tensione di sicurezza (SELV) ad una tensione non superiore a 50 V (le lampade portatili possono essere alimentate solo a bassissima tensione di sicurezza normalmente 24 V) o tramite separazione elettrica con un trasformatore di isolamento 230V/230V, rispondente alla Norma CEI 96-1 (in questo caso gli utensili, dovranno essere del tipo a doppio isolamento e il trasformatore di sicurezza dovrà essere privo della messa a terra sul secondario), con l'avvertenza di tenere le sorgenti di energia all'esterno del luogo conduttore ristretto.**

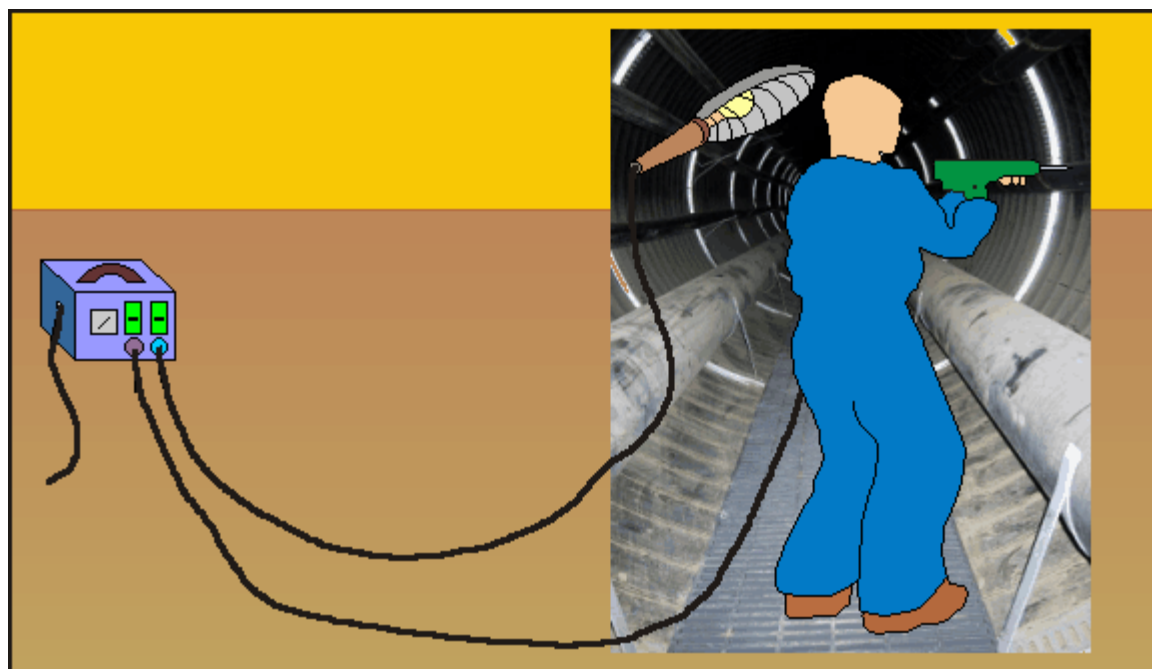


# L'ELETTROCUZIONE

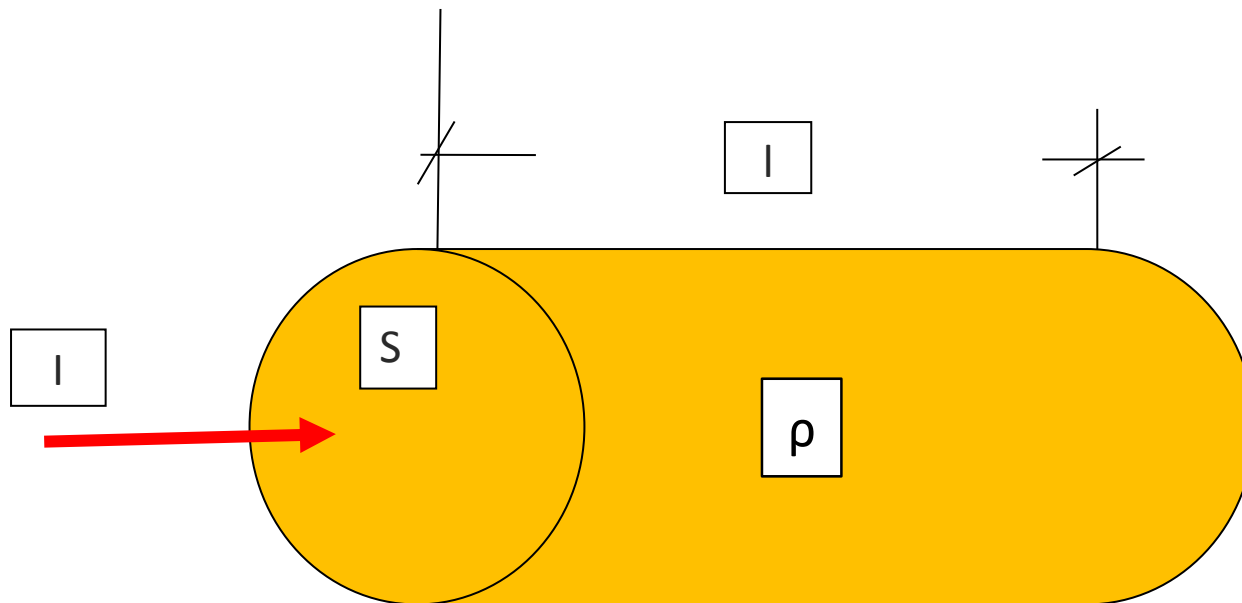


# L'ELETTROCUZIONE

## LUOGO CONDUTTORE – RISTRETTO



# LE SOVRACCORRENTI





# LE SOVRACORRENTI

- **Un conduttore percorso da corrente elettrica si riscalda in modo proporzionale al quadrato della intensità di corrente e alla durata del passaggio di corrente.**

Il riscaldamento del conduttore per effetto Joule vale:  $E = R \times i^2 \times t = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot i^2 \cdot t = c \cdot S \cdot l \cdot \Delta \vartheta$

integrando si ottiene:

$$\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = c \cdot S^2 \cdot \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{\rho}$$

dove:  $t_i$  = tempo intervento protezioni

$c$  = calore specifico riferito alla unità di volume

$\vartheta_0$  = temperatura iniziale del conduttore

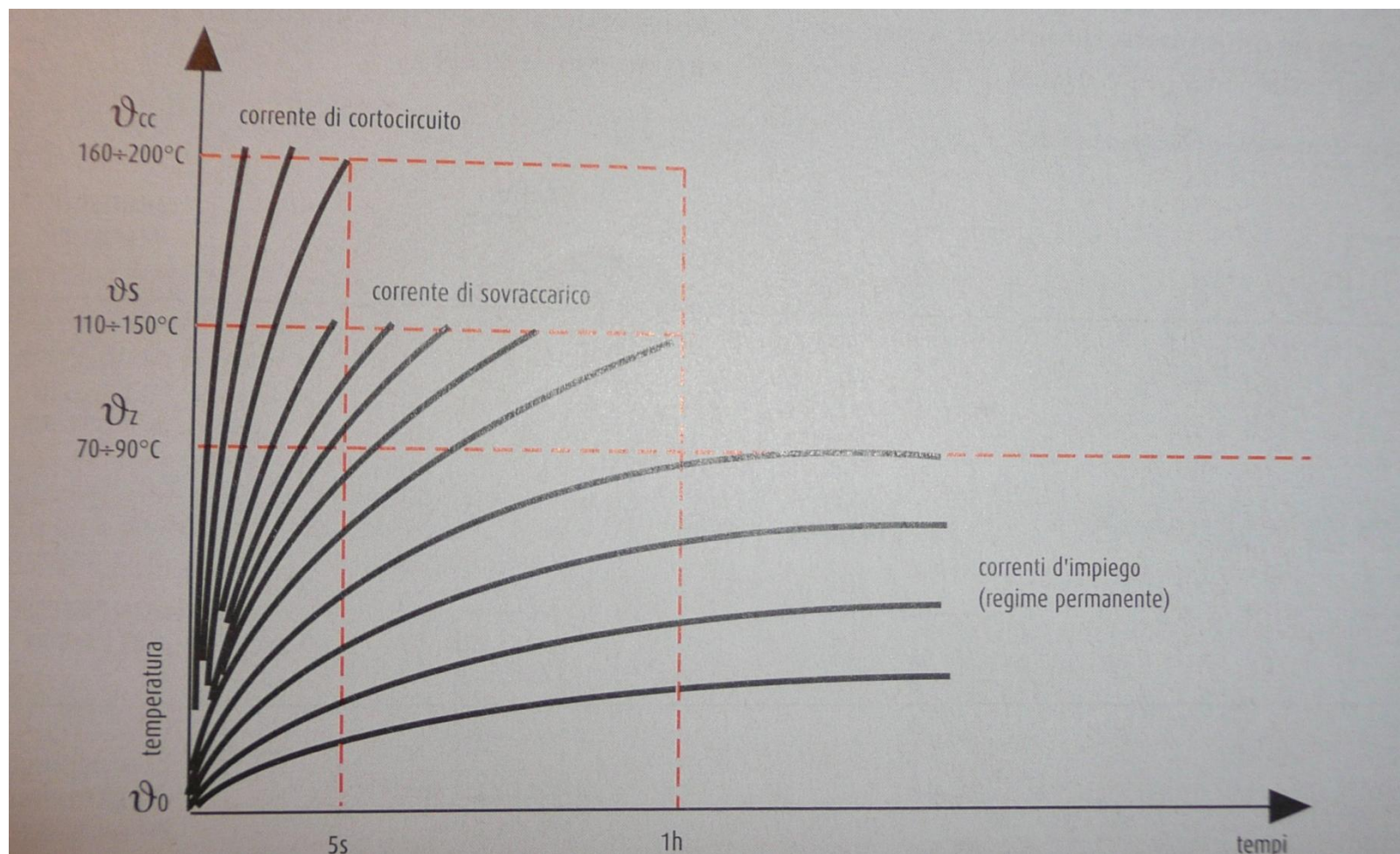
$\vartheta$  = temperatura del conduttore dopo il cortocircuito



# LE SOVRACORRENTI

- In conseguenza del passaggio di corrente possono aversi tre casi:
  - ✓ **Regime permanente:** le temperature raggiunte dal conduttore (cavo) per un tempo indefinito non devono superare la temperatura massima di esercizio caratteristica di ogni tipo di isolante.
  - ✓ **Sovraccarico:** si realizzano temperature che se non interrotte tempestivamente si provoca in danneggiamento dell'isolante.
  - ✓ **Cortocircuito:** si realizzano temperature molto elevata che devono essere interrotte in tempi brevissimi.

# LE SOVRACCORRENTI





# LE SOVRACORRENTI

Si ha una sovracorrente quando il suo valore  $I$  è maggiore della portata  $I_z$  del cavo attraversato ( $I > I_z$ )

- La portata  $I_z$  di un cavo dipende:
  - ✓ Dal materiale (Cu, Al)
  - ✓ Dalla guaina protettiva (PVC, EPR,...)
  - ✓ Dalle condizioni di installazione
  - ✓ Dalla temperatura ( $\theta < \theta_{\text{servizio}}$ )





# LE SOVRACORRENTI

## I SOVRACCARICHI

- I sovraccarichi sono correnti *relativamente* piccole e riguardano circuiti “sani”, ma che se non interrotte tempestivamente (fino ad 1 ora) provocano il danneggiamento dell’isolante.
- Le principali cause di sovraccarico sono:
  - ✓ Errata valutazione della contemporaneità di funzionamento degli utilizzatori;
  - ✓ Correnti di guasto a terra;
  - ✓ Guasti a carico dell’utilizzatore;
  - ✓ Corto circuiti “*lontani*” (I<sub>cc</sub> minima)



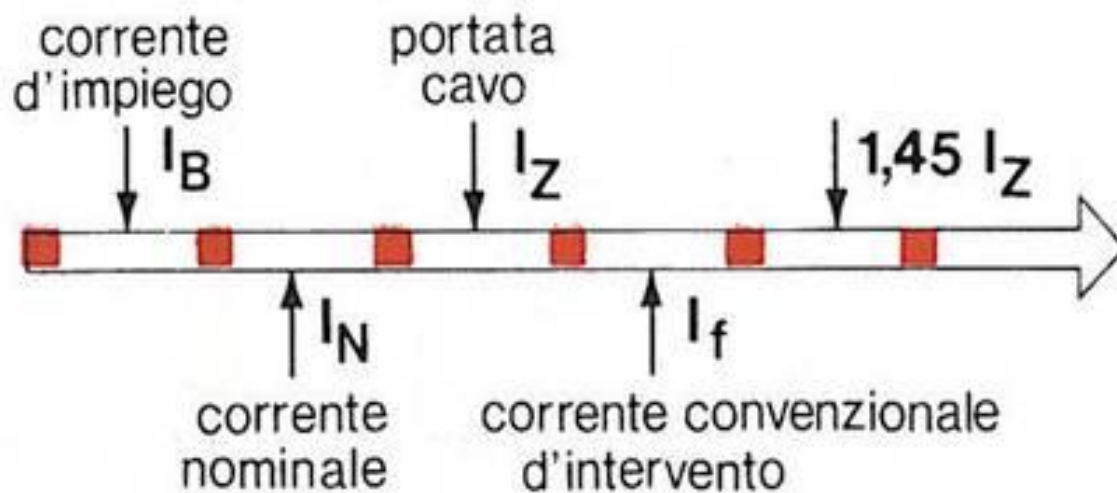
# LA PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z$$

caratteristiche  
del circuito

caratteristiche  
del dispositivo  
di protezione





# LE SOVRACORRENTI

## I CORTOCIRCUITI

- I cortocircuiti sono correnti molto grandi che inducono temperature molto elevate che pertanto devono essere interrotte in tempi brevissimi.
- Riguardano circuiti guasti a causa del danneggiamento della protezione (isolamento compromesso)



# IL CORTO CIRCUITO

Ricordato che  $\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = c \cdot S^2 \cdot \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{\rho}$

Poiché la resistività del materiale è funzione della temperatura si ha:  $\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \vartheta)$

da cui sostituendo si ottiene:  $\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = \frac{c \cdot S^2}{\rho_0} \cdot \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{1 + \alpha \vartheta}$

posto  $y = 1 + \alpha \vartheta$  si ha:  $\int_{\vartheta_0}^{\vartheta} \frac{d\vartheta}{1 + \alpha \vartheta} = \frac{1}{\alpha} \cdot \int_{1 + \alpha \vartheta_0}^{1 + \alpha \vartheta} \frac{dy}{y} = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{1 + \alpha \vartheta}{1 + \alpha \vartheta_0}$

quindi:  $\int_0^{t_i} i^2 \cdot dt = \frac{c \cdot S^2}{\alpha \rho_0} \ln \frac{1 + \alpha \vartheta}{1 + \alpha \vartheta_0} = k^2 \cdot S^2$  essendo:  $k^2 = \frac{c}{\alpha \rho_0} \ln \frac{1 + \alpha \vartheta_f}{1 + \alpha \vartheta_0}$

dove  $\vartheta_f$  è la massima temperatura di cortocircuito.

Per la buona conservazione del cavo deve essere soddisfatta la condizione:

$$i^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2$$



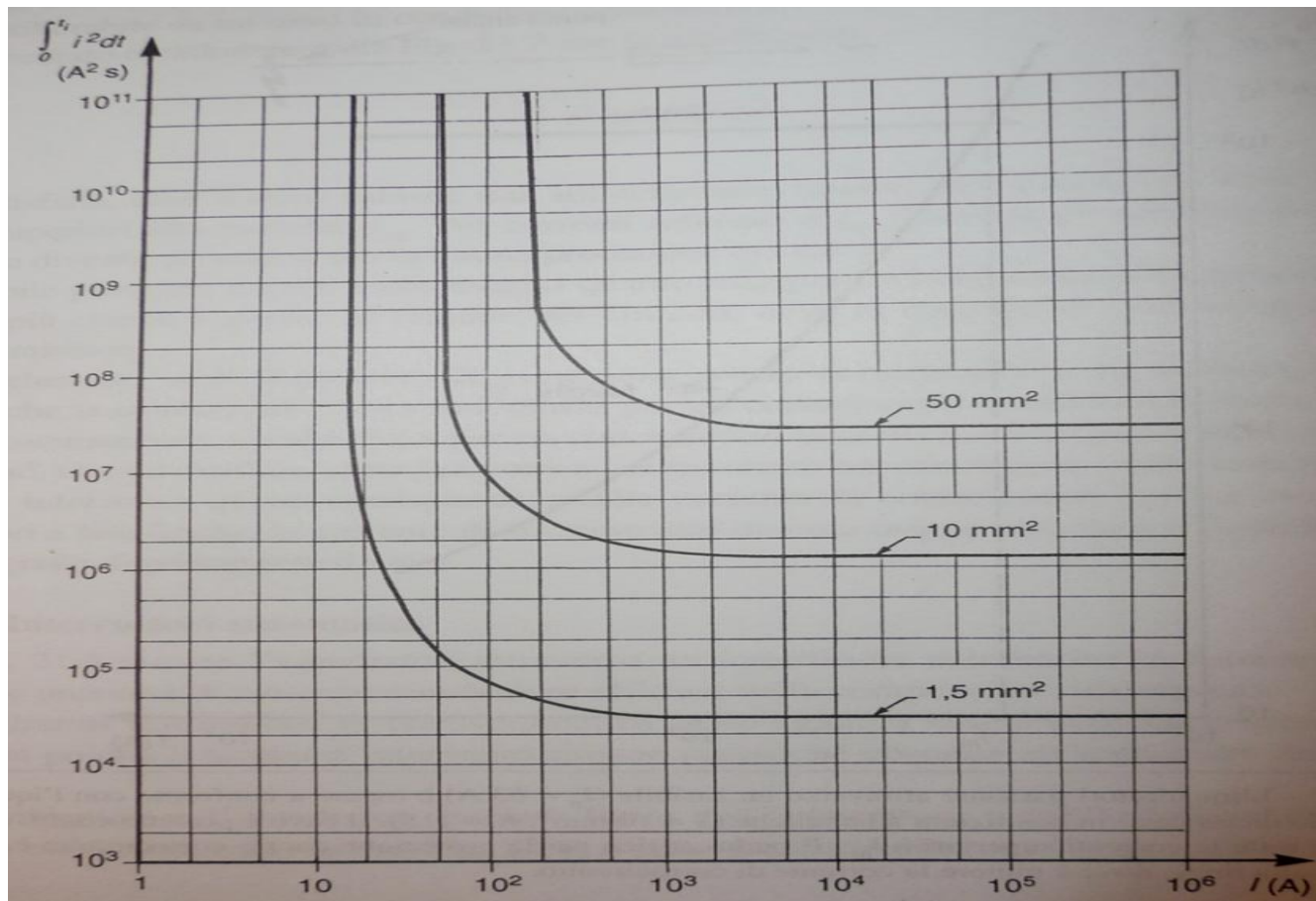
# LA PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO

$$I_B \leq I_N$$

$$\int_0^{t_i} i^2 dt \leq K^2 \cdot S^2$$

- Il potere d'interruzione estremo del dispositivo di protezione deve essere maggiore della corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione
- Il dispositivo di protezione deve essere installato all'inizio della linea

# ENERGIA PASSANTE TOLLERABILE DAI CAVI



bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica



# I FUSIBILI

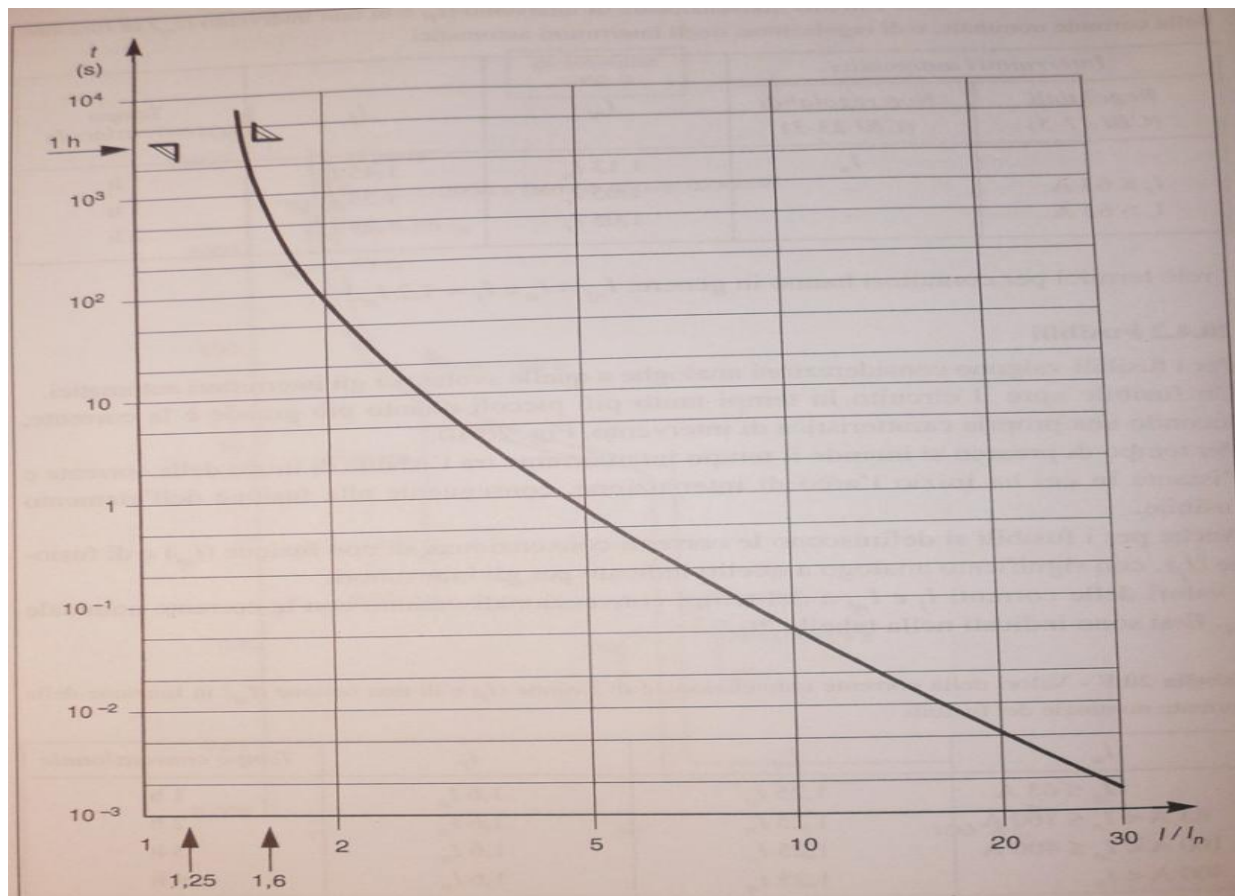
- Un fusibile apre il circuito in tempi tanto più piccoli quanto più grande è la corrente, secondo una propria caratteristica di intervento
- Anche per i fusibili si definiscono le correnti convenzionali  $I_n$  di non funzionamento (o di non fusione) e  $I_f$  di funzionamento (o di fusione)

| $I_n$                                    | $I_n$      | $I_f$     | Tempo convenzionale |
|------------------------------------------|------------|-----------|---------------------|
| $I_n \leq 63 \text{ A}$                  | $1,25 I_n$ | $1,6 I_n$ | 1 h                 |
| $63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$  | $1,25 I_n$ | $1,6 I_n$ | 2 h                 |
| $160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$ | $1,25 I_n$ | $1,6 I_n$ | 3 h                 |
| $400 \text{ A} < I_n$                    | $1,25 I_n$ | $1,6 I_n$ | 4 h                 |

# I FUSIBILI

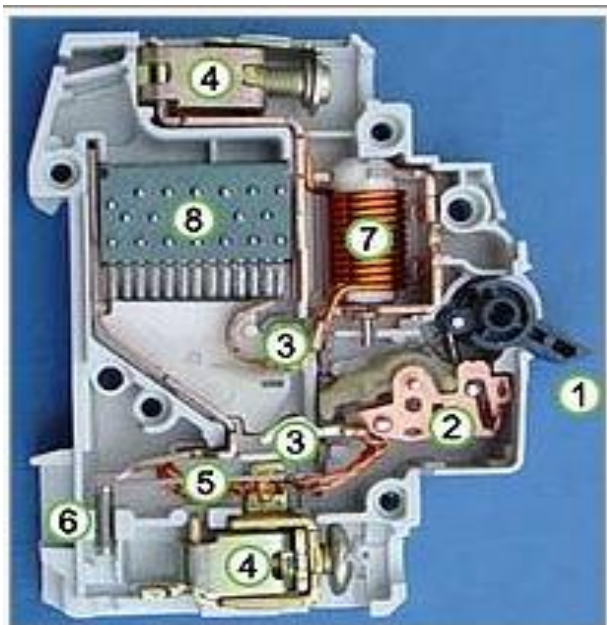
## LA CURVA CARATTERISTICA

bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica





# GLI INTERRUTTORI AUTOMATICI



Interruttore magnetotermico aperto: 

- 1 Leva di comando
- 2 Meccanismo di scatto
- 3 Contatti di interruzione
- 4 Morsetti di collegamento
- 5 Lamina bimetallica (rilevamento sovraccarichi)
- 6 Vite per la regolazione della sensibilità (in fabbrica)
- 7 Solenoide (rilevamento cortocircuiti)
- 8 Sistema di estinzione d'arco







## **PROTEZIONE DAL SOVRACCARICO (parte termica)**

- **La rilevazione del sovraccarico avviene mediante una resistenza costituita da una lamina bimetallica.**
- **A causa della differente dilatazione termica dei due materiali accoppiati, la lamina si piega fino a provocare lo scatto dell'interruttore.**
- **Il tempo di intervento è inversamente proporzionale all'entità del superamento del valore di soglia secondo una curva caratteristica.**



## PROTEZIONE DAL CORTOCIRCUITO (parte magnetica)

- La rilevazione del cortocircuito avviene per mezzo di un solenoide avvolto su di una barra magnetica (relè).
- L'elevato impulso di corrente magnetico induce un campo magnetico che attira un'ancora che sblocca lo scatto dell'interruttore provocandone l'apertura.
- La caratteristica di intervento è istantanea in modo da evitare sollecitazioni termiche e meccaniche dovute alla elevata corrente di c.c. dannose per le condutture e le apparecchiature-

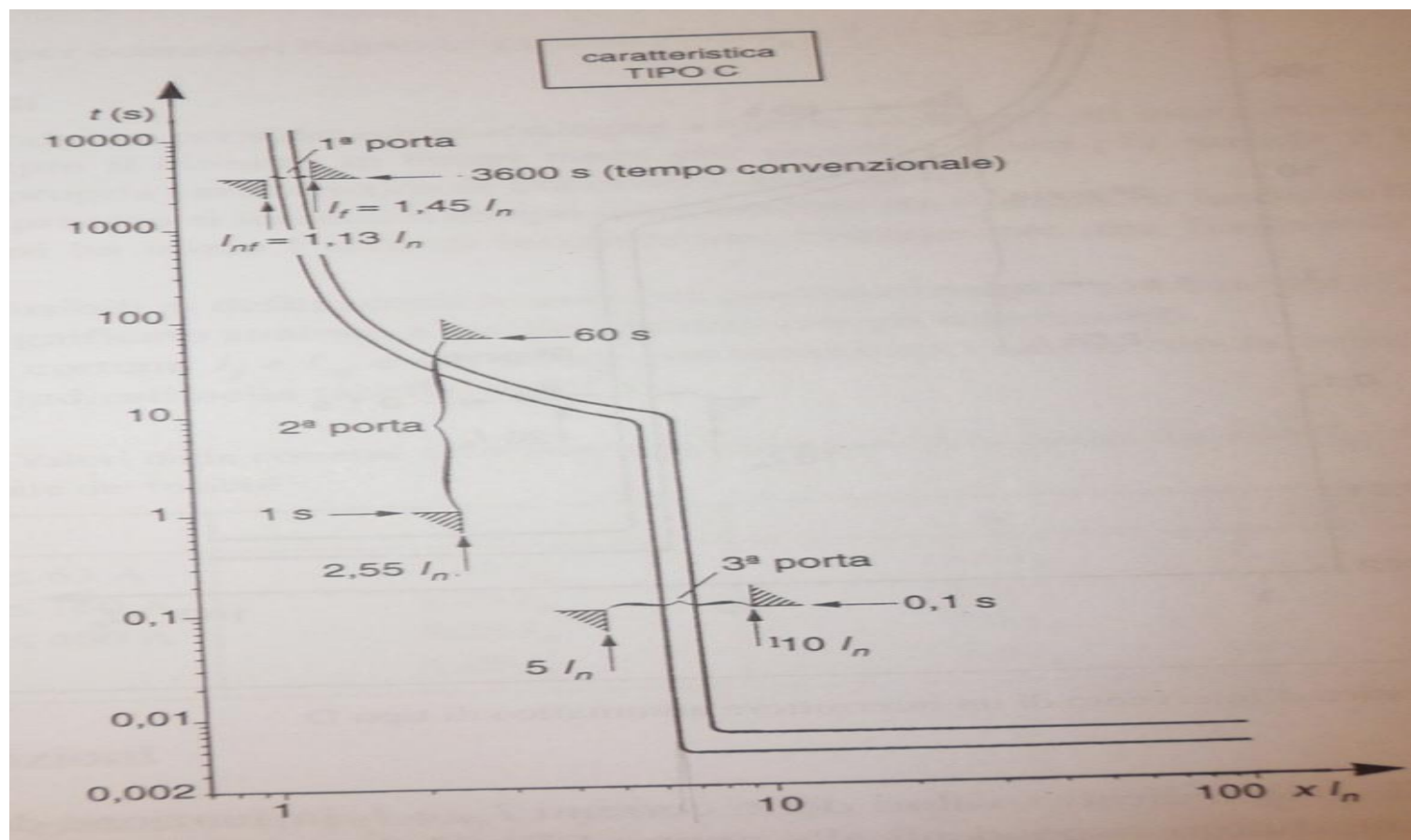


## LE CURVE CARATTERISTICHE DEGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI

Per consentire la realizzazione della protezione selettiva vengono prodotti apparecchi con differenti **curve di intervento** (velocità di intervento in funzione del superamento della soglia nominale), in modo tale che impiegando apparecchi differenti il progettista sia in grado di coordinarne le priorità di intervento. Le curve di intervento standard secondo la normativa di prodotto CEI EN 60898-1 sono contraddistinte da una lettera alfabetica e sono, in ordine decrescente di sensibilità: B, C, D. Precedentemente B e C erano denominate rispettivamente L ed U.

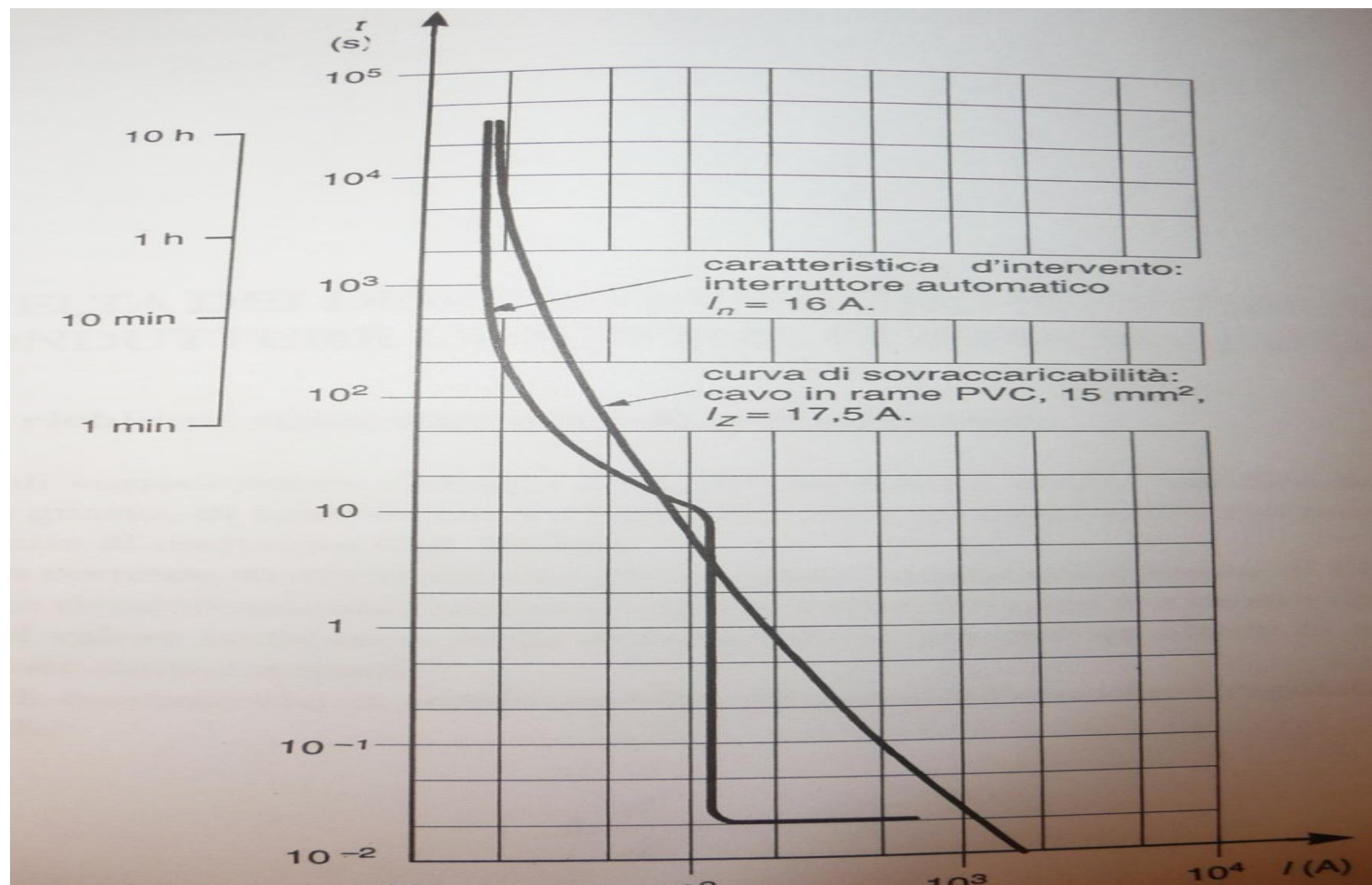
La curva C è in grado di tollerare sovracorrenti fino a cinque-dieci volte la corrente di intervento per brevi periodi ed è largamente usata negli impianti domestici. La curva D consente ampi superamenti della soglia per tempi brevi (10-20 volte), ed è utile per evitare interventi indesiderati nel caso in cui i carichi protetti assorbano elevate correnti di spunto all'avvio (es. motori elettrici industriali). B è la curva che presenta la maggiore sensibilità (3-5 volte la corrente nominale).

## LE CURVE CARATTERISTICHE DEGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI



bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica

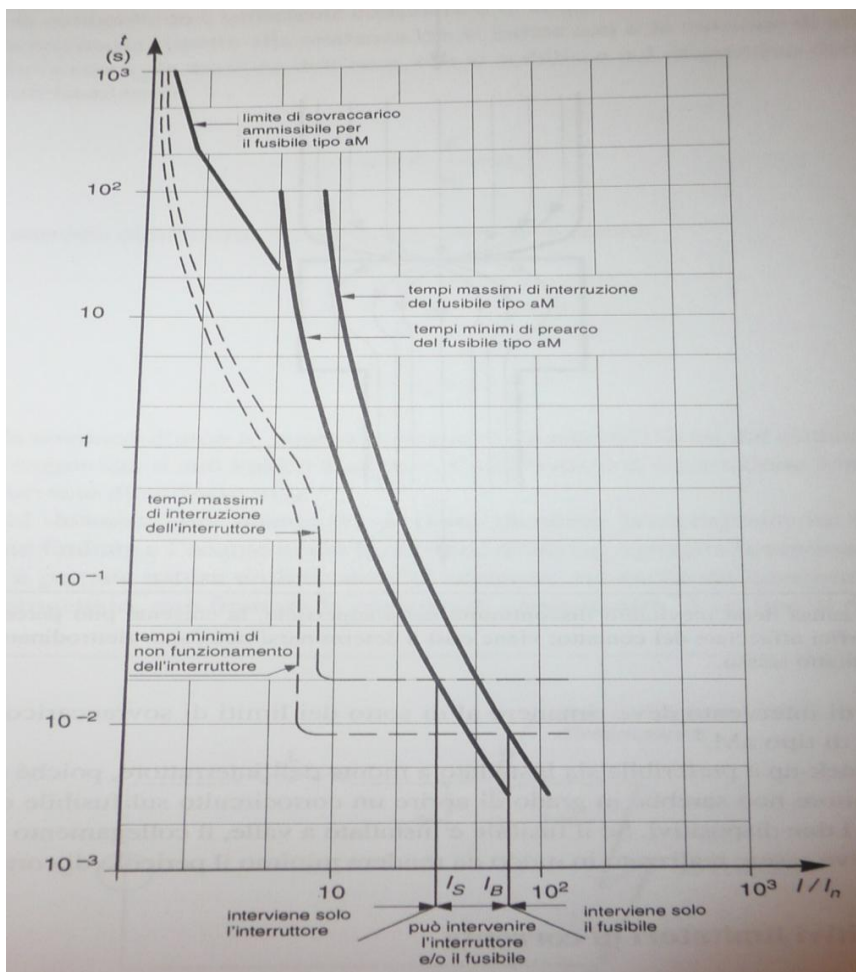
# PROTEZIONE INCOMPATIBILE



bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica

SCIENZE TECNICHE DELLA PREVENZIONE INCENDI  
A.A. 2013 - 2014

## COORDINAMENTO INTERRUTTORE - FUSIBILE

PROTEZIONE DI  
SOSTEGNO O  
DI BACK-UP

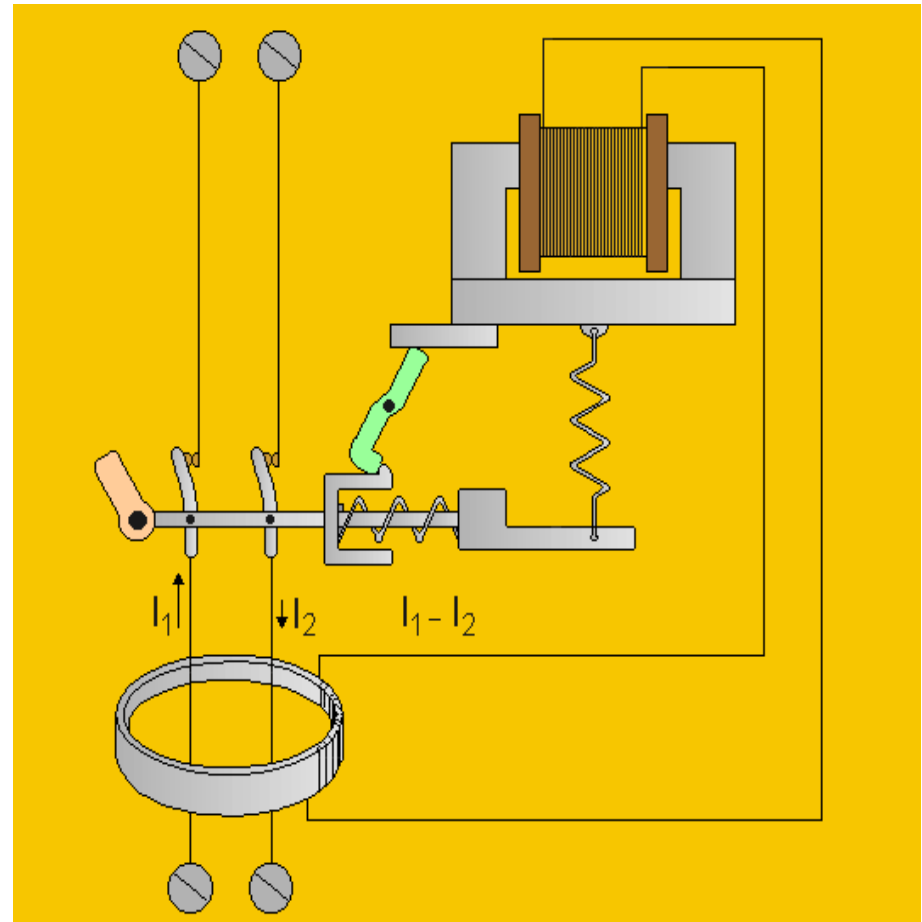
Un fusibile può essere associato ad un interruttore con potere d'interruzione estremo inadeguato alla corrente presunta di cortocircuito

- $I_s$  = corrente limite di selettività
- $I_b$  = corrente di scambio

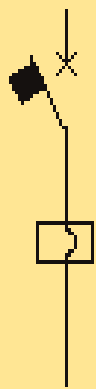
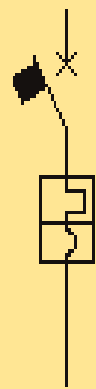
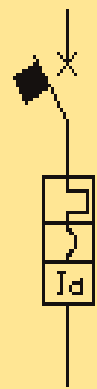
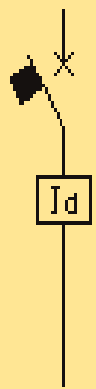
Per correnti superiori a  $I_b$  interviene solo il fusibile



## GLI INTERRUTTORI DIFFERENZIALI



## SIMBOLI PROTEZIONI SOVRACORRENTI

| Con solo sganciatore magnetico                                                     | Con sganciatore magnetico e termico                                                | Magnetotermico differenziale                                                       | Con solo sganciatore differenziale                                                   | Magnetotermico coordinato con fusibile                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |





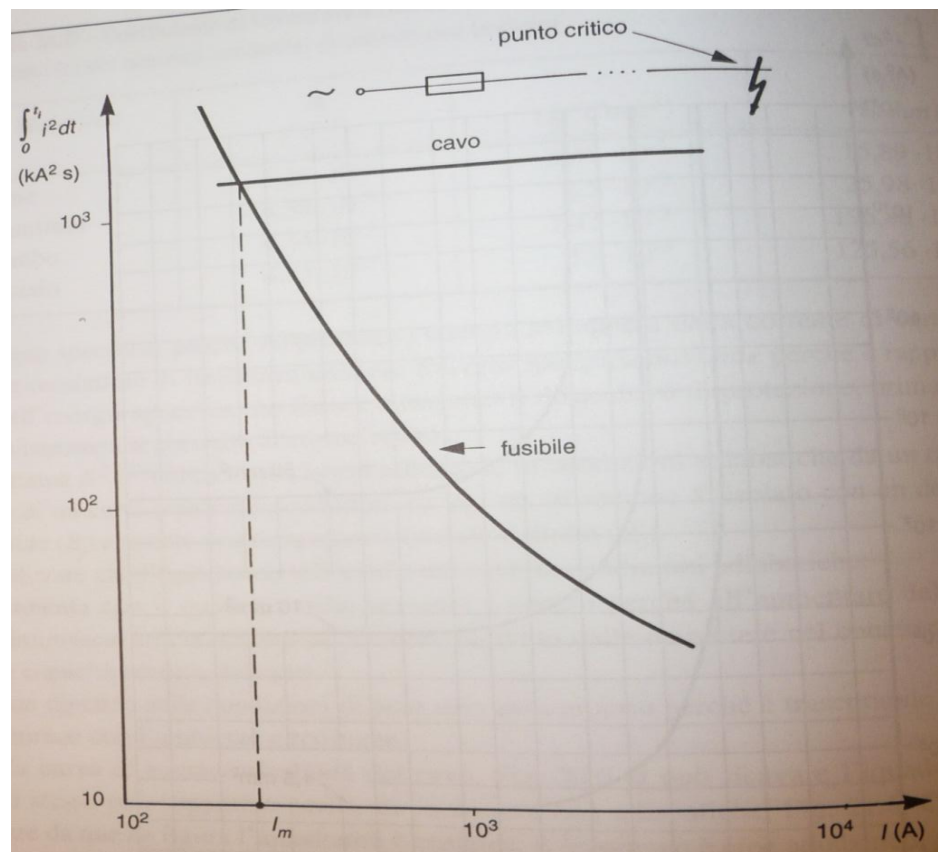
## POTERE DI INTERRUZIONE

**IL POTERE DI INTERRUZIONE SI DISTINGUE IN:**

- **Potere di interruzione nominale  $I_{cN}$  : *dipende anche dal fattore di potenza***
- **Potere di chiusura o di stabilimento : *riguarda la chiusura di un circuito in cui è presente un cc preesistente***
- **Potere di interruzione estremo  $I_{cu}$**
- **Potere di interruzione di servizio  $I_{cs}$**

# VERIFICA ENERGIA PASSANTE

## Fusibili



L'iquadrotti decresce all'aumentare della corrente.

Per correnti inferiori a  $I_m$  l'energia passante è superiore a quella tollerabile dal cavo.

Il fusibile protegge il cavo tanto meglio quanto maggiore è la corrente di cortocircuito.

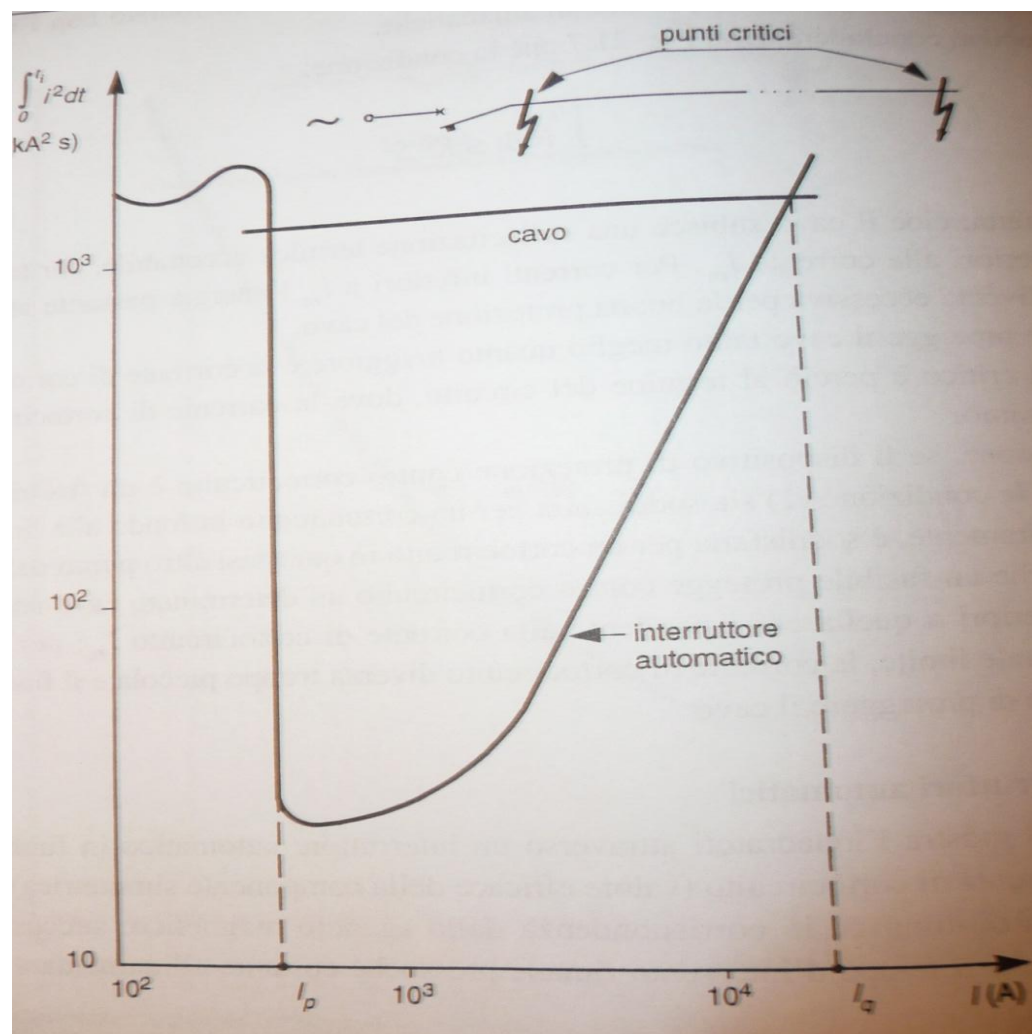
Il punto più critico è perciò al termine del circuito dove la corrente di cc ha il valore minimo. Pertanto la verifica va fatta in questo punto

**bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica**

SCIENZA E TECNICA DELLA PREVENZIONE INCENDI  
A.A. 2013 - 2014

# VERIFICA ENERGIA PASSANTE

## Interruttori automatici



L'interruttore automatico protegge il cavo per valori di corrente compresi nell'intervallo corrispondente ai punti di intersezione tra le due curve.

Occorre verificare che la protezione sia adeguata per cortocircuiti in fondo alla linea e immediatamente a valle del dispositivo

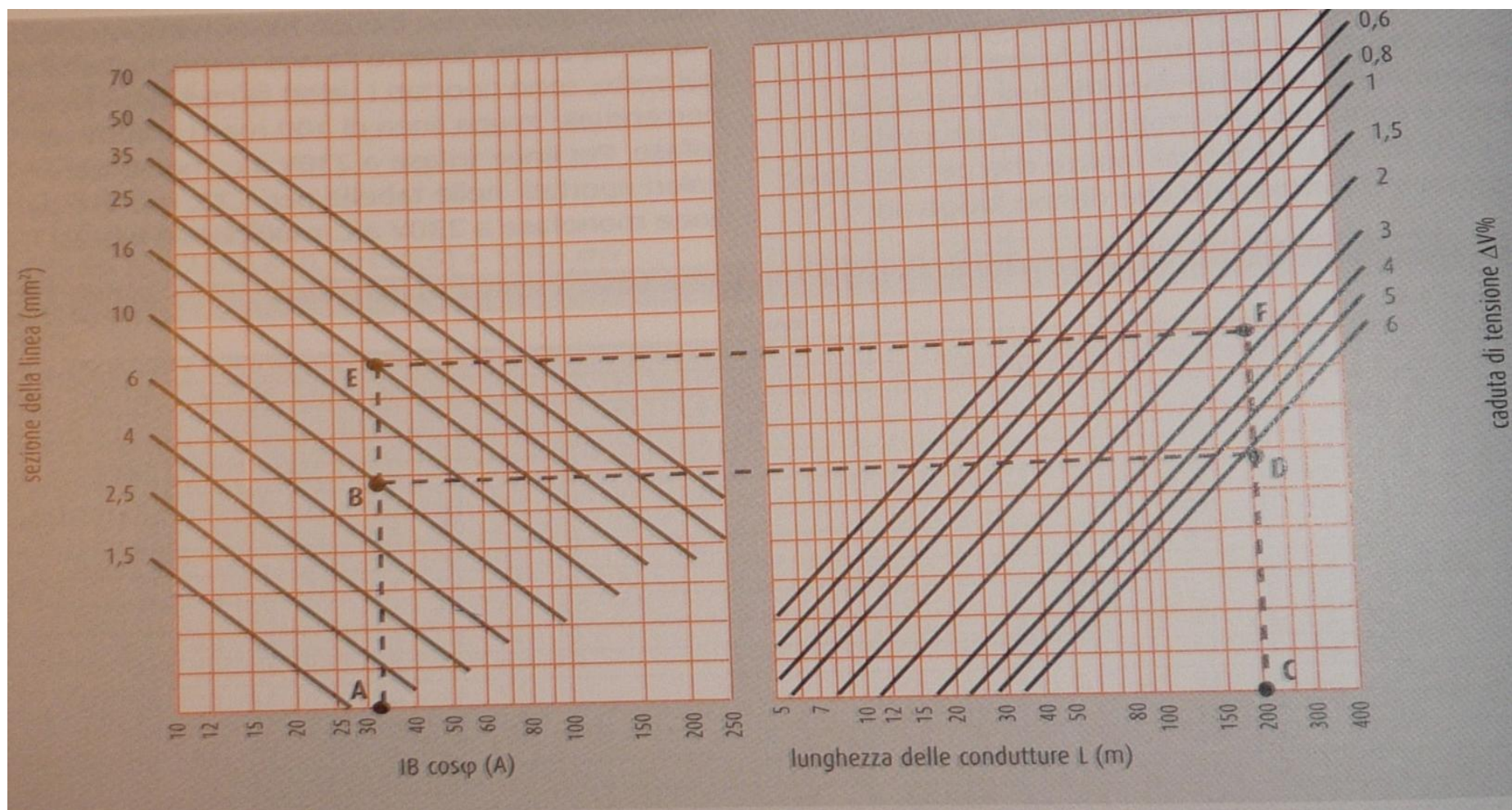


## LA CADUTA DI TENSIONE

- **Gli utilizzatori devono funzionare al valore di tensione nominale per cui sono previsti.**
- **Per tale motivo si deve verificare che la caduta di tensione lungo la linea non assuma valori troppo elevati.**
- **I limiti di variazione della tensione variano a seconda del tipo di impianto (sezione e lunghezza dei conduttori) e della natura del carico alimentato ( $\cos \varphi$ ).**



# LA CADUTA DI TENSIONE



# ATEX – Le atmosfere esplosive





# ATEX – Le atmosfere esplosive

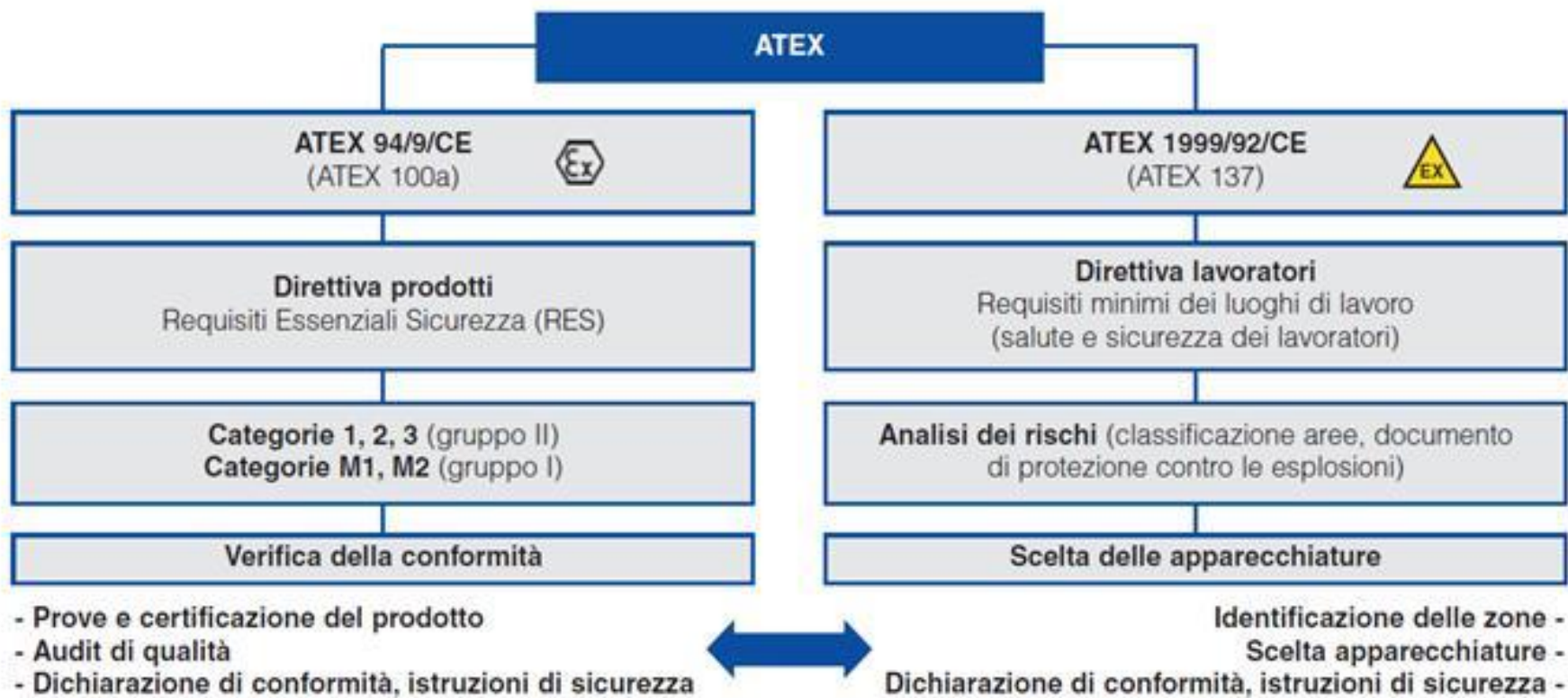
## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- Direttiva 94/9/CE del 23.3.1994 (Direttiva ATEX PRODOTTI), *“riguarda i materiali elettrici e non elettrici da installare in luoghi con il pericolo di esplosioni di gas, vapori, nebbie e polveri”* recepita in Italia con il DPR del 23.3.1998 n.126
- Direttiva 99/92/CE del 16.12.1999 (Direttiva ATEX SICUREZZA SUL LAVORO), *“riguarda le prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive”* recepita in Italia con il DPR del 12.6.2003 n.233



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI







# ATEX – Le atmosfere esplosive

## RIFERIMENTI NORMATIVI

- Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) - Atmosfere esplosive - Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas
- Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) - Atmosfere esplosive - Parte 10-2: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili
- Guida CEI 31-35 - Atmosfere esplosive - Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)
- Nuova Guida CEI 31-35/A Atmosfere esplosive - Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): esempi di applicazione
- Guida CEI 31-56 - Atmosfere esplosive. Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)
- Guida CEI 31-56 Variante 1 - Atmosfere esplosive. Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88): Variante 1



# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

- **I riferimenti normativi (Norme CEI) sopra riportati modificano significativamente il quadro normativo precedente.**
- **Le modifiche devono essere intese come evoluzione alle Regole dell'arte di cui all'art.28, comma 3, del D.Lgs. 81/08**



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### ■ Le modifiche più significative riguardano le seguenti Norme

- Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) - Atmosfere esplosive - Parte 10-2: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili
- Guida CEI 31-56 - Atmosfere esplosive. Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)
- Guida CEI 31-56 Variante 1 - Atmosfere esplosive. Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88): Variante 1

In particolare le modifiche riguardano:

- L'introduzione dei gruppi delle polveri
- L'introduzione di un metodo alternativo di valutazione dei livelli di protezione delle apparecchiature (EPL – Equipment Protection Level)

# ATEX – Le atmosfere esplosive



## LA CLASSIFICAZIONE DELLE AREE PERICOLOSE



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## CRITERI GENERALI DI SICUREZZA

**Tutti i luoghi con pericolo di esplosione devono essere progettati e realizzati in modo da ridurre il rischio al minimo possibile.**

Ciò si può ottenere:

- riducendo al minimo il numero delle sorgenti di possibile emissione di gas, vapori o polveri infiammabili;
- riducendo al minimo il tempo di emissione delle sorgenti;
- prevedendo dispositivi di tenuta dei fluidi pericolosi di grande affidabilità;
- ventilando al massimo i locali chiusi;
- organizzando sistemi di sorveglianza e manutenzione della massima efficienza;
- allontanando dalle zone pericolose le sorgenti di innesco.



# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

## **LA CLASSIFICAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESPLOSIONE**

- **La tipologia delle sostanze combustibili**
  - ✓ **Gas, vapori, nebbie**
  - ✓ **Polveri, fibre**
- **Le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze combustibili**



# ATEX – Le atmosfere esplosive

**Principali caratteristiche chimico-fisiche di gas, vapori, nebbie combustibili:**

- ✓ **Densità relativa all'aria**
- ✓ **Temperatura di fusione**
- ✓ **Temperatura di ebollizione**
- ✓ **Temperatura di infiammabilità (flash point)**
- ✓ **Limiti di infiammabilità**
- ✓ **Temperatura di accensione**
- ✓ **Tensione del vapore**
- ✓ **Massa volumica (peso molecolare)**
- ✓ **Calore latente di vaporizzazione alla temperatura di ebollizione**
- ✓ **Calore specifico a pressione costante**
- ✓ **Calore specifico a volume costante**
- ✓ **Rapporto tra i calori specifici**





# ATEX – Le atmosfere esplosive

## ALCUNE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO – FISICHE DELLE SOSTANZE COMBUSTIBILI

| Sostanza       | Temp.<br>di<br>inflamm.<br>°C | Densità<br>relativa<br>all'aria | Massa<br>volumica<br>(kg/m <sup>3</sup> )<br>(*) | Rapporto<br>tra i calori<br>specifici<br>(g) (*) | Massa<br>molare<br>(kg/ kmol)<br>(*) | Limite di<br>esplosiv.<br>in volume<br>(LEL %) | Tensione<br>di vapore<br>(Pa)<br>(**) | Temp.<br>di<br>accens.<br>(°C) |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Alcool etilico | 12                            | 1,59                            | 789                                              | 1,13                                             | 46,07                                | 3,5                                            | 6055                                  | 363                            |
| Benzina        | <0                            | 2,5                             | 860                                              | 1,5                                              | 110                                  | 0,7                                            | 70000<br>85000                        | 280                            |
| Butano         | -60                           | 2,05                            | 600                                              | 1,11                                             | 58,12                                | 1,5                                            | 369120                                | 287                            |
| GPL            | <0                            | 1,4                             | 507                                              | 1,13                                             | 44,1                                 | 2                                              | 1269928                               | 365                            |



# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

**Principali caratteristiche chimico-fisiche delle polveri combustibili:**

- ✓ **Temperatura di accensione delle nubi di polvere**
- ✓ **Temperatura di accensione della polvere in strato**
- ✓ **Energia minima di accensione di una nube di polvere**
- ✓ **Il gruppo della polvere**
- ✓ **Limiti di esplosività**
- ✓ **Resistività elettrica**
- ✓ **Contenuto di umidità**
- ✓ **Dimensioni delle particelle**



# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

**LA CLASSIFICAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESPLOSIONE**

- **Le Sorgenti di Emissione (S.E.)**
- **Le Sorgenti di Innesco (S.I.)**
- **Valutazione del grado di Ventilazione**
- **Classificazione delle Zone pericolose**
- **L'estensione delle Zone pericolose**



# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

## **LE SORGENTI DI EMISSIONE (SE)**

- **Individuazione sorgenti di emissione**
- **Attribuzione del grado di emissione**
- **Calcolo della portata di emissione**

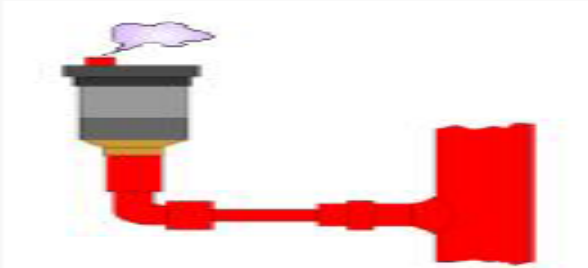
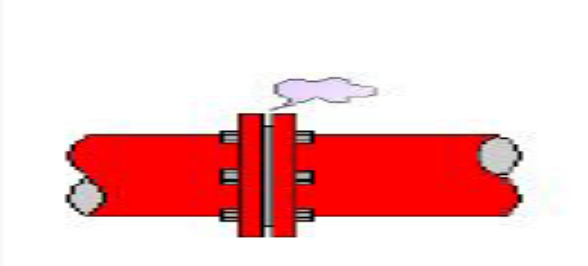


# ATEX – Le atmosfere esplosive

**SORGENTI DI EMISSIONE (SE): Grado di emissione**

- **Grado 0 : emissione continua o per lunghi periodi (es: evaporazione da superfici);**
- **Grado 1 : emissione periodica oppure occasionale che si può manifestare nel normale funzionamento (es: PSV diossina Seveso);**
- **Grado 2 : emissione normalmente non presente e che si può manifestare solo in caso di guasto o per brevi periodi (es: difetti di tenuta: flange);**

# ATEX – Le atmosfere esplosive

| Grado di emissione                                                                  |                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>Grado continuo</b><br>emissione continua o per lunghi periodi                                                             |
|    | <b>Primo grado</b><br>emissione periodica oppure occasionale che si può manifestare nel normale funzionamento                |
|  | <b>Secondo grado</b><br>emissione normalmente non prevista e che può manifestarsi solo in caso di guasto o per brevi periodi |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## SORGENTI DI EMISSIONE – Portata del rilascio

La portata di emissione dipende da vari fattori, quali:

- forma e superficie della sorgente di emissione ( es. una superficie libera, una flangia che perde, ecc.) ,
- velocità di emissione (la portata di emissione aumenta con la velocità di emissione e, nel caso di una sostanza racchiusa entro un'apparecchiatura di processo, la velocità di emissione dipende dalla pressione di processo e dalla geometria della sorgente di emissione),
- concentrazione (la portata di emissione aumenta con l'aumentare della concentrazione di vapore o gas infiammabile nella miscela liberata)
- temperatura (la tensione di vapore aumenta con la temperatura del liquido)
- volatilità di un liquido .





# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

## **SORGENTI DI EMISSIONE – Portata del rilascio**

**La norma riporta alcune formule utili per il calcolo della portata di emissione relative ai seguenti casi:**

- ✓ liquidi contenuti in un serbatoio in pressione;**
- ✓ gas in pressione o gas liquefatti uscenti da un foro con velocità sonica;**
- ✓ gas in pressione o gas liquefatti uscenti da un foro con velocità subsonica.**



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## SORGENTI DI EMISSIONE – Portata del rilascio:

- liquidi contenuti in un serbatoio in pressione

$$\frac{dQ}{dt} = S \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta p} \quad [kg / s]$$

**Dove:**

**S** = sezione del foro [m<sup>2</sup>]

**ρ** = peso specifico del liquido [kg/m<sup>3</sup>]

**Δp** = differenza di pressione [Pa]



# ATEX – Le atmosfere esplosive

**SORGENTI DI EMISSIONE** – Portata del rilascio: Come si determina se la velocità del rilascio è sonica o subsonica

$$\frac{p}{p_0} \leq \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad \text{RILASCIO SONICO}$$

$$\frac{p}{p_0} \geq \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad \text{RILASCIO SUBSONICO}$$

dove:

$p$  = pressione all'interno del contenitore [Pa]

$p_0$  = pressione esterna [Pa]



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## SORGENTI DI EMISSIONE – Portata del rilascio:

- gas in pressione o liquefatti uscenti da un foro con velocità sonica

$$\frac{dQ}{dt} = S \cdot p \cdot \sqrt{\frac{M}{R \cdot T}} \cdot \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{2 \cdot (\gamma - 1)}} \quad [kg / s]$$

dove:

- ✓ S = sezione del foro [m<sup>2</sup>]
- ✓ p = pressione all'interno del contenitore [Pa]
- ✓ M = peso molecolare del gas [kg/kmole]
- ✓ T = temperatura assoluta all'interno del contenitore
- ✓ γ = rapporto tra i calori specifici (C<sub>p</sub>/C<sub>v</sub>)
- ✓ R = costante universale dei gas ( R = 8314 J/kmole x K)



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## SORGENTI DI EMISSIONE – Portata del rilascio:

- gas in pressione o liquefatti uscenti da foro con velocità subsonica

$$\frac{dQ}{dt} = S \cdot p \cdot \sqrt{\gamma \cdot \frac{M}{R \cdot T}} \cdot \left( \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \right) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_0}{p} \right)^{\left( \frac{\gamma + 1}{2 \cdot (\gamma - 1)} \right)} \right] \cdot \left( \frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} [kg / s]$$

dove:

- ✓ **S** = sezione del foro [m<sup>2</sup>]
- ✓ **p** = pressione all'interno del contenitore [Pa]
- ✓ **p<sub>0</sub>** = pressione esterna [Pa]
- ✓ **M** = peso molecolare del gas [kg/kmole]
- ✓ **T** = temperatura assoluta all'interno del contenitore
- ✓ **γ** = rapporto tra i calori specifici (C<sub>p</sub>/C<sub>v</sub>)
- ✓ **R** = costante universale dei gas ( **R** = 8314 J/kmole x K)



# ATEX – Le atmosfere esplosive

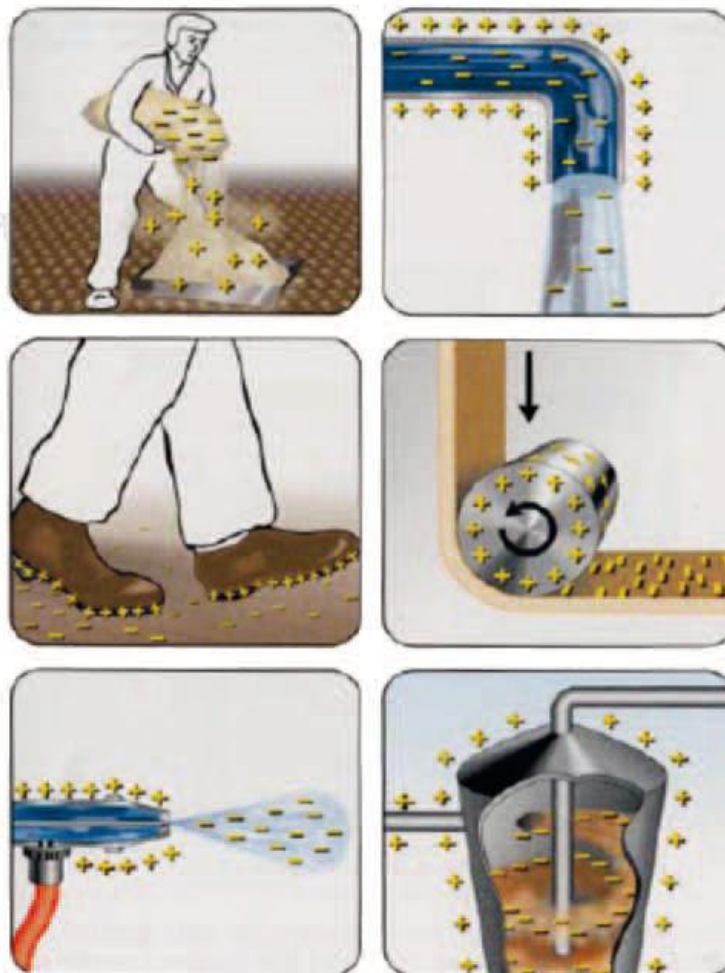
## LE ENERGIE DI INNESCO POTENZIALI

- Superfici calde
- Fiamme libere e/o gas caldi
- Scintille di origine meccanica
- Scintille elettriche, archi, scariche elettrostatiche, onde elettromagnetiche
- Radiazioni ionizzanti, ultrasuoni
- Compressioni adiabatiche e onde d'urto
- Reazioni esotermiche

# ATEX – Le atmosfere esplosive

## ENERGIE DI INNESCO

Le scariche elettrostatiche







# **ATEX – Le atmosfere esplosive**

## **VENTILAZIONE: il grado di ventilazione**

- Per definire il grado di ventilazione occorre conoscere:
  - ✓ la massima portata di emissione
  - ✓ il volume ipotetico  $V_z$ ;
  - ✓ il tempo di persistenza dell'emissione;
  - ✓ la disponibilità della ventilazione.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

**VENTILAZIONE: il volume ipotetico  $V_z$**

$$V_z = \frac{f \cdot \left[ \frac{\left( \frac{dQ}{dt} \right)_{\max} \cdot T}{k \cdot LEL} \cdot \frac{T}{293} \right]}{C}$$

**Dove**

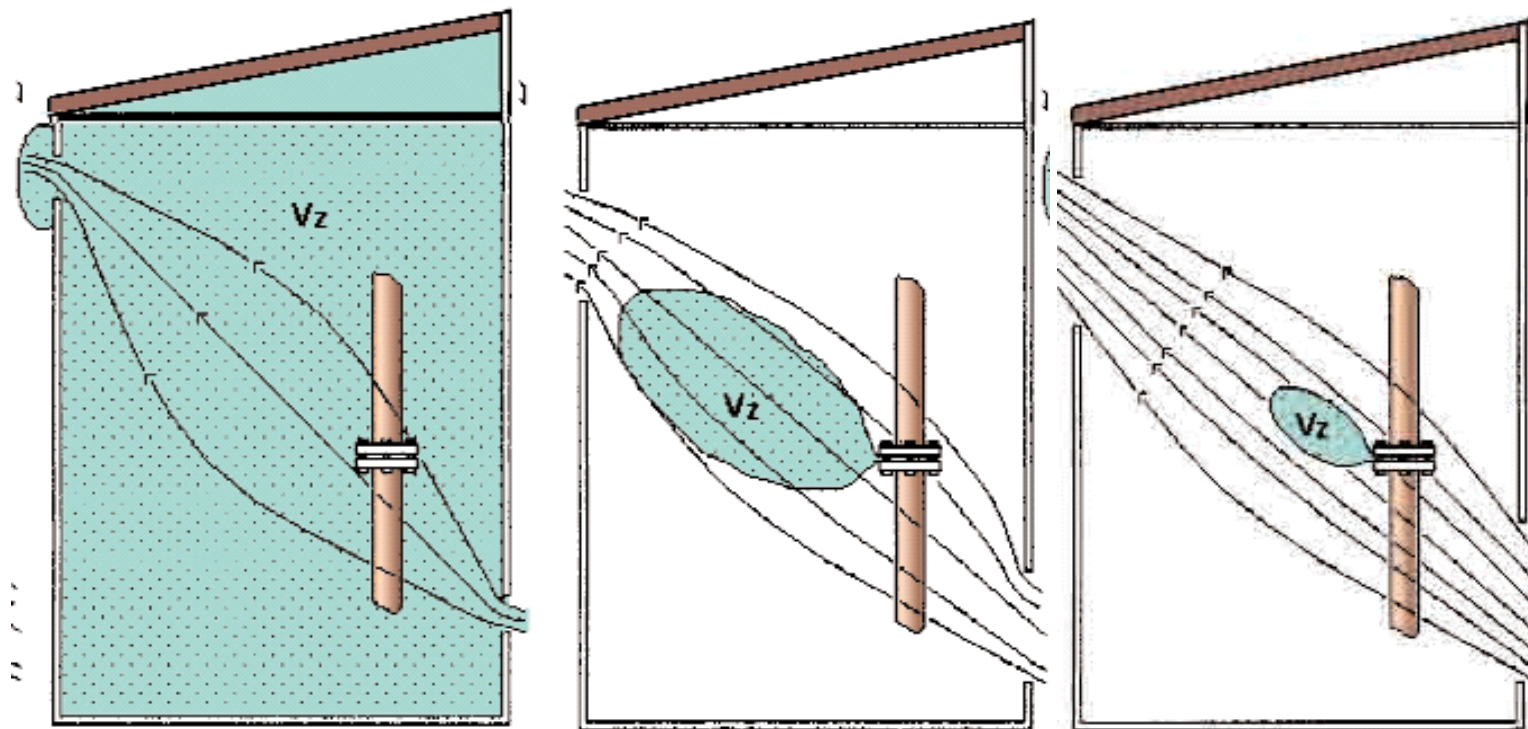
**f** = 1 ÷ 5 fattore di correzione che tiene conto della non perfetta miscelazione  
(1 = miscelazione ideale, 5 = miscelazione limitata da ostacoli)

**C** = numero ricambi d'aria per unità di tempo

**K** = 0,25 ÷ 0,5 fattore di sicurezza (0,25 emissioni grado continuo e primo, 0,5 emissioni di secondo grado)

# ATEX – Le atmosfere esplosive

## VENTILAZIONE: il volume ipotetico $V_z$





# ATEX – Le atmosfere esplosive

**VENTILAZIONE : il tempo di persistenza dell'emissione**

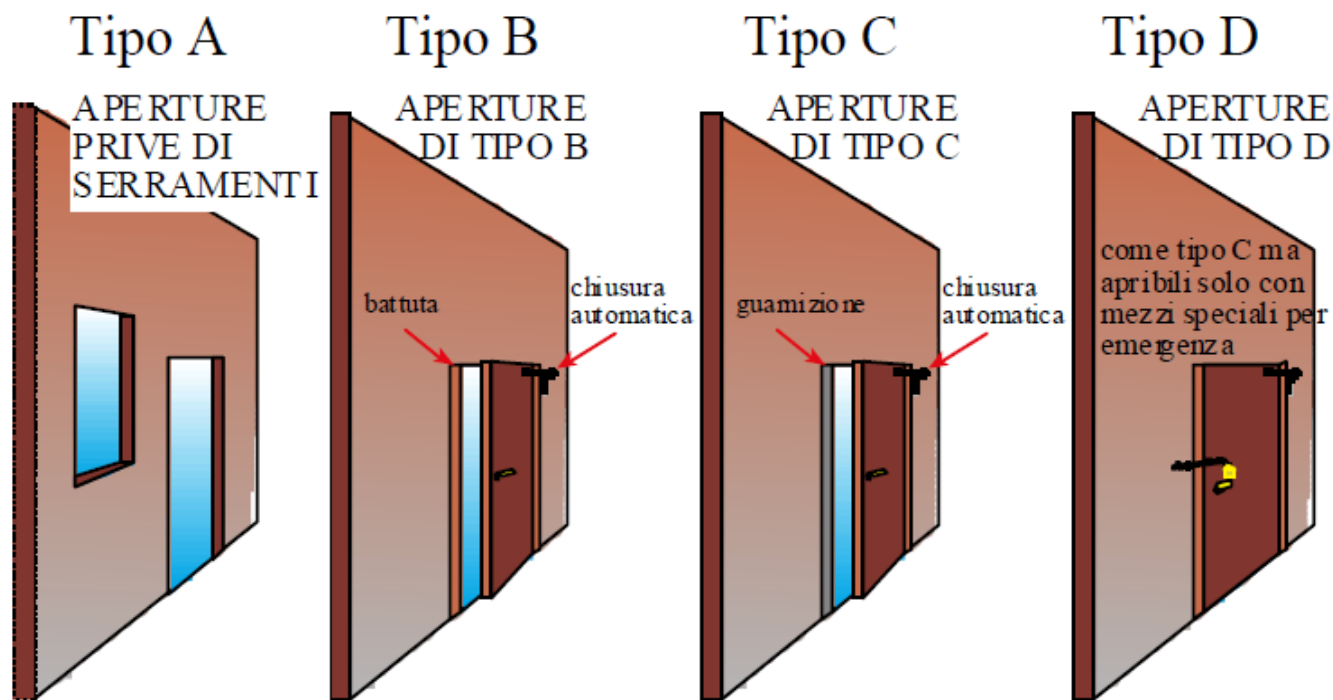
$$t = \frac{-f}{C \cdot \ln \left( k \cdot \frac{LEL}{X_0} \right)}$$

**Dove**

**$X_0$  = concentrazione iniziale sostanza infiammabile**

# ATEX – Le atmosfere esplosive

## VENTILAZIONE: i vari tipi di apertura





## VENTILAZIONE: disponibilità

La disponibilità è valutata con tre aggettivi

- **Buona**: quando la ventilazione è presente con continuità e con la portata pressoché costante; ciò si verifica sempre nei luoghi aperti o in quelli chiusi con ampie aperture prive di serramenti.
- **Adeguate**: quando la ventilazione è presente con portata pressoché costante durante il funzionamento dell'impianto; sono ammesse brevi interruzioni.
- **Scarsa**: quando pur mancando i requisiti di buona o di adeguata, si può contare su un significativo contributo anche se non continuo, alla diluizione del gas.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## VENTILAZIONE: Grado

- **Grado basso (VL):** miscela esplosiva presente e/o persistente dopo l'arresto del rilascio (VZ elevato)
- **Grado medio (VM):** miscela esplosiva presente in zona limitata e non persistente dopo l'arresto del rilascio (VZ non trascurabile comunque inferiore al volume del luogo pericoloso)
- **Grado alto (VH):** miscela esplosiva al di sotto del LEL (Vz trascurabile e inferiore al volume del luogo pericoloso)





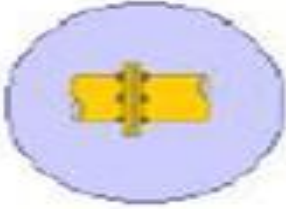
# ATEX – Le atmosfere esplosive

## CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE

- Il tipo di zona può essere classificato in funzione di:
  - ✓ Sorgente di emissione
  - ✓ Grado di emissione
  - ✓ portata di ventilazione necessaria ad evitare che l'atmosfera esplosiva aumenti in modo significativo;
  - ✓ volume ipotetico  $V_z$  *al fine di definire il grado di ventilazione;*
  - ✓ tempo di persistenza dell'emissione;

# ATEX – Le atmosfere esplosive

## CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE (GAS)

|                                                                                     |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Zona</b>                                                                         |                                   |
|    | <b>Emissione continua</b>         |
| <b>0</b>                                                                            |                                   |
| <b>Zona</b>                                                                         |                                   |
|   | <b>Emissione di primo grado</b>   |
| <b>1</b>                                                                            |                                   |
| <b>Zona</b>                                                                         |                                   |
|  | <b>Emissione di secondo grado</b> |
| <b>2</b>                                                                            |                                   |

Le zone pericolose vengono definite per ciascuna sorgente di emissione e per ciascun grado di emissione come segue:

- ZONA 0: luogo in cui una atmosfera esplosiva è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente
- ZONA 1: luogo in cui una atmosfera esplosiva è probabile sia presente occasionalmente durante il funzionamento normale
- ZONA 2: luogo in cui una atmosfera esplosiva non è probabile sia presente durante il funzionamento normale, ma se ciò avviene è possibile persista solo per brevi periodi.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE (POLVERI)

**Le zone pericolose vengono definite per ciascuna sorgente di emissione e per ciascun grado di emissione come segue:**

- **ZONA 20:** luogo in cui una atmosfera esplosiva è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente
- **ZONA 21:** luogo in cui una atmosfera esplosiva è probabile sia presente occasionalmente durante il funzionamento normale
- **ZONA 22:** luogo in cui una atmosfera esplosiva non è probabile sia presente durante il funzionamento normale, ma se ciò avviene è possibile persista solo per brevi periodi.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

**TIPO DI ZONA IN FUNZIONE DEL GRADO DI EMISSIONE E DELLA PROBABILITÀ DI PRESENZA DI ATMOSFERE ESPLOSIVE**

| GRADO DI EMISSIONE         | PRESENZA ATMOSFERA ESPLOSIVA          | GAS, VAPORI, NEBBIE<br>G | POLVERI<br>D |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Emissione Continua         | Permanente o per lunghi periodi       | ZONA 0                   | ZONA 20      |
| Emissione di Primo Grado   | Probabile durante la normale attività | ZONA 1                   | ZONA 21      |
| Emissione di Secondo Grado | Occasionale e di breve durata         | ZONA 2                   | ZONA 22      |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## INFLUENZA DELLA VENTILAZIONE SUI TIPI DI ZONE

| Ventilazione |               | Grado della sorgente di emissione |                     |                     |
|--------------|---------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Grado        | Disponibilità | Continuo                          | Primo               | Secondo             |
| Alta         | Buona         | Zona non pericolosa               | Zona non pericolosa | Zona non pericolosa |
|              | Adeguate      | Zona 2                            | Zona 2              | Zona non pericolosa |
|              | Scarsa        | Zona 1                            | Zona 2              | Zona 2              |
| Media        | Buona         | Zona 0                            | Zona 1              | Zona 2              |
|              | Adeguate      | Zona 0 +<br>Zona 2                | Zona 1 +<br>Zona 2  | Zona 2              |
|              | Scarsa        | Zona 0 +<br>Zona 1                | Zona 1 +<br>Zona 2  | Zona 2              |
| Bassa        | Buona         | Zona 0                            | Zona 1              | Zona 1              |
|              | Adeguate      | Zona 0                            | Zona 1              | Zona 1              |
|              | Scarsa        | Zona 0                            | Zona 0              | Zona 0              |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## ESTENSIONE DELLE SINGOLE ZONE PERICOLOSE (GAS)

- L'estensione delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissioni dipende dalla distanza  $dz$  stimata o calcolata in ogni direzione in cui è presente una atmosfera esplosiva prima che la sua concentrazione si riduca ad un valore di sicurezza al di sotto del LEL ( $\leq Kdz \text{ LEL}$ ).
- La *distanza*  $dz$  individua l'ordine di grandezza delle dimensioni della zona pericolosa e non le dimensioni vere e proprie.
- L'effettiva estensione della zona pericolosa nella direzione di emissione è rappresentata dalla *quota* “ $a$ ”.
- La quota “ $a$ ” è definita dall'analista sulla base della distanza  $dz$  e da sue considerazioni.
- La presenza di ostacoli e la regola del filo teso.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## ESTENSIONE DELLE SINGOLE ZONE PERICOLOSE (GAS)

L'estensione delle zone pericolose è influenzata da:

- a)** Caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze combustibili
- b)** Parametri del processo
- c)** Modalità di emissione:
  - **Portata:**
    - ✓ Geometria della sorgente
    - ✓ Velocità di emissione
    - ✓ Concentrazione
    - ✓ Volatilità di un liquido infiammabile
    - ✓ Temperatura del liquido





# ATEX – Le atmosfere esplosive

Essa è influenzata da (continua):

- **Condizioni ambientali:**

- ✓ **Velocità dell'aria**
- ✓ **Ricambi d'aria**
- ✓ **Disponibilità della portata d'aria**
- ✓ **Possibilità di miscelazione aria-sostanze pericolose**
- ✓ **Presenza di sistemi di ventilazione artificiale locale**

# ATEX – Le atmosfere esplosive



## LE APPARECCHIATURE

# ATEX – Le atmosfere esplosive





# ATEX – Le atmosfere esplosive

## APPARECCHI: GRUPPI E CATEGORIE

Dopo le recenti modifiche gli apparecchi sono divisi in tre *gruppi*.

- Il gruppo **I** comprende gli apparecchi destinati alle miniere.
- Il gruppo **II** comprende gli apparecchi destinati ad altri ambienti nei quali esiste la probabilità che si manifestino atmosfere esplosive per la presenza di gas, vapori, nebbie.
- Il gruppo **III** comprende gli apparecchi destinati ad altri ambienti nei quali esiste la probabilità che si manifestino atmosfere esplosive per la presenza di polveri.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## APPARECCHI: GRUPPI E CATEGORIE

Il gruppo **II** è suddiviso in tre *categorie* a seconda del livello di protezione che l'apparecchio deve garantire:

- 1– Livello di sicurezza molto elevato (protezione ridondante)
- 2– Livello di sicurezza elevato (anche in presenza di doppio guasto)
- 3– Livello di sicurezza elevato (nel funzionamento normale)

L'allegato B alla CEI EN 60079-20 (CEI 31-90) "*classificazione dei gas e dei vapori*" fornisce per numerose sostanze la corrispondenza con il Gruppo e la Categoria di appartenenza



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## APPARECCHI: GRUPPI E CATEGORIE

In funzione del loro comportamento all'esplosione le sostanze del gruppo II sono divise in sottogruppi: IIA, IIB, IIC.

La suddivisione in sottogruppi può avvenire in funzione di:

- ✓ MESG: Maximum Experimental Safe Gap
- ✓ MIC: Minimum Ignition Current

Le sostanze rappresentative per le prove sono:

METANO per IIA

ETILENE per IIB

IDROGENO per IIC

In presenza di miscele si deve fare riferimento alla miscela stessa

Per miscele in presenza di idrogeno (> 30 % in volume) si ha:

- ✓ IIC
- ✓ IIC + H<sub>2</sub>





# ATEX – Le atmosfere esplosive

**APPARECCHI: GRUPPI E CATEGORIE**

**Il gruppo III è stato suddiviso in tre sottogruppi:**

**Gruppo IIIA – Particolato combustibile ( $> 500 \mu\text{m}$ )**

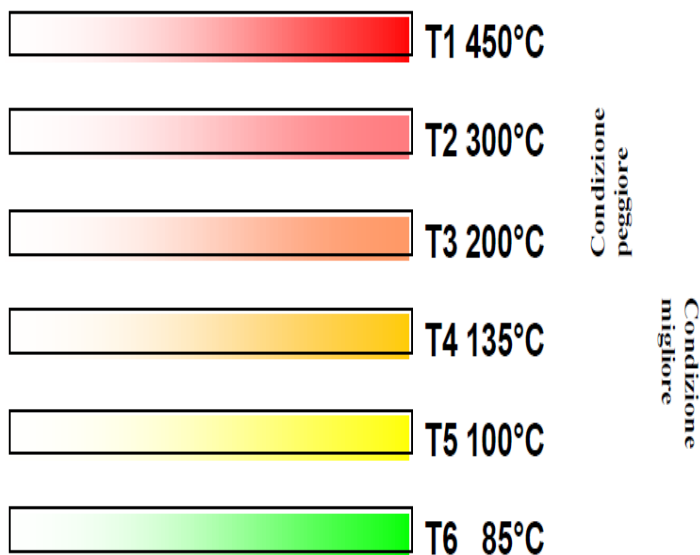
**Gruppo IIIB – Polveri non conduttrici**

**Gruppo IIIC – Polveri conduttrici**



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LE CLASSI DI TEMPERATURA



Per i prodotti ATEX del Gruppo II e III le temperature superficiali sono suddivise in classi da T1 a T6 come indicato nella tabella riportata a fianco

N.B: Le classi sono valide per T ambiente -20°C / + 40°C



# ATEX – Le atmosfere esplosive

Alcuni esempi di corrispondenza  
Sostanza (Gas) /Gruppo – Categoria -Temperatura

| Gas/vapore                            | Gruppo apparecchi | Classe di temperatura |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Acido acetico                         | IIA               | T1                    |
| Acetone                               | IIA               | T1                    |
| Acetilene                             | IIC               | T2                    |
| Ammoniaca                             | IIA               | T1                    |
| Butano                                | IIA               | T2                    |
| Cicloesano                            | IIA               | T3                    |
| Etanolo (alcol etilico)               | IIA               | T2                    |
| Etilene                               | IIB               | T2                    |
| Idrogeno                              | IIC               | T1                    |
| Cherosene                             | IIA               | T3                    |
| Metano (gas naturale) (non minerario) | IIA               | T1                    |
| Metanolo (alcol metilico)             | IIA               | T2                    |
| Metiletilchetone (MEK)                | IIB               | T2                    |
| Propano                               | IIA               | T1                    |
| Propano-1-ol (alcol n-propilico)      | IIB               | T2                    |
| Propano-2-ol (alcol iso-propilico)    | IIA               | T2                    |
| Tetraidrofurano (THF)                 | IIB               | T3                    |
| Toluene                               | IIA               | T1                    |
| Xilene                                | IIA               | T1                    |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## MODI DI PROTEZIONE DELLE APPARECCHIATURE: le tre modalità fondamentali

- segregare le parti pericolose entro custodie in modo da circoscrivere l'esplosione entro la custodia stessa;
- evitare il contatto tra i punti caldi e l'atmosfera potenzialmente esplosiva mediante interposizione di corpi solidi, liquidi o gassosi
- prendere provvedimenti che limitino il generarsi di punti caldi pericolosi sia eliminando la possibilità di guasti che limitando l'energia a entità insufficiente a provocare l'accensione.

# ATEX – Le atmosfere esplosive

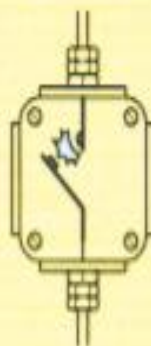
## MODI DI PROTEZIONE: le tre modalità fondamentali

**Segregazione in custodie a tenuta  
di esplosione**



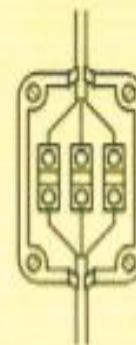
Custodie Ex d

**Separazione dell'atmosfera esterna  
da quella interna**



Incapsulamento  
Riempimento di olio, sabbia, compaund.  
Custodie a respirazione limitata.

**Provvedimenti di  
sicurezza aumentata**



Morsetti antiallentamento  
Isolamento maggiorato  
Sicurezza intrinseca.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LE CUSTODIE DELLE APPARECCHIATURE SECONDO il codice IP (International Protection)

- Il codice IP è formato da due cifre obbligatorie ed eventualmente da due lettere (addizionale e supplementare)
- La prima cifra indica simultaneamente la protezione contro la penetrazione di corpi estranei compresa la polvere e contro il contatto con parti pericolose (vedi anche lettera addizionale)
- La seconda cifra indica la protezione contro la penetrazione di acqua
- Nel caso in cui il grado di protezione di una delle due cifre non sia precisato (non necessario o non conosciuto) viene sostituito da una X
- Le lettere addizionale e supplementare sono opzionali quindi possono essere omesse senza essere sostituite



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LA PROTEZIONE DEGLI INVOLUCRI DELLE APPARECCHIATURE

### Il codice IP (International Protection)

#### Prima cifra

| Livello | Definizione                                                  | Effetti pratici                                           |
|---------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| IP0X    | Nessuna protezione                                           |                                                           |
| IP1X    | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm  | Protetto contro l'accesso con il dorso della mano         |
| IP2X    | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12mm  | Protetto contro l'accesso con un dito                     |
| IP3X    | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5mm | Protetto contro l'accesso con un attrezzo                 |
| IP4X    | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1mm   | Protetto contro l'accesso con un filo                     |
| IP5X    | Protetto contro la polvere                                   | Protetto contro l'accesso di polvere o di un filo sottile |
| IP6X    | Totalmente protetto contro la polvere                        | Totalmente protetto dalla polvere                         |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LA PROTEZIONE DEGLI INVOLUCRI DELLE APPARECCHIATURE

### Il codice IP (International Protection)

#### Seconda cifra

| Livello | Resistenza                                                       |
|---------|------------------------------------------------------------------|
| IPX0    | Non protetto                                                     |
| IPX1    | Protetto da caduta verticale di gocce d'acqua                    |
| IPX2    | Protetto da caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima 15° |
| IPX3    | Protetto dall pioggia                                            |
| IPX4    | Protetto da spruzzi                                              |
| IPX5    | Protetto da getti d'acqua                                        |
| IPX6    | Protetto da ondate                                               |
| IPX7    | Protetto da immersione temporanea                                |
| IPX8    | Protetto da immersione continua                                  |





# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LA PROTEZIONE DEGLI INVOLUCRI DELLE APPARECCHIATURE

### Il codice IP (International Protection)

Cifra aggiuntoria

| Livello | Effetti                                           |
|---------|---------------------------------------------------|
| a       | Protetto contro l'accesso con il dorso della mano |
| b       | Protetto contro l'accesso con un dito             |
| c       | Protetto contro l'accesso con un attrezzo         |
| d       | Protetto contro l'accesso con un filo             |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## LA PROTEZIONE DEGLI INVOLUCRI DELLE APPARECCHIATURE

### Il codice IP (International Protection)

Cifra supplementare

| Livello | Effetti                                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| h       | Apparecchiatura ad alta tensione                                                                  |
| m       | Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto     |
| s       | Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto |
| w       | Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate                                             |



# ATEX – Le atmosfere esplosive

MODI DI PROTEZIONE: le tipologie delle custodie

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| <b>n</b>  | A prevenzione                  |
| <b>d</b>  | Custodia a prova di esplosione |
| <b>p</b>  | Pressurizzazione               |
| <b>m</b>  | Incapsulamento                 |
| <b>o</b>  | Immersione in olio             |
| <b>q</b>  | Sotto sabbia                   |
| <b>e</b>  | Sicurezza aumentata            |
| <b>ia</b> | Sicurezza intrinseca cat.a     |
| <b>ib</b> | Sicurezza intrinseca cat.b     |



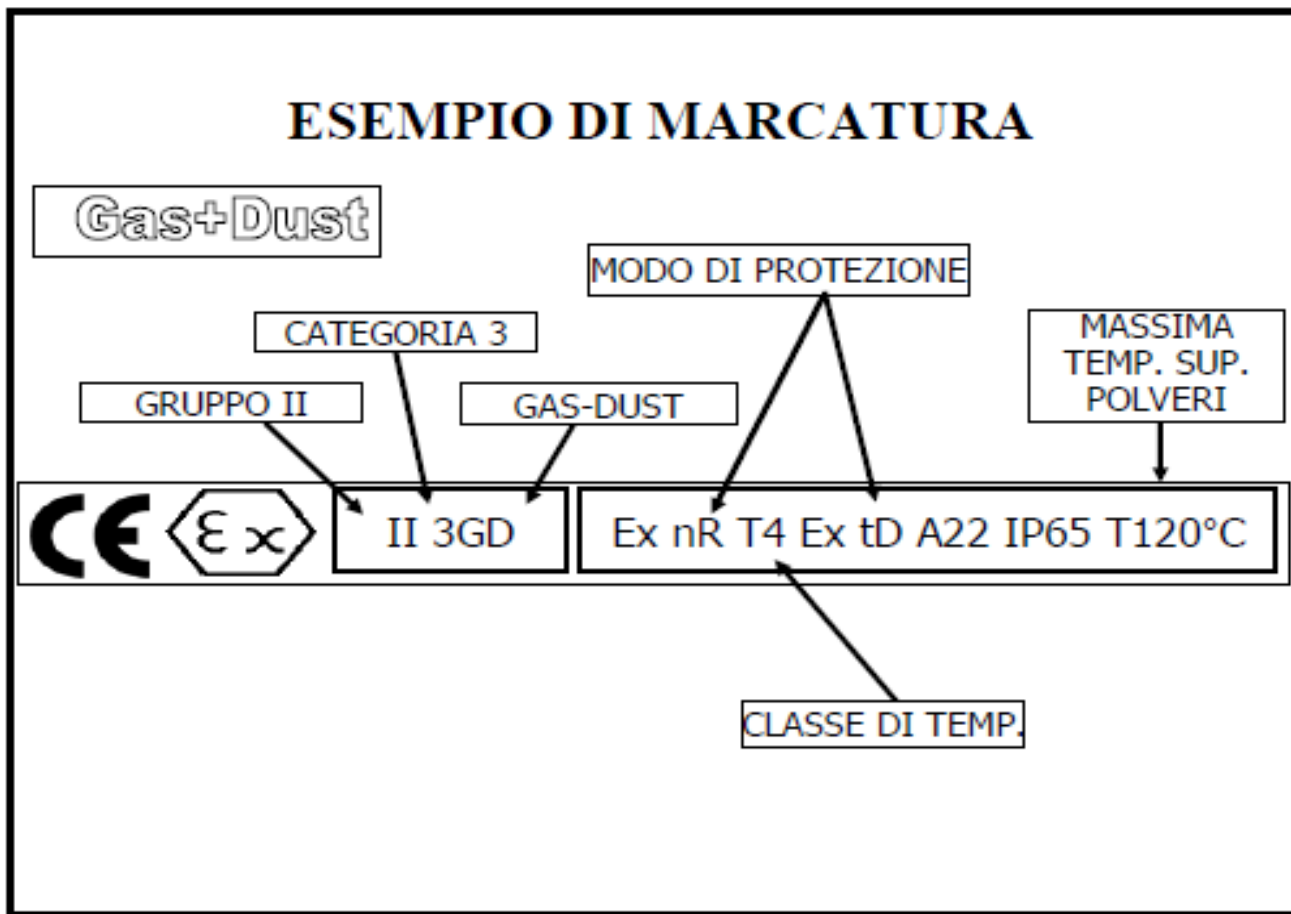
# ATEX – Le atmosfere esplosive

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Sicurezza aumentata               | e      |
| Tipo "n" (non scintillante )      | nA     |
| A prova di esplosione             | d      |
| Tipo "n" (Incapsulato)            | nC     |
| Riempito di quarzo/sabbia         | Q      |
| Sicurezza intrinseca              | Ia/iaD |
| Intrinsecamente sicuro            | Ib/ibD |
| Tipo "n" (limitazione di energia) | nL     |
| Pressurizzato                     | p/pD   |
| Tipo "n" (Respirazione Limitata)  | nR     |
| Incapsulamento                    | Ma/maD |
| Incapsulamento                    | Mb/mbD |
| Immersione in olio                | O      |
| Involucro                         | tD     |

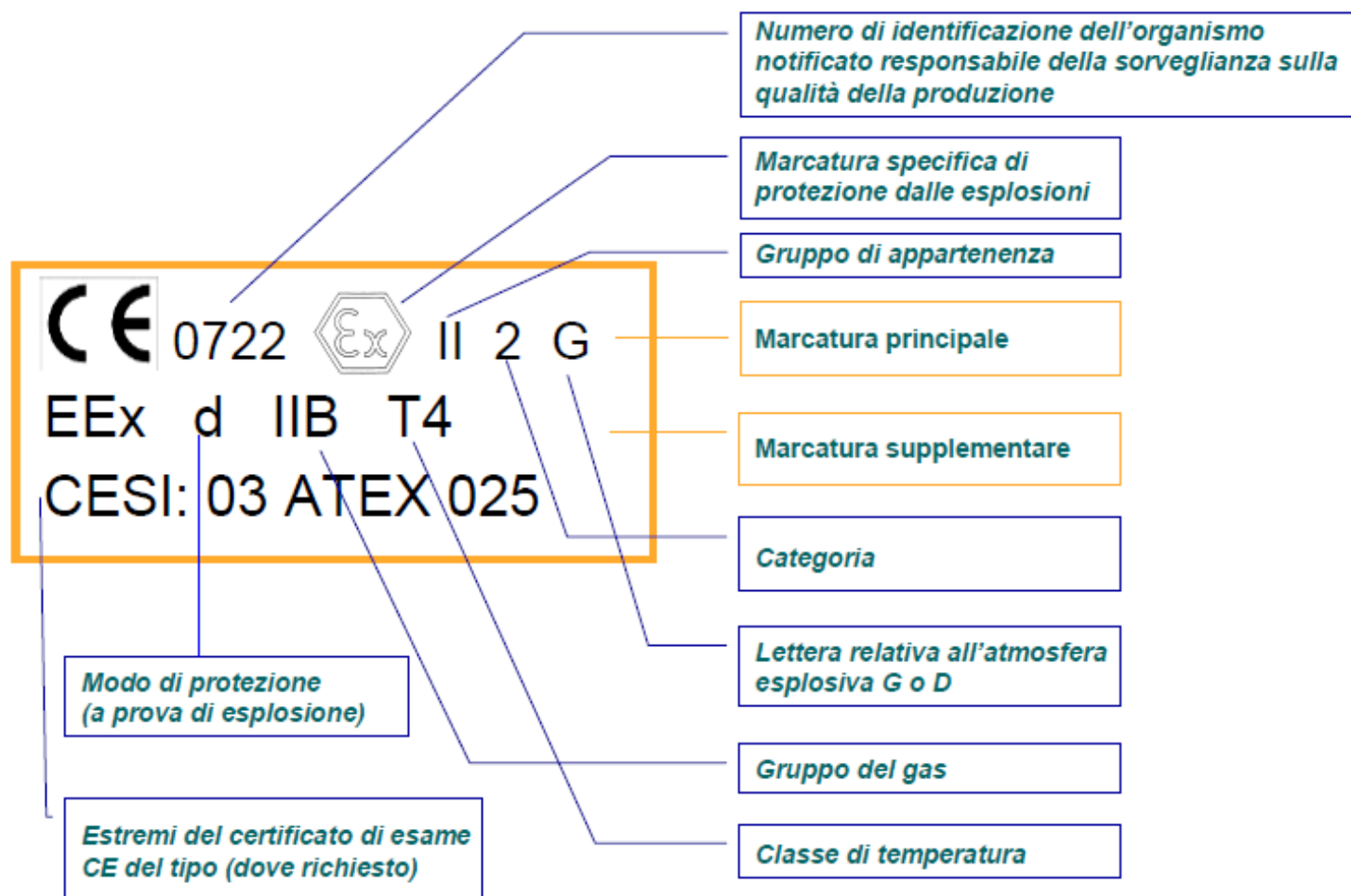
## MODI DI PROTEZIONE sottogruppi

# ATEX – Le atmosfere esplosive

## ESEMPIO DI MARCATURA



# ATEX – Le atmosfere esplosive





# ATEX – Le atmosfere esplosive

## **EPL: IL LIVELLO DI PROTEZIONE DELLE APPARECCHIATURE**

**E' stato introdotto un nuovo livello di protezione delle apparecchiature, chiamato "Equipment Protection Level" il cui acronimo è EPL.**

**Questi EPL sono stati introdotti per permettere un approccio alternativo ai metodi utilizzati attualmente per la selezione delle apparecchiature Ex.**

**L'approccio tradizionale assegna i modi di protezione adeguati per le specifiche zone, utilizzando dati statistici, in base a quanto è più probabile o frequente l'atmosfera esplosiva.**

**L'EPL indica, invece, il rischio di accensione intrinseco nell'apparecchiatura, indipendentemente dal modo di protezione adottato.**

**È stato, infatti, riconosciuto che è vantaggioso identificare e marcare tutti i prodotti in base al loro rischio intrinseco di accensione.**

**Questo dovrebbe rendere più semplice la selezione delle apparecchiature.**

**Questo metodo è alternativo e non sostitutivo di quello tradizionale e ha creato finora alcune difficoltà di comprensione.**





# ATEX – Le atmosfere esplosive (in fieri)

## EPL: IL LIVELLO DI PROTEZIONE DELLE APPARECCHIATURE

- Abbiamo visto che le aree pericolose per la presenza di sostanze potenzialmente esplosive sono suddivise in zone.
  - ✓ Per i gas, vapori o nebbie: Zona 0, 1 o 2.
  - ✓ Per le polveri: Zona 20, 21 o 22.
- Nelle zone più pericolose, nelle quali il rischio esplosione è causato dalla presenza di gas o polveri per lunghi periodi di tempo, le apparecchiature installate devono presentare dei livelli di protezione molto elevati, mentre nelle zone meno pericolose, come la Zona 2 per i Gas e la Zona 22 per le polveri, è possibile utilizzare delle apparecchiature che presentino livelli di protezione minori.
- La scelta di un'apparecchiatura adeguata svolge un ruolo fondamentale nella progettazione di un impianto installato in aree pericolose.



# ATEX – Le atmosfere esplosive (in fieri)

Il sistema per designare i livelli EPL è il seguente:

## **GRUPPO I (MINIERE)**

- EPL Ma
- EPL Mb

## **GRUPPO II (GAS)**

- EPL Ga
- EPL Gb
- EPL Gc

## **GRUPPO III (POLVERI)**

- EPL Da
- EPL Db
- EPL Dc



# ATEX – Le atmosfere esplosive (in fieri)

## GAS

**EPL Ga:** Apparecchiatura per atmosfere esplosive per la presenza di gas, con un livello di protezione 'molto elevato' che non è una sorgente di accensione durante il funzionamento normale o in caso di guasto previsto o quando soggetto ad un guasto raro.

**EPL Gb:** Apparecchiatura per l'utilizzo in atmosfere esplosive per la presenza di gas, con un 'elevato' livello di protezione che non è sorgente di accensione durante il funzionamento normale o quando soggetta a malfunzionamenti previsti, benché non in modo regolare.

**EPL Gc:** Apparecchiatura per l'utilizzo in atmosfere esplosive per la presenza di gas, con un livello di protezione 'aumentato', che non è una sorgente di accensione durante il funzionamento normale e che presenta alcune misure di protezione aggiuntive per assicurare che rimanga una sorgente di accensione non attiva in caso di eventi attesi con regolarità (ad esempio per il guasto di una lampada).



# ATEX – Le atmosfere esplosive (in fieri)

## POLVERI

**EPL Da:** Apparecchiatura per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili, che presenta un livello di protezione 'molto elevato' e che non costituisce una sorgente di accensione in funzionamento normale o quando soggetta a guasti rari.

**EPL Db:** Apparecchiatura per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili, che presenta un livello di protezione 'elevato' e che non costituisce una sorgente di accensione in funzionamento normale o quando soggetti a guasti previsti, benché non in modo regolare.

**EPL Dc:** Apparecchiatura per atmosfere esplosive per la presenza di polveri, con un livello di protezione 'aumentato' che non costituisce una sorgente di innesco durante il funzionamento normale e che può avere protezioni aggiuntive per assicurare che rimanga inattiva come sorgente di innesco nel caso di guasti regolari ed attesi.



# ATEX – Le atmosfere esplosive

## GAS

| SIMBOLO | MODO DI PROTEZIONE   | EPL | ZONA |
|---------|----------------------|-----|------|
| ia      | Sicurezza intrinseca | Ga  | 0    |
| ma      | Incapsulamento       |     |      |

| SIMBOLO   | MODO DI PROTEZIONE                                              | EPL | ZONA |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|-----|------|
| d         | Apparecchiature protette mediante custodie a prova d'esplosione | Gb  | 1    |
| p, px, pz | Apparecchiature con modo di protezione a sovrappressione        |     |      |
| q         | Riempimento polverulento                                        |     |      |
| o         | Immersione in olio                                              |     |      |
| e         | Sicurezza aumentata                                             |     |      |
| ib        | Sicurezza intrinseca                                            |     |      |
| mb        | Incapsulamento                                                  |     |      |

| SIMBOLO | MODO DI PROTEZIONE                                       | EPL | ZONA |
|---------|----------------------------------------------------------|-----|------|
| pz      | Apparecchiature con modo di protezione a sovrappressione | Gc  | 2    |
| ic      | Sicurezza intrinseca                                     |     |      |
| nA      | Apparecchiature non scintillanti                         |     |      |
| nC      | Apparecchiature scintillanti nel normale funzionamento   |     |      |
| nR      | Custodie a respirazione limitata                         |     |      |
| mc      | Incapsulamento                                           |     |      |



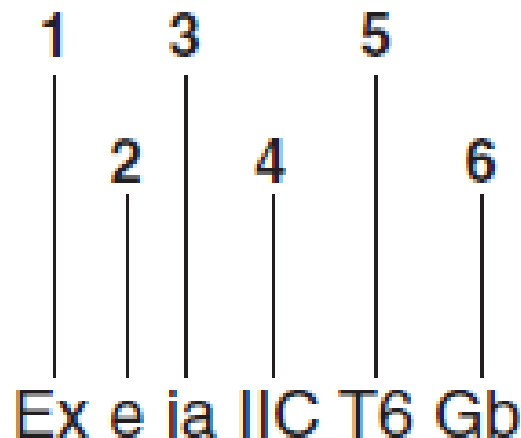
# ATEX – Le atmosfere esplosive

## POLVERI

| SIMBOLO | MODO DI PROTEZIONE           | EPL | ZONA |
|---------|------------------------------|-----|------|
| ia      | Sicurezza intrinseca         | Da  | 20   |
| ma      | Incapsulamento               |     |      |
| ta      | Protezione mediante custodie |     |      |
| ib      | Sicurezza intrinseca         | Db  | 21   |
| mb      | Incapsulamento               |     |      |
| tb      | Protezione mediante custodie |     |      |
| pD      | Pressurizzazione             |     |      |
| ic      | Sicurezza intrinseca         | Dc  | 22   |
| mc      | Incapsulamento               |     |      |
| tc      | Protezione mediante custodie |     |      |
| pD      | Pressurizzazione             |     |      |



# ATEX – Le atmosfere esplosive



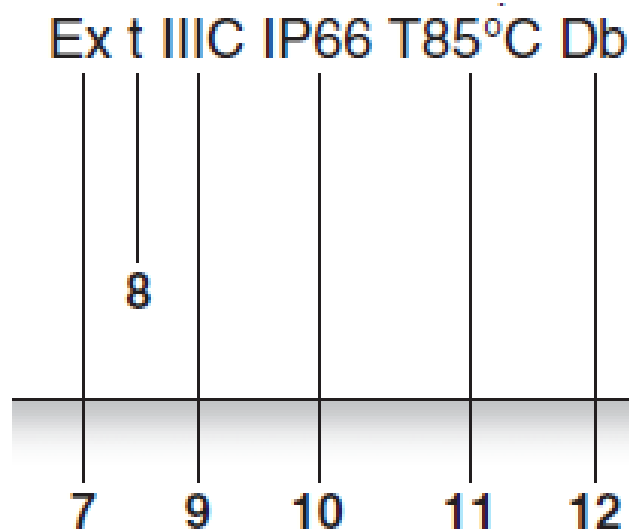
## PROTEZIONE GAS

- 1 - Ex: Conforme alle norme Europee Armonizzate
- 2 - e: Modo di protezione applicato (sicurezza aumentata)
- 3 - ia: Sicurezza intrinseca
- 4 - IIC: Gruppo Gas
- 5 - T6:  $T6 \leq 85^{\circ}\text{C}$  – classe di temperatura
- 6 - Gb: Zona 1 Gas (vedi Tabella 1)





# ATEX – Le atmosfere esplosive



## PROTEZIONE POLVERI

- 7 - Ex: Conforme alle norme Europee Armonizzate
- 8 - t: metodo di protezione mediante custodia
- 9 - IIIC: polveri conduttive
- 10 - IP66: grado di protezione
- 11 - T85°C: massima temperatura superficiale raggiungibile dalla costruzione elettrica
- 12 - Db: Zona 21 Polveri (vedi Tabella 1)



# ATEX – Le atmosfere esplosive (in fieri)

## TABELLA COMPARATIVA EPL - CATEGORIA ATEX

| Zona | Categoria ATEX | Modo di protezione                                                       | EPL |
|------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 0    | 1G             | “Ex ia” – “Ex ma”                                                        | Ga  |
| 1    | 2G             | “Ex d” – “Ex e” – “Ex i” – “Ex m” – “Ex p”<br>– “Ex o” – “Ex q”          | Gb  |
| 2    | 3G             | “Ex d” – “Ex e” – “Ex i” – “Ex m” – “Ex p”<br>– “Ex o” – “Ex q” – “Ex n” | Gc  |
| 20   | 1D             | pD – mD – tD – iaD - ibD                                                 | Da  |
| 21   | 2D             | pD – mD – tD – iaD - ibD                                                 | Db  |
| 22   | 3D             | pD – mD – tD – iaD - ibD                                                 | Dc  |

# SCARICHE ATMOSFERICHE





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Il D.Lgs. 81/08 aveva abrogato le norme relative all' art. 38 del D.P.R. 547/55 ma restava l'art. 39 relativo a *“strutture metalliche degli edifici e delle opere provvisionali, i recipienti e gli apparecchi metallici, di notevoli dimensioni, situati all'aperto”* che è stato abrogato dal D.Lgs. 106/09.

L'Art. 84 (corretto dal D.Lgs 106/09) – Impianti di protezione contro i fulmini recita :

“ Il datore di lavoro provvede affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature, siano protetti dagli effetti dei fulmini secondo le **NORME TECNICHE.**”

**Pertanto nella VALUTAZIONE DEI RISCHI di cui agli articoli 28 – 29 deve essere compreso anche il rischio Scariche Atmosferiche per tutte la strutture di cui all'art. 84.**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## RIFERIMENTI NORMATIVI: LE NORME CEI

### ❖ CEI EN 62305-1 “Principi generali”

Indica i principi generali che sono alla base della protezione contro il fulmine di strutture, impianti e persone.

### ❖ CEI EN 62305-2 “Valutazione del rischio”

Si riferisce alla valutazione del rischio dovuto a fulmini a terra, ed ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione di detto rischio.

### ❖ CEI EN 62305-3 “Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone”

Definisce i requisiti per la protezione contro i fulmini contro i danni materiali e alle persone mediante un impianto di protezione.

### ❖ CEI EN 62305-4 “Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture”.

Fornisce elementi sul progetto, l'installazione, la manutenzione e la verifica delle misure di protezione (SPM) per gli impianti interni elettrici ed elettronici per ridurre il rischio di danni permanenti dovuti all'impulso elettromagnetico (LEMP) associato al fulmine.

## SCARICHE ATMOSFERICHE

## NORMA CEI 81-3

Valori medi del numero di fulmini  
a terra per anno e per kilometro  
quadrato dei Comuni d'Italia



ROSSO -  $N_t = 4 \text{ f/km}^2$  VERDE -  $N_t = 2.5 \text{ f/km}^2$  BLU -  $N_t = 1.5 \text{ f/km}^2$



# SCARICHE ATMOSFERICHE

## NORMA CEI 81-3

Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per kilometro quadrato dei Comuni d'Italia

| <b>Toscana</b> |              |
|----------------|--------------|
| Arezzo         | da 1,5 a 2,5 |
| Firenze        | da 1,5 a 2,5 |
| Grosseto       | da 1,5 a 2,5 |
| Livorno        | da 1,5 a 2,5 |
| Lucca          | da 2,5 a 4   |
| Massa C.       | da 2,5 a 4   |
| Pisa           | da 1,5 a 2,5 |
| Pistoia        | da 2,5 a 4   |
| Prato          | da 1,5 a 2,5 |
| Siena          | da 1,5 a 4   |



## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

### TERMINI E DEFINIZIONI (norme CEI EN 62305)

- **Fulmine a terra:** scarica elettrica di origine atmosferica tra nuvola e terra costituita da uno o più colpi
- **Colpo di fulmine:** singola scarica elettrica di un fulmine a terra
- **Punto di impatto:** punto in cui il fulmine colpisce il suolo o un oggetto sovrastante (es: struttura, servizi, alberi ,ecc )
- **Corrente di fulmine:** corrente che fluisce nel punto di impatto
- **Valore di picco:** valore massimo della corrente di fulmine
- **Durata del fulmine:** tempo durante il quale la corrente di fulmine fluisce nel punto di impatto
- **Struttura da proteggere:** struttura per la quale è richiesta la protezione contro il fulmine secondo la norma CEI EN 62305-1; una struttura da proteggere può essere una parte di una struttura più grande
- **Servizio da proteggere:** servizio entrante in una struttura per la quale è richiesta la protezione contro il fulmine secondo la norma CEI EN 62305-1





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## TERMINI E DEFINIZIONI

- **Fulmine su un oggetto:** fulmine che colpisce un oggetto da proteggere ( fulminazione diretta )
- **Fulmine vicino ad un oggetto:** fulmine che colpisce tanto vicino ad un oggetto da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose ( fulminazione indiretta )
- **Impulso:** sovratensione e/o sovracorrente dovuta al LEMP
- **Corpi metallici esterni:** corpi metallici di notevole dimensione lineare che penetrano nella struttura da proteggere (ad esempio tubazioni, parti metalliche di cavi, canalizzazioni , ecc.) che possono trasportare una parte della corrente di fulmine
- **Danno materiale:** danno alla struttura ed al suo contenuto dovuto agli effetti meccanici, termici, chimici ed esplosivi del fulmine
- **Danno ad esseri viventi:** danneggiamento , inclusa la perdita della vita , di uomini o di animali dovuto a tensioni di contatto e passo causate dal fulmine
- **Rischio R:** valore della probabile perdita annua (persone e cose) dovuta al fulmine, riferito al valore totale (persone e cose) dell'oggetto da proteggere
- **Rischio tollerabile RT:** massimo valore di rischio che può essere tollerato per l'oggetto da proteggere



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

- **TERMINI E DEFINIZIONI (continuazione)**
- **Misure di protezione:** misure di protezione da adottare in un oggetto da proteggere per ridurre il rischio
- **Impianto di protezione esterno:** parte di un LPS costituito da un sistema di captatori , da un sistema di calate e da un sistema di dispersori
  - ✓ **Sistema di captatori:** parte di un LPS esterno , costituita da elementi quali aste, conduttori disposti a formare maglie o catenarie, predisposta al fine di intercettare il fulmine
  - ✓ **Sistema di calate:** parte di un LPS esterno atta alla conduzione della corrente di fulmine dal sistema di captatori al sistema di dispersori
  - ✓ **Sistema di dispersori:** parte di un LPS esterno atta alla conduzione ed alla dispersione a terra della corrente di fulmine
  - ✓ **Fune di guardia:** conduttore metallico utilizzato per ridurre il danno materiale dovuto al fulmine in un servizio



## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

- **TERMINI E DEFINIZIONI (continuazione)**
- **Impianto di protezione interno: parte di un LPS costituito da collegamenti equipotenziali e/o isolamento elettrico del LPS esterno**
  - ✓ **Conduttore equipotenziale: *connessione all'LPS di corpi metallici per mezzo di conduttori metallici o di limitatori di sovratensioni al fine di ridurre le differenze di potenziale dovute alla corrente di fulmine***
  - ✓ **Schermo magnetico: *schermo metallico chiuso, continuo o a maglia, che racchiude l'oggetto da proteggere, o una parte di esso, usato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici***
  - ✓ **Sistema di SPD: *gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti dei sistemi elettrici ed elettronici***



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## ACRONIMI (zone di protezione esterne)

- **LPZ0 – Lightning Protection Zone** *zona esposta alle scariche impulsive piene o parziali ed al campo elettromagnetico di un fulmine senza attenuazione*
  - ✓ **LPZ0A – Lightning Protection Zone** *zona dove il pericolo è dovuto alla fulminazione diretta e all'esposizione al totale campo elettromagnetico*
  - ✓ **LPZ0B– Lightning Protection Zone** *zona protetta contro la scarica diretta ma non contro gli impulsi di scariche parziali ed al campo elettromagnetico non attenuato prodotto dal fulmine*



## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

### ACRONIMI

- **ESD – Electro Static Discharge** – *Impulso legato a fenomeni di accumulo di cariche elettrostatiche*
- **LPL – Lightning Protection Level** – *numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura*
- **LPZ – Lightning Protection Zone** – *zone in cui è definito l'ambiente elettromagnetico creato dal fulmine; si realizzano installando misure di protezione*
- **LPS – Lightning Protection System** – *impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura; è costituito da un impianto di protezione esterno e da un impianto di protezione interno*



## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## ACRONIMI (continuazione)

- **LEMP** – Lightning ElectroMagnetic Pulse – *Impulso legato al campo magnetico generato dal fulmine*
- **LPMS** (Lightning Protection Measurement System): *sistema completo di misure per la protezione degli impianti interni contro il LEMP*
- **SPD** – Surge Protection Device – *limita gli effetti delle sovratensioni transitorie (impulso) generate all'esterno e trasmesse all'interno dalle linee entranti e delle sovratensioni indotte dal fulmine*
- **SEMP** – Switching ElectroMagnetic Pulse – *impulso elettromagnetico legato ai transitori elettrici dovuti alle manovre di interruzione o commutazione dei circuiti*



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## ACRONIMI (zone di protezione interne)

- **LPZ1 – Lightning Protection Zone sono zone nelle quali le scariche impulsive sono ridotte per la ripartizione delle correnti e sono protette da SPD installati ai confini esterni delle zone stesse. Il campo elettromagnetico può essere ridotto con schermi**
- **LPZ2...n – Lightning Protection Zone sono zone nelle quali le scariche impulsive sono ulteriormente ridotte per suddivisione delle correnti e da SPD installati ai loro confini esterni. Il campo elettromagnetico è sempre ridotto mediante schermi**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## ❖ CEI EN 62305-1 “Principi generali”

Indica i principi generali che sono alla base della protezione contro il fulmine di strutture, impianti e persone.

### ILLUSTRA:

- I parametri della corrente dei fulmini e relativi tipi di danno
- La necessità e la convenienza economica della protezione
- Le misure di protezione da adottare e i criteri per la protezione di strutture e servizi





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

**Le sorgenti di danno di un fulmine sono:**

- **S1** – fulminazione diretta sulla struttura da proteggere
- **S2** – fulminazione indiretta: scariche nel terreno adiacente alla struttura da proteggere
- **S3** – fulminazione in vicinanza su linea entrante nella struttura da proteggere
- **S4** – fulminazione in prossimità delle linee entranti nella struttura da proteggere



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## I TIPI DI DANNO CHE UN FULMINE PUO' CAUSARE SONO:

- **D1** - danni a persone ed animali dovuti a tensioni di contatto e di passo
- **D2** – danni dovuti ad incendi, esplosioni, rotture meccaniche, rilasci di sostanze tossiche, etc.
- **D3** – sovratensioni che possono provocare guasti ad apparecchiature elettriche ed elettroniche



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

**TIPI DI PERDITE CHE UN FULMINE PUO' CAUSARE E CORRISPONDENTE RISCHIO:**

- **L1 – perdite di vite umane \ Rischio R1**
- **L2 – perdita di servizio pubblico \ Rischio R2**
- **L3 – perdite di patrimonio culturale insostituibile \ Rischio R3**
- **L4 – perdita economica \ Rischio R4**

**IN CASO DI RISCHI R1, R2, R3, LA PROTEZIONE E' OBBLIGATORIA**

**IN CASO DI RISCHIO R4 LA PROTEZIONE E' FACOLTATIVA MA CONSIGLIABILE**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## SONO ADOTTATI I SEGUENTI SIMBOLI

- **Lt** – perdita dovuta alle tensioni di passo e di contatto
- **Lf** – perdita dovuta a danno materiale (es. incendio, esplosione)
- **Lo** – perdita dovuta a guasti degli impianti interni



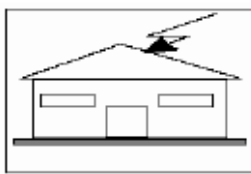
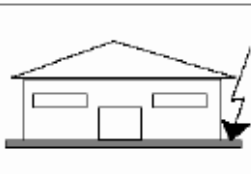
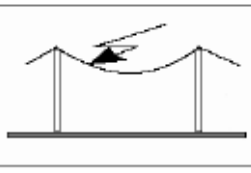
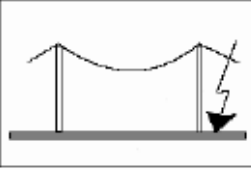
# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

**IL VALORE  $L_x$  DELLA PERDITA PER UNA STRUTTURA DIPENDE DA:**

- **Numero delle persone e del tempo nel quale esse rimangono nel luogo pericoloso**
- **Tipo e importanza del servizio pubblico**
- **Valore dei beni interessati dal danno**

**LA PERDITA  $L_x$  varia con il tipo di perdita considerata ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ) e per ciascun tipo di perdita, con il tipo di danno ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ) che ha provocato la perdita**

# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

| <u>Punto d'impatto</u>           |                                                                                     | <u>Sorgente di danno</u> | <u>Tipo di danno</u> | <u>Tipo i perdita</u>                  |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Struttura                        |    | S1                       | D1<br>D2<br>D3       | L1, L4<br>L1, L2, L3, L4<br>L1, L2, L4 |
| In prossimità della struttura    |    | S2                       | D3                   | L1, L2, L4                             |
| Servizi entranti nella struttura |   | S3                       | D1<br>D2<br>D3       | L1, L4<br>L1, L2, L3, L4<br>L1, L2, L4 |
| In prossimità di un servizio     |  | S4                       | D3                   | L1, L2, L4                             |



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## VALUTAZIONE DEL RISCHIO

### » CEI EN 62305-2 "Valutazione del rischio"

Si riferisce alla valutazione del rischio dovuto a fulmini a terra, ed ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione di detto rischio.



## RISCHIO

- **RISCHIO R** – valore della probabile perdita annua (persone e cose) dovuta al fulmine, riferito al valore totale (persone e cose) dell'oggetto da proteggere

$$R = N \times P \times L$$

dove:

- ✓ N = numero di fulmini che possono interessare la struttura nel periodo di tempo considerato
- ✓ P = probabilità che il fulmine provochi una perdita
- ✓ L = danno conseguente
- Per ogni tipo di perdita il rischio relativo è dato dalla somma di diversi rischi parziali chiamati *componenti di rischio*





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## COMPONENTI DI RISCHIO

- FULMINAZIONE DIRETTA DELLA STRUTTURA (S1)
  - ✓ RA – danni a esseri viventi per tensioni di passo e di contatto (D1)
  - ✓ RB – danni materiali (es. esplosione, incendio) (D2)
  - ✓ Rc – guasti a impianti interni (D3)
- FULMINAZIONE INDIRETTA DELLA STRUTTURA (S2)
  - ✓ RM – guasti a impianti interni causato da LEMP (D3)
- FULMINAZIONE DIRETTA LINEA ENTRANTE (S3)
  - ✓ Ru – danni a esseri viventi per tensioni di passo e di contatto
  - ✓ Rv – danni materiali (es. esplosione, incendio)
  - ✓ Rw – guasti a impianti interni
- FULMINAZIONE INDIRETTA DELLA LINEA ENTRANTE (S4)
  - ✓ Rz – guasti a impianti interni per sovratensioni



| <i>Sorgente di danno</i> | <i>Tipo di danno</i> | <i>Tipo di perdita</i>     | <i>Componenti di rischio</i>                     |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| S1                       | D1                   | L1, L4 <sup>(2)</sup>      | R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> , R <sub>C</sub> |
|                          | D2                   | L1, L2, L3, L4             |                                                  |
|                          | D3                   | L1 <sup>(1)</sup> , L2, L4 |                                                  |
| S2                       | D3                   | L1 <sup>(1)</sup> , L2, L4 | R <sub>M</sub>                                   |
| S3                       | D1                   | L1, L4 <sup>(2)</sup>      | R <sub>U</sub> , R <sub>V</sub> , R <sub>W</sub> |
|                          | D2                   | L1, L2, L3, L4             |                                                  |
|                          | D3                   | L1 <sup>(1)</sup> , L2, L4 |                                                  |
| S4                       | D3                   | L1 <sup>(1)</sup> , L2, L4 | R <sub>Z</sub>                                   |

- 1) Solo per atex, ospedali, etc.
- 2) Uso agricolo (perdite animali)



## RISCHIO TOLLERABILE $R_t$

- $R_t$  – massimo valore di rischio che può essere tollerato per la struttura da proteggere

$$R < R_t$$



## RISCHIO TOLLERABILE $R_T$

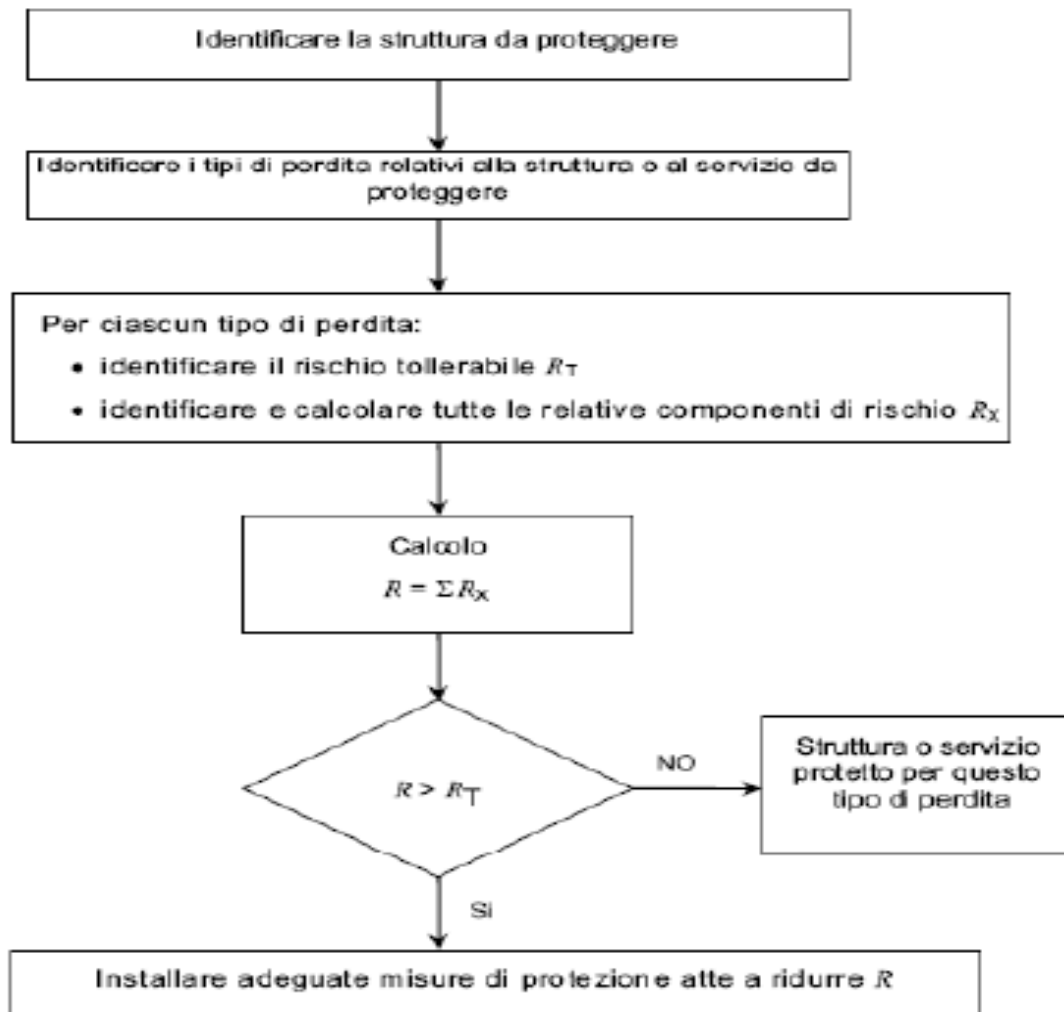
| <i>Tipo di perdita</i>                                           | <i><math>R_T</math> (ex <math>R_a</math>)</i> |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. Perdita di vite umane <sup>(1)</sup>                          | $10^{-5}$                                     |
| 2. Perdita inaccettabile di servizio pubblico <sup>(2)</sup>     | $10^{-3}$                                     |
| 3. Perdita di patrimonio culturale insostituibile <sup>(3)</sup> | $10^{-3}$                                     |

<sup>(1)</sup> Danno inteso come numero di morti all'anno, riferito al numero totale di persone esposte al rischio ( per esemplificare, questo valore significa che la norma accetta la morte di una persona ogni centomila persone per danni dovuti al fulmine).

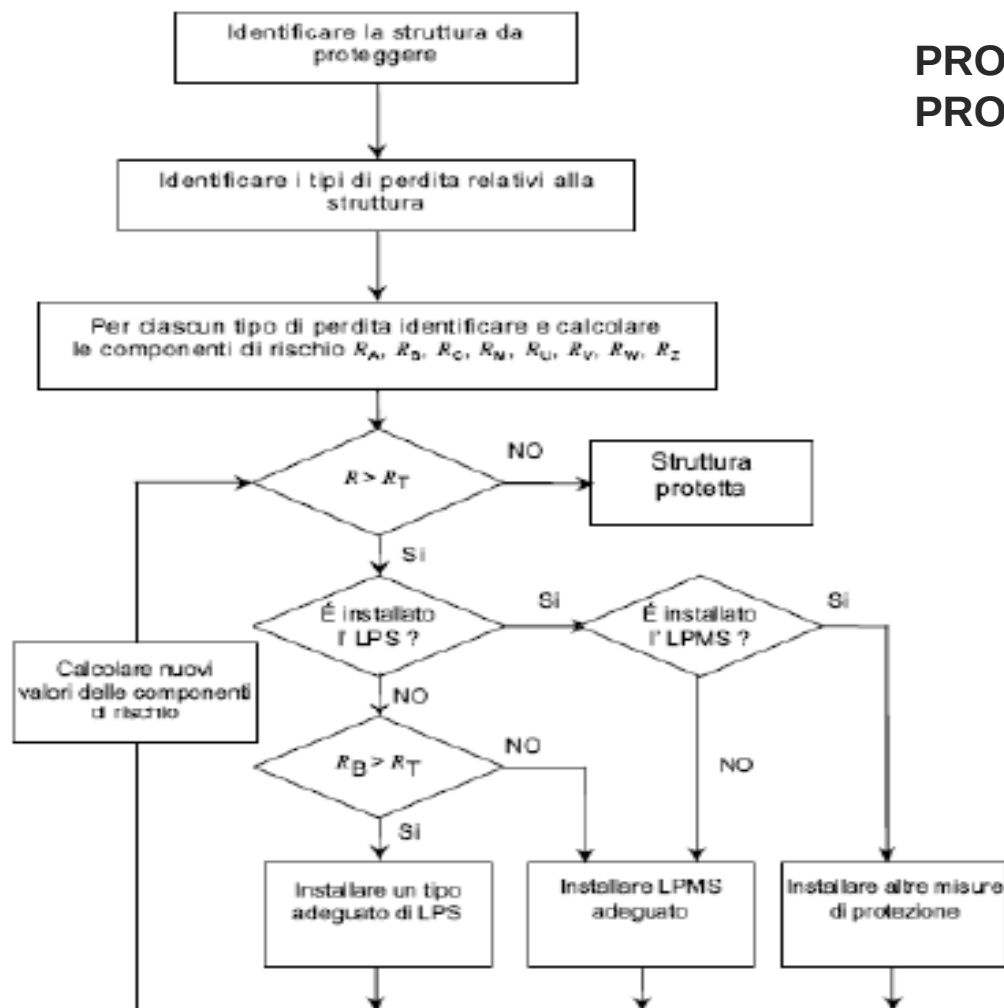
<sup>(2)</sup> Danno inteso come prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale di utenti serviti all'anno.

<sup>(3)</sup> Danno inteso come valore annuo dei beni perduti, riferito al valore totale dei beni esposti al rischio.

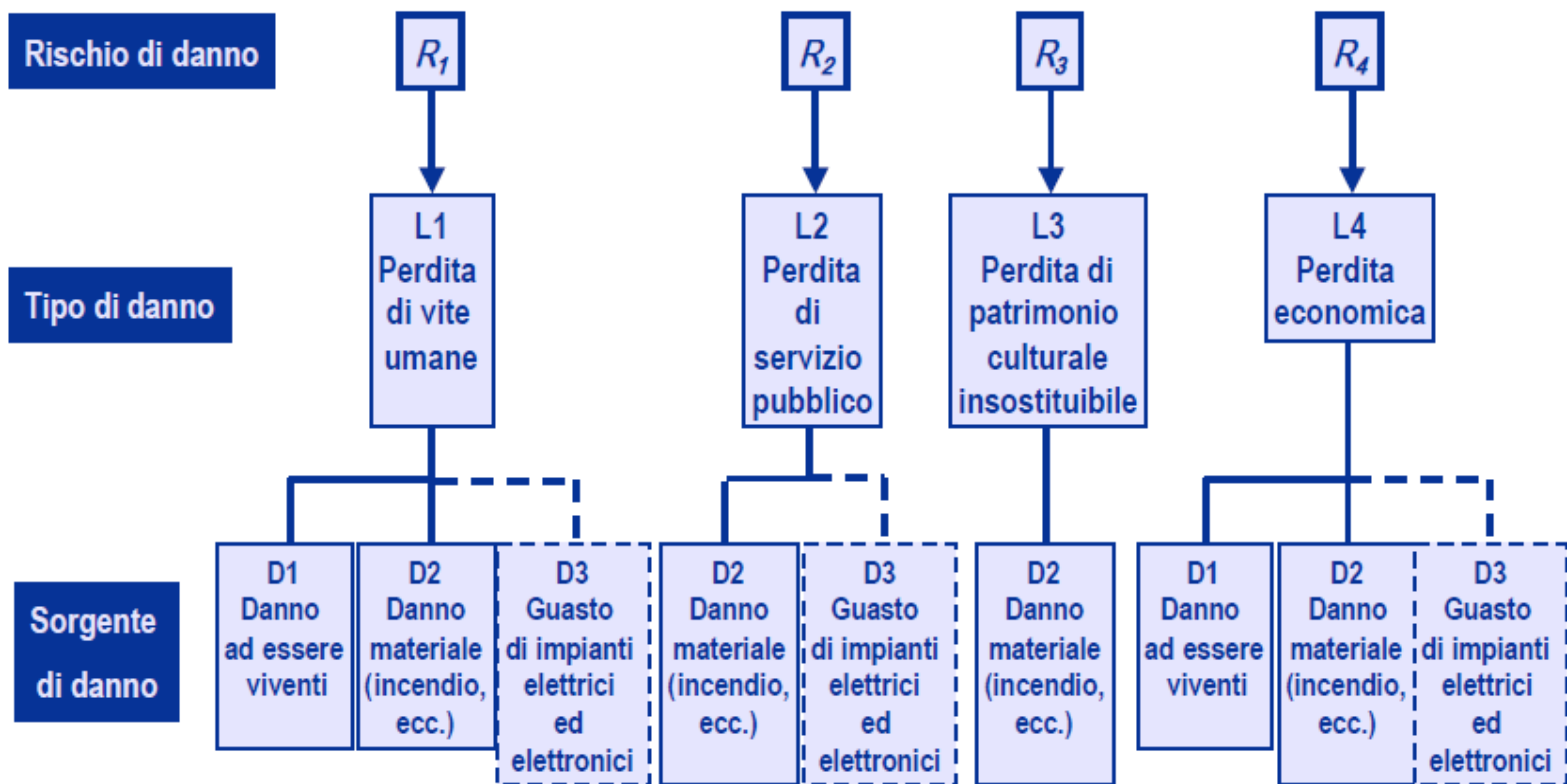
## PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DELLA NECESSITA' DELLA PROTEZIONE



## PROCEDURA PER LA SCELTA DELLE PROTEZIONI



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI



CEI EN 62305-1, CEI 81-10/1, Figura 1



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

» CEI EN 62305-3 “Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone”

Definisce i requisiti per la protezione contro i fulmini contro i danni materiali e alle persone mediante un impianto di protezione.

**Illustra i criteri per la progettazione, l’installazione e la manutenzione delle misure di protezione per ridurre il rischio di danno a persone e cose**





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## PROGETTO DI UN LPS

L'ottimizzazione tecnica ed economica del progetto di un LPS può essere facilmente effettuata se le fasi del progetto stesso e della costruzione dell'LPS sono coordinate con le fasi del progetto e della costruzione della struttura che deve essere protetta.

In particolare dovrebbe essere prevista, nelle fase di progettazione della struttura, la possibile utilizzazione di parti metalliche della struttura come elementi dell'LPS.



## IMPIANTO DI PROTEZIONE ESTERNO

L'LPS esterno ha la funzione di *intercettare i fulmini sulla struttura compresi quelli sulle facciate laterali*, e di condurre la corrente di fulmine dal punto d'impatto a terra.

Ha inoltre la funzione di *disperdere la corrente nel terreno* senza che si verifichino danni termici o meccanici e scariche pericolose in quanto queste sono in grado di innescare incendi o esplosioni.

Nella maggioranza dei casi l'LPS esterno dovrebbe essere appoggiato alla struttura che deve essere protetta.

L'uso di un LPS esterno isolato dovrebbe essere preso in considerazione quando gli effetti termici ed esplosivi nel punto d'impatto, o nei conduttori percorsi dalla corrente di fulmine, *possono causare danno alla struttura o al suo contenuto*



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

La probabilità che un fulmine penetri nella struttura è considerevolmente ridotta dalla presenza di un sistema di captatori opportunamente progettato.

Il sistema di captatori può essere costituito da qualsivoglia combinazione dei seguenti elementi:

- a) aste (comprese le antenne);
- b) funi sospese all'estremità;
- c) conduttori disposti in modo da formare maglie



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Possono essere usati come componenti naturali del sistema di captatori e, quindi, entrare a far parte del LPS i seguenti elementi di una struttura:

- a) lastre metalliche di copertura della struttura da proteggere
- b) componenti metallici costruttivi di tetti (capriate metalliche, ferri di armatura elettricamente continui, ecc.), al di sotto di una copertura non metallica,
- c) parti metalliche come gronde, ornamenti, ringhiere, ecc., la cui sezione trasversale non sia inferiore a quella specificata per i captatori normali;
- d) tubazioni e serbatoi metallici sul tetto, a condizione che essi siano costruiti con materiali aventi spessore e sezione inferiore a quella richiesta



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

I componenti del sistema di captatori installati su una struttura devono essere posizionati in corrispondenza degli spigoli, dei punti esposti e dei bordi (in particolare quelli ai livelli più elevati delle facciate) secondo uno o più dei seguenti metodi.

- *metodo dell'angolo di protezione*: adatto per edifici di forma semplice, ma comporta limiti
- *metodo della sfera rotolante*: adatto in ogni caso
- *metodo della maglia*: adatto alla protezione di superfici piane
- *metodo della fune*: adatto per protezione di edifici particolari





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Al fine di ridurre la probabilità che la corrente di fulmine che fluisce nell'LPS provochi danno, le calate devono essere disposte in modo che dal punto d'impatto a terra:

- a) esistano più percorsi paralleli per la corrente;
- b) le lunghezze dei percorsi della corrente siano ridotte al minimo;
- c) le connessioni equipotenziali alle parti conduttrici della struttura siano realizzate con le modalità prescritte.



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Per la dispersione della corrente di fulmine nel terreno senza provocare sovratensioni pericolose, i parametri più importanti sono la forma e le dimensioni del dispersore.

Per la protezione contro i fulmini, è necessario avere un dispersore unico adatto per tutti gli scopi (LPS, protezione contro i contatti indiretti, protezione impianti telefonici, ecc.).

possono essere utilizzati due tipi base di sistema di dispersori:



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## DISPERSORE DI TIPO A

Questo tipo di dispersore comprende elementi orizzontali o verticali, installati all'esterno della struttura da proteggere e collegati a ciascuna calata.

Il numero totale degli elementi del dispersore non dovrà essere inferiore a **due**

## DISPERSORE DI TIPO B

A questo tipo di dispersore appartengono sia il dispersore ad anello esterno alla struttura in contatto col suolo per almeno l'80 % della sua lunghezza totale, sia il dispersore di fondazione. Questo tipo di dispersore può anche essere magliato.





# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

I captatori e le calate devono essere saldamente fissati di modo che gli sforzi meccanici, elettrodinamici o accidentali (ad esempio: vibrazioni, slittamento di placche di neve, dilatazione termica, ecc.), non possano provocare la rottura o l'allentamento dei conduttori

Il numero di giunzioni lungo i conduttori deve essere il minimo possibile.

Le giunzioni dovrebbero essere effettuate per mezzo di brasatura forte, saldatura, avvitamento, bullonatura, chiodatura, morsetti a compressione.

Materiali e dimensioni devono essere scelti tenendo conto della possibilità di corrosione sia della struttura da proteggere che del LPS.



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## IMPIANTO DI PROTEZIONE INTERNO

L'impianto di protezione interno ha lo scopo di evitare il verificarsi di scariche pericolose all'interno della struttura da proteggere durante il passaggio della corrente di fulmine sull'LPS esterno o su altre parti metalliche della struttura.

Scariche pericolose possono verificarsi tra l'LPS esterno e altri componenti quali:

- i corpi metallici;
- gli impianti interni;
- i corpi metallici esterni e le linee connesse con la struttura.



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## PROTEZIONE CONTRO IL LEMP

❖ CEI EN 62305-4 “Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture”.

Fornisce elementi sul progetto, l'installazione, la manutenzione e la verifica delle misure di protezione (SPM) per gli impianti interni elettrici ed elettronici per ridurre il rischio di danni permanenti dovuti all'impulso elettromagnetico (LEMP) associato al fulmine.

**Illustra i criteri per la progettazione, l'installazione e la manutenzione delle misure di protezione per ridurre il rischio di danno agli impianti elettrici all'interno delle strutture**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## SUDDIVISIONE IN ZONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

**Le zone possono essere definite tramite:**

- **Tipo di suolo**
- **Compartimentazione antincendio**
- **Schermi locali**
- **Lay-out degli impianti interni**
- **Misure di protezione esistenti o previste**
- **Valori delle perdite  $L_x$**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## PROGETTO DI UN LPMS

**LPMS (Lightning Protection Measurement System):** *sistema completo di misure per la protezione degli impianti interni contro il LEMP*

**Le principali misure di protezione contro i fulmini sono:**

- **Messa a terra ed equipotenzializzazione**
- **Schermatura magnetica dei locali e dei cavi**
- **Scelta appropriata dei percorsi dei circuiti**
- **Sistemi di SPD**



# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## PROGETTO DI UN LPMS

Un LPMS può essere progettato per proteggere un apparato solo contro gli impulsi o anche contro il campo elettromagnetico.

- Un LPMS costituito da schermi locali e da un Sistema di SPD protegge contro i campi magnetici irradiati e contro gli impulsi condotti
- L'uso di schermi in cascata e del Sistema di SPD può ridurre il campo magnetico irradiato e gli impulsi a livelli di pericolosità bassi.
- Un LPMS costituito da uno schermatura della LPZ 1 e di SPD all'ingresso di LPZ 1 protegge contro il campo magnetico irradiato e le sovratensioni condotti
- Un LPMS costituito da linee schermate e dagli involucri metallici degli apparati protegge contro i campi magnetici irradiati.

Gli SPD all'ingresso di LPZ 1 proteggono contro le sovratensioni condotti.

Per ottenere un livello inferiore di pericolo, può essere necessario un Sistema di SPD.

## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

### FUNZIONAMENTO SPD

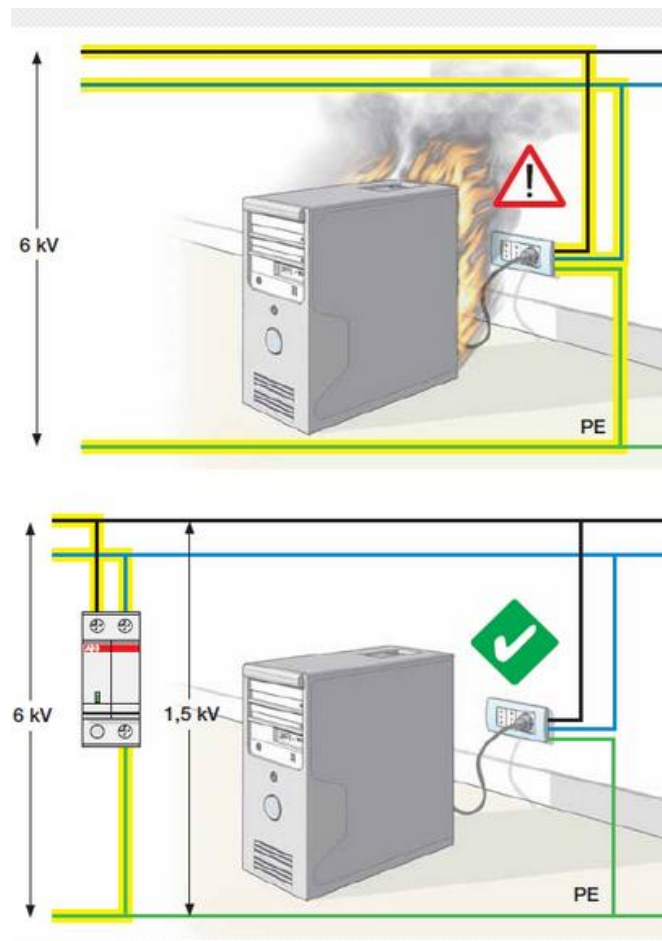




Diagramma schematico di un impianto di protezione contro i fulmini (SIP) in un edificio, illustrando la gerarchia delle zone di protezione (LPZ) e la disposizione dei componenti di protezione.

**Legenda:**

- 1**: barra equipotenziale principale scaricatore corrente da fulmine
- 2**: barra equipotenziale secondaria limitatore di sovratensione
- LEMP**: Limitatore di sovratensione
- S**: Barra equipotenziale secondaria
- SEMP**: Sistema di protezione

**Zone di Protezione (LPZ):**

- LPZ 0<sub>A</sub>**: Zona esterna (fuori dall'edificio).
- LPZ 0<sub>B</sub>**: Zona esterna (intorno all'edificio).
- LPZ 1**: Zona interna (all'interno dell'edificio).
- LPZ 2**: Zona interna (all'interno dell'edificio).
- LPZ 3**: Zona interna (all'interno dell'edificio).

**Componenti e Disposizione:**

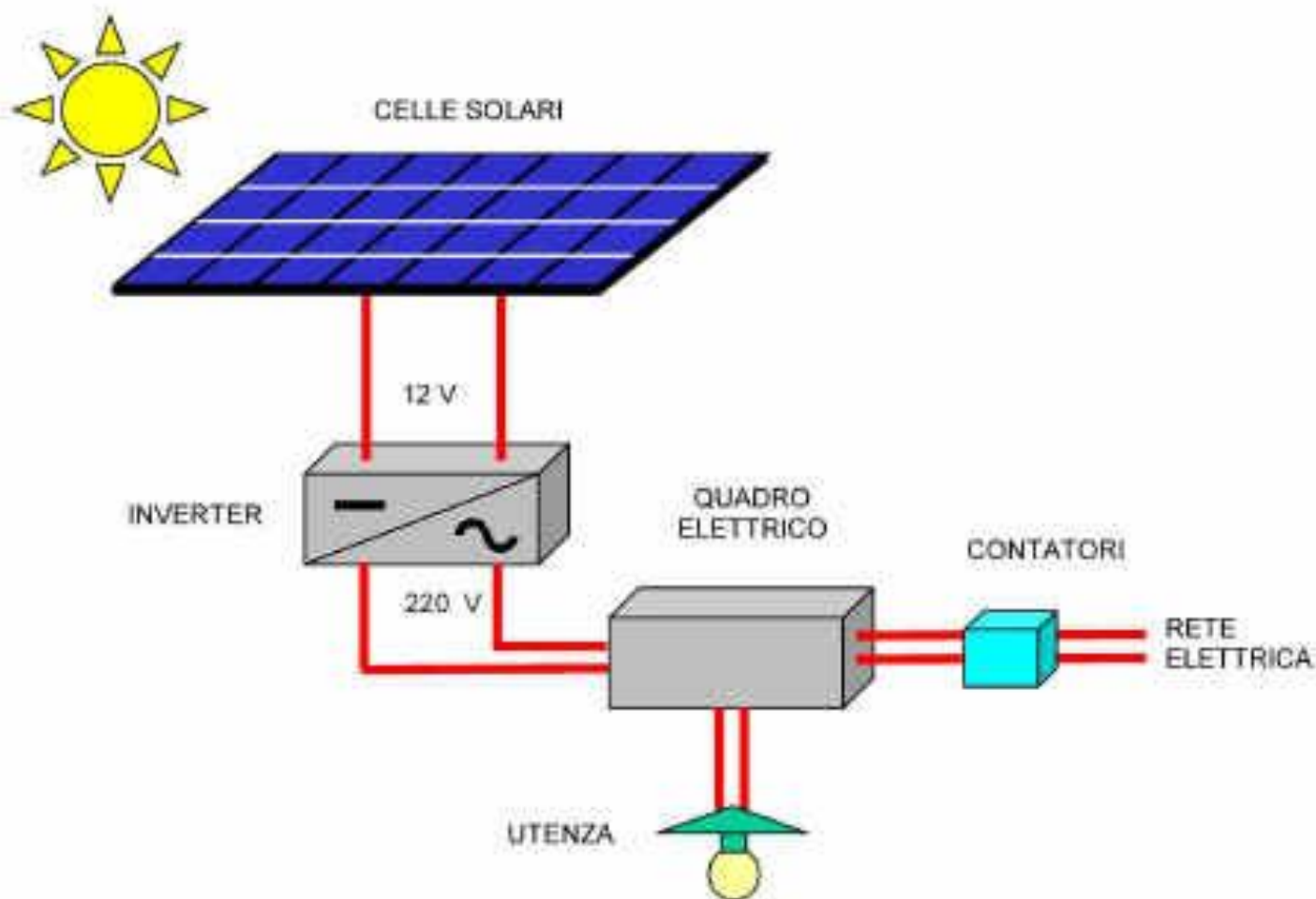
- Calata**: Zona di protezione LPZ 1.
- Ventilazione**: Zona di protezione LPZ 1.
- schermo di vano**: Zona di protezione LPZ 1.
- utenza**: Zona di protezione LPZ 2.
- rete energetica**: Zona di protezione LPZ 0<sub>B</sub>.
- rete informatica**: Zona di protezione LPZ 0<sub>B</sub>.
- dispersore nella fondazione armatura**: Zona di protezione LPZ 1.

**Flusso di Protezione:**

- La protezione inizia dalla zona LPZ 0<sub>A</sub> (esterno) e si estende alla zona LPZ 0<sub>B</sub> (intorno all'edificio).
- La protezione si estende all'interno dell'edificio, passando dalla zona LPZ 1 alla zona LPZ 2 e infine alla zona LPZ 3.
- La protezione si estende anche alla zona LPZ 0<sub>B</sub> (intorno all'edificio) e alla zona LPZ 1 (interno dell'edificio).
- La protezione si estende alla zona LPZ 2 (interno dell'edificio) e alla zona LPZ 3 (interno dell'edificio).
- La protezione si estende alla zona LPZ 0<sub>B</sub> (intorno all'edificio) e alla zona LPZ 1 (interno dell'edificio).
- La protezione si estende alla zona LPZ 2 (interno dell'edificio) e alla zona LPZ 3 (interno dell'edificio).
- La protezione si estende alla zona LPZ 0<sub>B</sub> (intorno all'edificio) e alla zona LPZ 1 (interno dell'edificio).
- La protezione si estende alla zona LPZ 2 (interno dell'edificio) e alla zona LPZ 3 (interno dell'edificio).



# IMPIANTI FOTOVOLTAICI



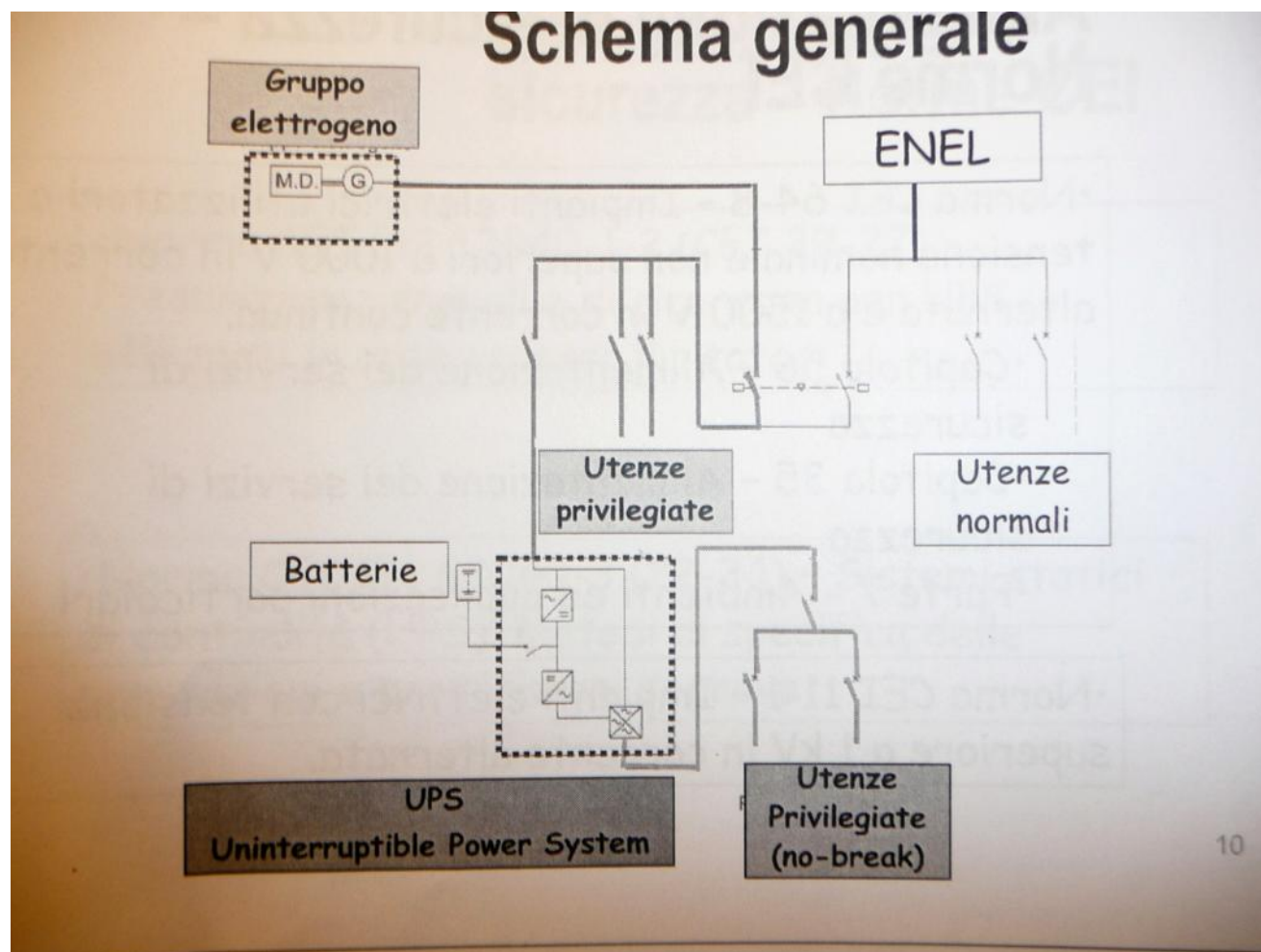


# IMPIANTI FOTOVOLTAICI

## **Ai fini della prevenzione incendi l'impianto FV:**

- Non deve costituire causa primaria di incendio o di esplosione
- Non deve fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi
- Deve essere previsto un dispositivo di sezionamento sotto carico azionabile da comando remoto
- In presenza di atmosfere esplosive la parte di impianto in c.c., compreso l'inverter, deve essere ubicato all'esterno delle zone classificate
- I componenti degli impianti FV non devono essere installati in "luoghi sicuri" né essere di intralcio alle vie di esodo
- Deve essere prevista cartellonistica indicante "attenzione impianto FV in tensione durante le ore diurne"
- L'ubicazione dei moduli FV deve consentire il corretto funzionamento di eventuali EFC (distanza  $\geq 1$  m)

# GLI IMPIANTI SPECIALI





## GLI IMPIANTI SPECIALI

- **ALIMENTAZIONE DI EMERGENZA:** è l'alimentazione progettata per entrare in funzione in caso di mancanza della alimentazione ordinaria
- **ALIMENTAZIONE DI SICUREZZA:** è il sistema elettrico che garantisce l'alimentazione di apparecchi utilizzatori o di parti dell'impianto deputati alla sicurezza delle persone
- **ALIMENTAZIONE DI RISERVA:** è il sistema elettrico che garantisce l'alimentazione di apparecchi utilizzatori o di parti dell'impianto per motivi diversi dalla sicurezza delle persone



# GLI IMPIANTI SPECIALI

**L' ALIMENTAZIONE DI SICUREZZA: ai fini antincendio riguarda di norma i seguenti servizi:**

- Illuminazione di sicurezza
- Sistemi di rilevazione e allarme incendi
- Impianti di estinzione degli incendi
- Impianti di evacuazione fumo e calore
- Ascensori antincendio
- Impianti di rilevazione atmosfere esplosive
- Impianti di pressurizzazione luoghi protetti
- Sistemi di controllo atmosfere esplosive (ATEX)



# GLI IMPIANTI SPECIALI

**L' ALIMENTAZIONE DI SICUREZZA** deve essere garantita

- Con adeguate *sorgenti*
- Con coerente installazione di componenti idonei
- Deve essere disponibile entro un tempo *certo* (classe)
- Deve essere disponibile per un tempo *certo* (autonomia)
- Deve essere realizzata con circuiti *destinati*:
  - ✓ Indipendenti
  - ✓ Resistenti al fuoco
  - ✓ LSOH (Low Smoke Zero Halogen)
  - ✓ Etc.



## GLI IMPIANTI SPECIALI

**Le classi della ALIMENTAZIONE DI SICUREZZA sono:**

- **Classe 0:** alimentazione automatica disponibile senza interruzioni
- **Classe 0,15:** alimentazione automatica disponibile in meno di 0,15 secondi
- **Classe 0,5:** alimentazione automatica disponibile in più di 0,15 secondi, ma non superiore a 0,5 secondi
- **Classe 15:** alimentazione automatica disponibile in più di 0,5 secondi, ma non superiore a 15 secondi
- **Classe > 15:** alimentazione automatica disponibile in un tempo superiore a 15 secondi



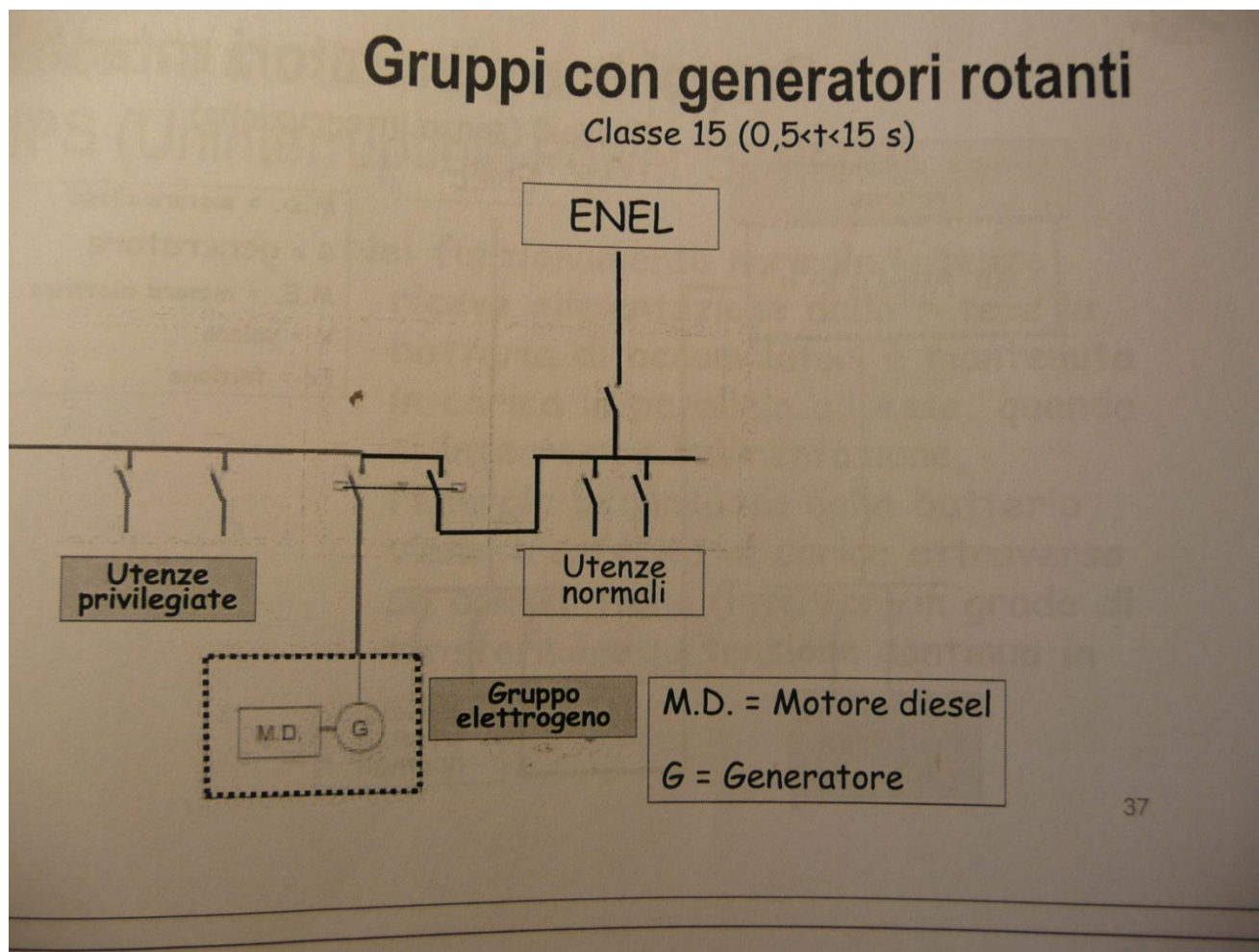
## GLI IMPIANTI SPECIALI

**Le principali sorgenti di energia per l'alimentazione di sicurezza sono:**

- **GRUPPI CON GENERATORI ROTANTI:** sono costituiti da un generatore con motore diesel che fornisce energia elettrica al venir meno dell'alimentazione ordinaria
- **UPS (Uninterruptible Power System):** insieme di convertitori, interruttori e dispositivi per l'accumulo di energia (batterie) che costituiscono un sistema di alimentazione alternativo in grado di mantenere la continuità del servizio



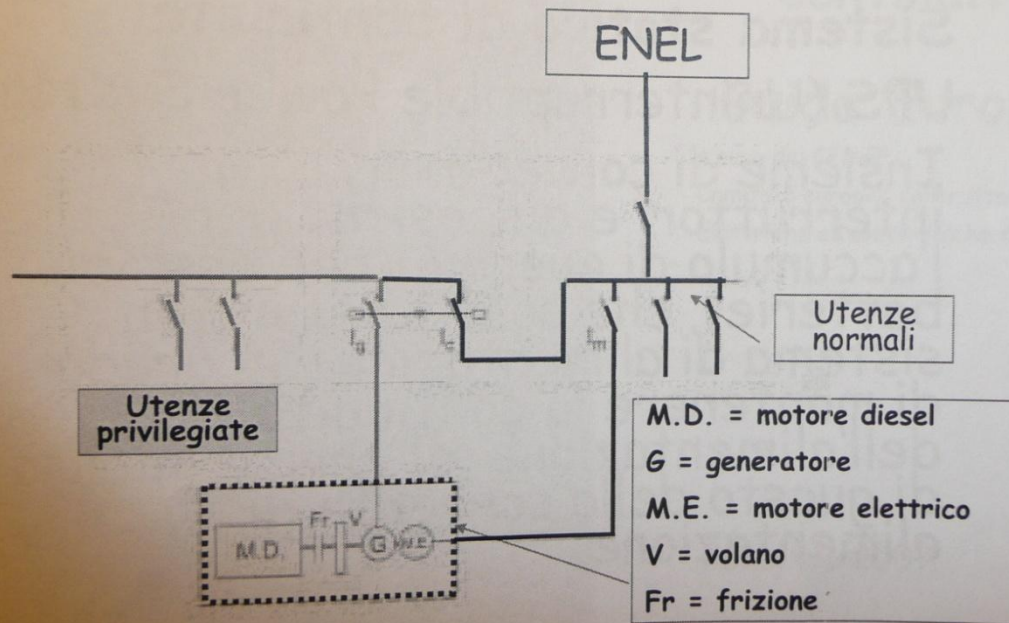
# GLI IMPIANTI SPECIALI



# GLI IMPIANTI SPECIALI

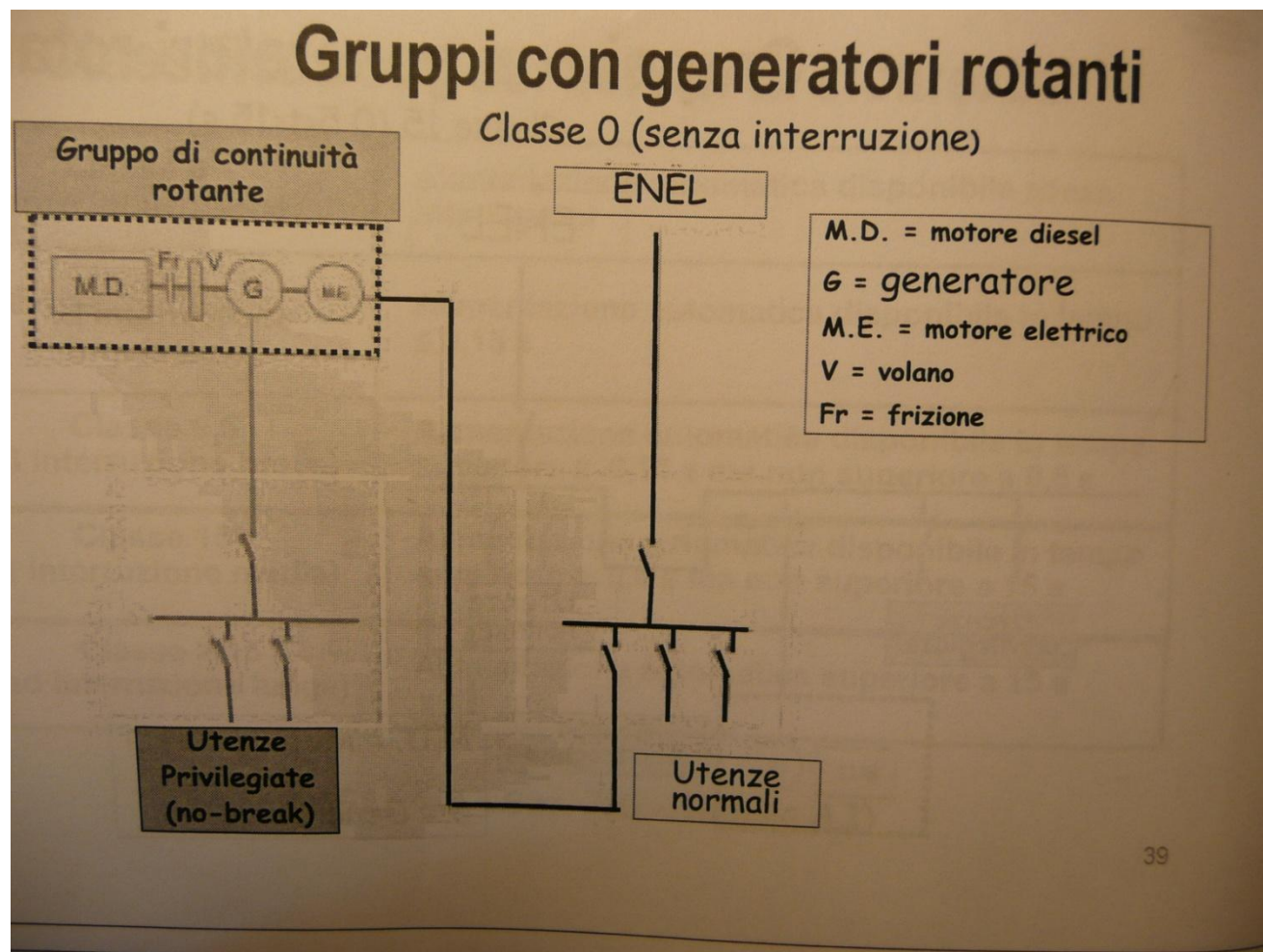
## Gruppi con generatori rotanti

Classe 0,5 ( $0,15 < t < 0,5 \text{ s}$ )



38

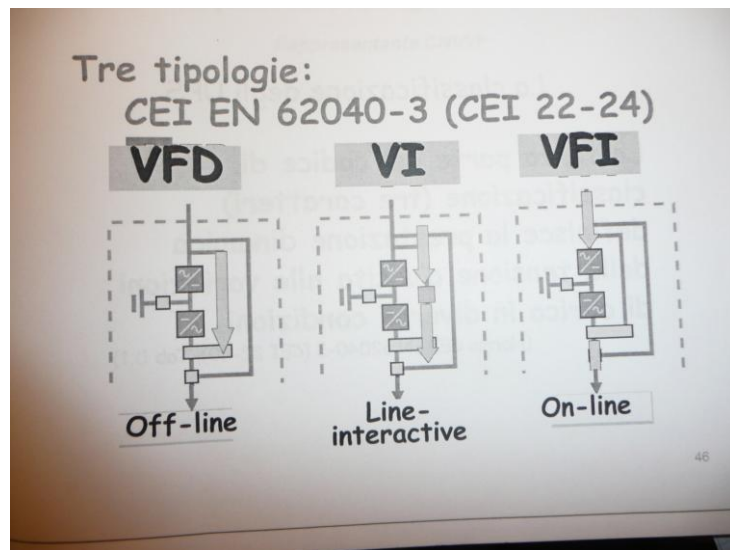
# GLI IMPIANTI SPECIALI



# GLI IMPIANTI SPECIALI

## LE TIPOLOGIE DI UPS:

- VFD (Voltage and Frequency Dependent)
- VI (Voltage Independent)
- VFI (Voltage and Frequency Independent)







## GLI APPARECCHI DI COMANDO E DI SEGNALAZIONE

**Il loro compito è quello di tradurre un comando umano in una operazione di una macchina o di un dispositivo tecnologico e di comunicare all'operatore o più in generale alle persone situazioni particolari della macchina o del dispositivo.**

**Alcuni esempi di tali apparecchi sono:**

- **Pulsantiere**
- **Fine corsa di posizione**
- **Pulsanti di sicurezza**
- **Fotocellule (interruttori di prossimità)**

# GLI APPARECCHI DI COMANDO E DI SEGNALAZIONE

