



«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



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

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 – bassissima tensione di sicurezza)
- **PELV** (Protective Extra Low Voltage – bassissima tensione di protezione)
- **FELV** (Functional Extra Low Voltage – bassissima tensione funzionale)



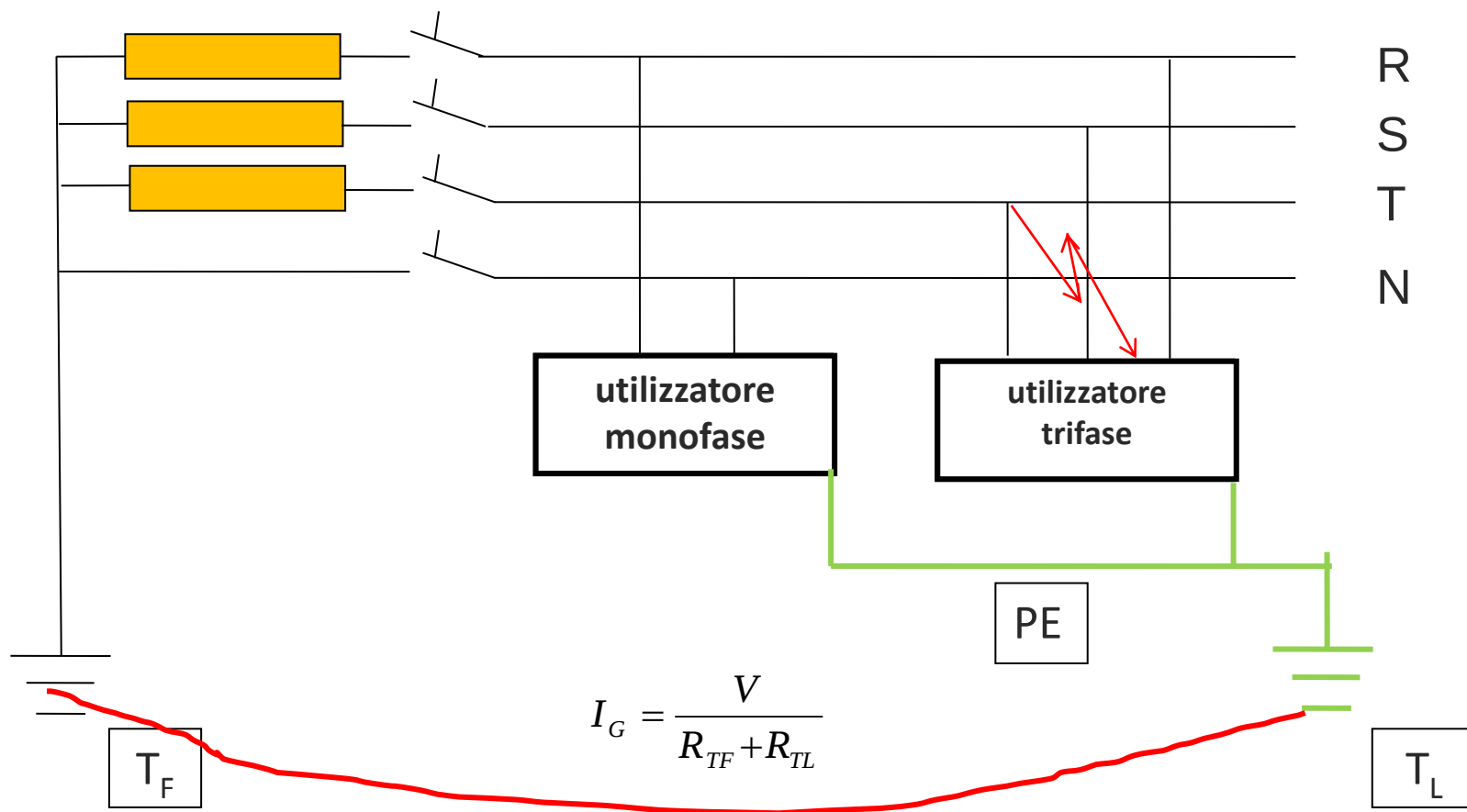
GENERALITA' SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

I SISTEMI DI CATEGORIA I (bassa tensione 50 – 1000 V), IN RELAZIONE ALLA MESSA A TERRA SI SUDDIVIDONO IN:

- ✓ 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}



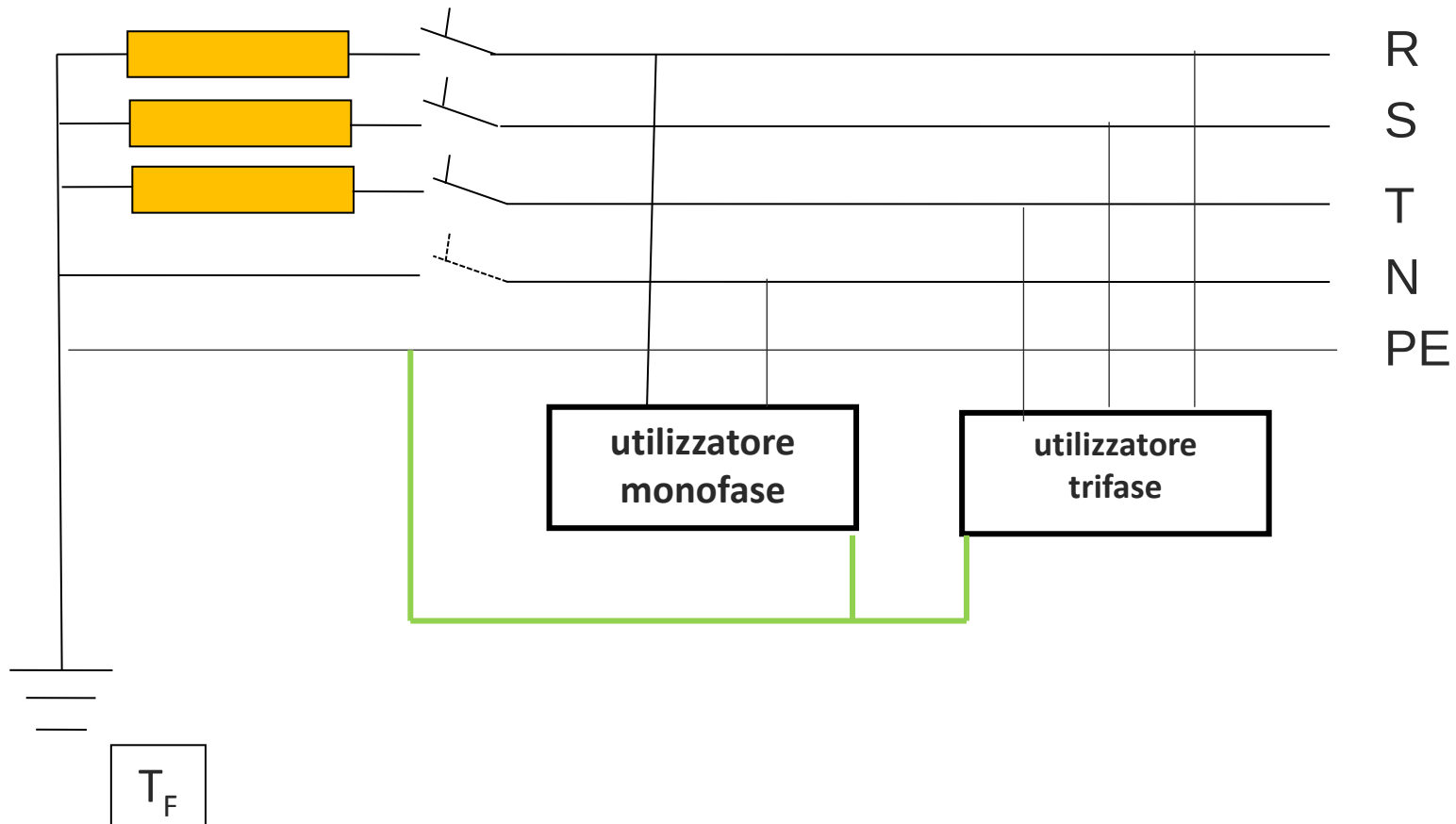
SISTEMA TN

(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





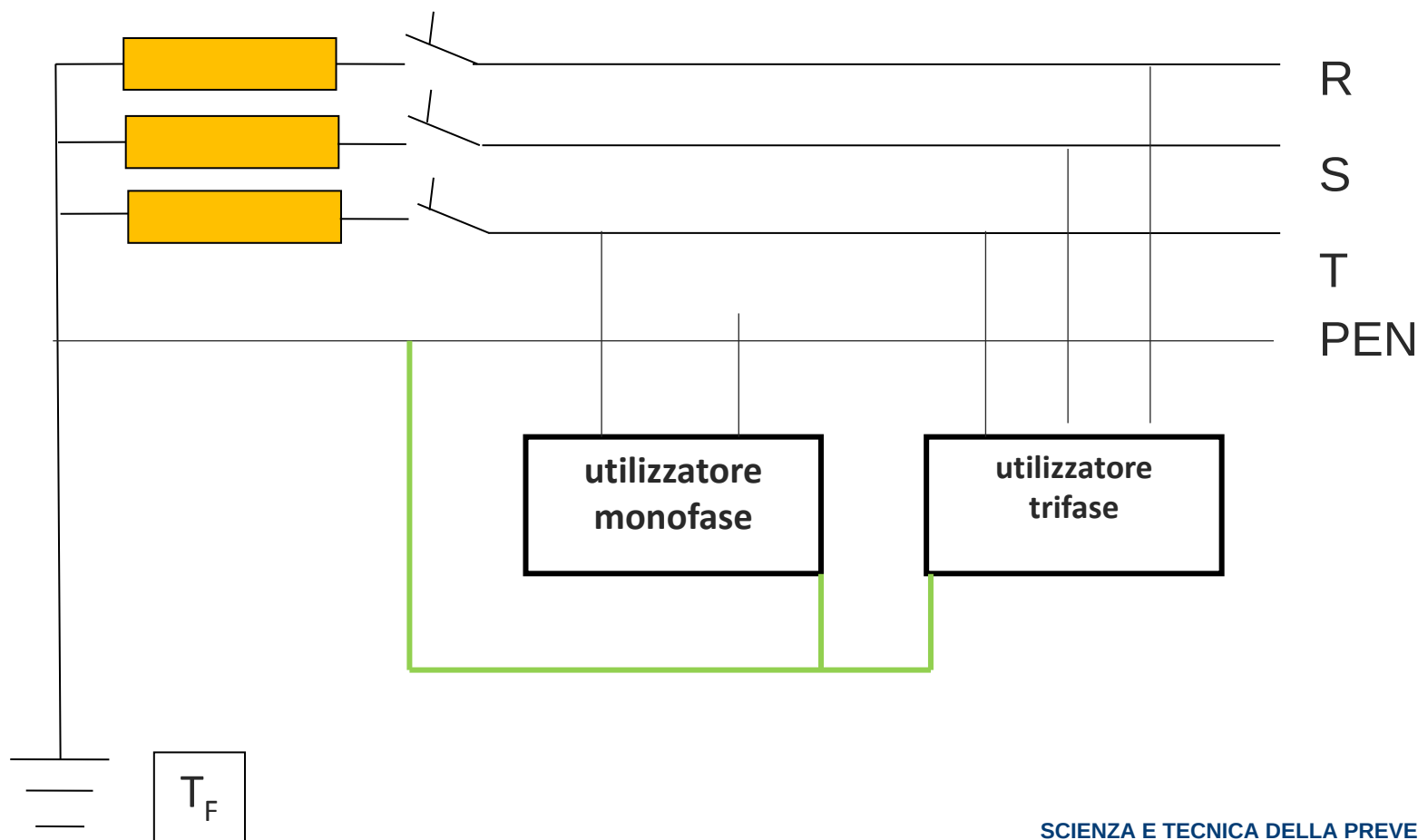
SISTEMA TN - C

(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

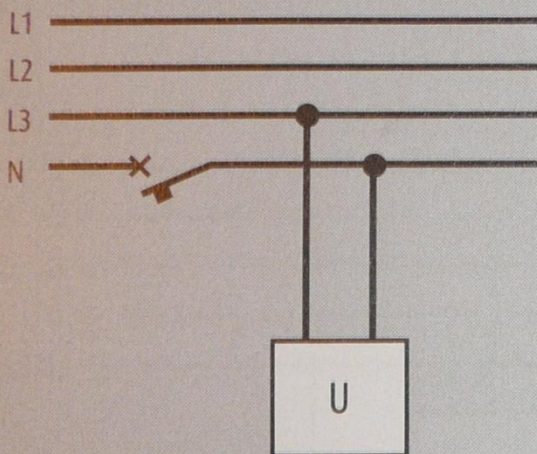


SISTEMA TN-C

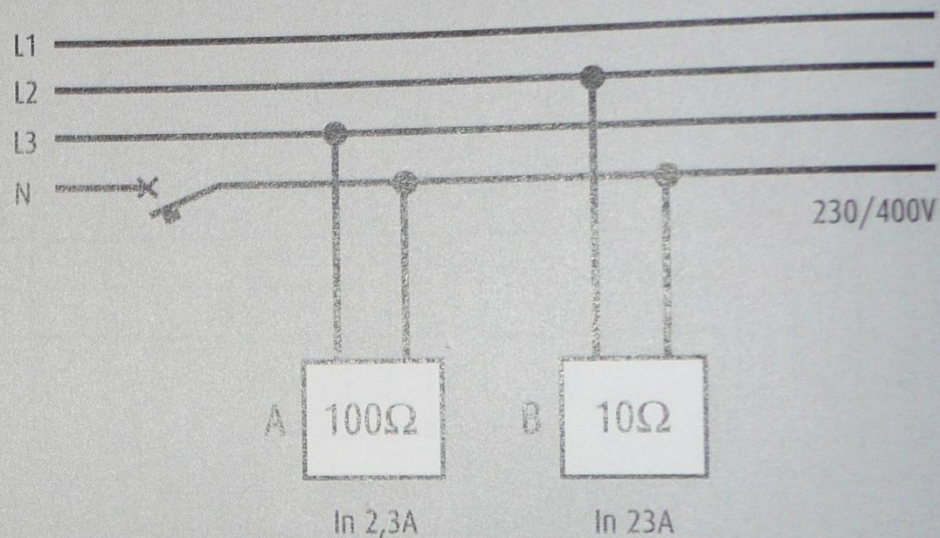


L'INTERRUZIONE DEL NEUTRO

Vietato interrompere solo il neutro



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

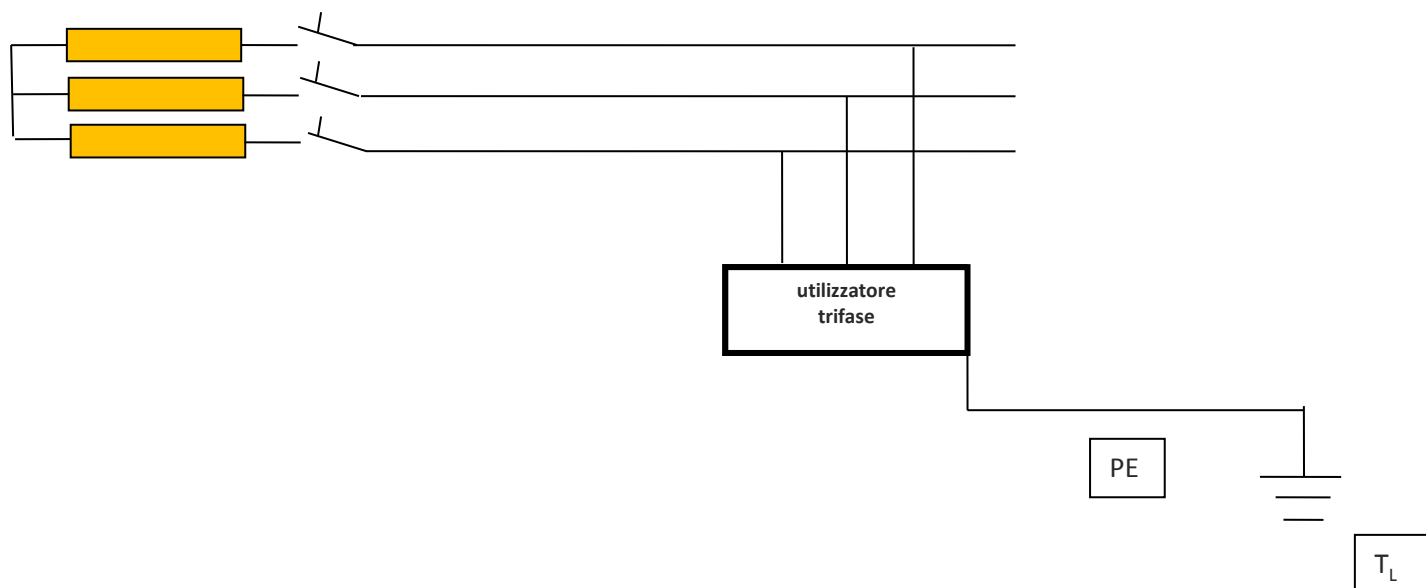


Gli utilizzatori A e B risultano collegati in serie tra L2 L3 alla tensione di 400V con un assorbimento di 3,45A; l'utilizzatore A è sovraccaricato

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

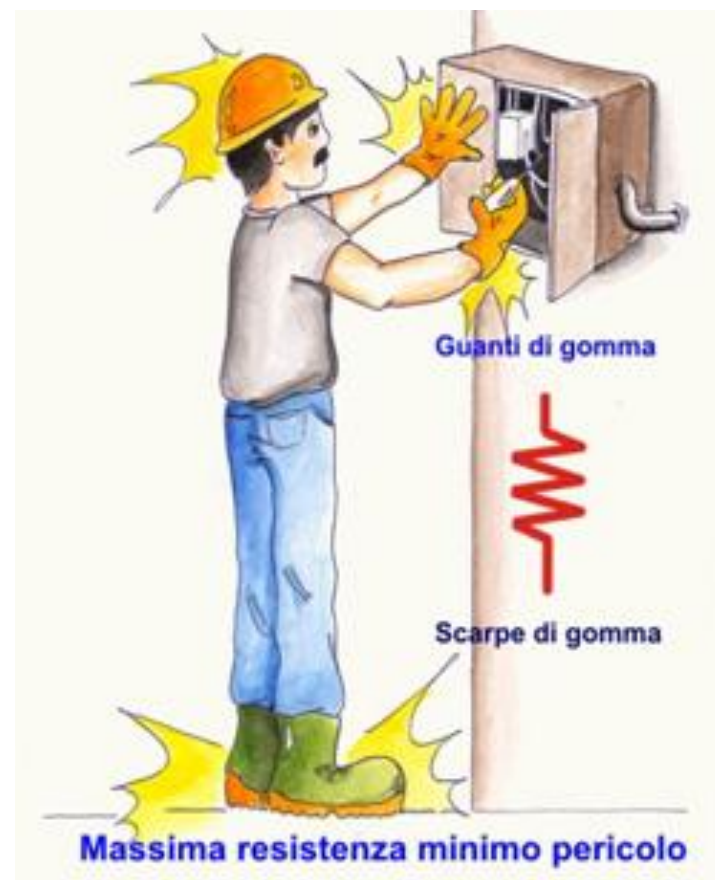
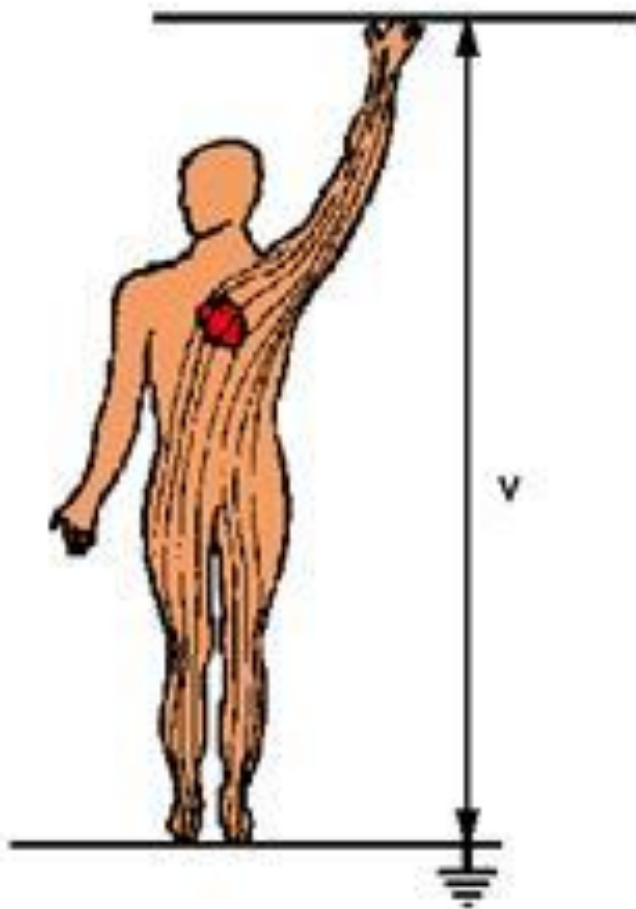
Si intende per elettrocuzione il passaggio di corrente elettrica attraverso il corpo umano.

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

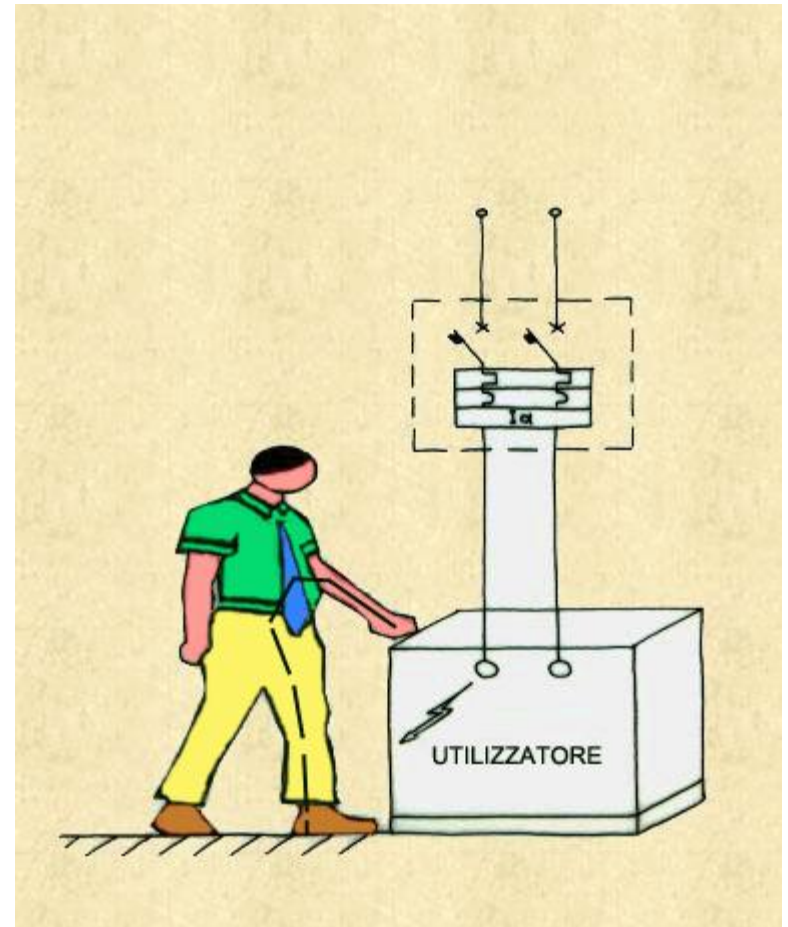
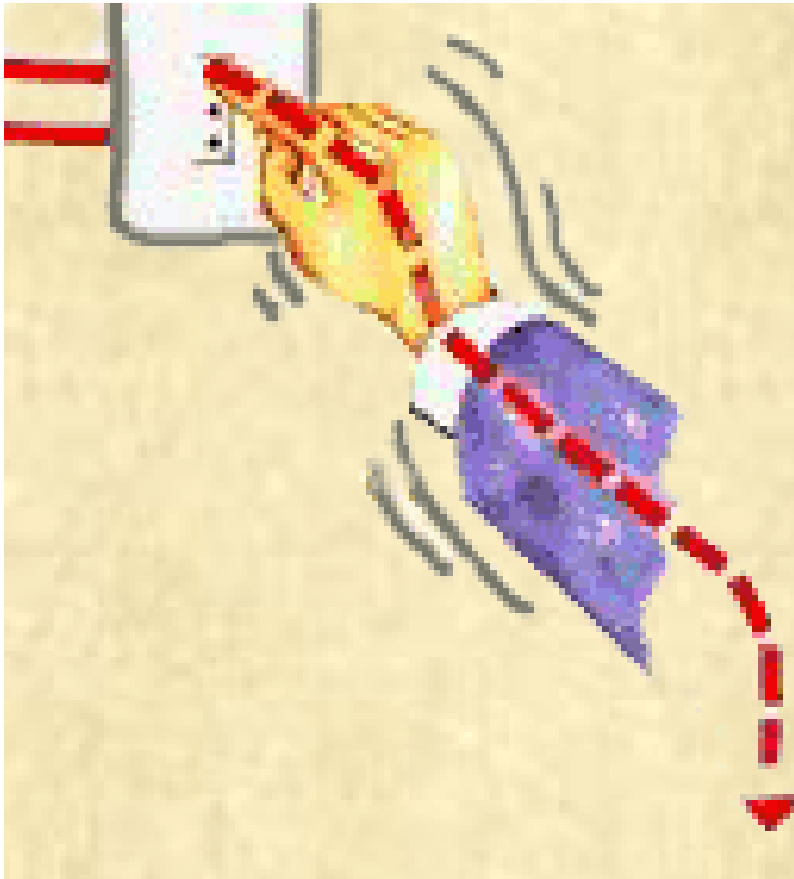
Il contatto del corpo umano e/o di una sua parte con una sezione attiva di un impianto elettrico può essere:

- **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

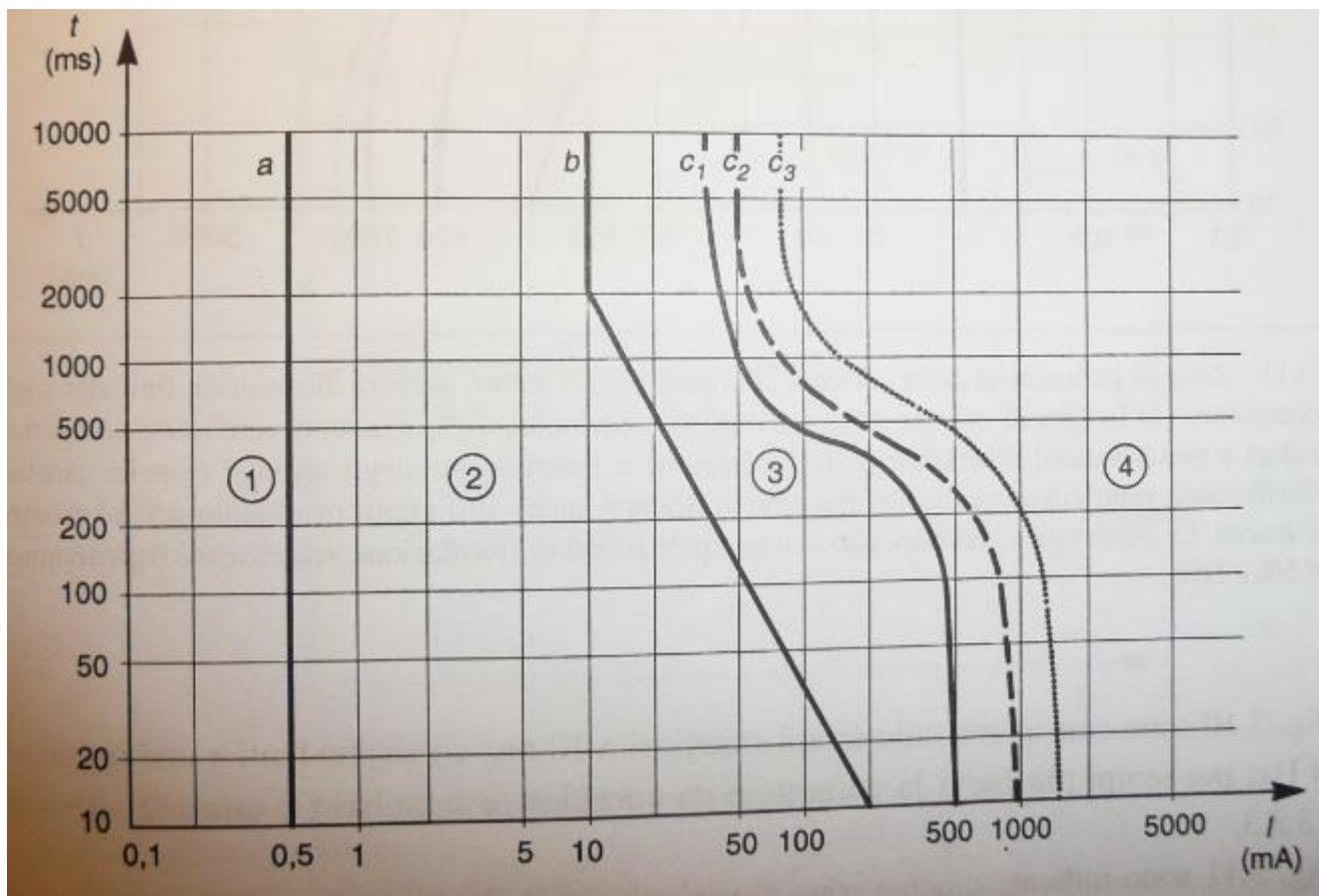
CONSEGUENZE DI UNA ELETTROCUZIONE

- 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.

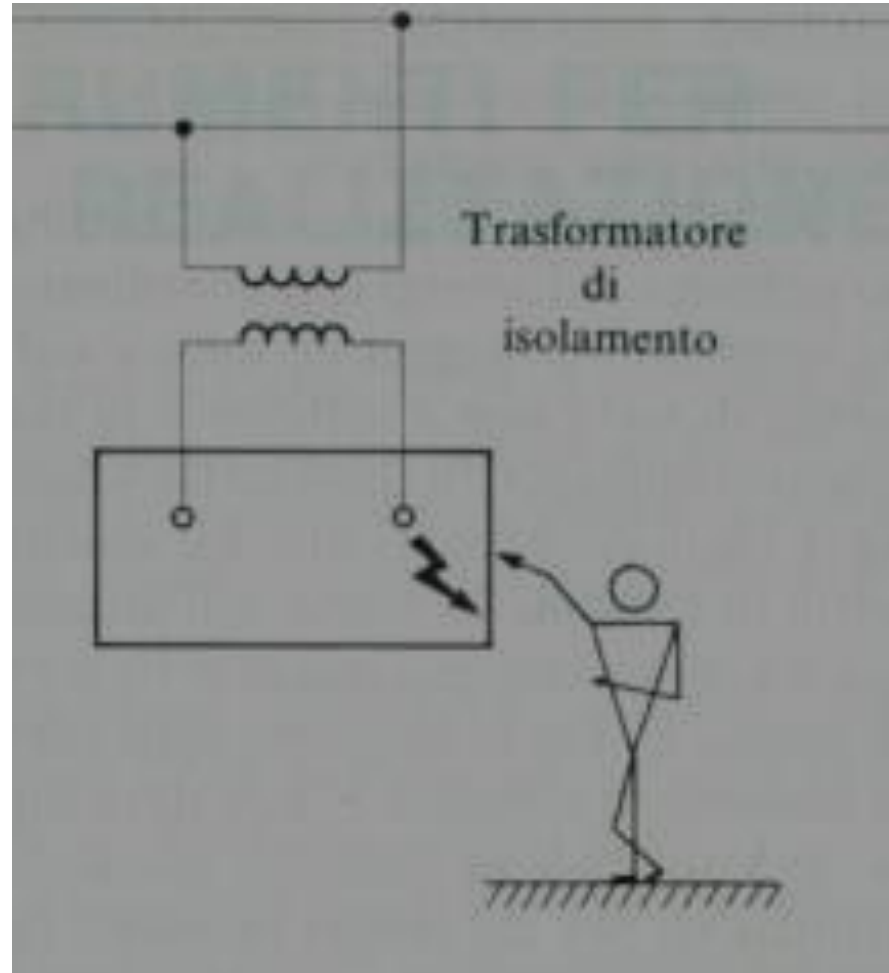


L'ELETTROCUZIONE

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'ELETTRUCUZIONE

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_a = corrente che determina l'intervento del dispositivo entro il tempo indicato in tabella

U₀ = tensione di fase

Z_s = impedenza dell'anello di guasto

U0 (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 tabella 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



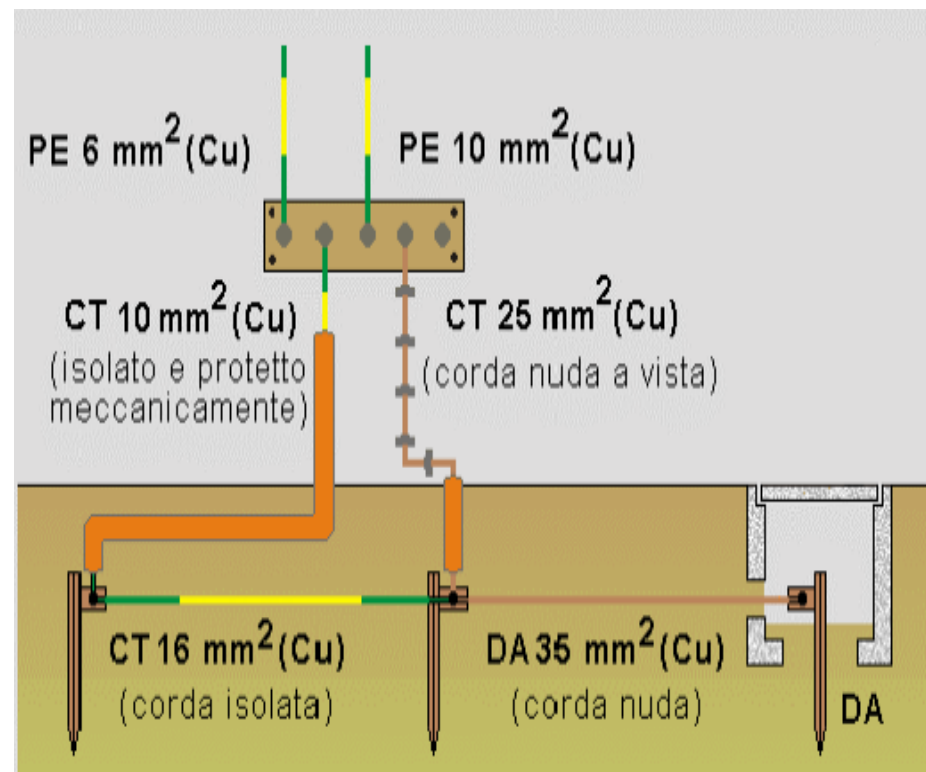
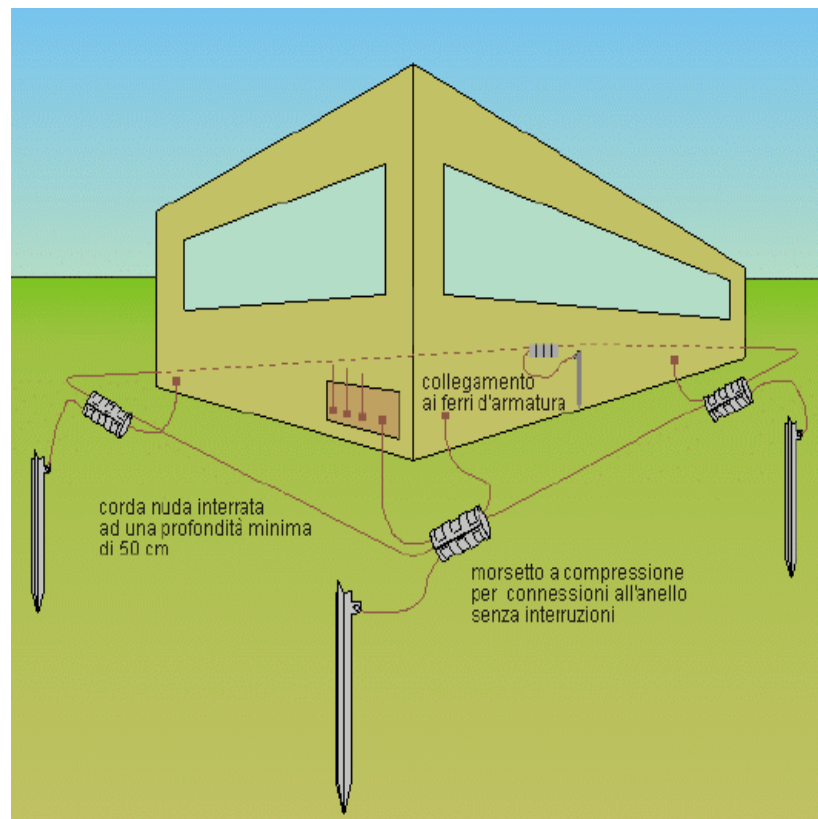
IMPIANTI DI TERRA

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).

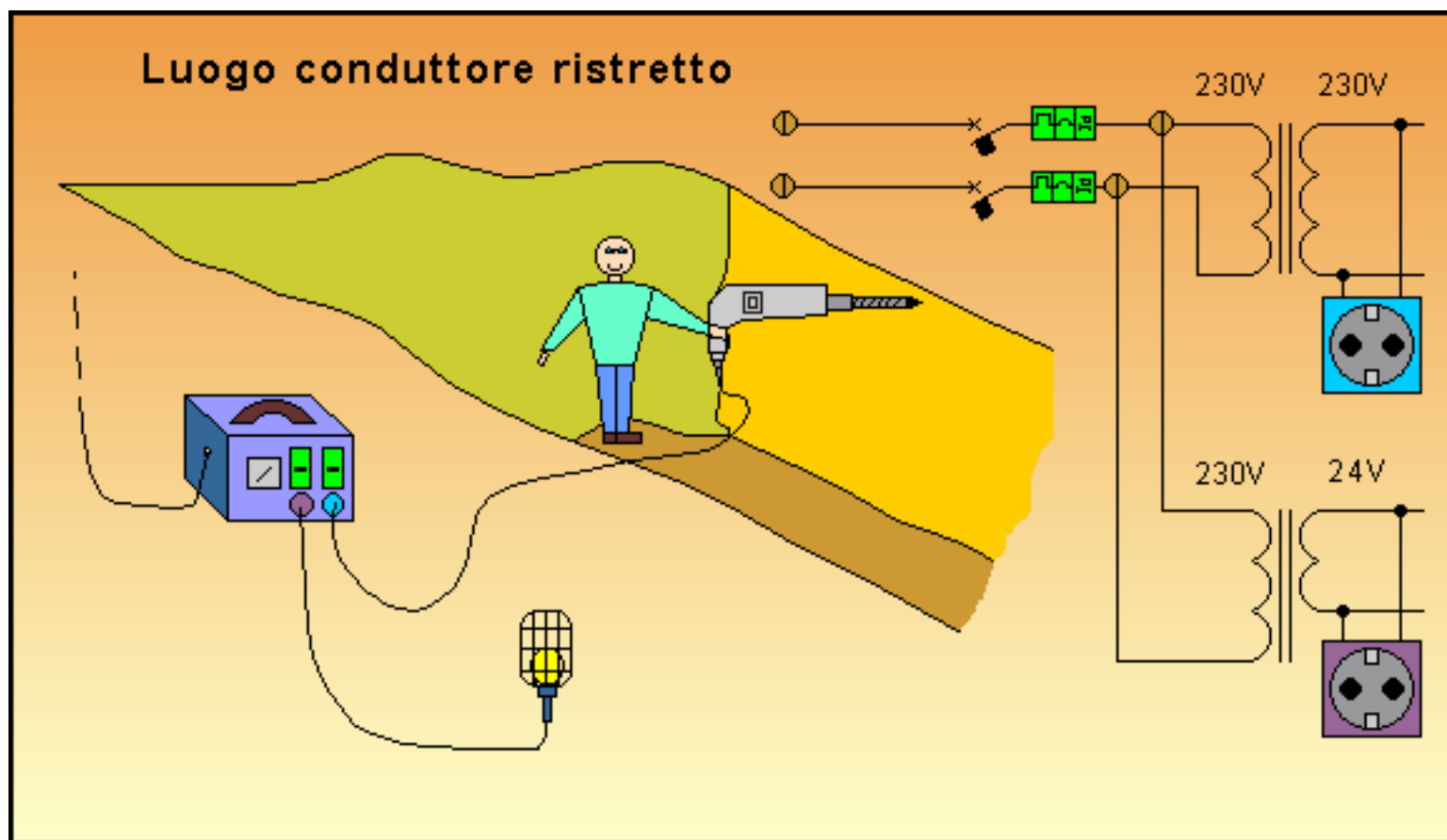


L'ELETTROCUZIONE

LUOGHI CONDUTTORI – RISTRETTI

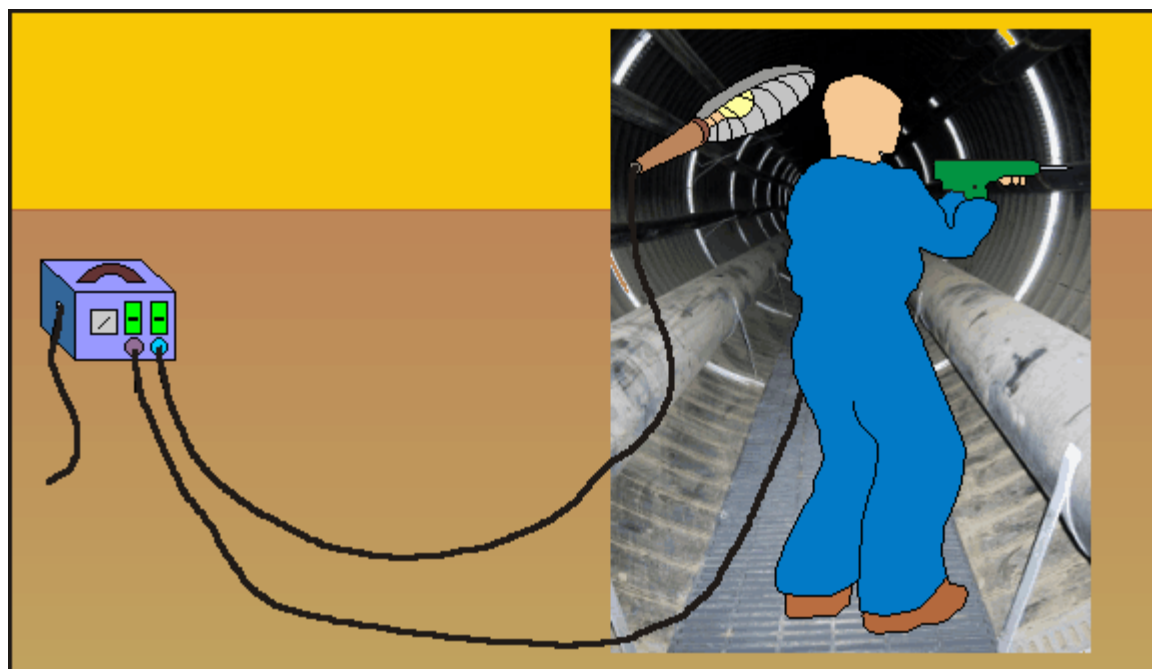
- **Gli utensili portatili, gli apparecchi di misura trasportabili o mobili impiegati in questi luoghi possono essere alimentati a bassissima tensione di sicurezza (SELV) ad una tensione non superiore a 50 V (le lampade portatili possono essere alimentate solo a bassissima tensione di sicurezza normalmente 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

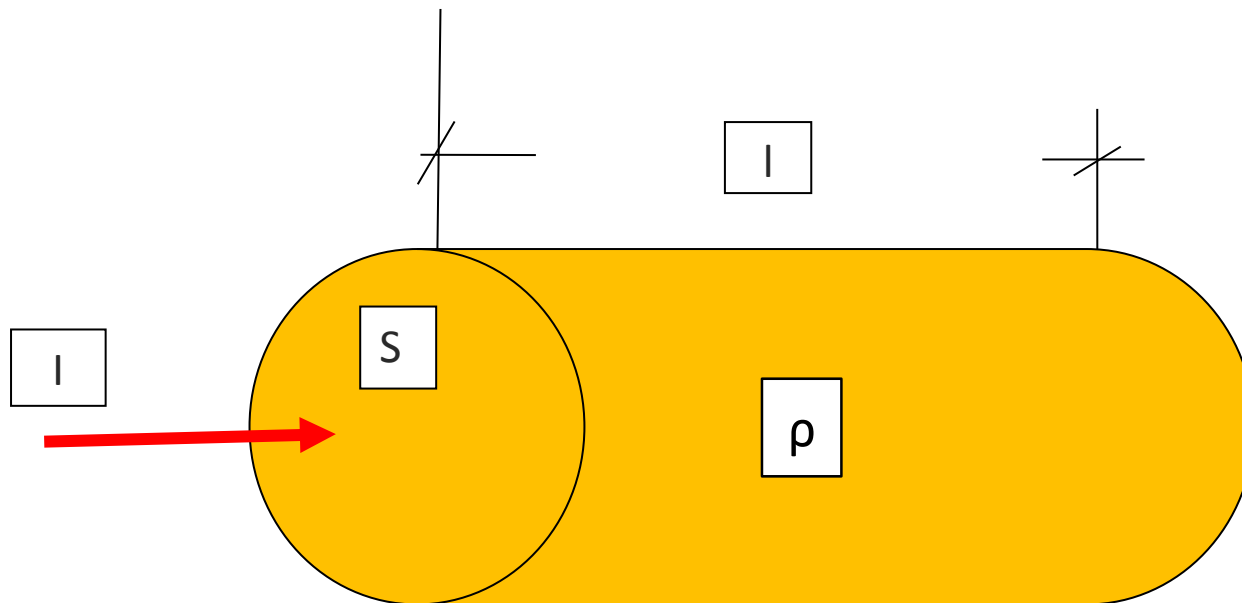


L'ELETTROCUZIONE

LUOGO CONDUTTORE – RISTRETTO



LE SOVRACCORRENTI

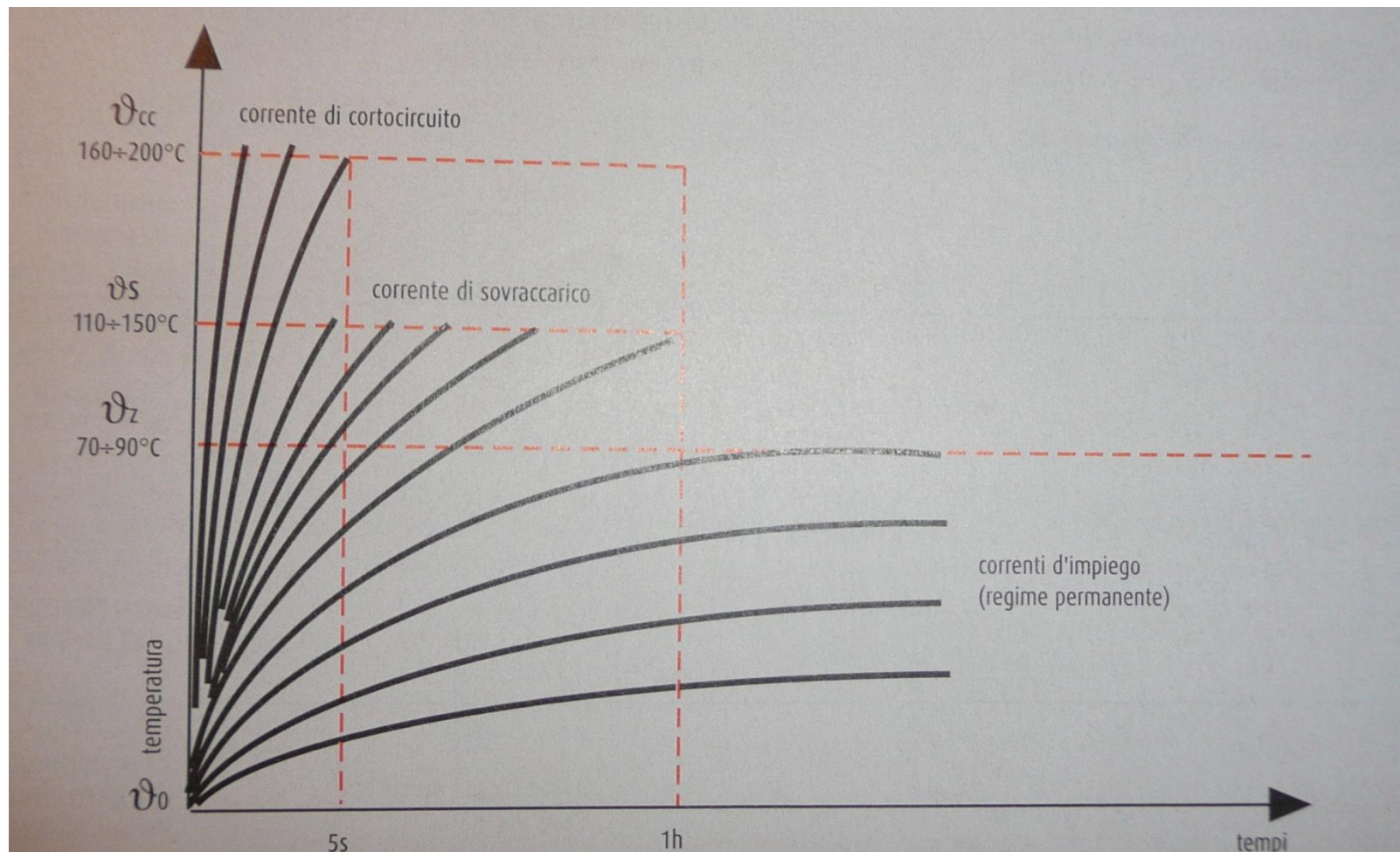




LE SOVRACORRENTI

- 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 elevate 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_{cc} minima)

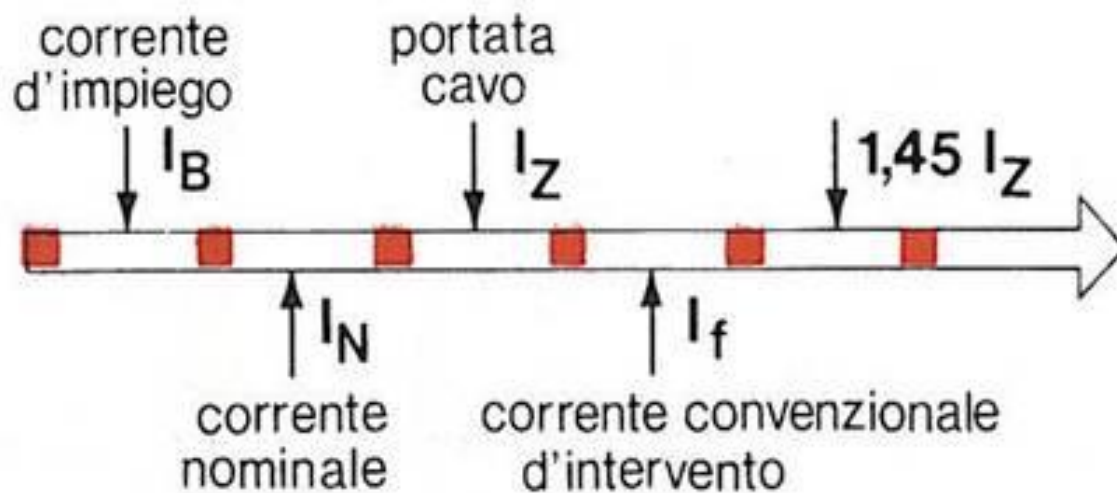
LA PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z$$

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)



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

ϑ_0 = temperatura iniziale del conduttore

ϑ = temperatura del conduttore dopo il cortocircuito



IL CORTO CIRCUITO

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 ϑ_f è la massima temperatura di cortocircuito.

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

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



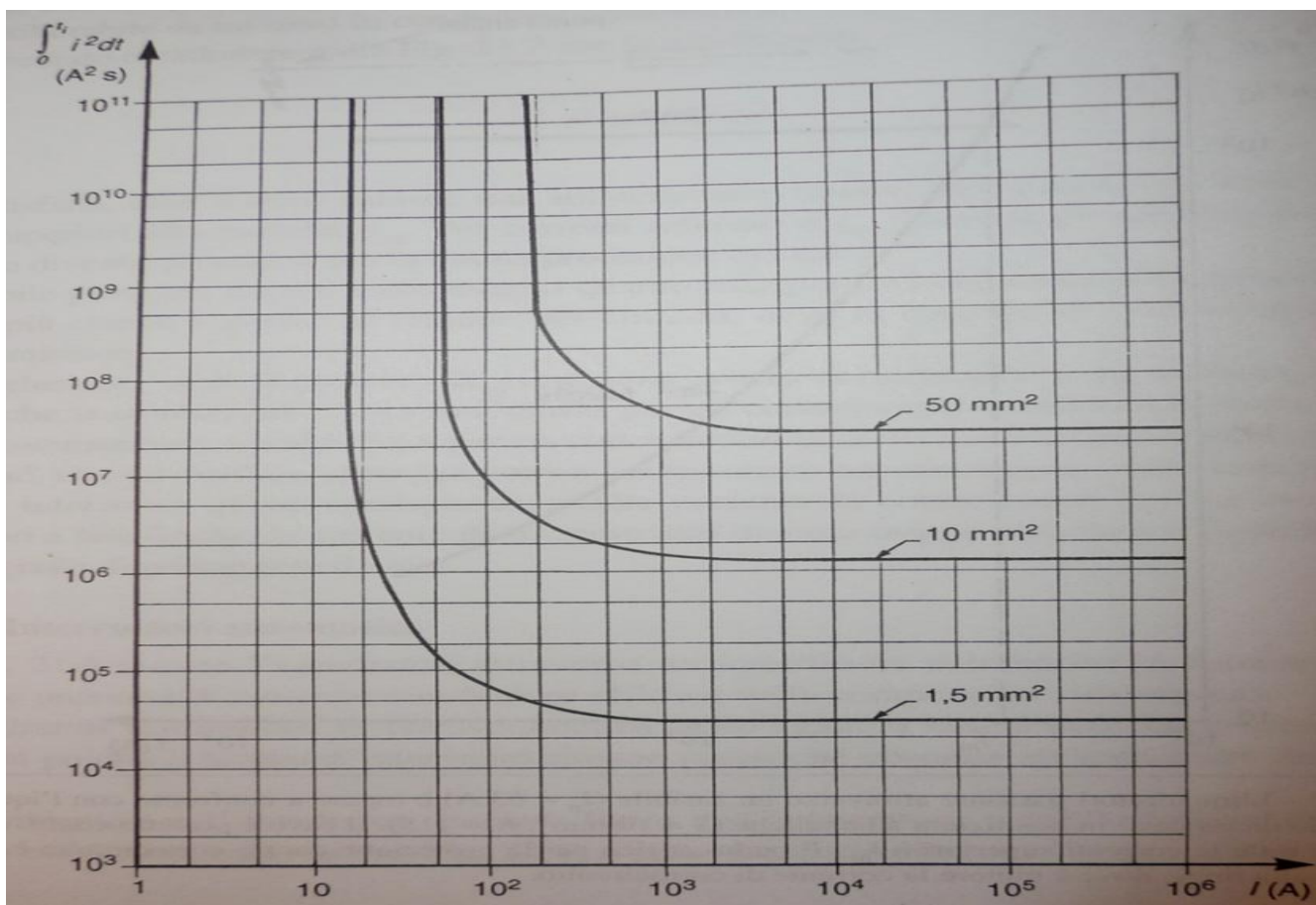
LA PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO

$$I_B \leq I_N$$

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

- il dispositivo di protezione deve avere una corrente nominale I_N uguale o maggiore della corrente di impiego I_B ;
- 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

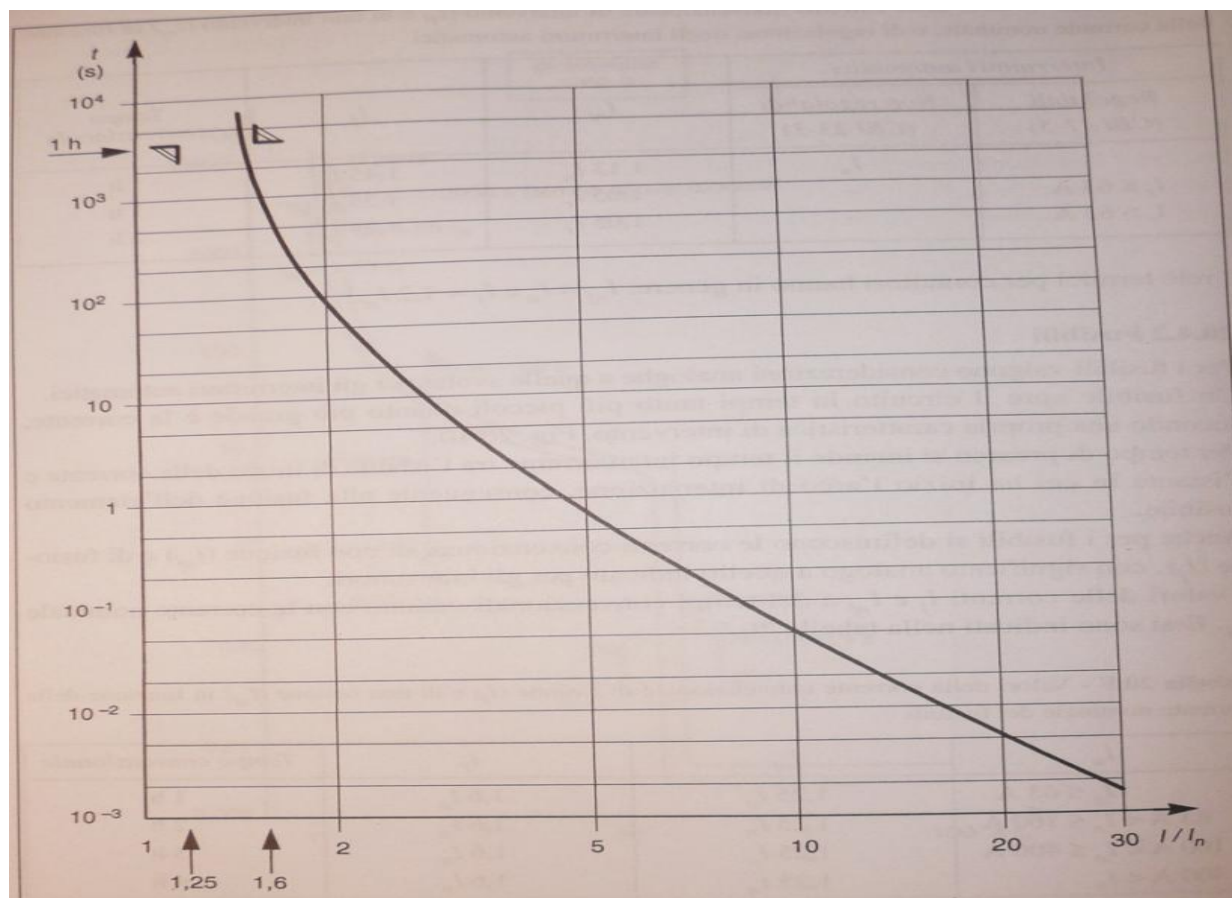
- Un fusibile apre il circuito in tempi tanto più piccoli quanto più grande è la corrente, secondo una propria caratteristica di intervento
- Anche per i fusibili si definiscono le correnti convenzionali I_n di non funzionamento (o di non fusione) e I_f di funzionamento (o di fusione)

I_n	I_{nf}	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

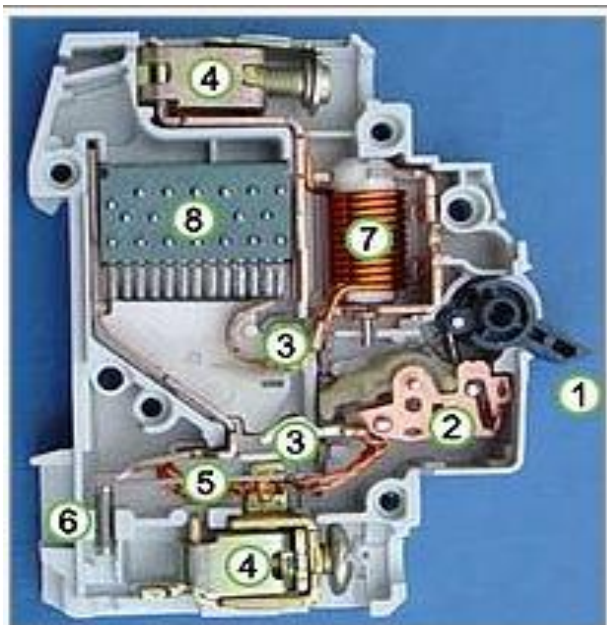
I FUSIBILI

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.



PROTEZIONE INTERRUTTORE AUTOMATICO

- L'interruttore automatico, sottoposto ad una corrente elevata, apre automaticamente il circuito per l'intervento dei suoi sganciatori , secondo una curva caratteristica di intervento tempo/corrente.
- Per sovracorrenti di debole intensità è lo sganciatore termico a provocare l'intervento, secondo tempi tanto più brevi quanto più grande è la corrente (caratteristica a tempo inverso).
- Per correnti di elevato valore è lo sganciatore magnetico che provoca l'apertura istantanea del circuito.
- Le Norme non stabiliscono la forma che deve avere la caratteristica d'intervento, ma solo alcune *porte* entro cui la curva tempo/corrente deve essere contenuta.
- In relazione alla posizione delle porte si hanno curve di tipo B,C,D.

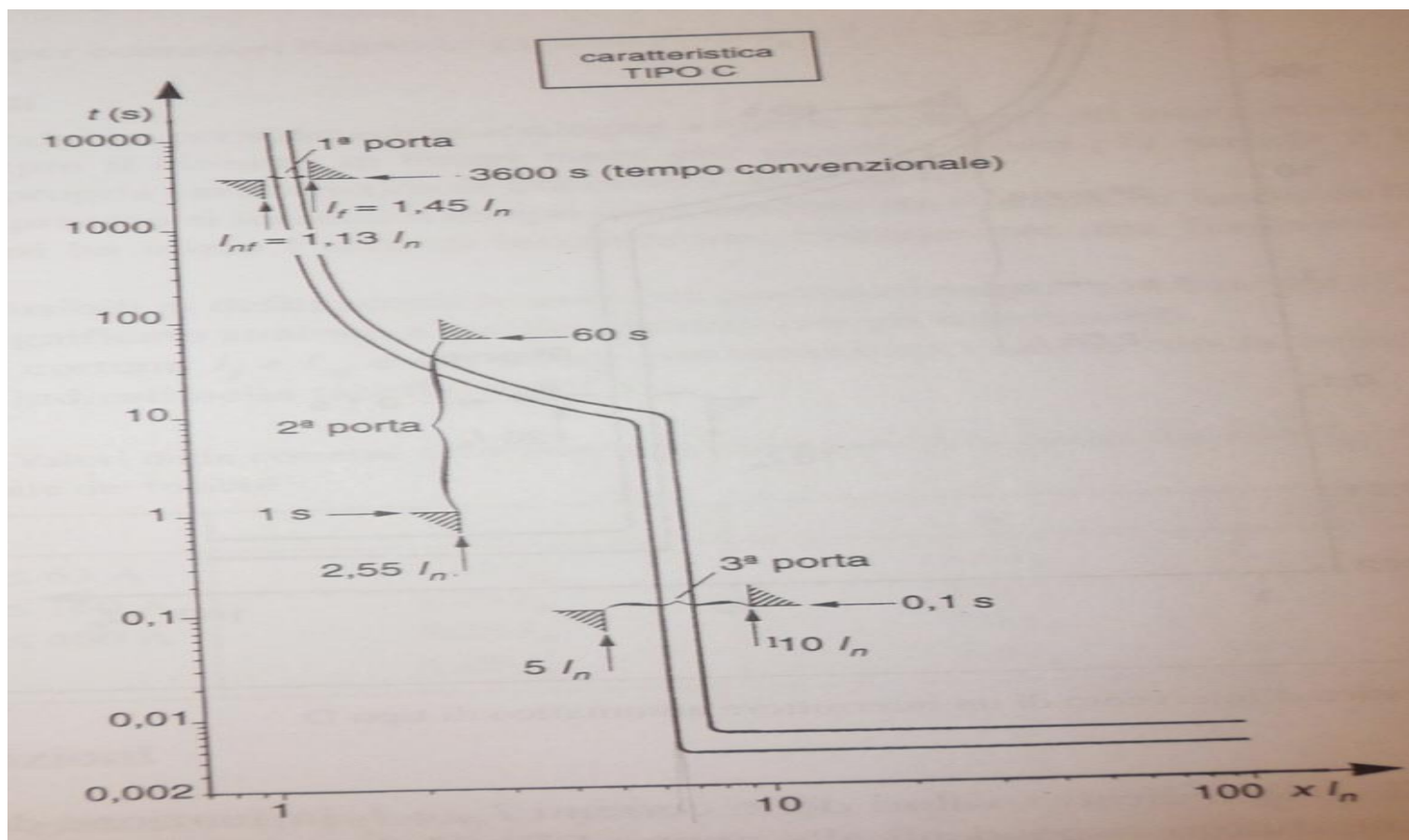


LE CURVE CARATTERISTICHE DEGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI

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.

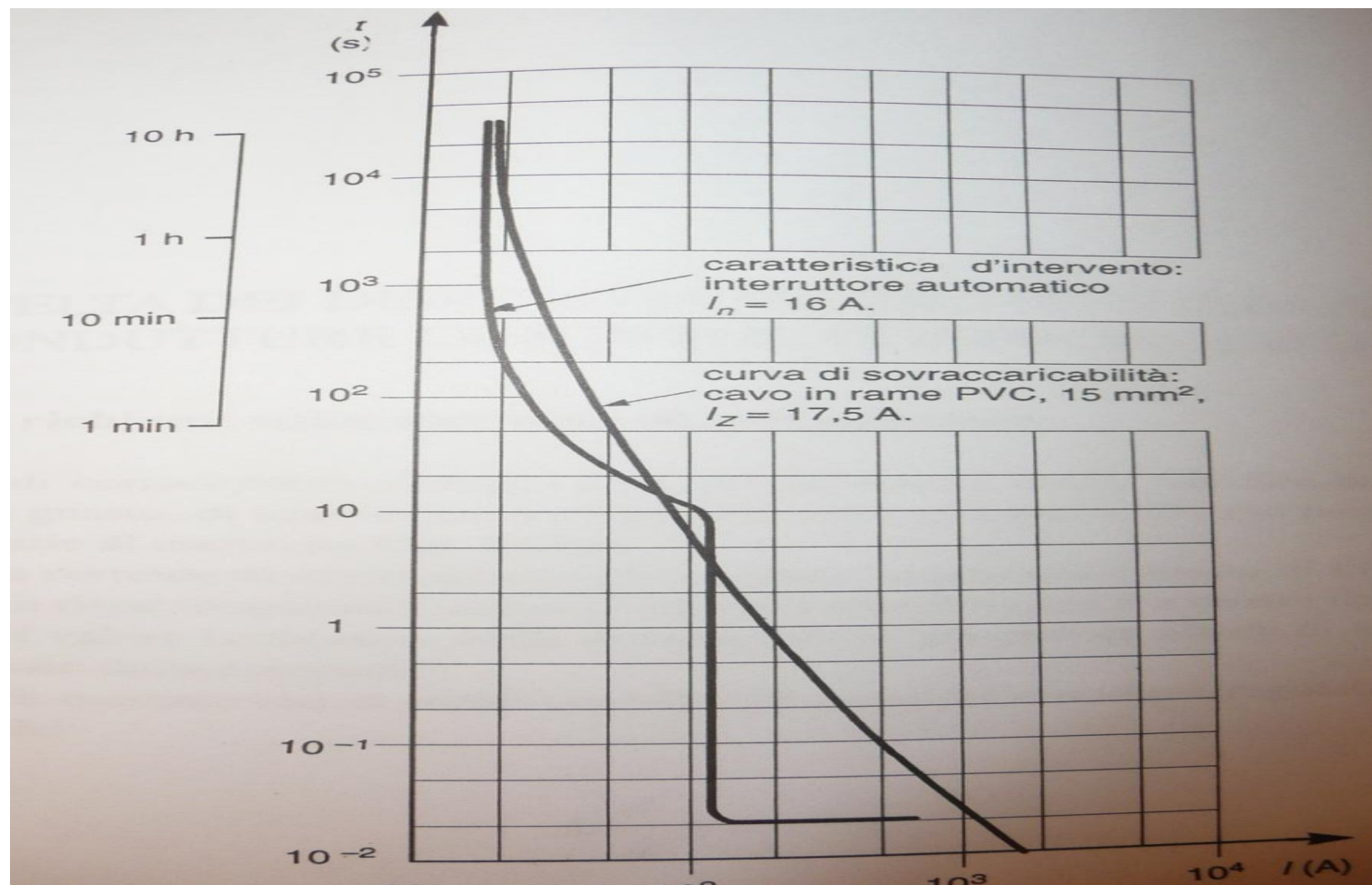
La curva C è in grado di tollerare sovracorrenti fino a cinque-dieci volte la corrente di intervento per brevi periodi ed è largamente usata negli impianti domestici. La curva D consente ampi superamenti della soglia per tempi brevi (10-20 volte), ed è utile per evitare interventi indesiderati nel caso 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

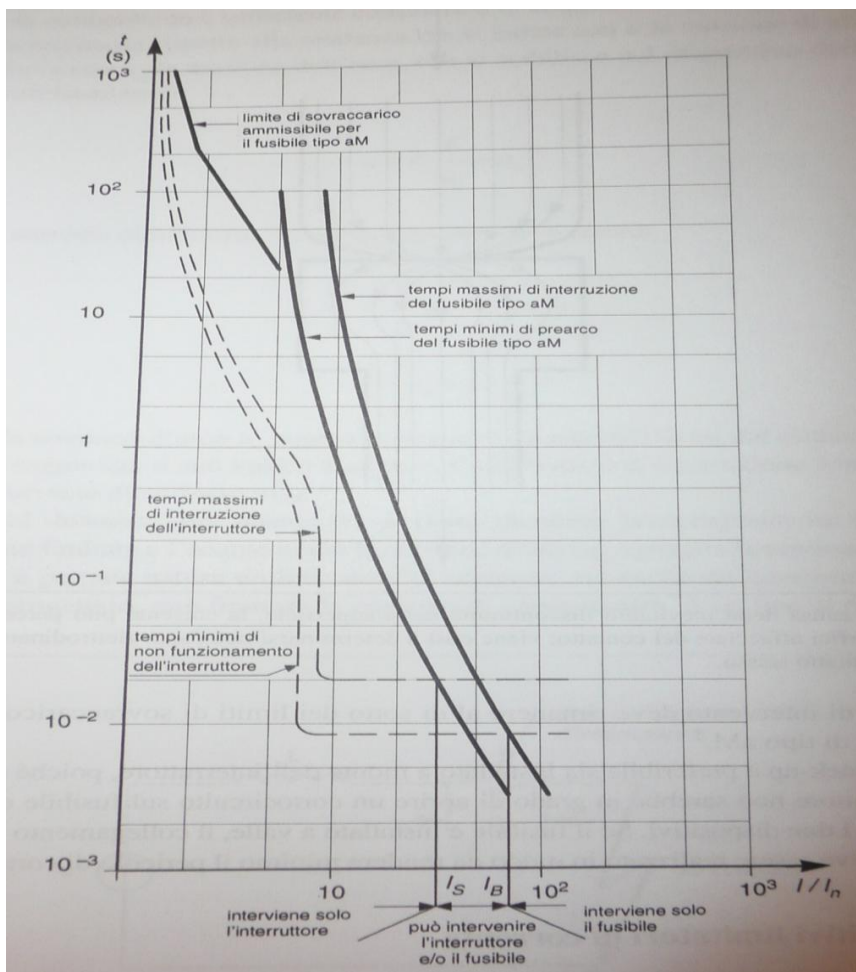
PROTEZIONE INCOMPATIBILE



bibliografia: CARRESCIA – Fondamenti di sicurezza elettrica

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

COORDINAMENTO INTERRUTTORE - FUSIBILE

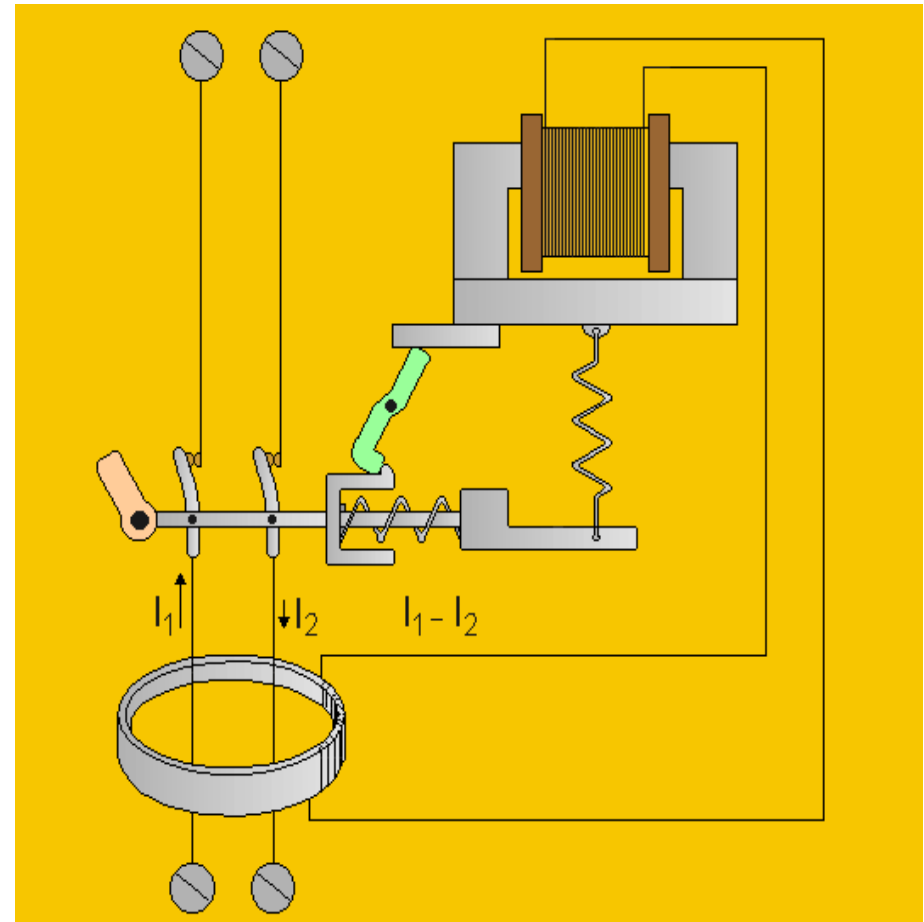
PROTEZIONE DI
SOSTEGNO O
DI BACK-UP

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

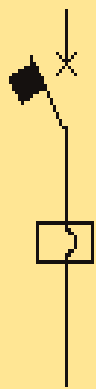
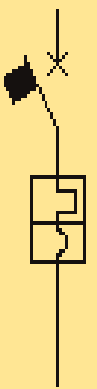
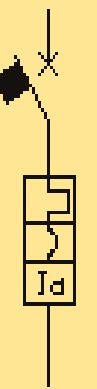
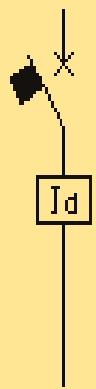
- I_s = corrente limite di selettività
- I_b = corrente di scambio

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
				



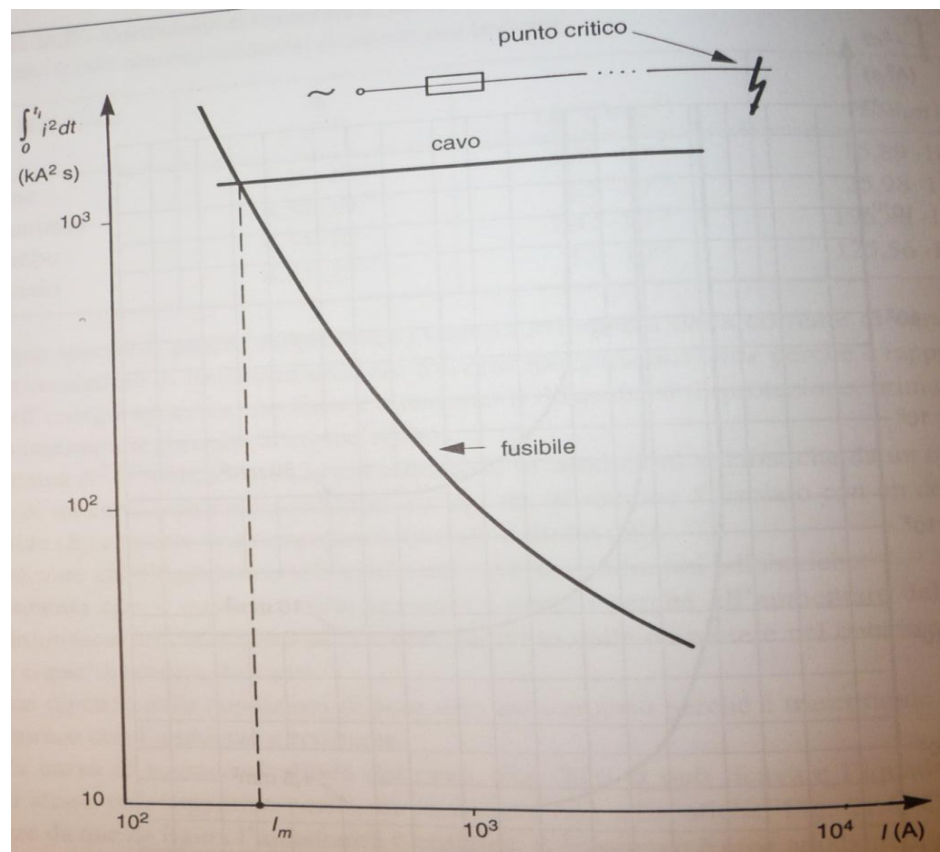
POTERE DI INTERRUZIONE

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.

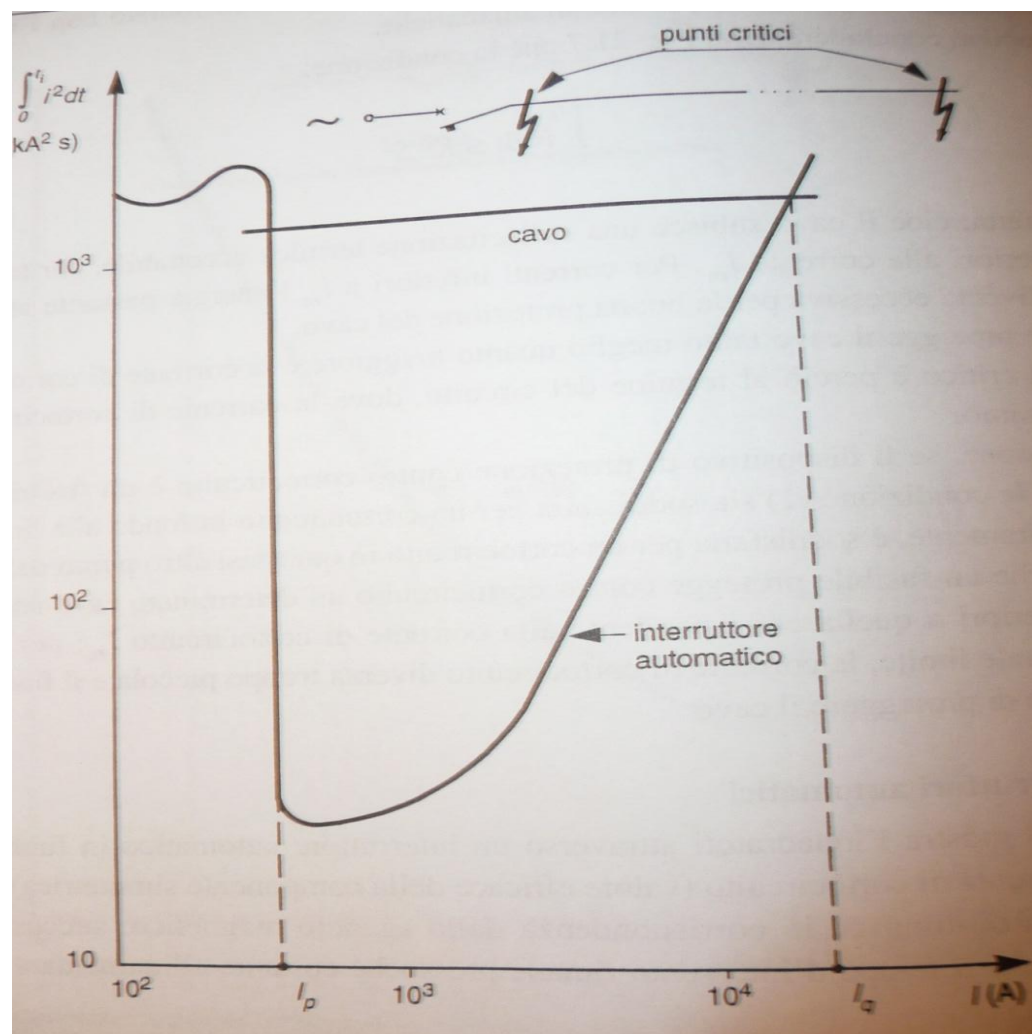
Il punto più critico è perciò al termine del circuito dove la corrente di cc ha il valore minimo. Pertanto la verifica va fatta in questo punto

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.

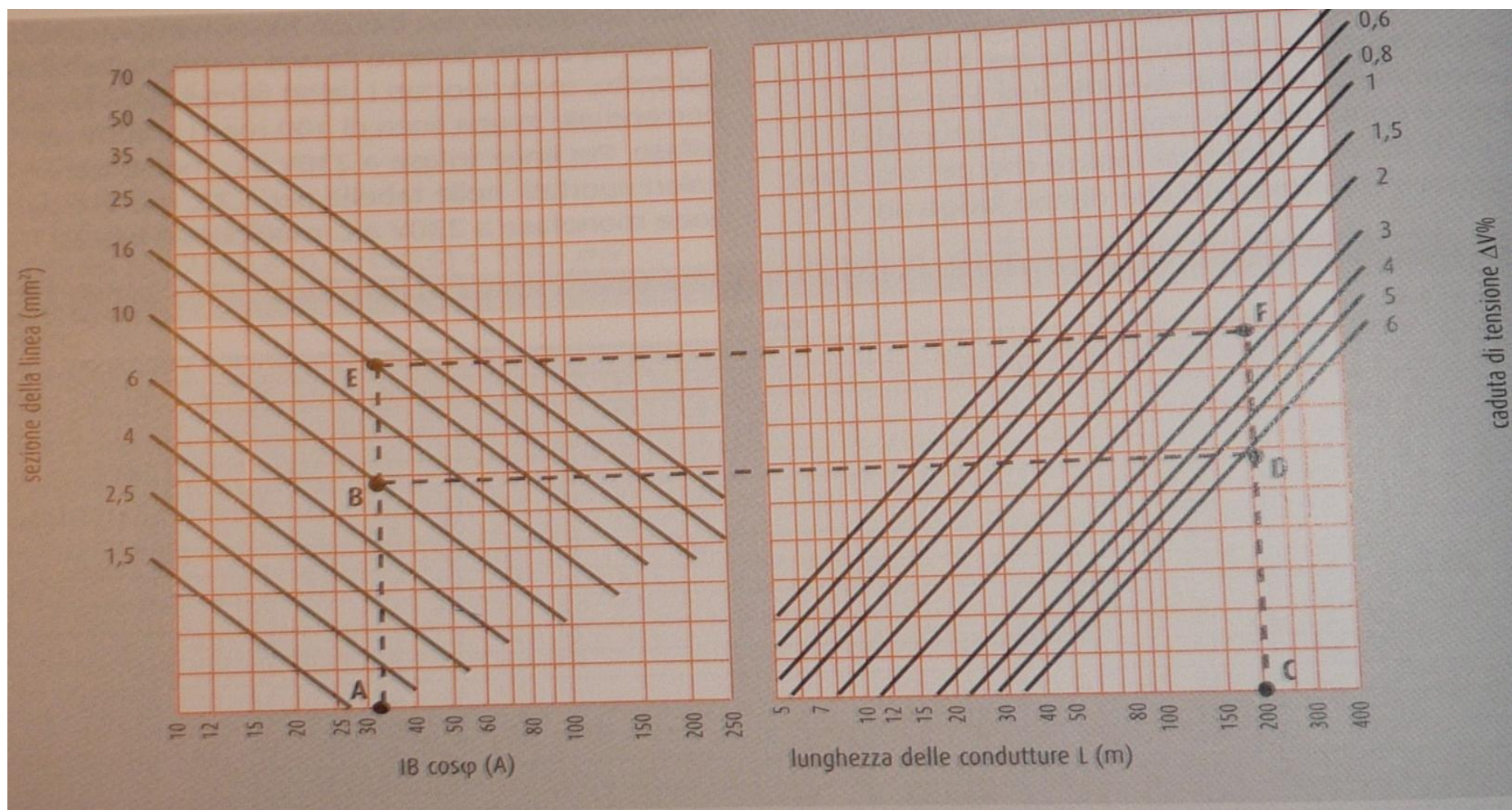
Occorre verificare che la protezione sia adeguata per cortocircuiti in fondo alla linea e immediatamente a valle del dispositivo



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





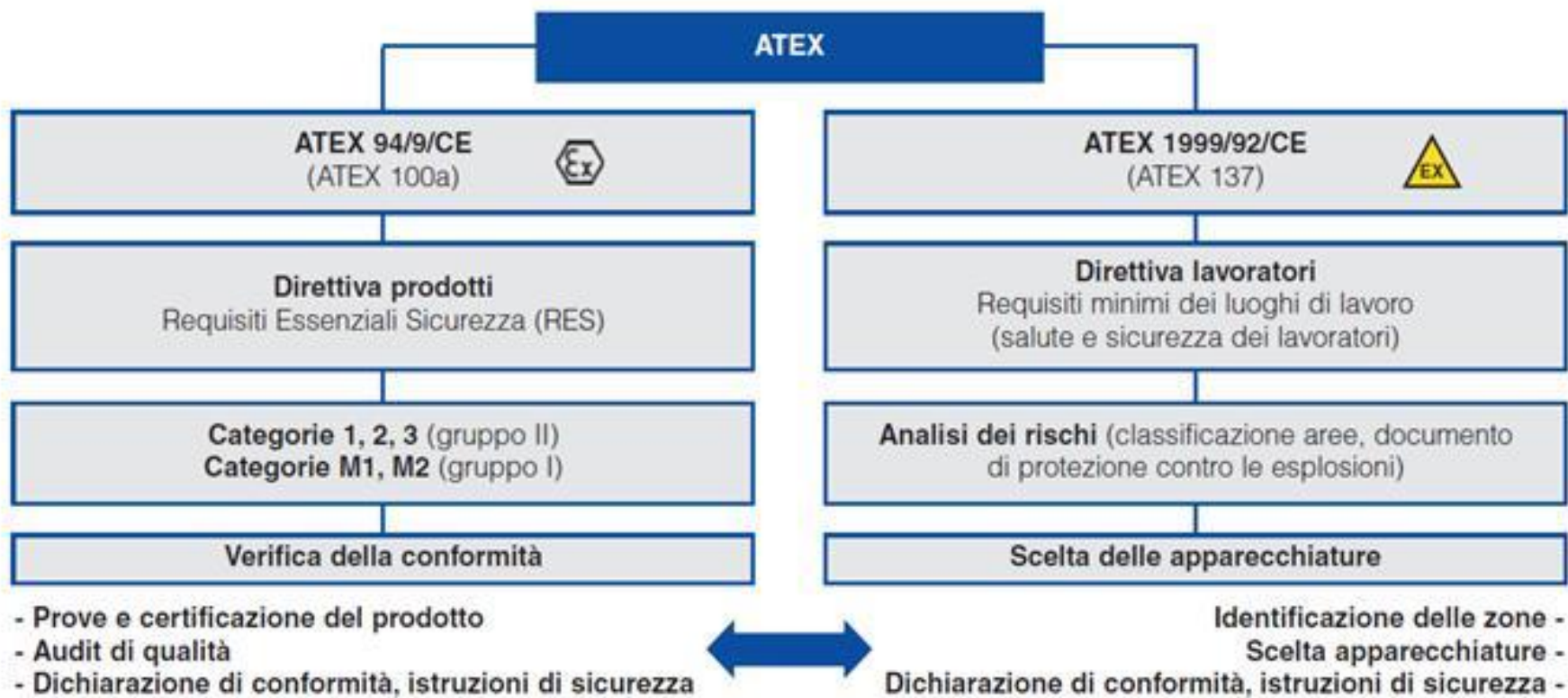
ATEX – Le atmosfere esplosive

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



DIRETTIVA ATEX – SICUREZZA NEL LAVORO



ATEX – Le atmosfere esplosive

RIFERIMENTI NORMATIVI – LE NORME CEI

- 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

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**
- ✓ **Temperatura di combustione**
- ✓ **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. di inflamm. °C	Densità relativa all'aria	Massa volumica (kg/m ³) (*)	Rapporto tra i calori specifici (g) (*)	Massa molare (kg/ kmol) (*)	Limite di esplosiv. in volume (LEL %)	Tensione di vapore (Pa) (**)	Temp. di accens. (°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 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**

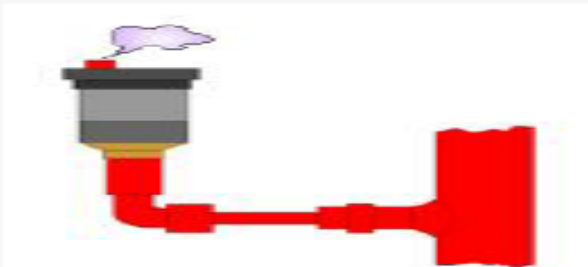
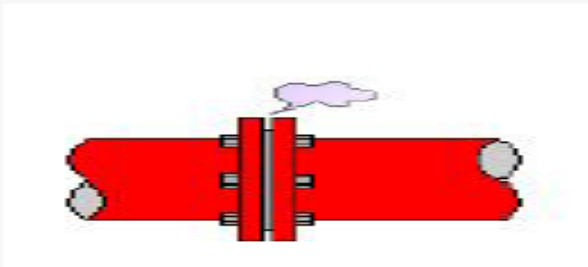


ATEX – Le atmosfere esplosive

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	
	Grado continuo emissione continua o per lunghi periodi
	Primo grado emissione periodica oppure occasionale che si può manifestare nel normale funzionamento
	Secondo grado 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 [m²]

ρ = peso specifico del liquido [kg/m³]

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 [m²]
- ✓ 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_p/C_v)
- ✓ 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 [m²]
- ✓ **p** = pressione all'interno del contenitore [Pa]
- ✓ **p₀** = pressione esterna [Pa]
- ✓ **M** = peso molecolare del gas [kg/kmole]
- ✓ **T** = temperatura assoluta all'interno del contenitore
- ✓ **γ** = rapporto tra i calori specifici (C_p/C_v)
- ✓ **R** = costante universale dei gas (**R = 8315 J/kmole x K**)



ATEX – Le atmosfere esplosive

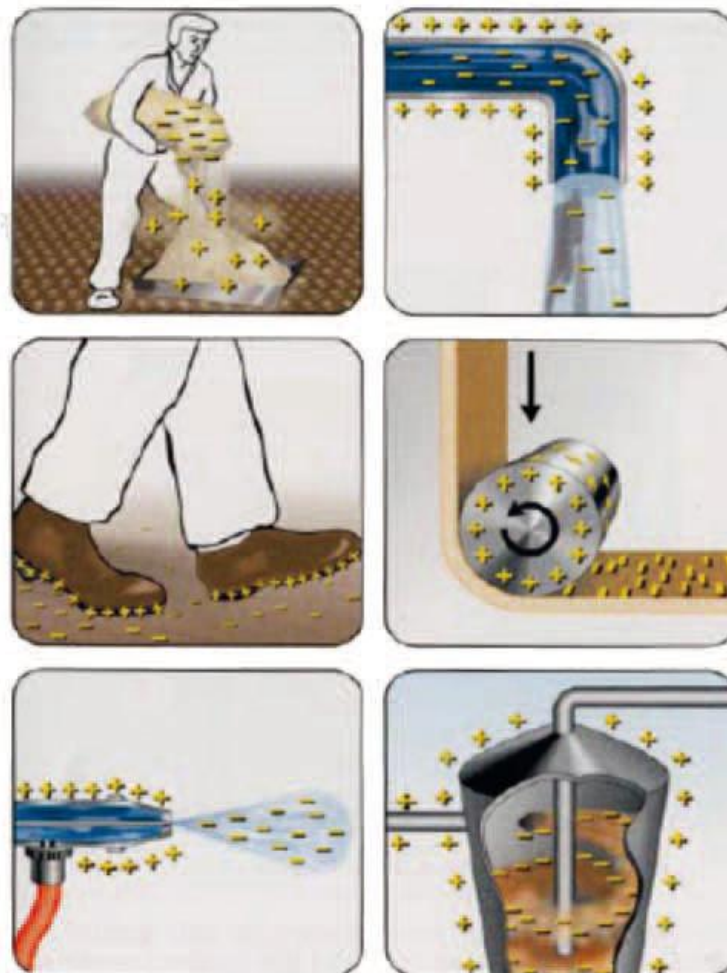
LE ENERGIE DI INNESCO POTENZIALI

- 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 di miscela esplosiva;
 - ✓ il tempo di persistenza dell'emissione;
 - ✓ la disponibilità della ventilazione.



ATEX – Le atmosfere esplosive

VENTILAZIONE: il volume ipotetico V_z di atmosfera esplosiva

$$V_z = \frac{f \cdot \left[\frac{\left(\frac{dQ}{dt} \right)_{\max} \cdot T}{k \cdot LEL} \cdot \frac{1}{293} \right]}{C}$$

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 tempo di persistenza dell'emissione

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

Dove

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

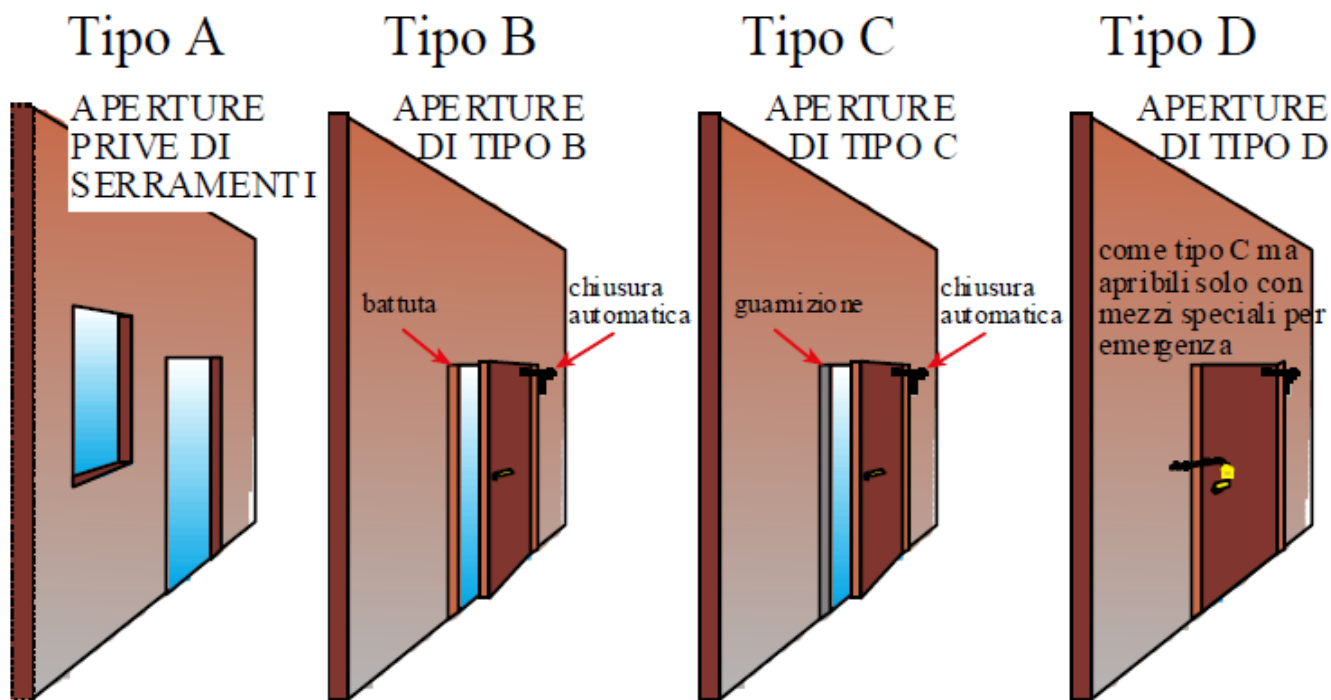
C = numero ricambi d'aria per unità di tempo

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

X₀ = 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.



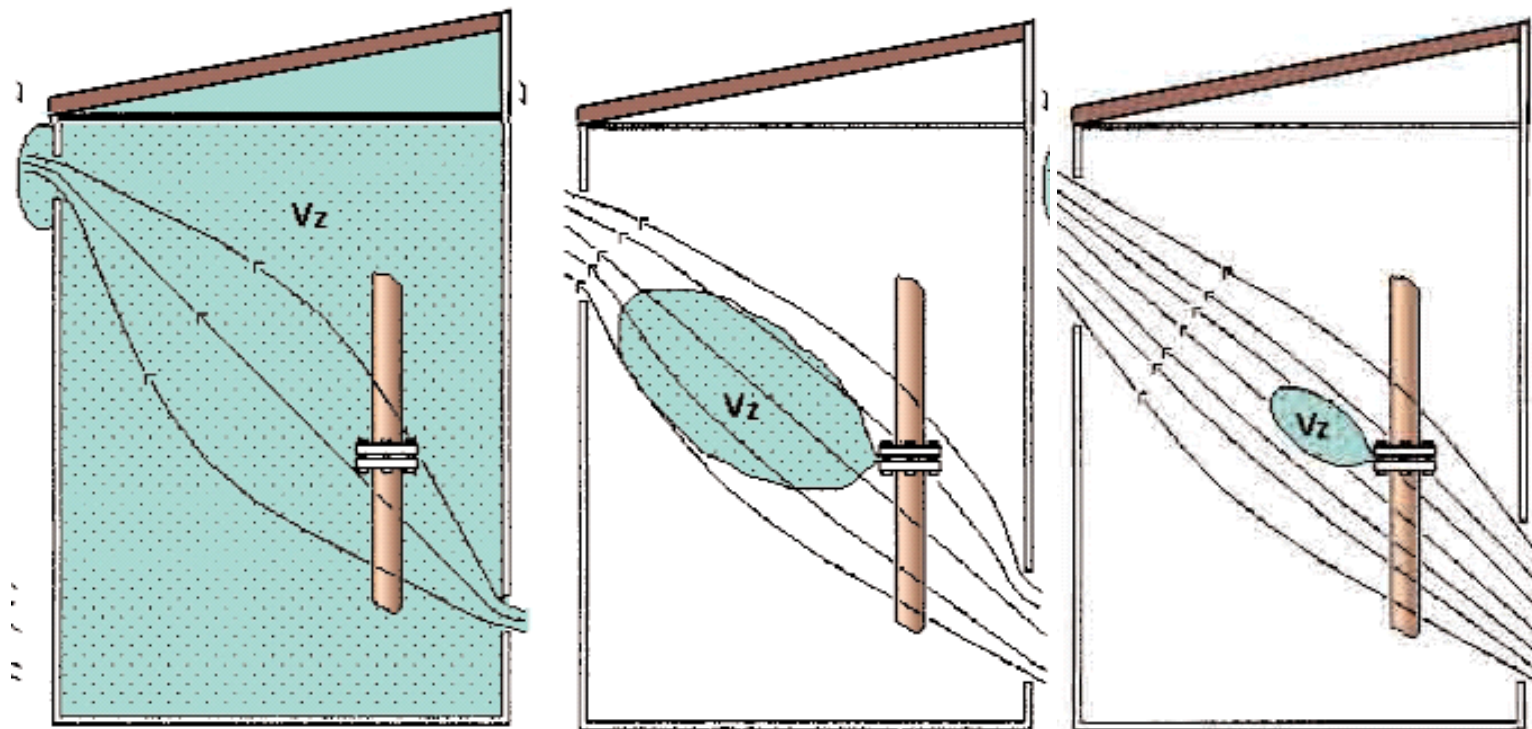
ATEX – Le atmosfere esplosive

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

VENTILAZIONE: grado di ventilazione e volume ipotetico V_z





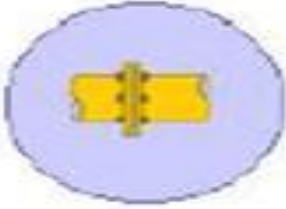
ATEX – Le atmosfere esplosive

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)

Zona  0	Emissione continua
Zona  1	Emissione di primo grado
Zona  2	Emissione di secondo grado

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 G	POLVERI 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 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 2
	Scarsa	Zona 0 + Zona 1	Zona 1 + 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
 - 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 + H₂



ATEX – Le atmosfere esplosive

APPARECCHI: GRUPPI E CATEGORIE

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

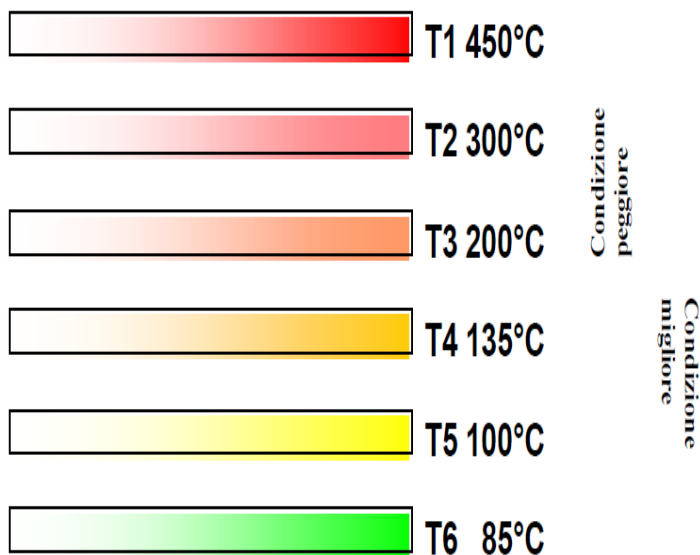
Gruppo IIIA – Particolato combustibile ($> 500 \mu\text{m}$)

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

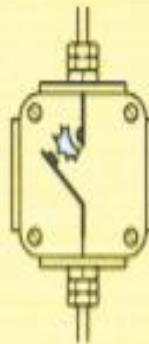
MODI DI PROTEZIONE: le tre modalità fondamentali

Segregazione in custodie a tenuta di esplosione



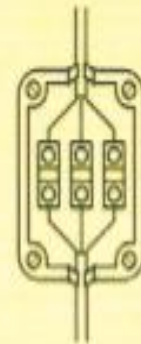
Custodie Ex d

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 aggiuntoriale

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

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



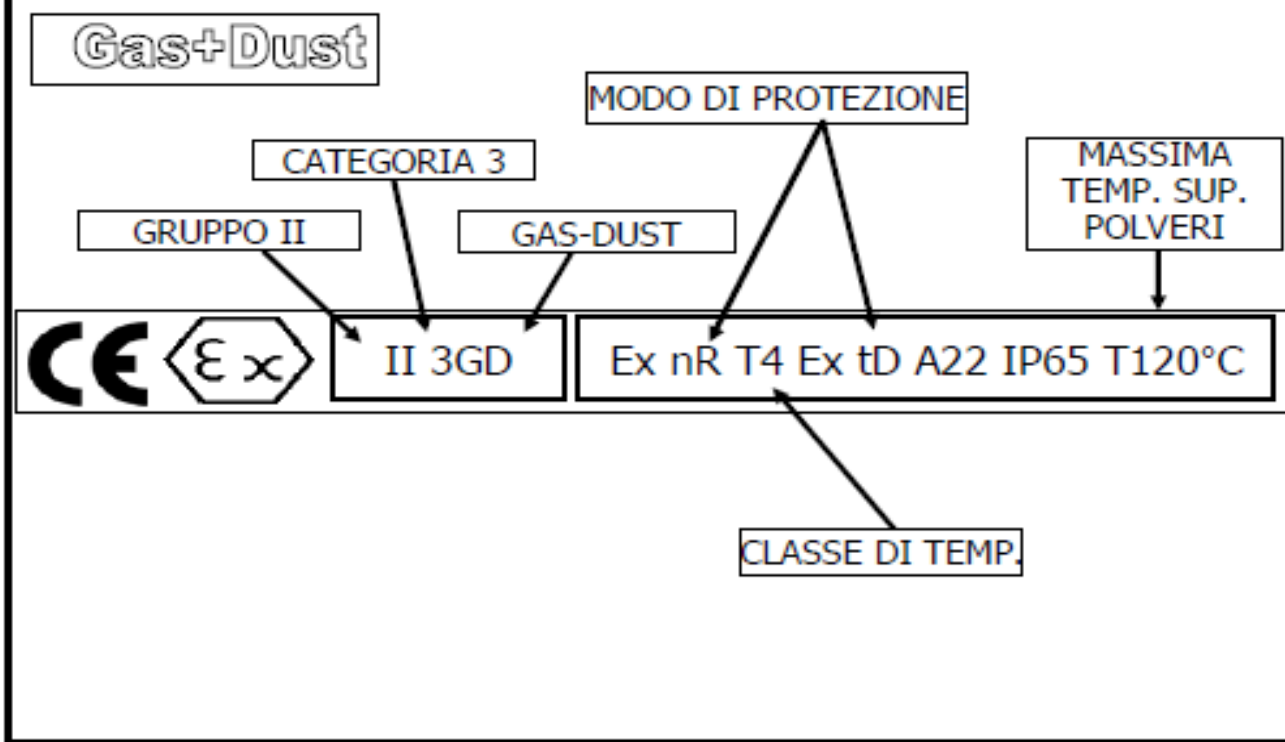
ATEX – Le atmosfere esplosive

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

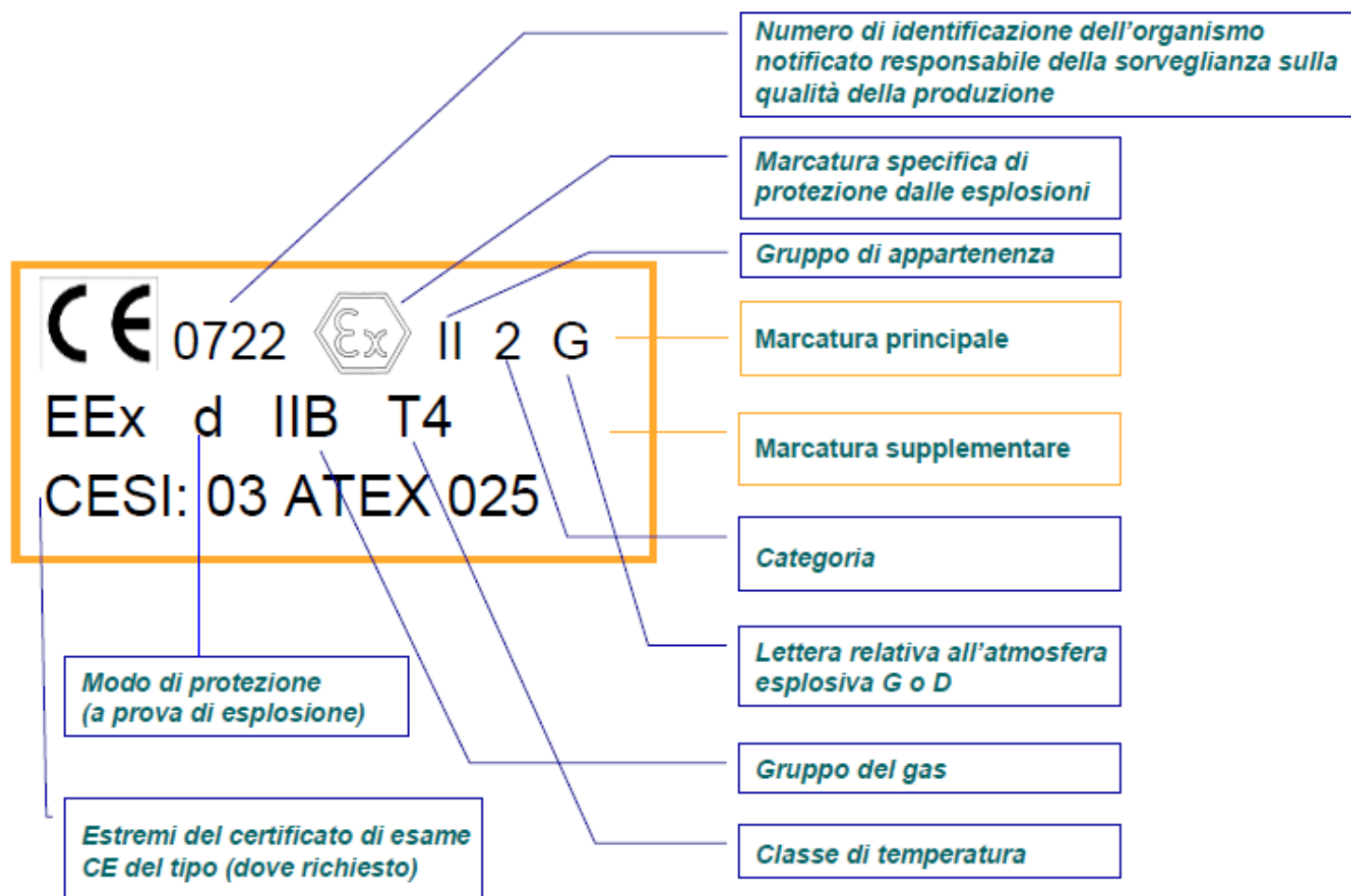
MODI DI PROTEZIONE sottogruppi

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 nella 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

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 una apparecchiatura adeguata svolge un ruolo fondamentale nella progettazione di un impianto installato in aree pericolose.



ATEX – Le atmosfere esplosive

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

POLVERI

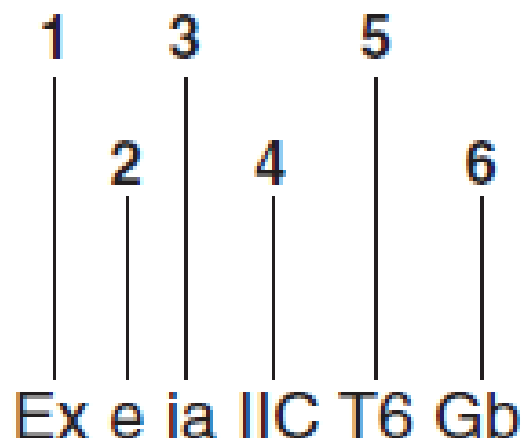
EPL Da: Apparecchiatura per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili, che presenta un livello di protezione 'molto elevato' e che non costituisce una sorgente di accensione in funzionamento normale o quando soggetta a guasti rari.

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

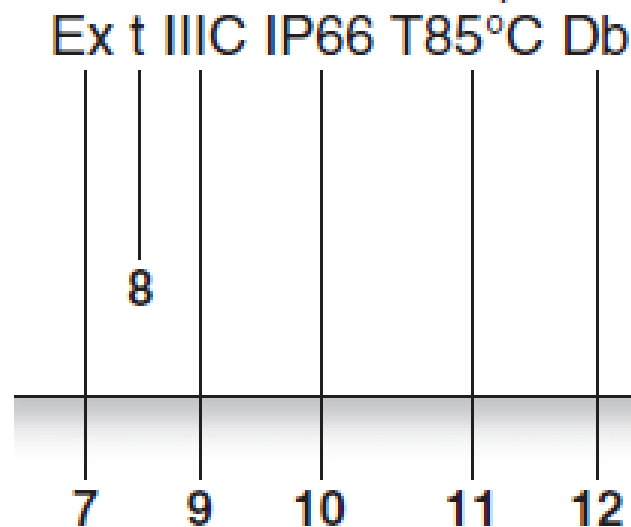


PROTEZIONE GAS

- 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

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

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

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” – “Ex o” – “Ex q”	Gb
2	3G	“Ex d” – “Ex e” – “Ex i” – “Ex m” – “Ex p” – “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

- L'Art. 84 “Protezione dai fulmini” del D.Lgs 81/08, così come corretto dal D.Lgs 106/09 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.
- Nella fattispecie le NORME TECNICHE sono le Norme del CEI



PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

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

Toscana	
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

- **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 Electro Magnetic Pulse – *Impulso legato al campo magnetico generato dal fulmine*
- **LPMS** (Lightning Protection Measures 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 Electro Magnetic Pulse – *impulso elettromagnetico legato ai transitori elettrici dovuti alle manovre di interruzione o commutazione dei circuiti*



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*

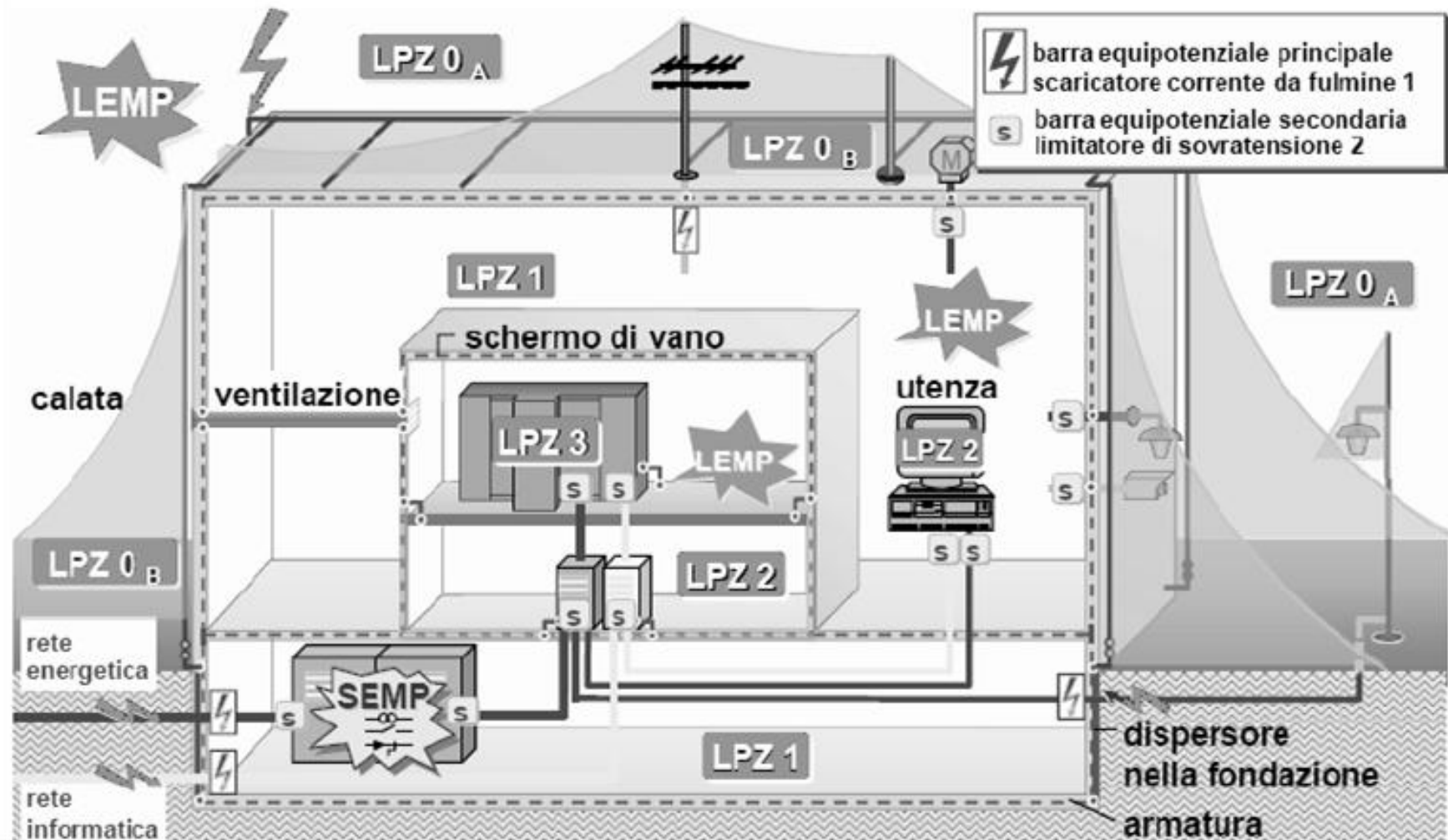


PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

ACRONIMI (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





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 ANCHE 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



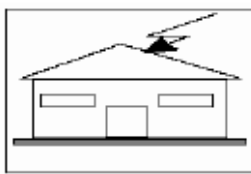
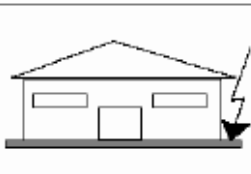
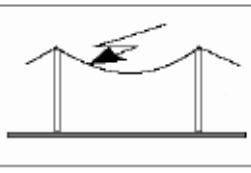
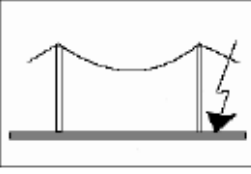
PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

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 D2 D3	L1, L4 L1, L2, L3, L4 L1, L2, L4
In prossimità della struttura		S2	D3	L1, L2, L4
Servizi entranti nella struttura		S3	D1 D2 D3	L1, L4 L1, L2, L3, L4 L1, L2, L4
In prossimità di un servizio		S4	D3	L1, L2, L4



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

- **METODO DELL'ANGOLO DI PROTEZIONE:** i conduttori di captazione, le aste e le maglie dovrebbero essere posizionati in modo che tutte le parti della struttura da proteggere siano all'interno della superficie generata proiettando i punti dei conduttori di captazione sul piano di riferimento con un angolo α rispetto alla verticale in tutte le direzioni, l'angolo è funzione dell'altezza del captatore;
- **METODO DELLE SFERE ROTOLANTI:** il posizionamento del captatore è corretto se nessun punto della struttura da proteggere viene in contatto con una sfera che rotola sul terreno, intorno e sulla struttura in tutte le direzioni possibili; pertanto la sfera dovrà toccare solo il terreno e/o il captatore; viene utilizzato quando è precluso l'uso del metodo dell'angolo di protezione;
- **METODO DELLA MAGLIA:** si presta per scopi generali ed è adatto per la protezione di superfici piane se i captatori sono posizionati su vertici del tetto, sporgenze del tetto, bordi del tetto ecc. e i lati di maglia sono quelli previsti dalla norma.



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

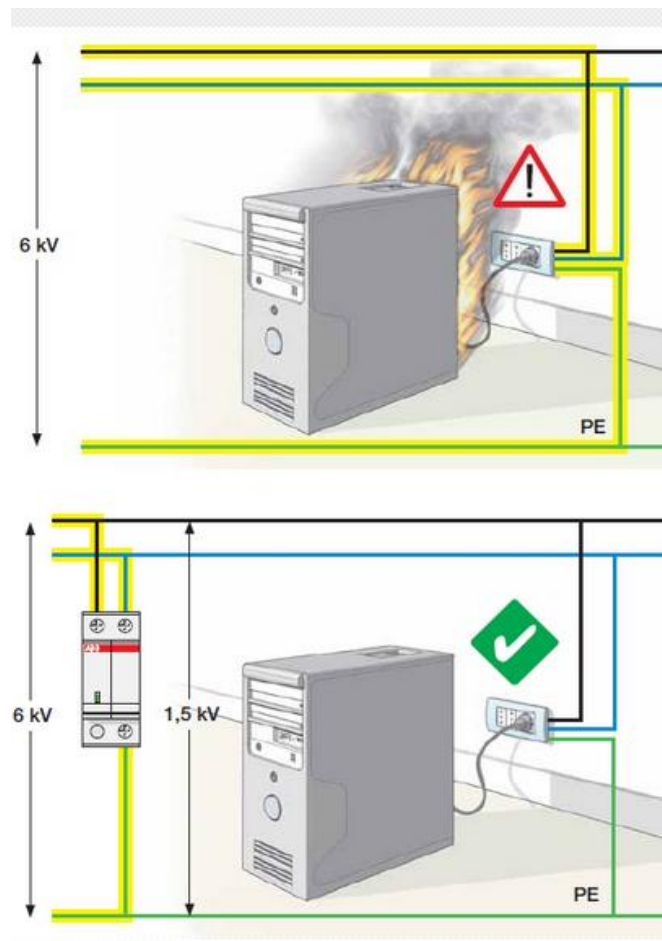
LPMS (Lightning Protection Measures System): *sistema completo di misure per la protezione degli impianti interni contro il LEMP*

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

FUNZIONAMENTO SPD





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 ⁽²⁾	R _A , R _B , R _C
	D2	L1, L2, L3, L4	
	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	
S2	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _M
S3	D1	L1, L4 ⁽²⁾	R _U , R _V , R _W
	D2	L1, L2, L3, L4	
	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	
S4	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _Z

- 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

$$R < R_t$$



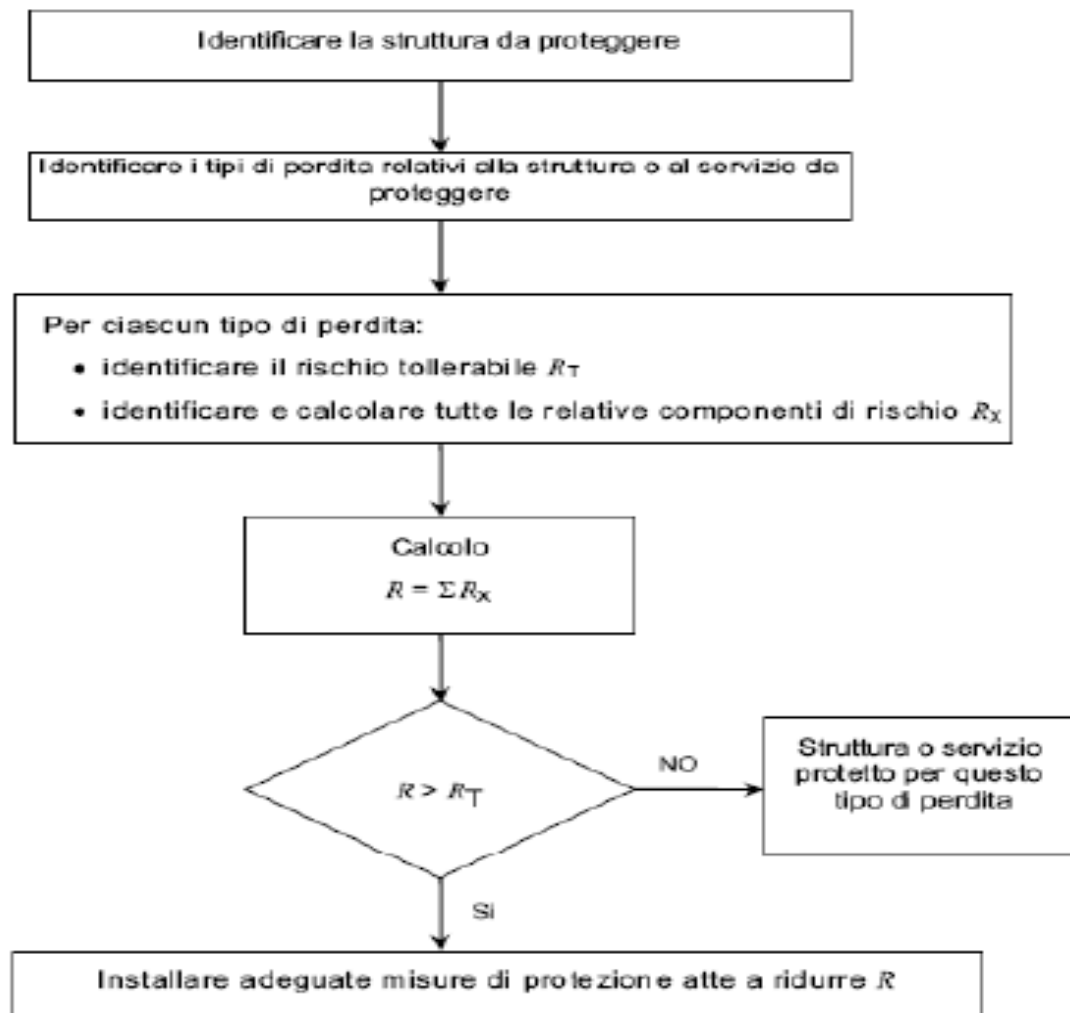
RISCHIO TOLLERABILE R_T

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

⁽¹⁾ 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).

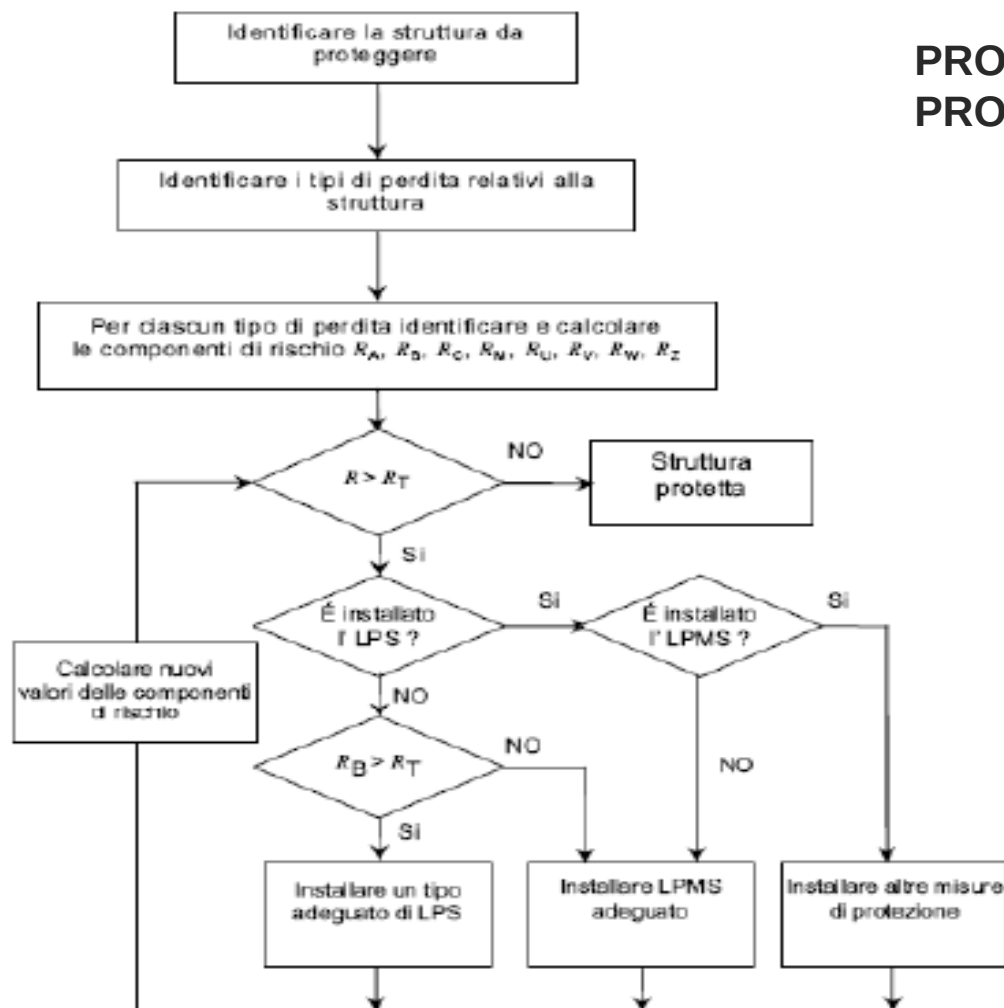
⁽²⁾ Danno inteso come prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale di utenti serviti all'anno.

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

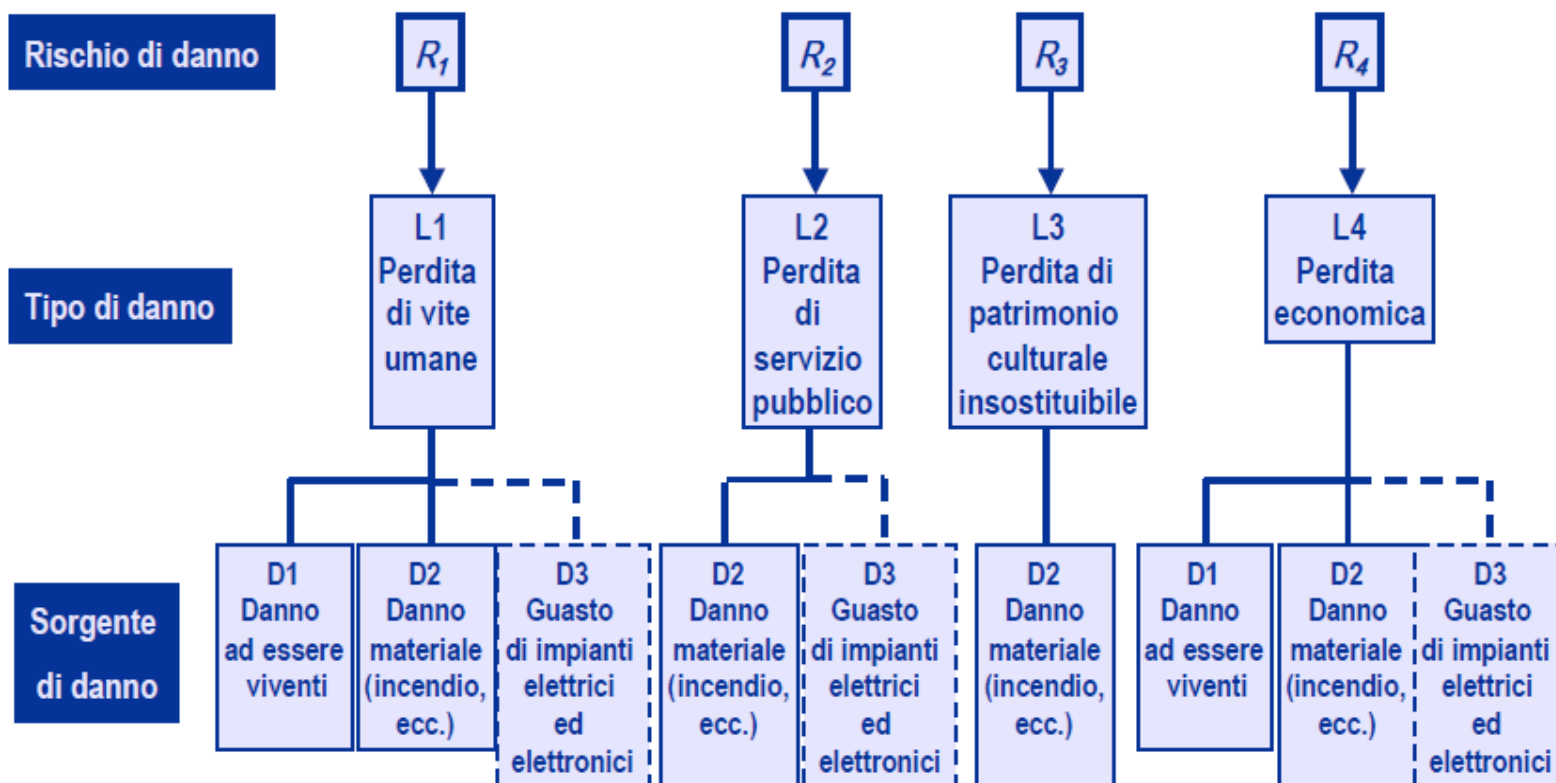


PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DELLA NECESSITA' DELLA PROTEZIONE

PROCEDURA PER LA SCELTA DELLE PROTEZIONI

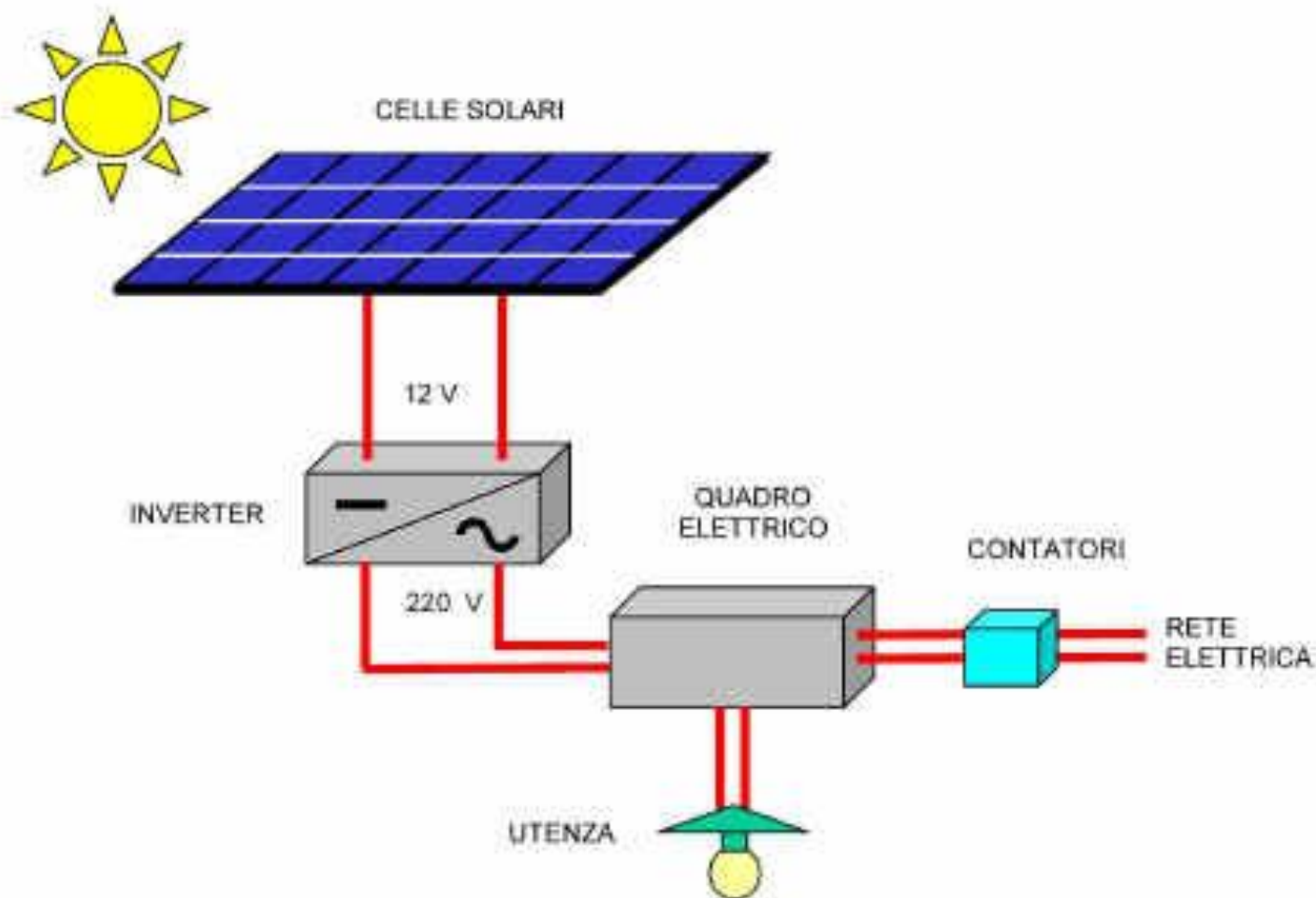


PROTEZIONE CONTRO I FULMINI



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

IMPIANTI FOTOVOLTAICI





IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Rispetto ad un normale impianto elettrico l'impianto FV presenta le seguenti differenze:

- **Rientra nel campo del D.M. 37/08 se**
 - ✓ di potenza inferiore a 20 kW;
 - ✓ fa parte di un impianto utilizzatore;
 - ✓ è posto su un edificio oppure sul terreno di pertinenza di un edificio;
 - ✓ è un impianto di autoproduzione, cioè l'utente consuma in parte o in toto l'energia prodotta.
- **È in corrente continua e spesso la sua tensione nominale è di 600 V o maggiore;**
- **Di giorno il generatore è sempre in tensione.**

IMPIANTI FOTOVOLTAICI

I principali rischi sono:

- L'elettrocuzione
- La fulminazione diretta
- Gli incendi che sempre più spesso coinvolgono i tetti e spesso anche gli edifici sui quali sono installati





IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Elettrocuzione: il pericolo per le persone:

- La messa a terra del sistema fotovoltaico influisce sul funzionamento del generatore e sulla sicurezza delle persone
- In caso di un guasto a terra nel campo fotovoltaico:
 - ✓ se il sistema elettrico è messo a terra in un punto, la parte del generatore compresa tra i due punti a terra viene cortocircuitata;
 - ✓ se il sistema elettrico è isolato da terra, un primo guasto a terra non determina una corrente apprezzabile, ma se il guasto permane e sopravviene un secondo guasto a terra si ricade nel caso precedente.
- Il sistema elettrico isolato da terra è comunque riferito a terra tramite la resistenza di isolamento verso terra. Una persona in contatto con un polo del sistema elettrico isolato da terra, direttamente o tramite una massa, è attraversata da una corrente continua.
- Tale corrente aumenta:
 - ✓ Con la tensione nominale (verso terra) del sistema elettrico;
 - ✓ Con l'estensione del sistema elettrico poiché diminuisce la resistenza di isolamento verso terra.



IMPIANTI FOTOVOLTAICI

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Si deve osservare che:

- La presenza di parti metalliche sul tetto non aumenta la probabilità di fulminazione della struttura, a meno che tali parti non aumentino in modo significativo l'altezza dell'edificio;
- Un impianto elettrico all'interno di un edificio in muratura è esposto agli effetti del fulmine (LEMP) come un impianto situato all'esterno.
- I danni che un fulmine può provocare sono essenzialmente dovuti a tre cause:
 - ✓ Tensioni di contatto e di passo pericolose: morte di persone e/o di animali;
 - ✓ Scariche pericolose: danni fisici (incendi, esplosioni,...);
 - ✓ Sovratensioni: danni ad apparecchiature elettriche ed elettroniche.



IMPIANTI FOTOVOLTAICI

FULMINAZIONE DIRETTA DI UN IMPIANTO FV SU DI UN EDIFICIO

Si possono verificare i seguenti casi:

- Edificio senza LPS: valutazioni di opportunità
- Edificio con LPS: occorre:
 - ✓ Stabilire se le strutture metalliche che sorreggono i moduli fotovoltaici possono fungere da captatori naturali, oppure se è necessario prevedere captatori ad hoc;
 - ✓ Assicurare la equi-potenzialità dell'intero impianto fotovoltaico, direttamente e/o tramite SPD, verso i captatori e le calate (LPS interno);
 - ✓ Rivalutare il rischio, nei casi particolari in cui l'aggiunta dell'impianto fotovoltaico aumenti l'altezza dell'edificio e dunque la frequenza di fulminazione, per stabilire se è necessario aumentare il livello di protezione dell'impianto e quindi modificare l'LPS esistente.



IMPIANTI FOTOVOLTAICI

FULMINAZIONE INDIRETTA

La fulminazione indiretta riguarda le sovratensioni indotte dal LEMP:

- Tra conduttori attivi;
- Tra conduttori attivi e terra.

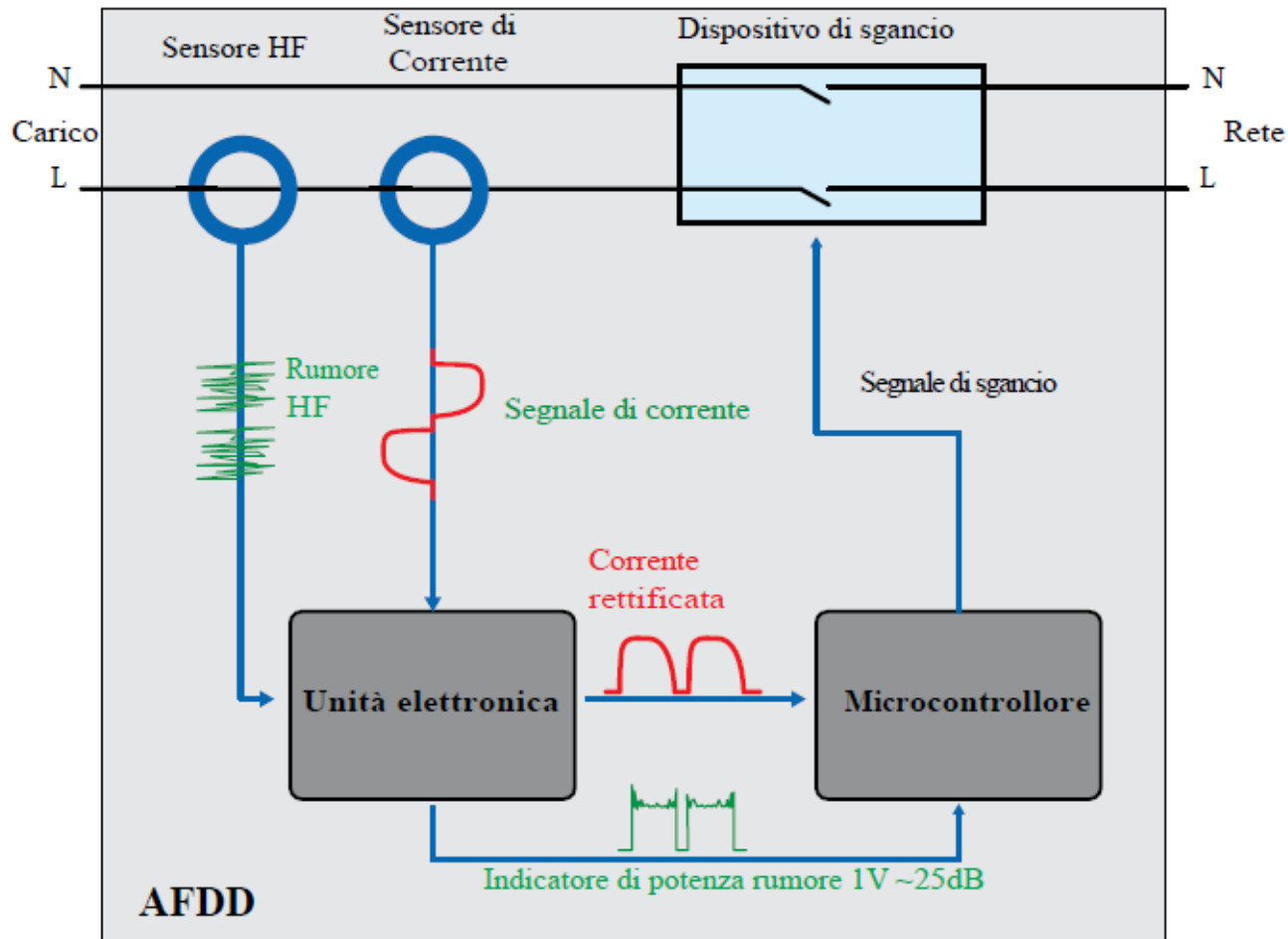
Per proteggere contro le sovratensioni si può:

- Attenuare il valore delle sovratensioni indotte riducendo:
 - ✓ Il campo magnetico mediante la schermatura dei circuiti
 - ✓ L'area della spira del circuito indotto mediante una opportuna disposizione dei circuiti
- Proteggere le apparecchiature scaricando verso terra le sovratensioni mediante SPD

La protezione contro la fulminazione indiretta deve riguardare:

- Lato corrente continua mediante:
 - ✓ Protezione dell'inverter;
 - ✓ Schema di installazione;
 - ✓ Protezione dei moduli
- Lato corrente alternata

IMPIANTI FOTOVOLTAICI

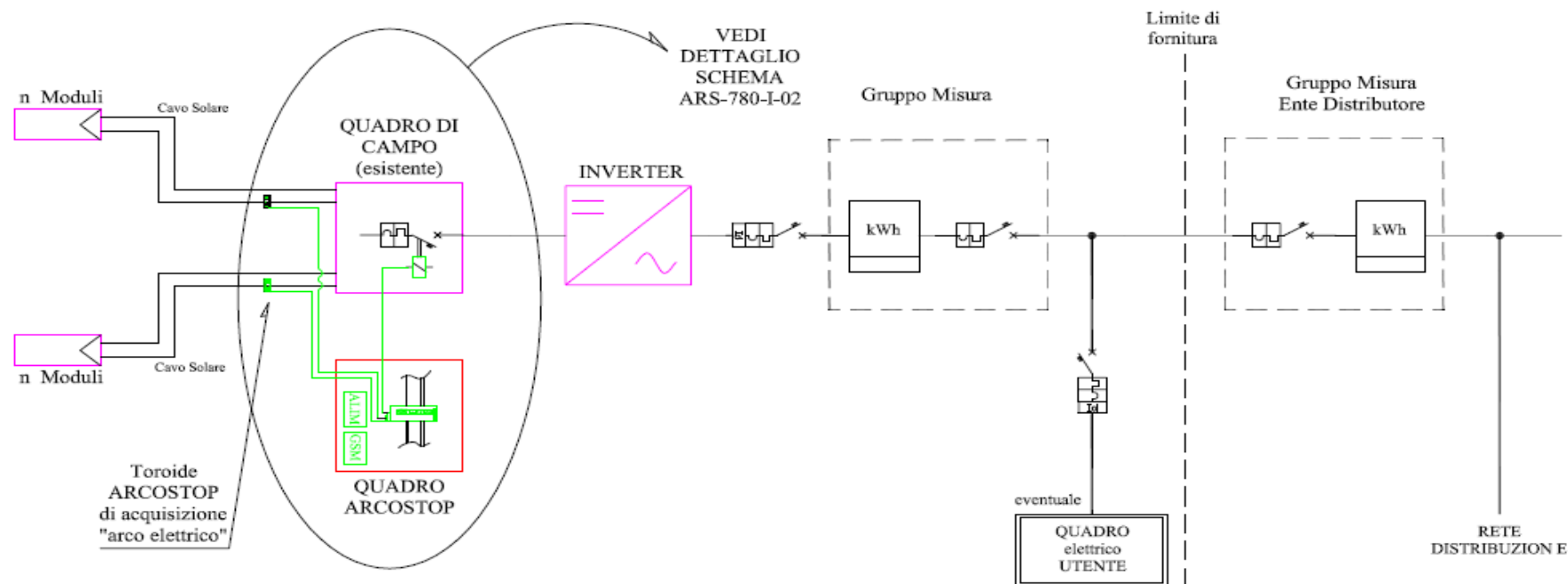


IMPIANTI FOTOVOLTAICI

APPLICAZIONE SISTEMA ARCOSTOP IN IMPIANTO FOTOVOLTAICO ESISTENTE

SCHEMA di Inserzione TIPO

Unifilare con presenza di Quadro di Campo





IMPIANTI FOTOVOLTAICI

PROTEZIONE CONTRO GLI INCENDI

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 > 1 m)



IMPIANTI FOTOVOLTAICI

- Non deve propagare un incendio dal generatore fotovoltaico (pannelli) all'edificio nel quale è incorporato.
- Gli elementi di copertura o di facciata sui quali i pannelli FV sono installati devono essere incombustibili:
 - ✓ Classe 0 secondo DM 26.06.1984
 - ✓ Classe A1 secondo DM 10.03. 2005
- E' possibile l'interposizione tra i pannelli FV e la superficie di appoggio di un strato di materiale avente le caratteristiche del punto precedente
- In alternativa potrà essere effettuata una specifica valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture dei tetti (secondo UNI EN 13501 – 5:2009 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi di costruzione – Parte 5: classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'art.2 del DM 10 marzo 2005 relativo a *Classi di reazione al Fuoco per i prodotti da costruzione* da impiegarsi nelle opere nelle quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.



IMPIANTI FOTOVOLTAICI

ABBINAMENTI COMPATIBILI

- tetti classificati Froof e pannello FV di classe 1 o equivalente di reazione al fuoco
- tetti classificati Broof (T2, T3, T4) e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco
- strati ultimi di copertura (impermeabilizzazioni o/e pacchetti isolanti) classificati Froof o F installati su coperture EI 30 e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco.
- Ai fini della valutazione della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti è stata pubblicata nel febbraio 2012 la versione UNI CEN /TS 1187 nella quale sono indicati i metodi di prova che considerano quattro tipi di test.

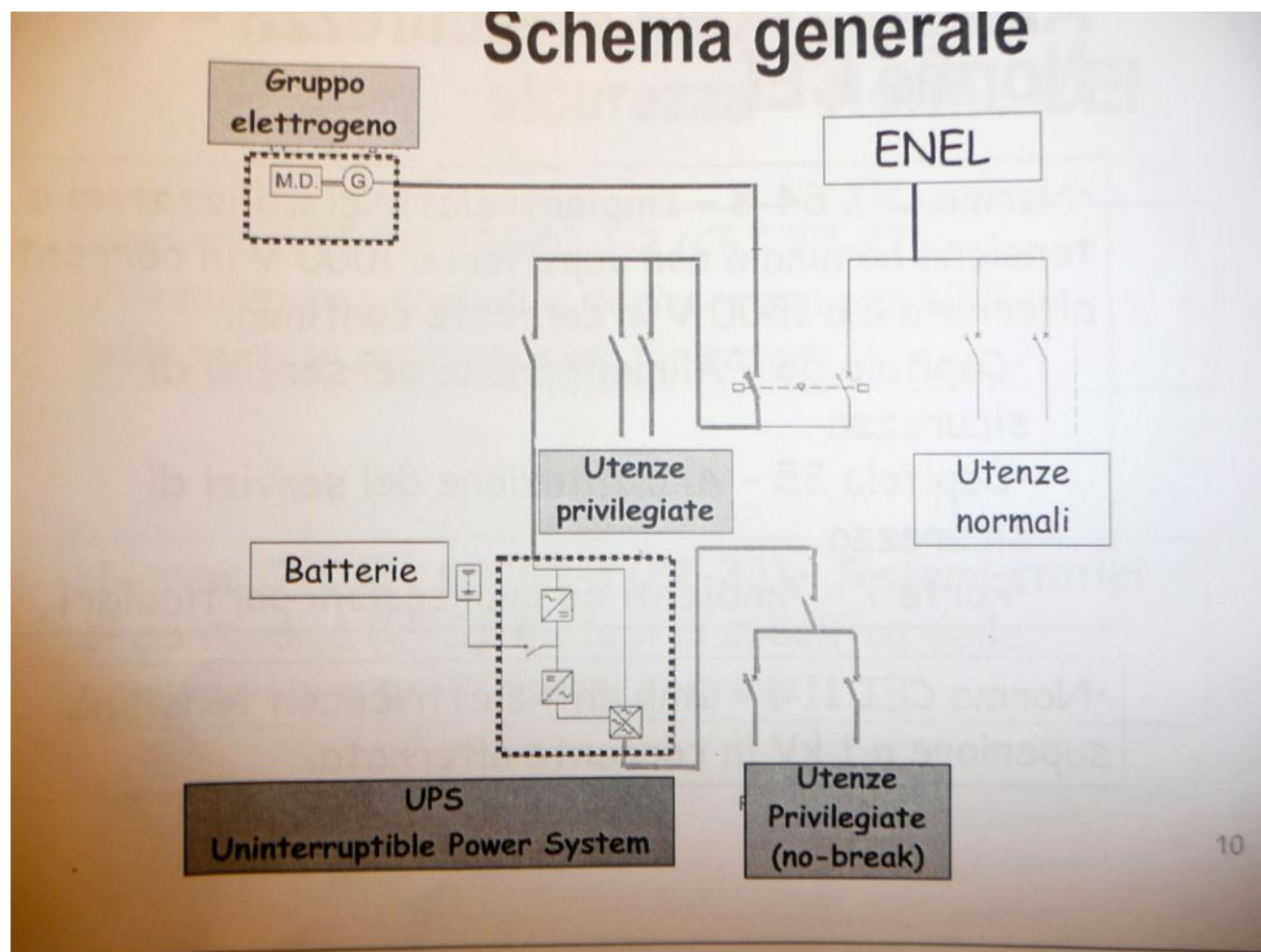


IMPIANTI FOTOVOLTAICI

I metodi di prova T2, T3, T4 secondo ENV 1187:2007 hanno i seguenti significati:

- **T1: prova in presenza di tizzoni ardenti;**
- **T2: prova in presenza di tizzoni ardenti e vento;**
- **T3: prova in presenza di tizzoni ardenti, vento e irraggiamento di calore supplementare;**
- **T4: metodo di prova in due stadi in presenza di tizzoni ardenti, vento e irraggiamento di calore supplementare.**

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

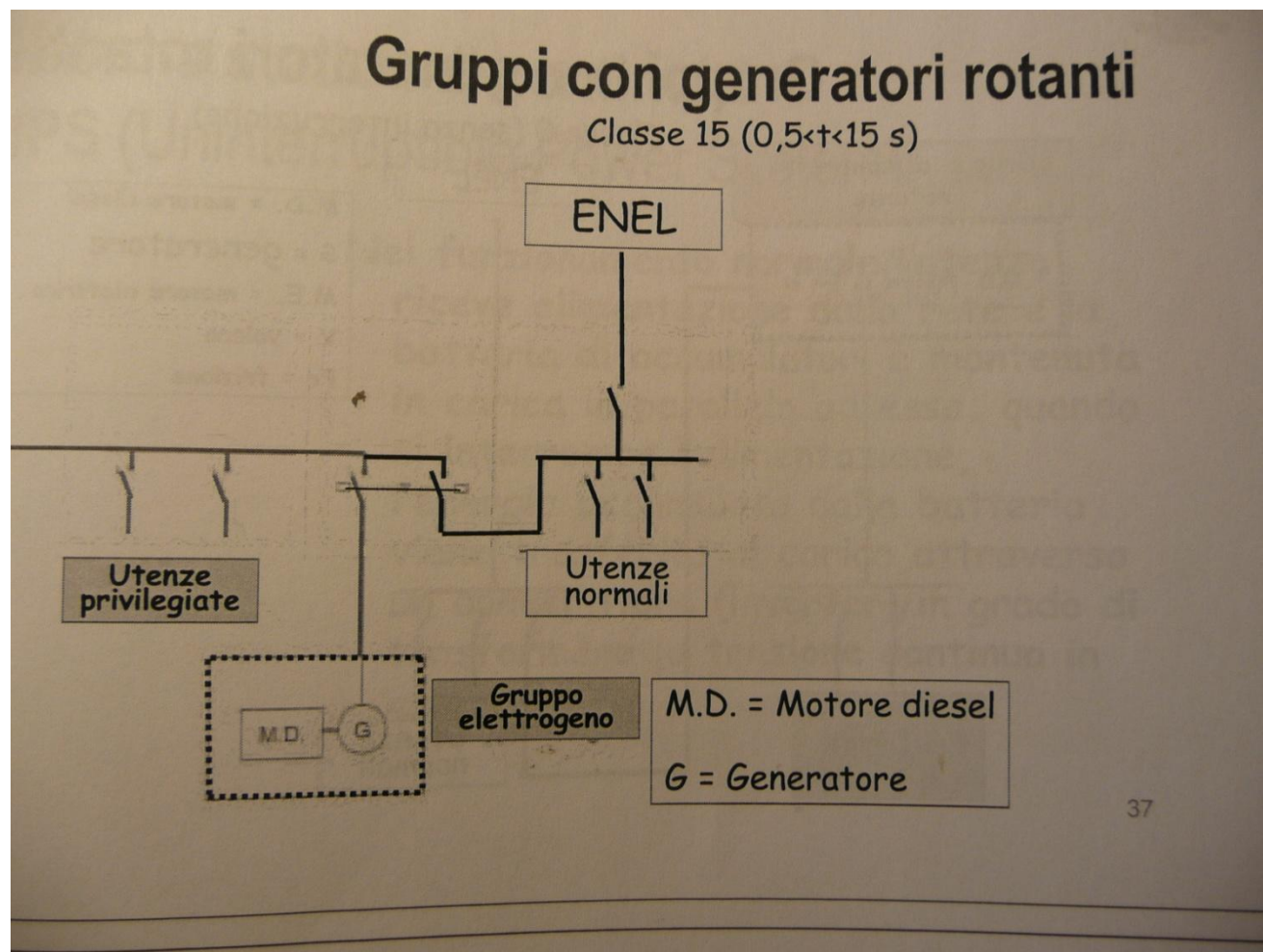


GLI IMPIANTI SPECIALI

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

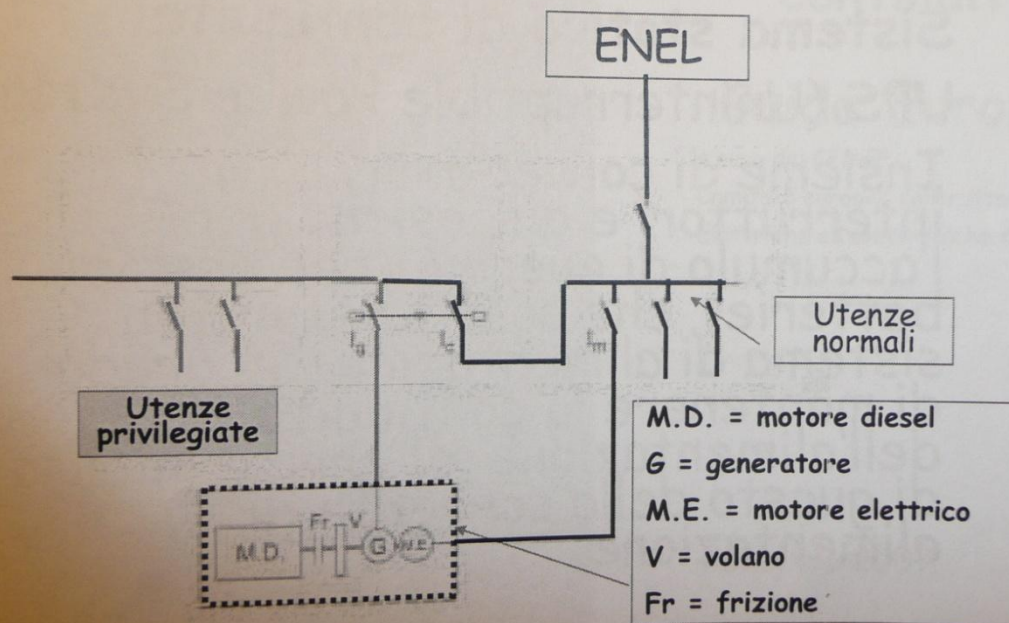
GLI IMPIANTI SPECIALI



GLI IMPIANTI SPECIALI

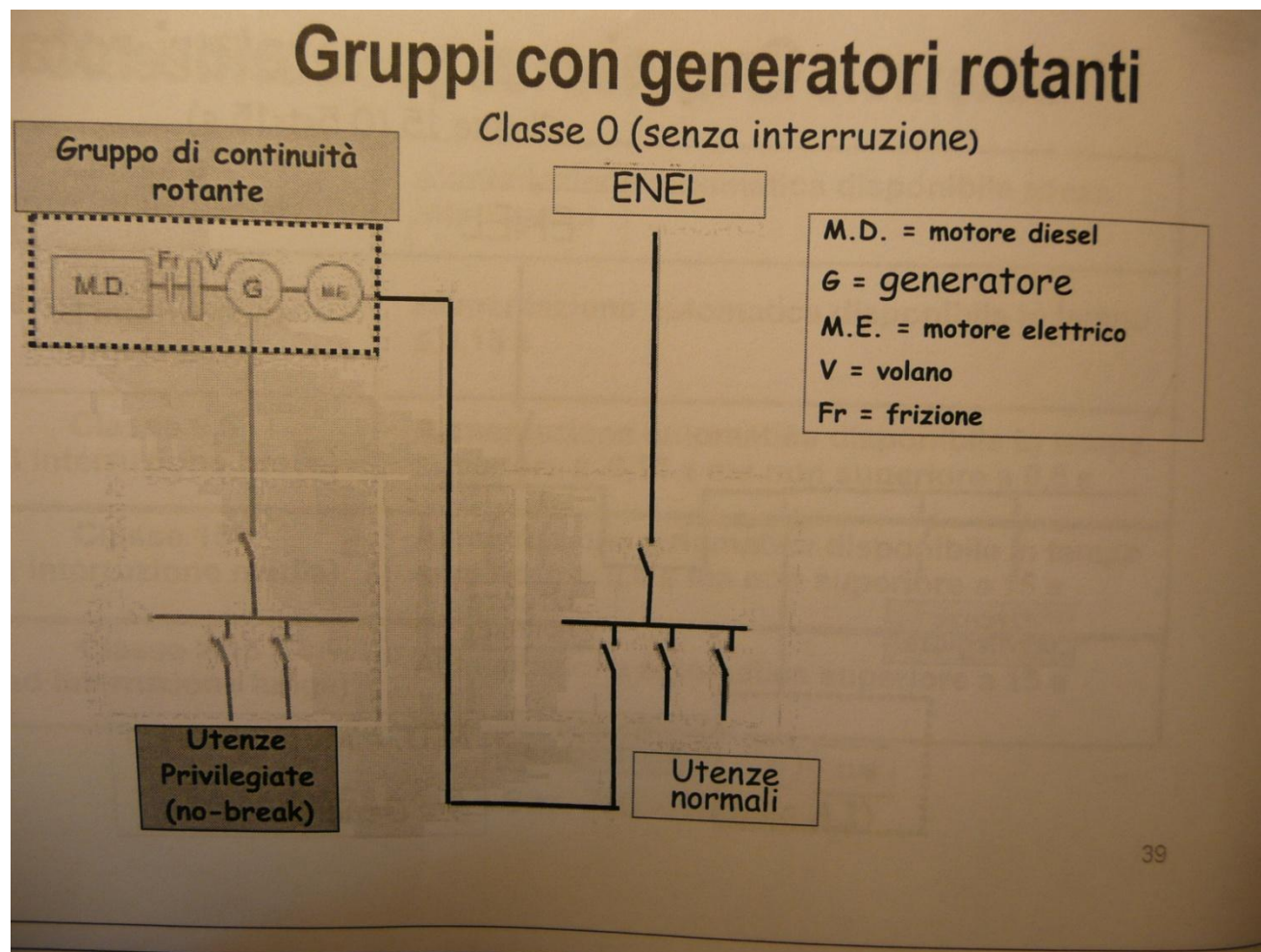
Gruppi con generatori rotanti

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



38

GLI IMPIANTI SPECIALI





GLI 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

