

Sussidi didattici per il corso di GESTIONE DEL CANTIERE E SICUREZZA

Prof. Ing. Francesco Zanghì



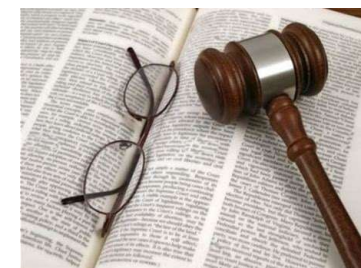
RISCHIO ELETTRICO e di FULMINAZIONE

AGGIORNAMENTO 25/02/2018

Normativa di riferimento

Per la sicurezza elettrica la normativa di riferimento è:

- **D. Lgs. 81/08 e s.m.i.;**
- **D.M. 37/08;**
- **Norma CEI EN 50110-1 e 501101-2;**
- **Norma CEI 11-27;**
- **Norma CEI 64-8.**



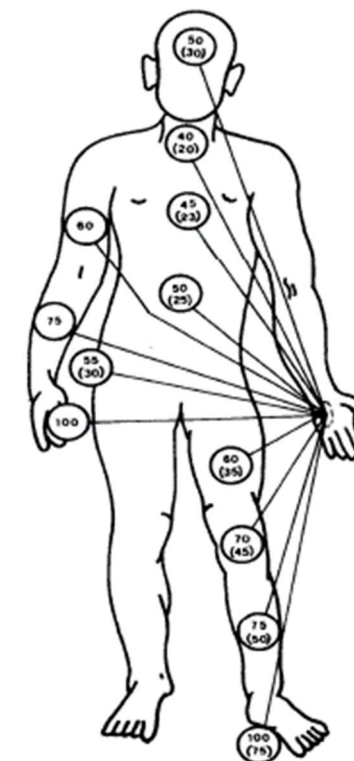
Elettrocuzione

Per rischio elettrico si intende la probabilità che si verifichi un evento dannoso a causa di contatto fisico con elementi sotto TENSIONE.

Si parla di **elettrocuzione** quando, in seguito all'applicazione di una differenza di potenziale fra due o più punti del corpo umano, questo viene attraversato da corrente elettrica.

L'entità del danno è proporzionale:

- all'**intensità** di corrente che attraversa il corpo umano;
- alla **durata** del contatto con parti in tensione;
- al **percorso** della corrente all'interno del corpo. Il percorso più pericoloso è quello tra la mano sinistra e il torace; il meno pericoloso è quello tra la mano destra e il dorso.



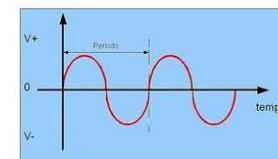
- Resistenza media del corpo umano pari a circa: **2000 Ω**
 - Contatto con un impianto a **220 V**



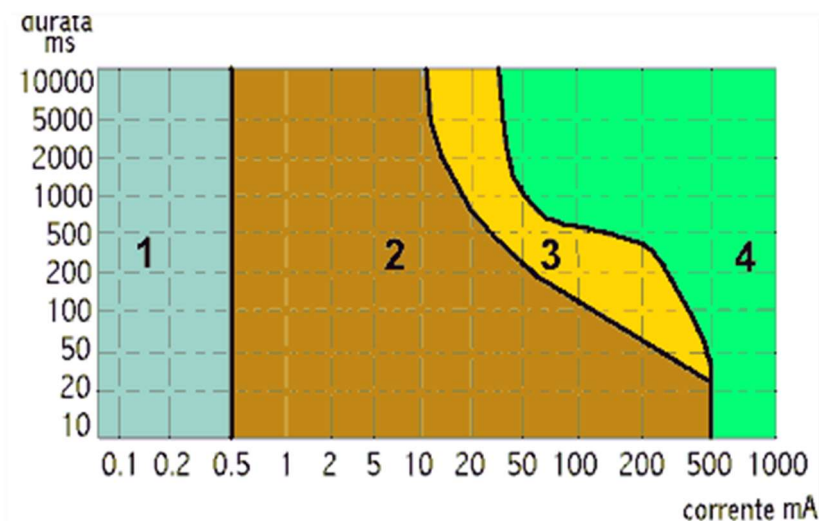
$$i = \frac{220 \text{ V}}{2000 \text{ Ω}} = 0.11 \text{ A} \\ = \mathbf{110 \text{ mA}}$$

La **corrente continua** è normalmente *meno pericolosa* della **corrente alternata**.

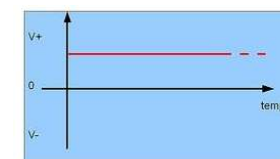
Effetti della corrente elettrica sul corpo umano



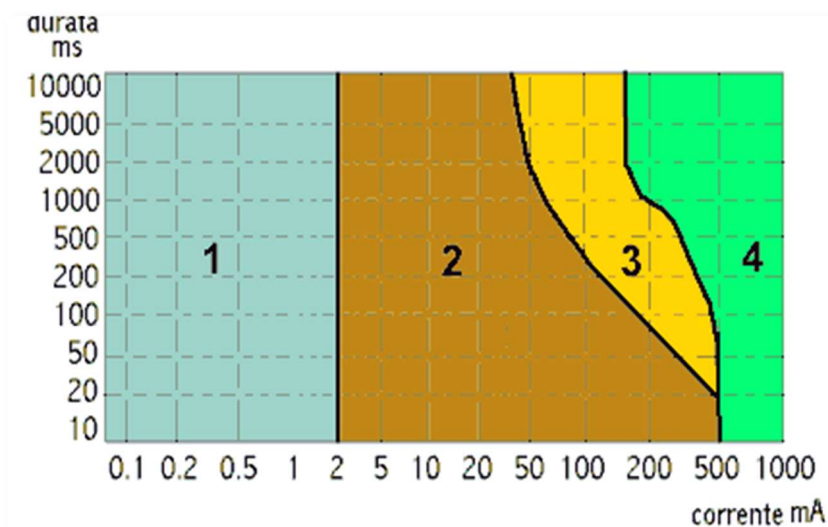
CORRENTE ALTERNATA



- Zona 1:** Nessuna reazione al passaggio della corrente, qualunque sia la sua durata. Soglia di percezione=**0.5 mA**.
- Zona 2:** Soglia di *tetanizzazione* (contrazione muscolare). Effetto fisiologici moderati e non pericolosi.
- Zona 3:** Nessun danno organico. Possibile la *tetanizzazione*, difficoltà respiratoria, disturbi cardiaci. Effetti severi ma reversibili.
- Zona 4:** Possibile anche la *fibrillazione ventricolare*. Arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni.



CORRENTE CONTINUA

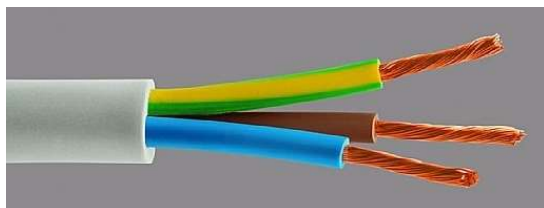


- Zona 1:** Nessuna reazione al passaggio della corrente, qualunque sia la sua durata. Soglia di percezione=**2 mA**.
- Zona 2:** Sensazione di calore. Effetto fisiologici moderati e non pericolosi.
- Zona 3:** Nessun danno organico. Disturbi cardiaci. Effetti severi ma reversibili.
- Zona 4:** Possibile la *fibrillazione ventricolare*. Arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni.

Contatto diretto

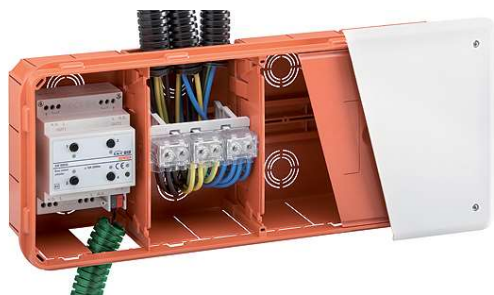
Avviene quando la persona entra in contatto con una parte attiva dell'impianto, cioè con conduttori che sono normalmente in tensione.

I sistemi di protezione contro i contatti diretti solitamente sono di tipo **PASSIVO**, cioè tendono ad impedire il contatto con la parte in tensione senza interruzione automatica del circuito:



Isolamento delle parti attive

Un materiale isolante ricopre completamente le parti attive (cavi di connessione delle apparecchiature, prolunghe, ecc. ...). Può essere rimosso solo per distruzione.



Involucri e barriere

- Gli *involucri* assicurano la protezione in ogni direzione (la carcassa di un elettrodomestico o di una stampante);
- Le *barriere* assicurano la protezione solo nella direzione abituale di accesso (la rete metallica in corrispondenza dei cavalcavia ferroviari delle linee elettrificate).



Ostacoli e distanziamenti

Questo tipo di protezione si realizza solo nei locali accessibili a persone addestrate (cabine, officine elettriche, ecc.); consiste nel predisporre ostacoli o distanziamenti atti a prevenire il contatto diretto involontario. Il contatto diretto intenzionale è possibile.

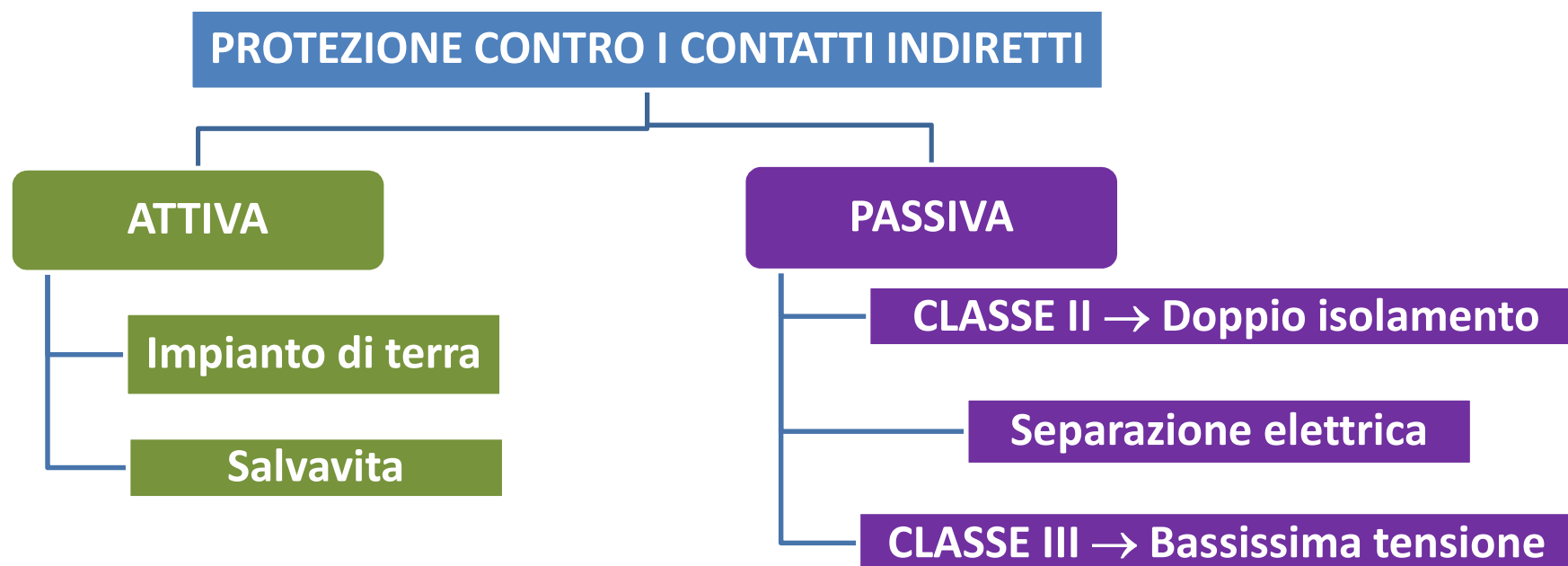


Contatto indiretto

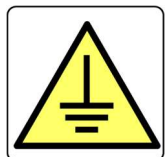
Avviene quando la persona entra in contatto con parti dell'impianto o di apparecchiature elettriche (masse), che vanno in tensione a causa di guasto dell'isolamento.

Le misure di protezione sono orientate a:

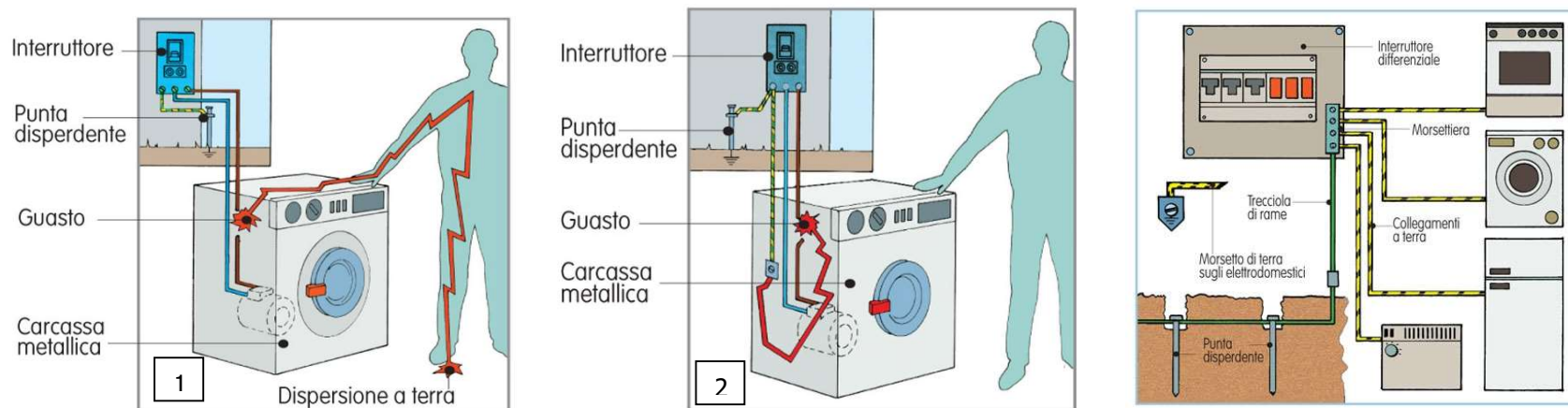
- **interrompere** il circuito nel quale si manifesta un guasto di isolamento
- **impedire** il determinarsi di un guasto verso una parte metallica accessibile



Impianto di terra e salvavita



L'**impianto di terra**, unitamente all'**interruttore automatico magnetotermico-differenziale (salvavita)** rappresenta una delle soluzioni più utilizzate per raggiungere il miglior livello di sicurezza negli impianti elettrici. Esso consente di connettere direttamente a terra le parti metalliche di apparati elettrici.



Lo scopo della messa a terra è quindi far sì che le masse degli elettrodomestici siano al potenziale del terreno. In caso di guasto, la corrente elettrica sceglierà la via a minore resistenza rispetto al corpo (di circa 2000 ohm), preferendo passare attraverso la messa a terra (fig.2). La corrente verrà pertanto interrotta dalla componente differenziale del salvavita. Se la carcassa non fosse correttamente messa a terra, l'interruttore differenziale interverrebbe comunque ma la persona riceverebbe per poche frazioni di secondo uno shock elettrico che è sempre preferibile evitare (fig.1).

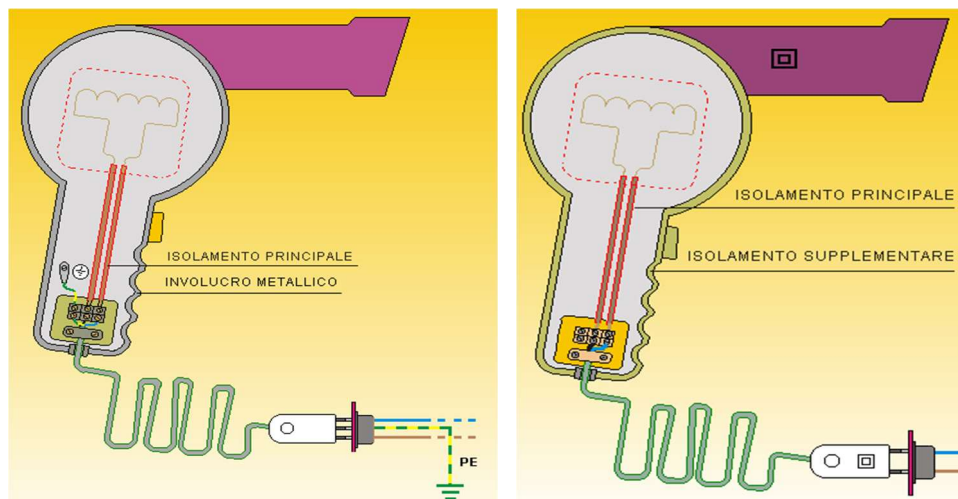
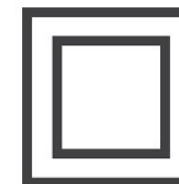
Il magnetotermico differenziale è costituito da due parti componibili, o fuse in un unico blocco:

- Il **magnetotermico** offre una protezione contro i **cortocircuiti** e i **sovraccarichi**;
- Il **differenziale**, rileva l'eventuale differenza di correnti elettriche in ingresso e in uscita al sistema elettrico, in caso di **contatti accidentali** con fili elettrici o elettrodomestici sotto tensione.



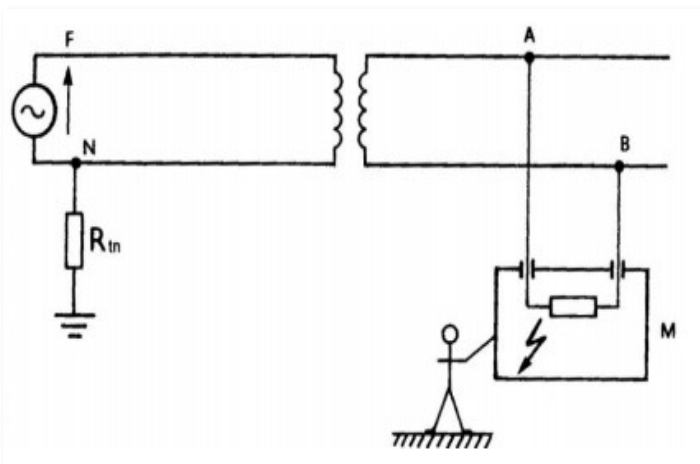
Doppio isolamento (Classe II)

I componenti a doppio isolamento, detti anche componenti di **classe II**, sono dotati di un isolamento supplementare rispetto a quello normalmente previsto. Tali componenti (utensili portatili, asciugacapelli, piccoli utilizzatori elettrici, corpi illuminanti ecc.) devono portare l'apposito contrassegno rappresentato nella figura a lato.



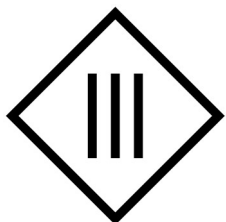
Gli apparecchi di classe II non devono essere collegati a terra perché si ritiene minore la probabilità di un cedimento dell'isolamento doppio o rinforzato rispetto alla possibilità che, tensioni pericolose alla carcassa possano essere introdotte dal collegamento di terra stesso, nel caso in cui si verifichi un guasto in un'altra parte dell'impianto di terra comune.

Separazione elettrica



Viene in genere utilizzata quando, per motivi di continuità di servizio, si vogliono evitare interruzioni del circuito in presenza di un guasto verso terra. La protezione consiste nel separare uno o più utilizzatori dagli altri circuiti e dalla terra mediante un **trasformatore di isolamento**.

Il primario del trasformatore è collegato al circuito di alimentazione, mentre il secondario all'impianto utilizzatore. In caso di guasto, non essendovi alcuna via di richiusura, non potrà manifestarsi alcuna corrente di guasto; la carcassa "M" assumerà semplicemente il potenziale del punto A perché **non deve** essere connessa a terra in alcun punto.



Bassissima tensione di sicurezza o protezione (Classe III)

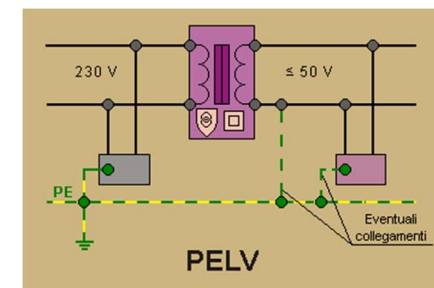
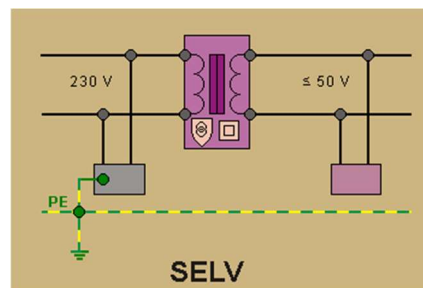
Hanno una tensione nominale inferiore a **50V in corrente alternata** e a **120V in corrente continua**. Sono comunemente alimentati da un trasformatore di sicurezza e garantiscono una protezione sia contro i contatti diretti che indiretti. Esistono fondamentalmente due tipi di sistemi a bassissima tensione che garantiscono dal pericolo dei contatti:

SELV (*safety extra-low voltage*)

Bassissima tensione di sicurezza \Rightarrow il sistema elettrico è isolato da terra

PELV (*protection by extra-low voltage*)

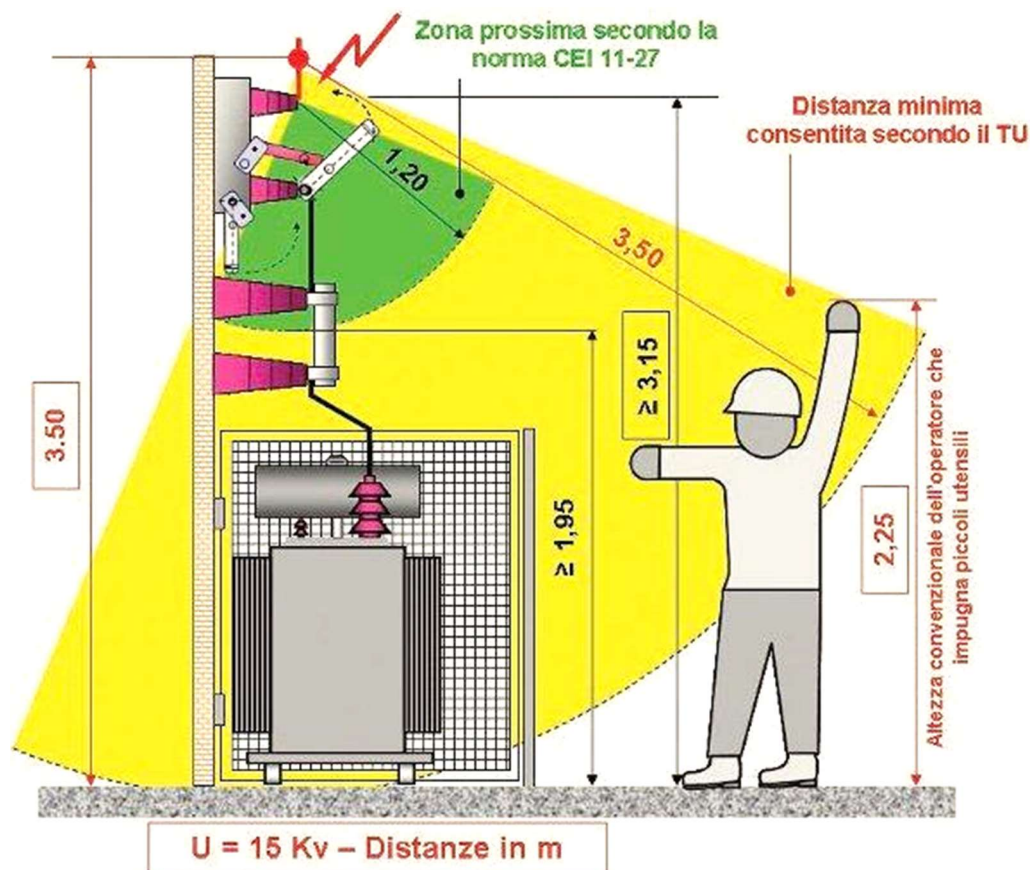
Bassissima tensione di protezione \Rightarrow il sistema elettrico ha un punto collegato a terra



Categorie di lavoro elettrico

Lavoro elettrico = intervento su impianti o apparecchi con accesso alle parti attive (sotto tensione o fuori tensione) nell'ambito del quale, se non si adottano misure di sicurezza, si è in presenza di un rischio elettrico. [Art.3.8 Norma CEI 11-27]

Esempi: prove e misure, riparazioni, sostituzioni, montaggi ed ispezioni



- Lavoro **FUORI TENSIONE**: lavoro elettrico eseguito su quadri, apparecchiature o parti di impianti elettrici normalmente in funzione a cui viene tolta tensione per l'esecuzione del lavoro.

- Lavoro **IN PROSSIMITÀ**: lavoro elettrico eseguito entro una certa distanza dalle parti attive di una qualsiasi apparecchiatura elettrica in condizioni di normale funzionamento e quindi in tensione.

- Lavoro **SOTTO TENSIONE**: lavoro elettrico eseguito su quadri, apparecchiature, o comunque parti attive di impianti elettrici che sono sotto tensione (ovvero collegate, attive e nel loro normale funzionamento).

<https://www.youtube.com/watch?v=mQrQOPnRSkQ>



DPI

I dispositivi di protezione individuale devono proteggere il lavoratore nei confronti dei **rischi specifici** nelle attività che espongono a tensioni elettriche pericolose:

- **Folgorazione** ⇒ I passaggio di una forte corrente elettrica attraverso il corpo
- Sviluppo di un **arco elettrico** ⇒ ustioni, fratture, danni agli organi interni

guanti isolanti

maniche isolanti

elmetto

visiere

calzature isolanti

abbigliamento protettivo arco elettrico



tappeto isolante



pedana isolata



cacciaviti isolati



guanti isolati

Misure preventive

- Assicurarsi della rispondenza dell'impianto elettrico alla **L.46/90 (attestato di conformità)**.



- Essere a conoscenza del luogo in cui e posizionato il **quadro elettrico generale**.

- Essere a conoscenza della posizione del **quadro elettrico di zona** (ed. es del piano o dell'appartamento) per essere in grado di isolare l'intera zona.

- Essere a conoscenza della funzione dei vari **interruttori** del quadro di zona per essere in grado di isolare l'ambiente desiderato.

- Verificare spesso il buon funzionamento dell'interruttore differenziale (pulsante **test**).
- Non lasciare accesi apparecchi che potrebbero provocare un incendio durante la vostra assenza.
- Non utilizzate mai apparecchi nelle vicinanze di liquidi o in caso di elevata umidità.



- Leggere sempre l'etichetta di un utilizzatore, specie se sconosciuto, per verificare la quantità di corrente assorbita, l'esistenza dei marchi **CE** e **IMQ** (*Istituto Italiano del marchio di qualità*).



- Gli impianti vanno **revisionati e controllati** solo da personale qualificato. Non eseguite riparazioni di fortuna con nastro isolante o adesivo a prese, spine e cavi.



□ Le **prese sovraccaricate** possono riscaldarsi e divenire causa di corto circuiti, con conseguenze anche gravissime. Usare delle ciabatte.

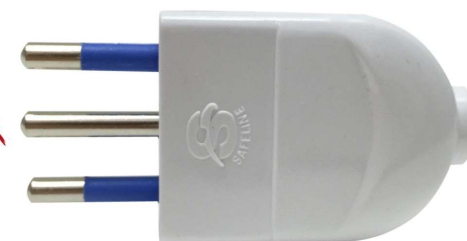
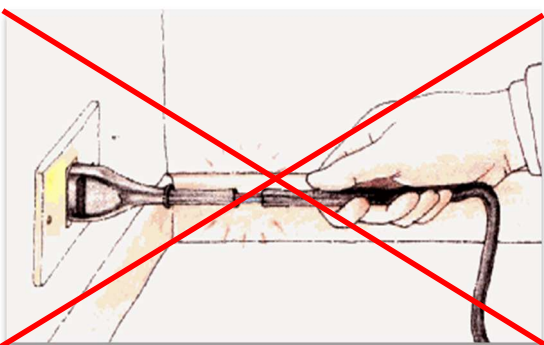
□ Evitare di servirvi di prolunghhe: in caso di necessità, dopo l'uso staccarle e riavvolgerle.

□ Non utilizzare multiprese tipo "triple" collegate a "ciabatte" che a loro volta provengono da altre "triple".

□ Nel togliere la spina dalla presa **non tirare mai il cavo** e ricordare di **spegnere prima** l'apparecchio utilizzatore

□ Non utilizzare l'acqua per spegnere un incendio di origine elettrica o che si sia propagato in prossimità di impianti sotto tensione.

□ Non forzare una spina "schuko" in una presa CEI. Senza l'apposito adattatore l'apparecchio utilizzatore sarebbe privo di collegamento a terra con grave pericolo per l'operatore.



Rischio di fulminazione

Per quanto riguarda la **valutazione del rischio di fulminazione**, diretta ed indiretta, questo rientra nel contesto più ampio dei rischi di natura elettrica, trattati nel Capo III del Titolo III del D.Lgs. 81/08.

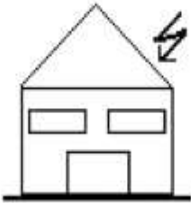

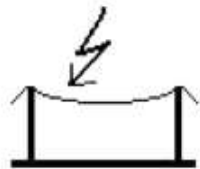

La norma **CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2)** definisce il **rischio di fulminazione tollerabile (RT)** come il massimo valore di rischio che può essere tollerato per la struttura:

| Tipo di perdita | Significato | Rischio tollerabile R_T [anni ⁻¹] |
|-------------------------------------|---|---|
| L1: Perdita di vite umane | Numero di morti all'anno, riferiti al numero totale di persone esposte al rischio | 10^{-5} |
| L2: Perdita di servizio pubblico | Numero di utenti non serviti per durata annua del disservizio, riferiti al numero totale di utenti serviti all'anno | 10^{-3} |
| L3: Perdita di patrimonio culturale | Valore annuo dei beni perduti, riferiti al valore totale dei beni esposti al rischio | 10^{-4} |

- **rischio fulminazione < RT** \Rightarrow non è necessario procedere all'installazione di sistemi di protezione contro il fulmine e la struttura si definisce "auto protetta" dal rischio fulminazione;
- **rischio fulminazione > RT** \Rightarrow dovranno essere adottate idonee misure di protezione quali ad esempio **captatori, gabbie di Faraday, scaricatori**, etc.

La valutazione del rischio fulminazione è parte integrante del **DVR** che il datore di lavoro deve effettuare, in accordo con le prescrizioni del D.Lgs. 81/08. Nello specifico, l'art. 80 impone al datore di lavoro di effettuare una valutazione:

- del rischio di **fulminazione diretta**
- del rischio di **fulminazione indiretta**

| Tipo di colpo | Esempio | Cause di danno | Tipi di danno | Tipi di perdita | Componente del rischio |
|--|--|----------------|----------------|---|--|
| Fulmine sulla struttura |  | S1 | D1 D2 D3 | L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4 | R _A R _B R _C |
| Fulmine in prossimità della struttura |  | S2 | D3 | L1 ⁽¹⁾ , L2, L4 | R _W |
| Fulmine sulle linee entranti |  | S3 | D1 D2 D3 | L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4 | R _U R _V R _W |
| Fulmine in prossimità delle linee entranti |  | S4 | D3 | L1 ⁽¹⁾ , L2, L4 | R _Z |

(1) Strutture con rischio di esplosione o in cui guasti agli impianti interni sono pericolosi per la vita umana (ad es.: alcuni reparti ospedalieri).

(2) Proprietà agricole (in cui può essere perdita di animali per tensioni di contatto e passo).

L1 ⇒ perdita di vite umane - rischio R 1

L2 ⇒ perdita di servizio pubblico - rischio R 2

La singola componente del rischio dall'equazione: $R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X$

RISCHIO = NUMERO fulmini x PROBABILITÀ che il fulmine possa causare una perdita x ENTITÀ media della perdita

Tipo di danno:

- **D1** ⇒ lesione o morte di persone o animali
- **D2** ⇒ danni alle strutture
- **D3** ⇒ fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche

Sorgente del danno:

- **S1** ⇒ fulminazione diretta della struttura, il fulmine coglie direttamente la struttura
- **S2** ⇒ fulminazione indiretta della struttura, il fulmine colpisce a terra nei pressi della struttura
- **S3** ⇒ fulminazione diretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine picchia direttamente su una linea elettrica o di segnale che entra nella struttura
- **S4** ⇒ fulminazione indiretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine si scarica nei pressi di una linea elettrica o di segnale entrante nella struttura

I danni D1, D2 e D3 prodotti dal fulmine, variamente combinati, possono causare perdite diverse secondo il tipo di struttura:

Tipo di perdita:

L3 ⇒ perdita di patrimonio culturale insostituibile - rischio R 3

L4 ⇒ perdita economica - rischio R 4

Misure preventive [CEI EN 62305-4]

Le principali misure di protezione sono:

☞ **Impianto di protezione contro i fulmini - LPS** - (*Lighting Protection System*) ⇒ è l'impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

☞ **Limitatore di sovratensioni - SPD** - (*Surge Protective Device*) ⇒ Detto anche "scaricatore di corrente", è il dispositivo per limitare le sovratensioni e deviare le sovracorrenti per evitare il danneggiamento di circuiti e di apparati. Le sovratensioni dovute a fulminazioni sono le più gravose.

Tipologie di impianti LPS

- **Attirafulmine a stilo** - Costituito essenzialmente da un'asta metallica, disposta sul punto più alto dell'oggetto da proteggere, collegata ad uno o più dispersori di terra.
- **Gabbia di Faraday** - Per la protezione di edifici più estesi si possono usare diverse aste in parallelo poste su più punti e collegate tra loro con una rete di conduttori e con diverse discese che avvolgono tutto l'edificio come una gabbia.
- **Funi di guardia**. Al di sopra delle linee ad alta tensione dei cavi in acciaio sono collegati a terra tramite i piloni di sostegno della linea (tralicci metallici) evitando che eventuali sovratensioni generate da elevati campi elettrostatici associati vadano a interessare i cavi sottostanti che conducono la corrente.
- **Parafulmine laser**. Viene usato per proteggere le centrali elettriche e si basa sul principio che fasci di laser infrarossi o ultravioletti con opportuna lunghezza d'onda creano una ionizzazione dell'aria costituendo un cammino conduttore preferenziale alla scarica del fulmine.



Fonti

- Salute e sicurezza nell' azienda sanitaria locale - Applicazione del D.Lgs. 81/08- Dr. Nicola Carriero
- <https://intranet.unige.it/sites/intranet.unige.it/files/Linee%20guida%20Rischio%20Elettrico.pdf>
- www.formazioneesicurezza.it/05.../Elementi%20di%20rischio%20elettrico%2001.ppt
- http://www.elektro.it/elektro_sicurel_html/elektro_sicurel_5.html
- http://www.edurete.org/pd/sele_art.asp?ida=3576
- <http://www.scame.com/it/infotec/manuale/tecni06d.asp>
- <https://www.bricoportale.it/ristrutturare-casa/lavori-in-casa/elettricita-ristrutturare-casa/impianto-di-messa-a-terra-fai-da-te>
- <http://www.nemesiverifiche.com/impianto-di-terra/>
- http://cid.schneiderelectric.it/z_images/LEESGTB120EI_3.pdf
- http://www.diee.unica.it/elettrotecnica/materialeUSAI_el/23_metodi_di_protezione_passiva_dai_contatti_indiretti.pdf
- http://www.elektro.it/classe_II_no_terra/classe_II_no_terra_1.html
- http://www.elektro.it/felv/felv_01.html
- <http://www.alfagestroma.it/post.php?id=9>
- <https://www.voltimum.it/articolo/articoli-dal-gie/articolo-83>
- <http://valleimpianti.it/il-salvavita-questo-sconosciuto/>
- <https://www.626suite.it/index.php/elenco-prodotti-della-suite-per-la-sicurezza178/software-rischio-scariche-atmosferiche.html>
- https://www.vegaengineering.com/servizi/1-valutazione_del_rischio_di_fulminazione-112.html
- http://www.elektro.it/fulmini_1/fulmini_1_01.html