

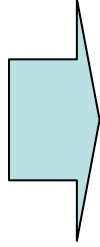
# **CORSO PER RSPP**

## **MODULO B**

### **Rischio elettrico**

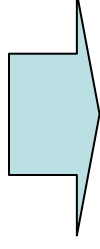
# ***Il Rischio elettrico può significare:***

Per le attività



- Incendio
- Esplosione

Per l'uomo



## **Elettrocuzione (scossa elettrica):**

- Da contatto diretto (parti normalmente in tensione)
- Da contatto indiretto (parti accidentalmente in tensione)

La resistenza del corpo umano al passaggio di corrente elettrica dipende da diverse variabili:

- **STATO DELLA PELLE:** l'umidità e il sudore fanno diminuire notevolmente la resistenza della pelle
- **SUPERFICIE DI CONTATTO:** all'aumentare della superficie di contatto diminuisce la resistenza della pelle
- **DURATA DEL CONTATTO:** all'aumentare della durata del contatto, diminuisce la resistenza della pelle
- **FREQUENZA:** all'aumentare della frequenza, la resistenza del corpo umano diminuisce
- **TASSO DI ALCOL NEL SANGUE:** la resistenza del corpo umano diminuisce all'aumentare del tasso alcolico nel sangue
- **CONDIZIONI FISIOLOGICHE:** uno stato di forte concentrazione diminuisce la resistenza al passaggio della corrente elettrica
- **TENSIONE DI CONTATTO:** la resistenza della pelle diminuisce all'aumentare della tensione di contatto

## **Rischio da Contatto diretto**

Per contatto diretto si intende il contatto di persone con una parte attiva dell'impianto, per esempio, quando si tocca un filo elettrico scoperto o male isolato oppure quando si toccano con entrambe le mani i due poli della corrente.

Il corpo umano è così sottoposto ad una differenza di potenziale, che provoca il passaggio di una corrente elettrica verso terra nel primo caso e attraverso le braccia nel secondo. Ciò produce una sensazione dolorosa (scossa elettrica), sempre pericolosa e talvolta mortale.

Gli effetti sulla salute sono deleteri.

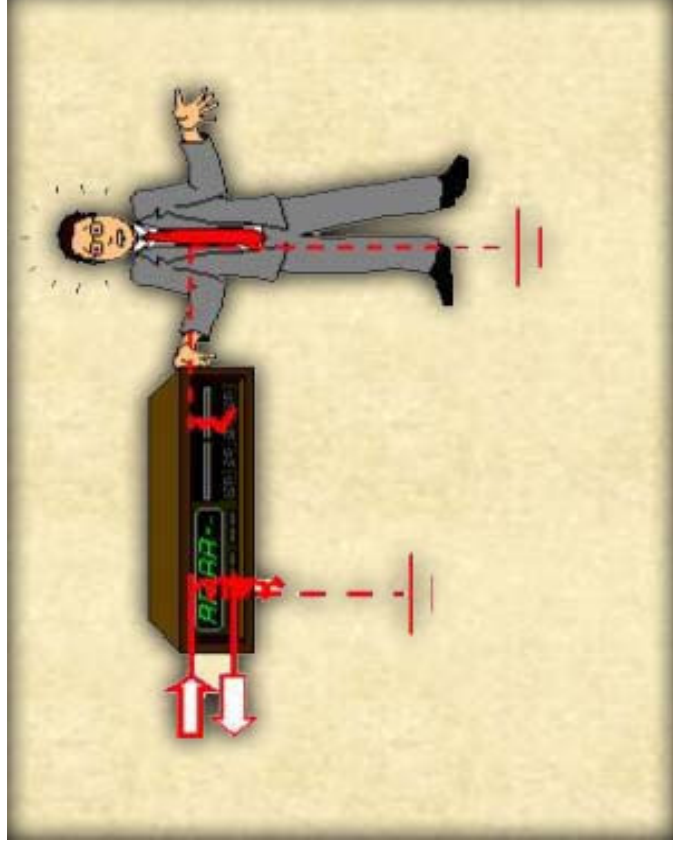
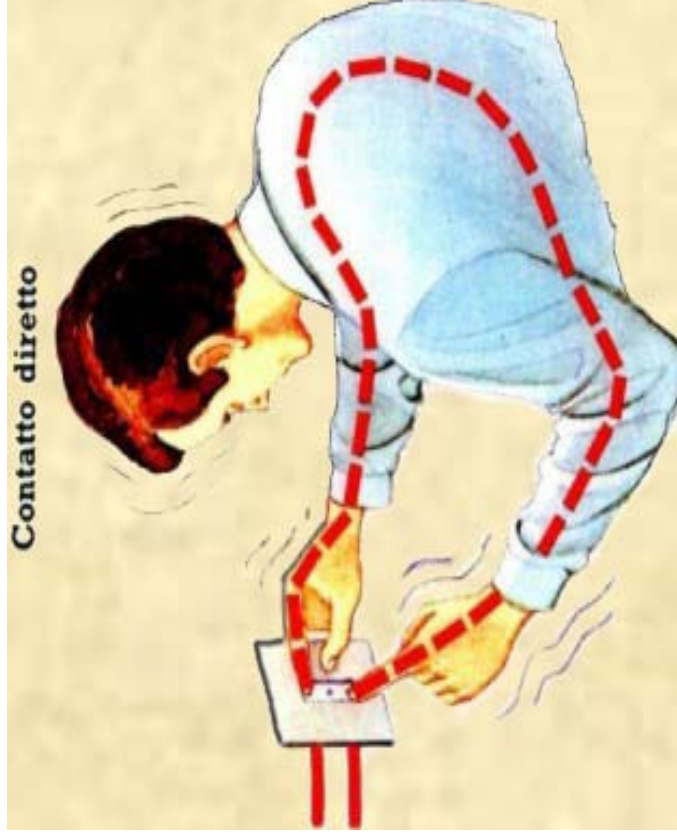
La potenza della scossa, l'intervallo di tempo del passaggio dell'elettricità e le condizioni al contorno dell'incidente determinano l'entità del danno.

## **Rischio da Contatto indiretto**

Per contatto indiretto si intende il contatto di persone con una massa che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma solo in condizioni di guasto, come per esempio avviene quando l'isolamento elettrico di un apparecchio cede o si deteriora in seguito ad un guasto o ad un degrado spesso non visibile.

L'involucro metallico dell'apparecchio elettrico si trova in questo caso sotto tensione ed in caso di contatto la persona può essere investita dal passaggio della corrente elettrica verso terra.

Contatto diretto



#### CONTATTO DIRETTO E INDIRETTO

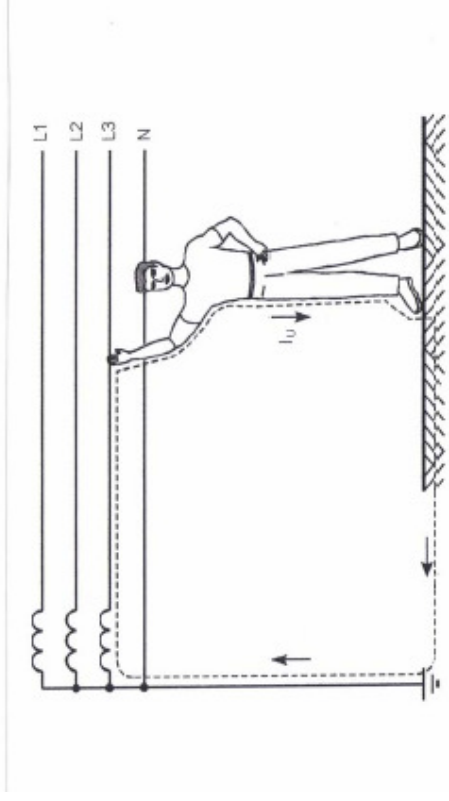


Fig. 1 - In figura la persona tocca contemporaneamente il conduttore  $L_3$  ed il pavimento ed è sottoposta ad una differenza di potenziale molto prossima alla tensione di linea  $U_{L3}$ . Il valore della corrente che la attraversa dipende dal valore della impedenza di contatto e da quella del suo corpo. La corrente si richiude nella cabina che alimenta la linea elettrica  $L_3$  attraverso il terreno.

**LA CORRENTE ELETTRICA, ATTRAVERSANDO IL CORPO UMANO, PUO' CAUSARE:**

- **INTERFERENZA CON I SEGNALE Elettrobiologici delle fibre nervose e muscolari:**

- ✓ **TETANIZZAZIONE (CONTRAZIONE SPASMODICA DEI MUSCOLI) FINO ALLA PARALISI RESPIRATORIA PER CONTRAZIONE DEL DIAFRAMMA**

- ✓ **FIBRILLAZIONE (CONTRAZIONE SCOORDINATA) DEL MUSCOLO CARDIACO FINO ALL'ARRESTO CARDIACO**

- ✓ **LESIONI DEGLI ORGANI DI SENSO (VERTIGINI, CECITA' )**

- ✓ **LESIONI NEUROLOGICHE DEL MIDOLLO SPINALE (PARALISI TEMPORANEE)**

- **USTIONI DIRETTE, SUPERFICIALI E PROFONDE (SVILUPPO DI CALORE PER EFFETTO JOULE)**

- **TRAUMI PER URTI E CADUTE CONSEGUENTI ALL'ELETTROCUZIONE**

## TETANIZZAZIONE

Con correnti  $> 10 \text{ mA}$  in c.a e  $> 100 \text{ mA}$  in c.c  
L'infortunato non riesce a lasciare la presa e  
ad allontanarsi dalla parte in tensione

## FIBRILLAZIONE VENTRICOLARE

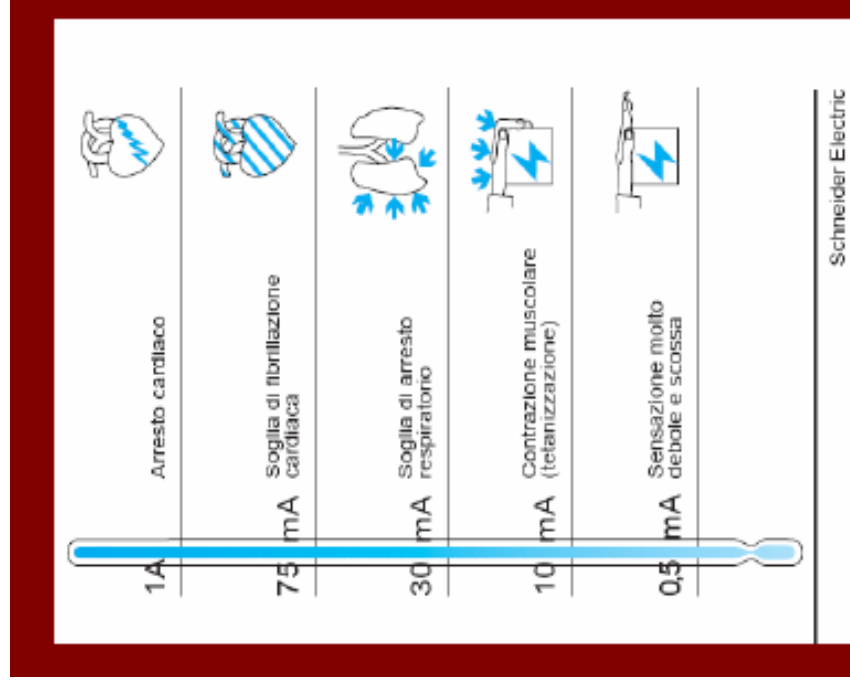
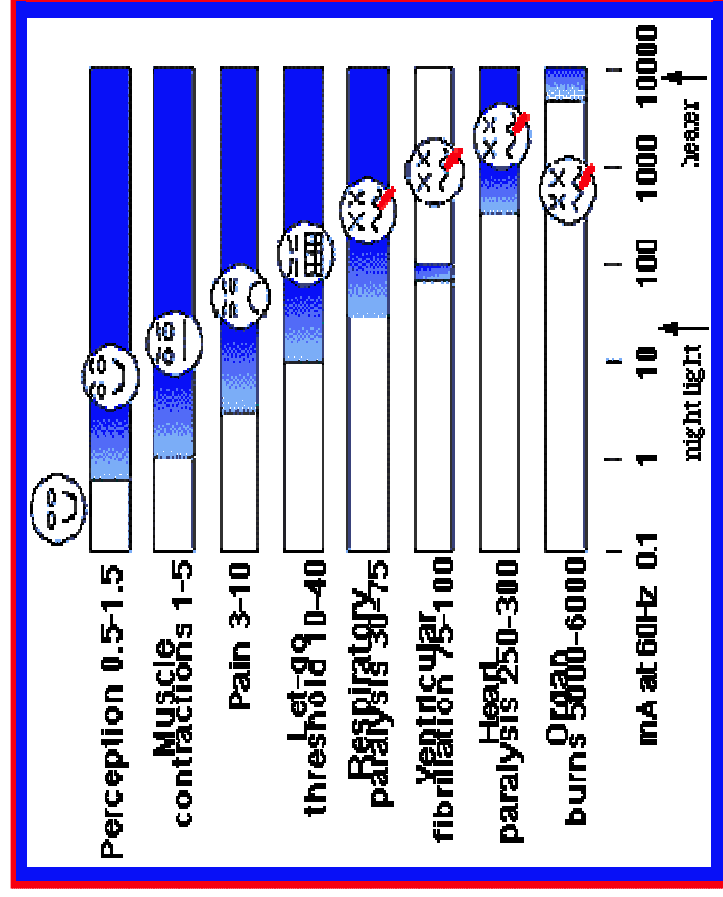
Con correnti  $> 50 \text{ mA}$

si tratta di una contrazione irregolare del cuore che non riesce a garantire la normale circolazione del sangue. Il fenomeno è irreversibile a meno che non si intervenga con un defibrillatore. Il percorso più pericoloso della corrente è quello manotorace.

## ASFISSIA

E' dovuta alla contrazione dei muscoli addetti alla respirazione. Si può intervenire con un massaggio cardiaco o con respirazione artificiale.

## Effetti della corrente elettrica (in mA) su un corpo umano di circa 65 Kg



## Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

**1.** Il datore di lavoro prende le misure necessarie affinché i materiali, le apparecchiature e gli impianti elettrici messi a disposizione dei lavoratori siano progettati, costruiti, installati, utilizzati e mantenuti in modo da salvaguardare i lavoratori da tutti i rischi di natura elettrica ed in particolare quelli derivanti da:

- a) contatti elettrici diretti;**
- b) contatti elettrici indiretti;**
- c)** innesco e propagazione di incendi e di ustioni dovuti a sovratemperature;
- d)** innesco di esplosioni;
- e)** fulminazione diretta ed indiretta;
- f)** sovratensioni;
- g)** altre condizioni di guasto ragionevolmente prevedibili.

## Articolo 80 - Obblighi del datore di lavoro

**2.** A tale fine ***il datore di lavoro esegue una valutazione dei rischi*** di cui al precedente comma 1, tenendo in considerazione:

- a)** le condizioni e le caratteristiche specifiche del lavoro, ivi comprese eventuali interferenze;
- b)** i rischi presenti nell'ambiente di lavoro;
- c)** tutte le condizioni di esercizio prevedibili.

**3.** ***A seguito della valutazione del rischio elettrico il datore di lavoro adotta le misure tecniche ed organizzative necessarie ad eliminare o ridurre al minimo i rischi presenti***, ad individuare i dispositivi di protezione collettivi ed individuali necessari alla conduzione in sicurezza del lavoro ed a predisporre le procedure di uso e manutenzione atte a garantire nel tempo la permanenza del livello di sicurezza raggiunto con l'adozione delle misure di cui al comma 1.

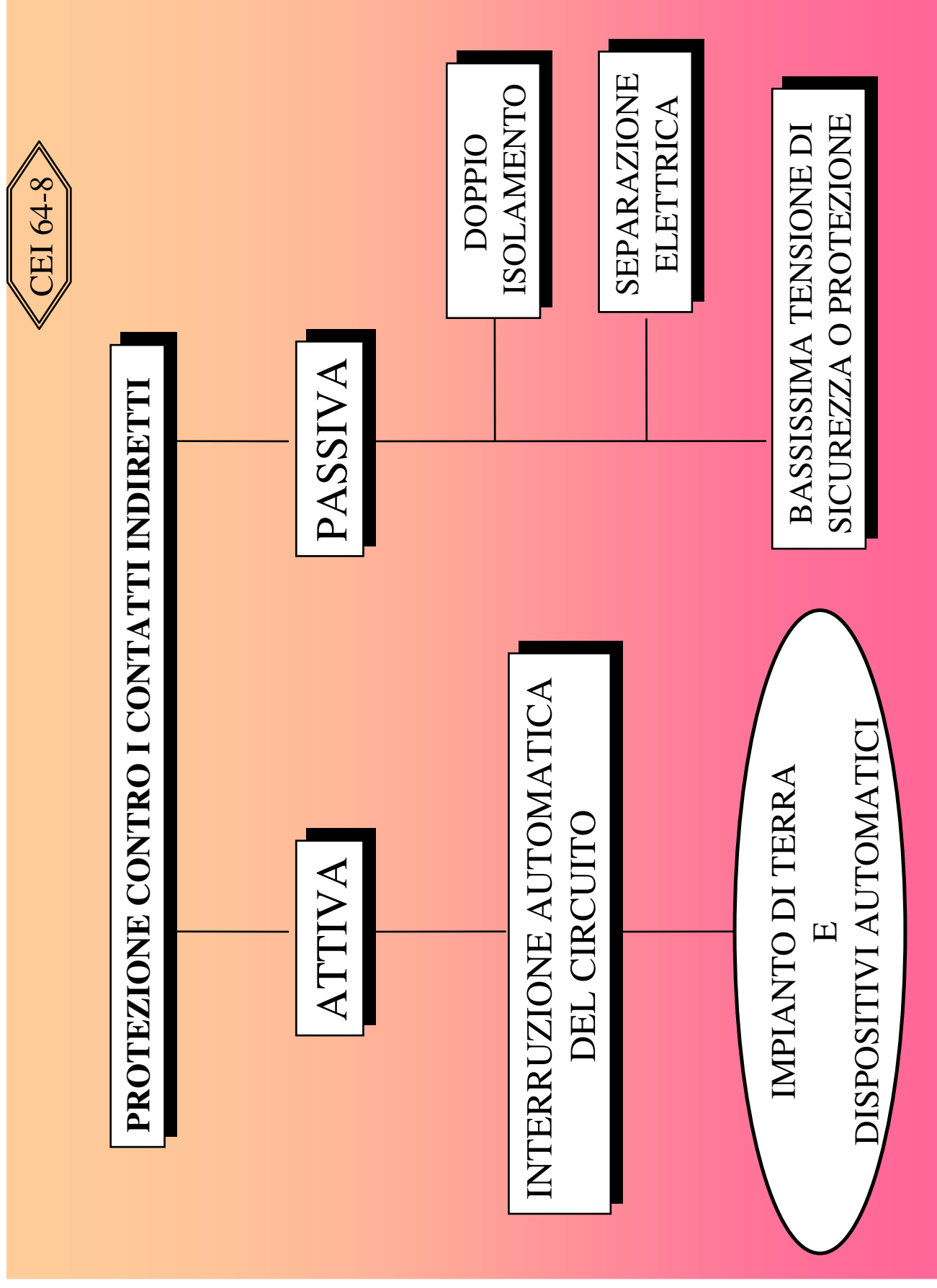
## Articolo 81 – Requisiti di sicurezza

- 1.** Tutti i materiali, i macchinari e le apparecchiature, nonché installazioni e impianti elettrici ed elettronici devono essere progettati, realizzati e costruiti a regola d'arte.
- 2.** Ferme restando le disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, i materiali, i macchinari, le apparecchiature, le installazioni e gli impianti... si considerano costruiti a regola d'arte se sono realizzati secondo le norme di buona tecnica contenute nell' ALLEGATO IX.
- 3.** Le procedure di uso e manutenzione devono essere predisposte tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti, delle indicazioni contenute nei manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature ricadenti nelle direttive specifiche di prodotto e di quelle indicate nelle norme di buona tecnica contenute nell' ALLEGATO IX.

### **ALLEGATO IX NORME DI BUONA TECNICA**

Ai fini del presente Capo, si considerano norme di buona tecnica le specifiche tecniche emanate dai seguenti organismi nazionali e internazionali:

UNI (Ente Nazionale di Unificazione);  
CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano);  
CEN (Comitato Europeo di normalizzazione);  
CENELEC (Comitato Europeo per la standardizzazione Elettrotecnica);  
IEC (Commissione Internazionale Elettrotecnica);  
ISO (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione).



# IMPIANTO DI TERRA

Nei paesi industriali, il neutro e le masse degli impianti (distribuzione pubblica e impianti utilizzatori) vengono collegati a terra per fronteggiare il pericolo causato dalla corrente elettrica e per la salvaguardia e la sicurezza delle persone, cose ed animali.

Gli obiettivi sono identici per tutti i paesi del mondo:

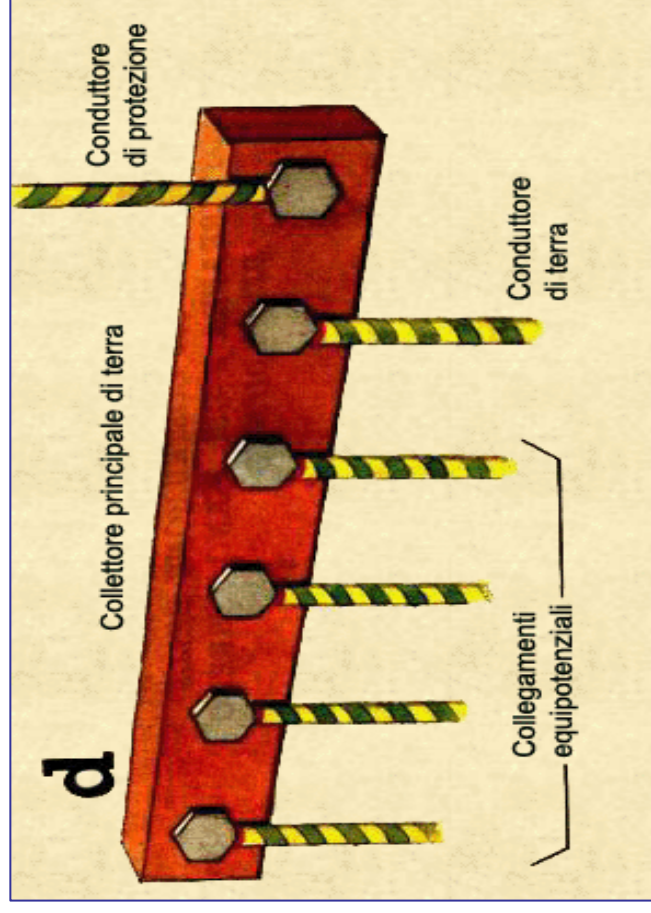
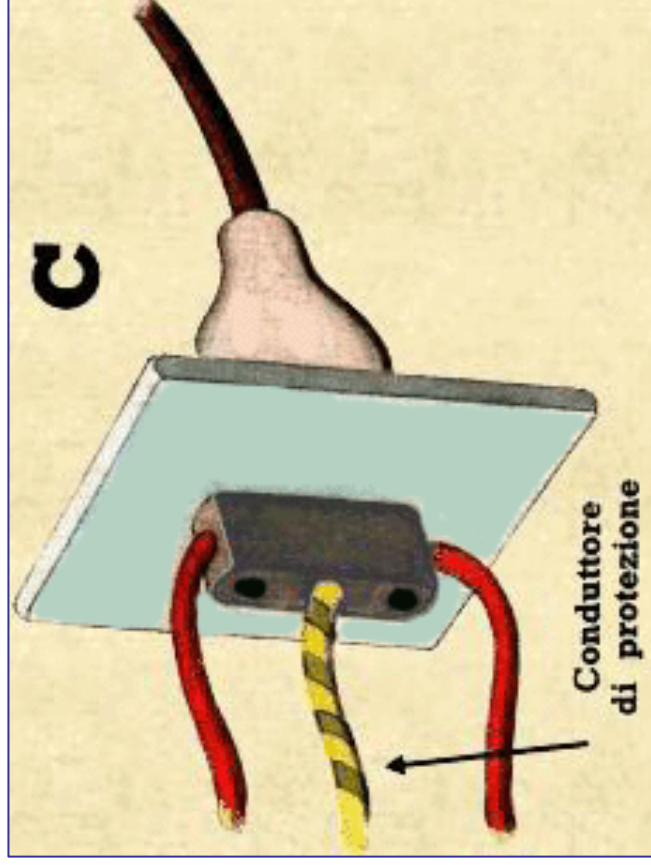
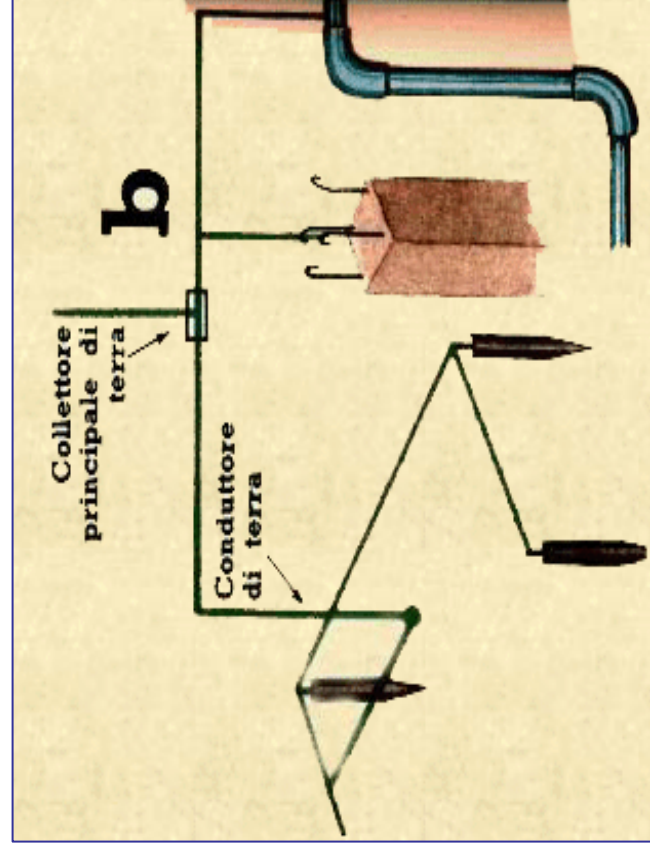
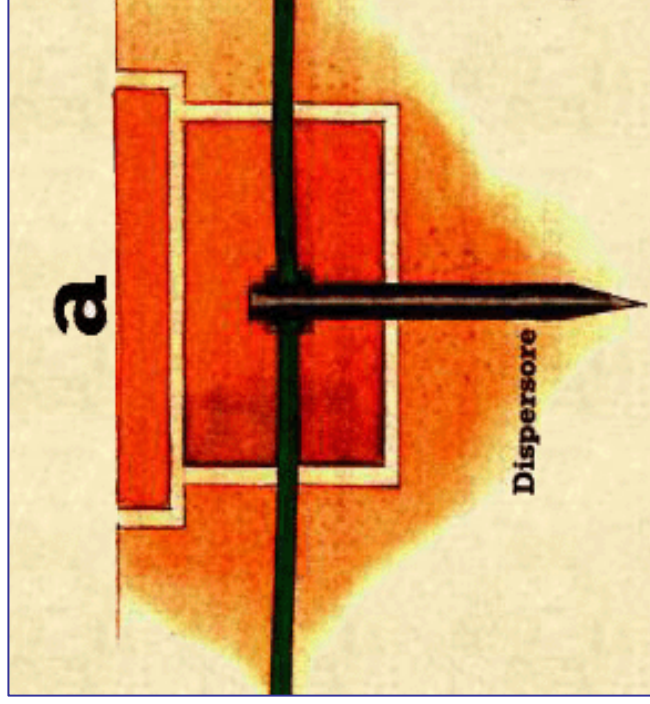
- limitare il potenziale dei conduttori attivi per rapporto alla terra nel normale funzionamento;
- contenere, nel caso di difetto di isolamento, le tensioni tra le masse e la terra;
- consentire l'intervento dei dispositivi di protezione per l'eliminazione del guasto a terra;
- limitare la crescita del potenziale dovuto ai guasti di originati dalla rete a media tensione;
- contenere la crescita del potenziale, quando il fulmine interessa l'installazione o la rete di alimentazione.

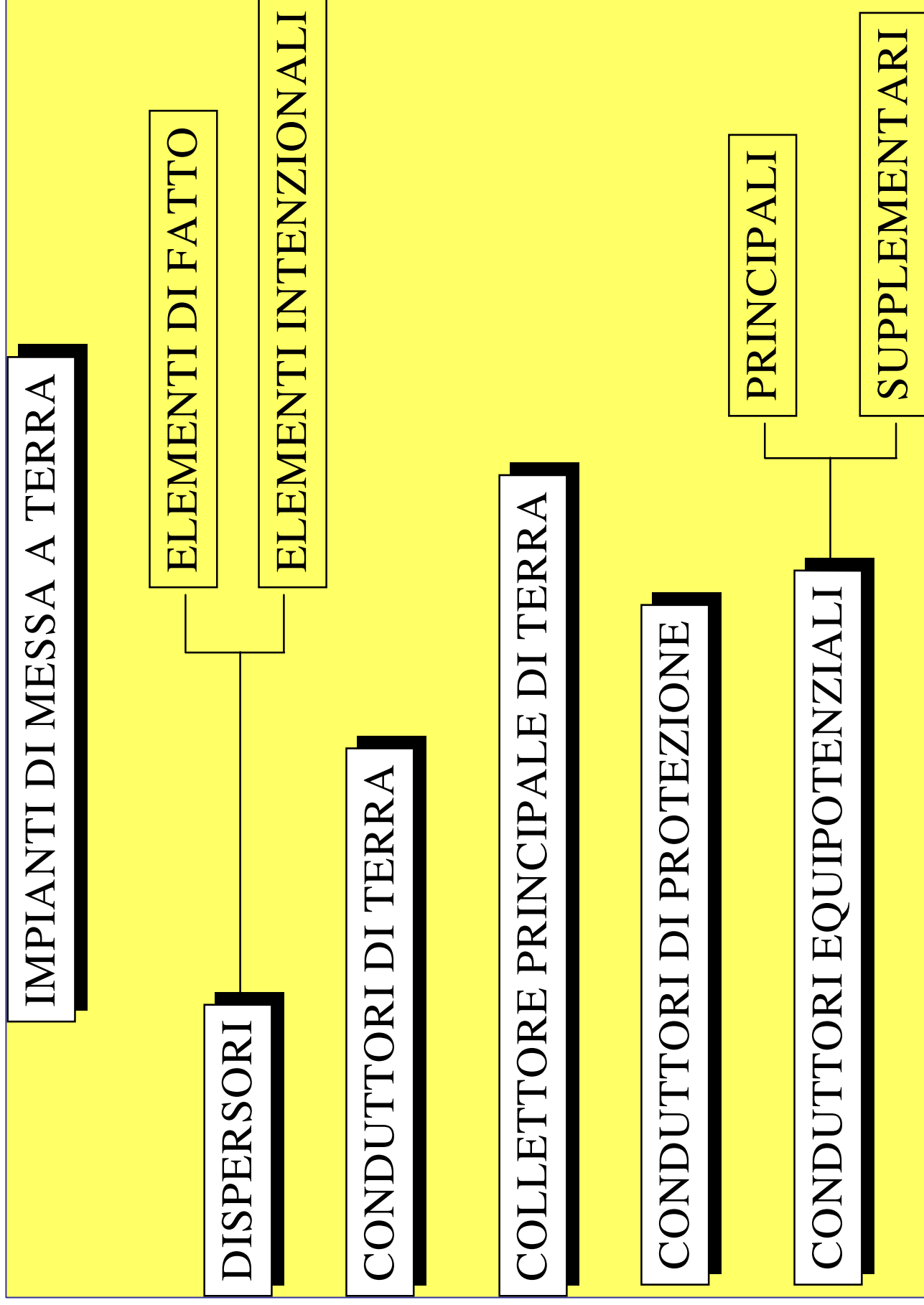
I primi tre obiettivi riguardano il campo dello schema di collegamento a terra della bassa tensione, mentre il quarto rientra in quello della media tensione.

**L'impianto di terra è destinato a realizzare la protezione che, coordinata con un adeguato dispositivo, realizza il metodo denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione".**  
**E' il metodo di protezione più diffuso contro i contatti indiretti, ed è l'unico ammesso per gli impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I categoria.**

## **IMPIANTO DI MESSA A TERRA (Art. 314 e Capo IX D.P.R. 547/1955)**

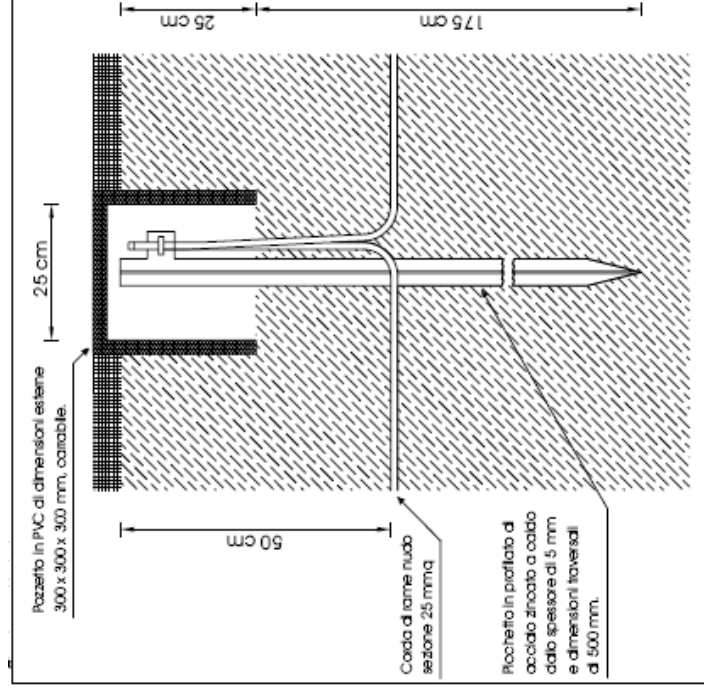
***La funzione dell'impianto di messa a terra è quella di scaricare la tensione che può trovarsi nelle varie parti di un macchinario o in un'attrezzatura direttamente verso il terreno, seguendo un tragitto preferenziale, senza provocare, o limitando al massimo, i danni alle persone che potrebbero venire in contatto con tali masse.***





## DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

| SEZIONE DEI CONDUTTORI DI FASE DELL'IMPIANTO S [mm <sup>2</sup> ] | SEZIONE MINIMA DEL CORRISPONDENTE CONDUTTORE DI PROTEZIONE S <sub>p</sub> [mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S \leq 16$                                                       | $S_p = S$                                                                                    |
| $16 \leq S \leq 35$                                               | 16                                                                                           |
| $S > 35$                                                          | $S_p = S/2$                                                                                  |



**impianto disperdente: insieme degli elementi disperdenti infissi nel terreno, quali paletti, griglie, picchetti, ecc., e collegati elettricamente tra loro mediante corde di rame interrate.**

**Si sceglie in base a:**

- sistema di distribuzione
- intensità della corrente di guasto da disperdere
- caratteristiche del terreno

## DIMENSIONAMENTO DEL COLLETTORE PRINCIPALE DI TERRA

Il collettore principale di terra costituisce il punto di congiunzione tra i conduttori di terra, i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali.

Il collettore principale di terra deve essere ispezionabile.

## DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI PRINCIPALI

Sono quelli necessari per il collegamento delle masse estranee a livello del terreno e il collettore principale di terra.

| SEZIONE DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE DI SEZIONE MAX DELL'IMPIANTO $S_p$ [mm <sup>2</sup> ] | SEZIONE MINIMA DEL CONDUTTORE EQUIPOTENZIALE PRINCIPALE $S_p$ [mm <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $S_p \leq 16$                                                                              | $S_{EQPmin} = 6$                                                                 |
| $16 \leq S_p \leq 50$                                                                      | $S_{EQP} = S/2$                                                                  |
| $S_p > 50$                                                                                 | $S_{EQPmax} = 25$                                                                |

## CAVI

SONO INDIVIDUATI DA UNA SERIE DI LETTERE E NUMERI CHE STANNO AD INDICARE:

- LO STATO DI ARMONIZZAZIONE
- LA TENSIONE NOMINALE
- LA NATURA DELL'ISOLAMENTO (PVC - gomma)
- LA NATURA DELLA GUAINA (PVC - gomma)
- IL TIPO DI POSA (fissa - mobile - interrata)
- LA FORMAZIONE DEI CONDUTTORI (rigido - flessibile)

oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo

LA SEZIONE DEI CAVI DEVE ESSERE TALE CHE:

$$\text{PORTATA} > I_n > \text{CORRENTE DI IMPIEGO}$$

oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo

COLORI CONVENZIONALI DELL'ISOLAMENTO:

|        |   |                                       |
|--------|---|---------------------------------------|
| TERRA  | → | GIALLO VERDE                          |
| NEUTRO | → | BLU                                   |
| FASE   | → | NON SONO RICHIESTI COLORI PARTICOLARI |

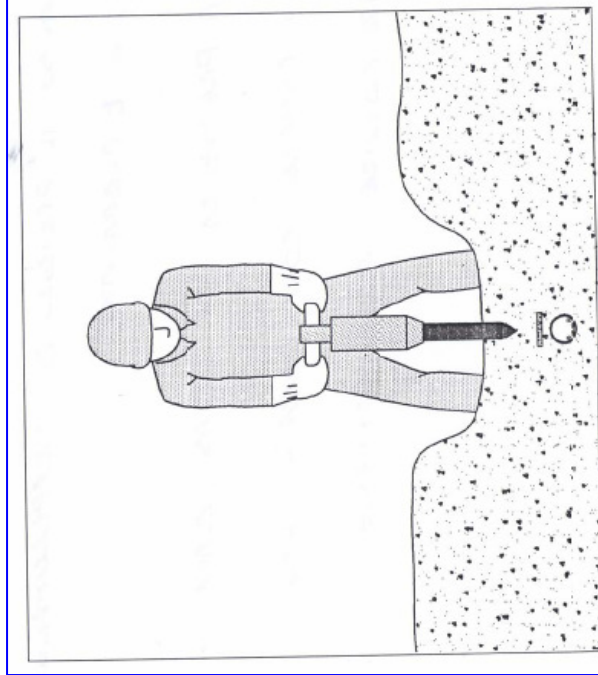
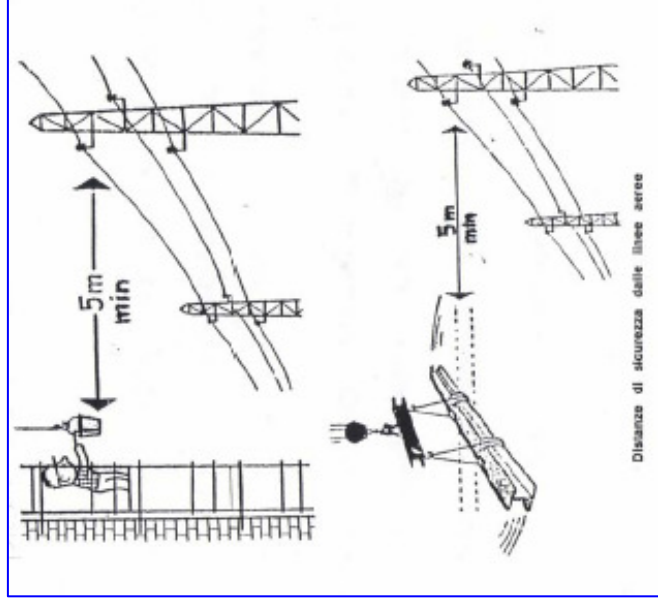


FIGURA 8.7 – I cavi interrati nella zona del cantiere devono essere individuati e segnalati, ad evitare infortuni durante i lavori di scavo.



BASSISSIMA TENSIONE FINO A 50 V

| COLORE | 2P                        | 3P                        |
|--------|---------------------------|---------------------------|
| VIOLA  | 20 ÷ 25 V<br>50 e 60 Hz   | 20 ÷ 25 V<br>50 e 60 Hz   |
| BIANCO | 40 ÷ 50 V<br>50 e 60 Hz   | 40 ÷ 50 V<br>50 e 60 Hz   |
| VERDE  | 20 ÷ 50 V<br>100 ÷ 200 Hz | 20 ÷ 50 V<br>100 ÷ 200 Hz |

BASSA TENSIONE OLTRE 50 V FINO A 500 V

| COLORE | 2P+T                      | 3P+T                      | 3P+N+T                               |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| BLU    | 200 ÷ 250 V<br>50 e 60 Hz | 200 ÷ 250 V<br>50 e 60 Hz | 120/208 V<br>144/250 V<br>50 e 60 Hz |
| ROSSO  | 380 ÷ 415 V<br>50 e 60 Hz | 380 ÷ 415 V<br>50 e 60 Hz | 200/346 V<br>240/415 V<br>50 e 60 Hz |
| VERDE  | > 50 V<br>100 ÷ 300 Hz    | > 50 V<br>100 ÷ 300 Hz    | > 50 V<br>100 ÷ 300 Hz               |

D.P.R. 27/4/1955 n. 547

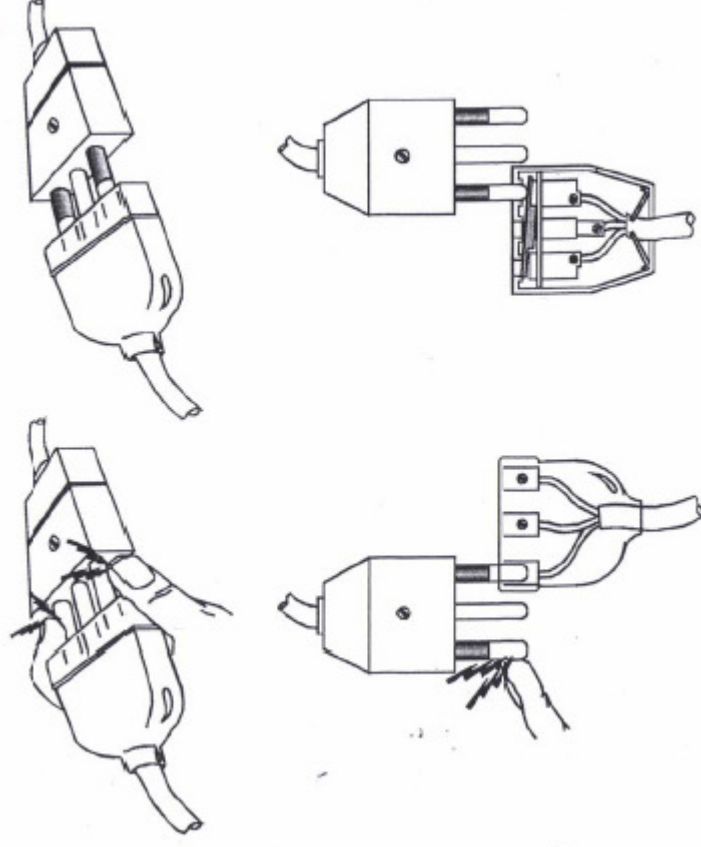
Derivazioni a spina

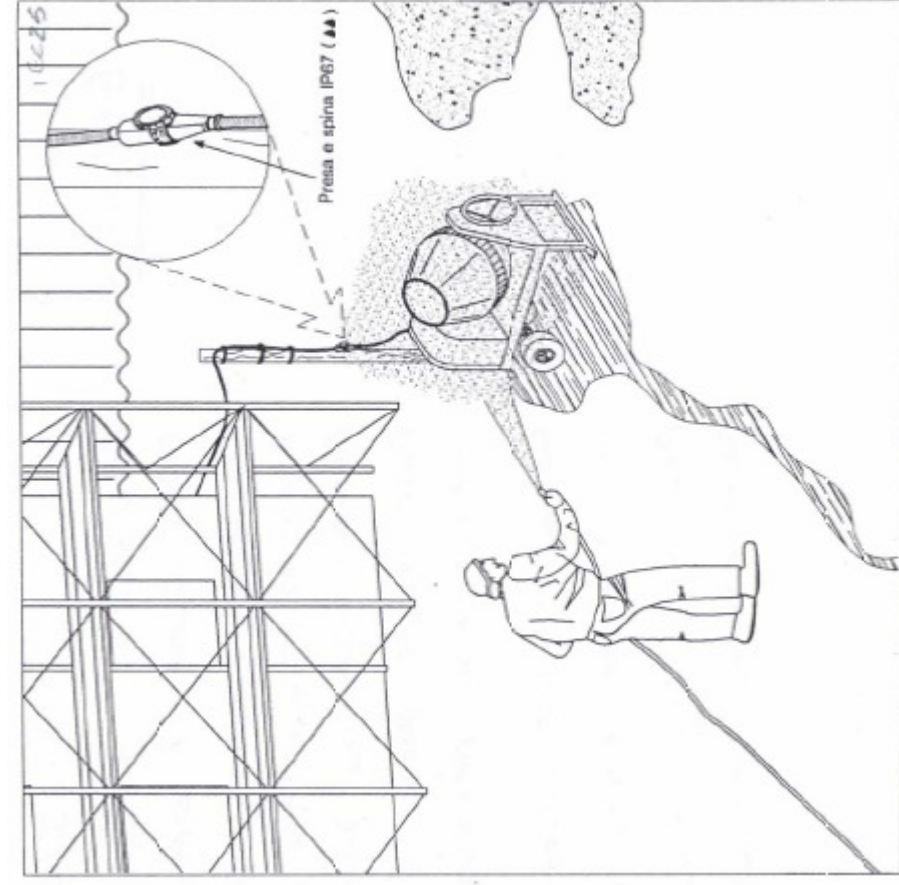
Art. 309. Le derivazioni a spina, compresi i tratti di conduttori mobili intermedi, devono essere costruite ed utilizzate in modo che, per nessuna ragione, una spina (maschio) che non sia inserita nella propria sede (femmina) possa risultare sotto tensione.

Art. 310. Le prese per spina devono soddisfare alle seguenti condizioni:

- a) non sia possibile, senza l'uso di mezzi speciali, venire in contatto con le parti in tensione della sede (femmina) della presa;
- b) sia evitato il contatto accidentale con la parte in tensione della spina (maschio) durante l'inserzione e la "disinserzione".

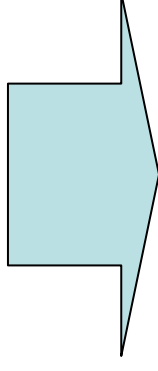
Art. 311. Le derivazioni a spina per l'alimentazione di macchine e di apparecchi di potenza superiore ai 1000 Watt devono essere provviste, a monte della presa, di interruttore, nonché di valvole onnipolari, escluso il neutro, per permettere l'inserimento ed il disinserimento della spina a circuito aperto.





– Le prese a spina fisse, che possono essere soggette a getti d'acqua, devono avere un grado di protezione IP67 (AA).

**Le prese a spina fissa, che possono essere soggette a getti d'acqua, devono essere a grado di protezione IP67.**



**IL GRADO DI PROTEZIONE di un involucro, indica la resistenza al passaggio di un corpo solido o di un liquido.**

**Si indica con due numeri:**

- **la prima cifra rappresenta la protezione alla penetrazione di corpi solidi.**
- **la seconda cifra rappresenta la protezione alla penetrazione di liquidi**

| 1 ° cifra | 2 ° cifra | lettera aggiunta | lettera supplementare |
|-----------|-----------|------------------|-----------------------|
| 0...1     | 0...8     | A...D            | H...W                 |

## 2° CIFRA protezione contro la penetrazione dei liquidi

| cifra | protezione del materiale                                               |
|-------|------------------------------------------------------------------------|
| 0     | non protetto                                                           |
| 1     | protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua                   |
| 2     | protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione max di 15° |
| 3     | protetto contro la pioggia                                             |
| 4     | protetto contro gli spruzzi d'acqua                                    |
| 5     | protetto contro i getti d'acqua                                        |
| 6     | protetto contro le ondate                                              |
| 7     | protetto contro gli effetti dell'immersione                            |
| 8     | protetto contro gli effetti della sommersione                          |

## 1° CIFRA protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose

| cifra | protezione del materiale                                      | protezione delle persone                          |
|-------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0     | non protetto                                                  | .                                                 |
| 1     | protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm. | protetto contro l'accesso con il dorso della mano |
| 2     | protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm  | protetto contro l'accesso con un dito             |
| 3     | protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5 mm | protetto contro l'accesso con un attrezzo         |
| 4     | protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm   | protetto contro l'accesso con un filo             |
| 5     | protetto contro la polvere                                    | protetto contro l'accesso con un filo             |
| 6     | totalmente protetto contro la polvere                         | protetto contro l'accesso con un filo             |

### lett.

|   | protezione delle persone                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 | <p>protetto contro l'accesso con un filo</p> <p><b>(a) utilizzata solo se:</b></p> <p>la protezione effettiva contro l'accesso a parti pericolose è superiore a quella indicata dalla prima cifra; è indicata solo la protezione contro l'accesso a parti pericolose e la prima cifra viene quindi sostituita da una x;</p> |

## **PROTEZIONE CONTRO CONTATTI DIRETTI**

Nei cantieri di costruzione o demolizione ai fini della protezione contro i contatti diretti, sono utilizzabili solo “misure di protezione totali”

### **ISOLAMENTO**

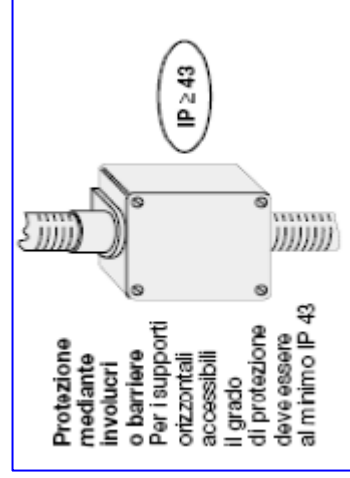
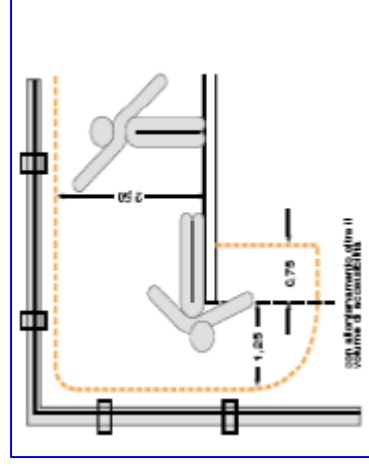
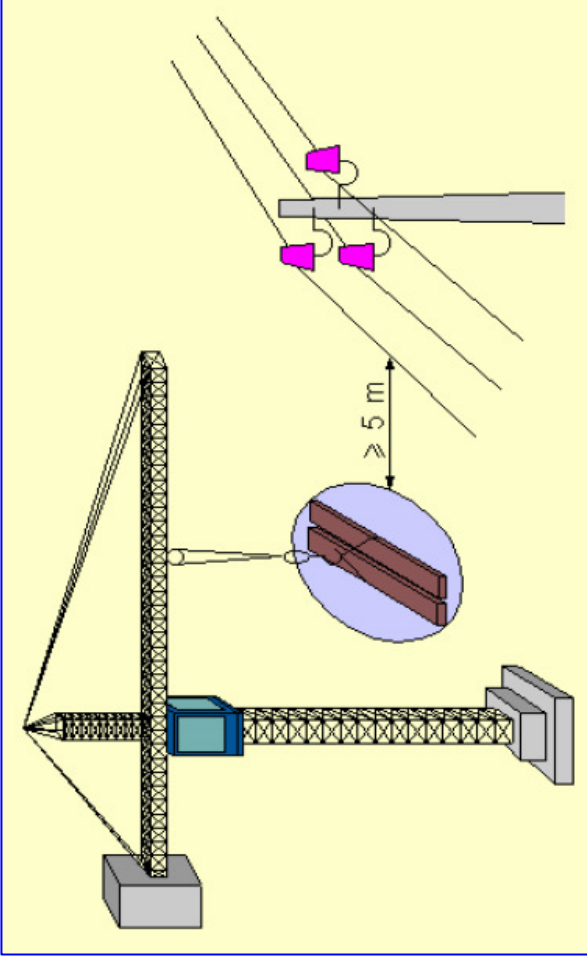
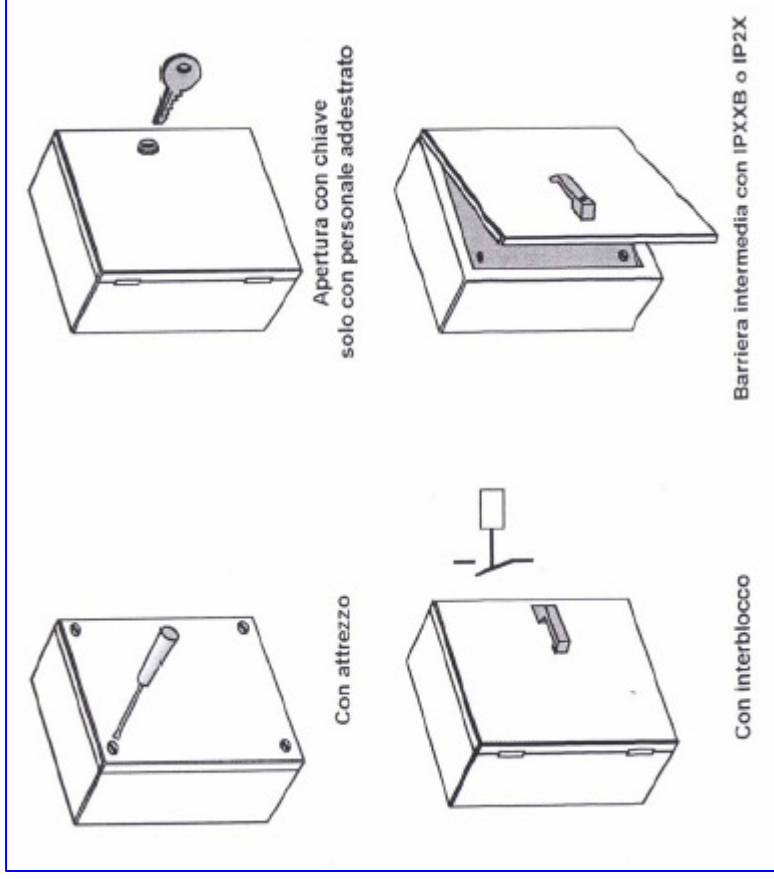
### **INVOLUCRI, BARRIERE**

#### ***Isolamento***

Ogni apparecchio elettrico è dotato di un isolamento tra le parti “attive”, e tra queste e la carcassa, senza la quale ne sarebbe impedito il funzionamento. Questo isolamento prende il nome di *isolamento funzionale*. Se l'isolamento funzionale è utilizzato anche per la protezione delle persone contro il pericolo elettrico viene definito *isolamento principale o fondamentale*. Il materiale isolante deve ricoprire completamente le parti attive ed essere rimovibile solo mediante distruzione. Deve essere adeguato alla tensione nominale verso terra e resistere alle sollecitazioni meccaniche, termiche e chimiche dovute all'utilizzo. Di norma tutti i conduttori elettrici sono dotati di isolamento.

#### **Involucri e barriere**

L'*involucro* è un elemento che assicura la protezione contro i contatti diretti in ogni direzione. Deve garantire la protezione contro le sollecitazioni esterne. Tipicamente i quadri o armadi elettrici sono involucri. La *barriera* è un elemento che assicura un determinato grado di protezione contro i contatti diretti nella direzione abituale di accesso. Tipicamente un pannello frontale interno a un armadio elettrico sul lato della porta d'accesso. Involucri e barriere possono essere rimovibili solo mediante l'uso di chiavi o attrezzi



# Interruttori differenziali

Interrompono automaticamente l'alimentazione del circuito, in caso di guasto tra una parte attiva e una massa o un conduttore di protezione, in modo che non possa persistere, per un tempo sufficiente a causare effetti fisiologici dannosi per la persona, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale

L'interruttore differenziale (detto anche salvavita da un nome commerciale largamente utilizzato) è un dispositivo elettrotecnico in grado di interrompere un circuito in caso di guasto verso terra (dispersione) o folgorazione fase-terra. Non offre alcuna protezione contro sovracorrente o cortocircuito tra fase e fase o tra fase e neutro, per i quali è invece richiesto un interruttore magnetotermico. Sono molto diffusi in commercio apparecchi che integrano entrambi i dispositivi.



In un sistema trifase la somma delle correnti, dando segno positivo per i flussi entranti e negativo per gli uscenti, risulta nulla (prima legge di Kirchhoff).

Se una apparecchiatura connessa all'impianto si guasta, è possibile che venga a crearsi un collegamento più o meno efficace tra la linea elettrica e la carcassa metallica (tecnicamente definita massa), la quale può diventare causa di folgorazione se toccata.

Se il collegamento è precario, è possibile anche che si produca calore per effetto Joule

con conseguente sviluppo di un incendio.

Poiché nelle centrali di distribuzione della rete elettrica e nelle cabine di trasformazione MT/BT il punto neutro è collegato a terra, qualunque collegamento tra una fase della linea elettrica e terra subisce un passaggio di corrente. Questa corrente dispersa non ritorna attraverso l'interruttore differenziale a monte dell'impianto, il quale rivela che la somma delle correnti di nodo non è più nulla ed interviene. Per evitare che sia un corpo umano a realizzare il ponte fase-terra e agevolare il lavoro dell'interruttore differenziale è necessario che gli apparecchi con carcassa metallica siano collegati ad un adeguato impianto di messa a terra. Si parla, in questo caso, di protezione contro i contatti indiretti.

$$I_1 + I_2 + I_{DN} = 0$$