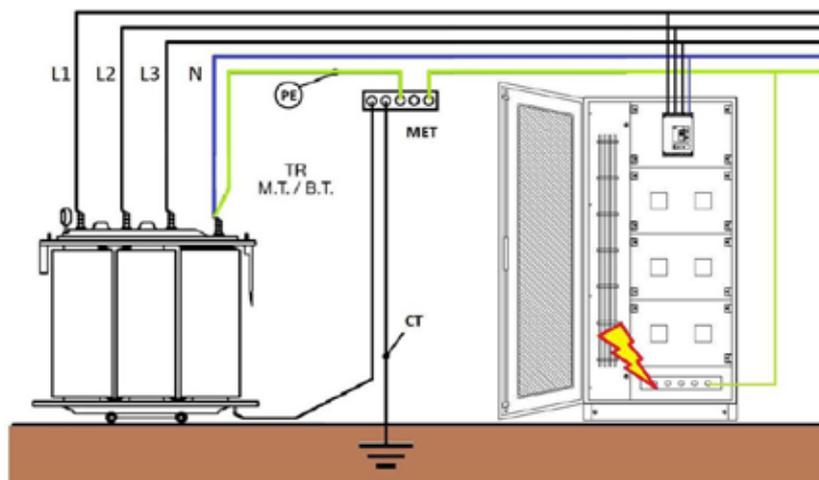


# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA CON ESEMPI APPLICATIVI

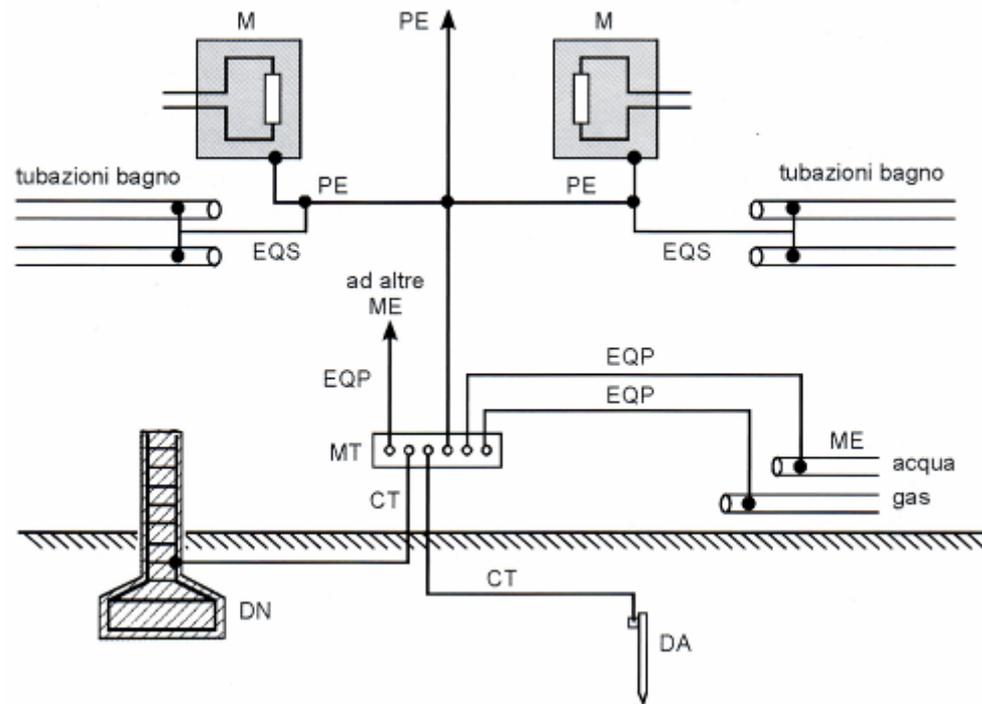


Webinar 16/09/2025

# **IMPIANTO DI TERRA**

**Insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento**

# IMPIANTO DI TERRA



## Dispensore verticale

Profilato, tubo o asta metallica infisso nel terreno



## Dispensore orizzontale

Conduttore interrato costituito da nastro, tondino o a corda che può essere disposto in modo radiale, ad anello, a maglia o da una loro combinazione



## 1.3 Conduttore di protezione (PE)

Conduttore prescritto per alcune misure di protezione, prevalentemente contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:

- masse;
- masse estranee;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- dispersore;
- punto di terra della sorgente o neutro artificiale.



## 1.4 Conduttore di terra (CT)

Conduttore di protezione che collega il collettore (o nodo) principale di terra (MET) al dispersore e/o i singoli elementi del dispersore tra di loro.

## 1.7.1 Collettore (o nodo) principale di terra (MET)

Elemento (barra o morsettiera) a cui si collegano il conduttore di terra, i conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali, nonché i conduttori per la terra funzionale, se esistente.

Nota: MET (Main Earth Terminal)



## 1.9.1 Conduttore equipotenziale principale (EQP)

Conduttore equipotenziale per il collegamento delle masse estranee entranti nell'edificio

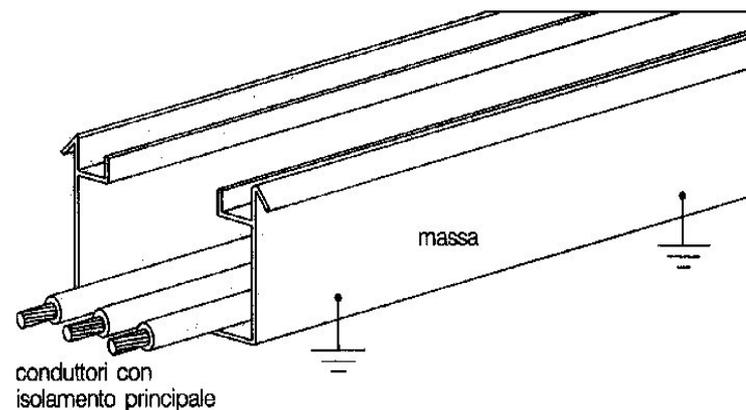


# DEFINIZIONI DI MASSA E MASSA ESTRANEA

## MASSA (CEI 64-8 art. 23.2)

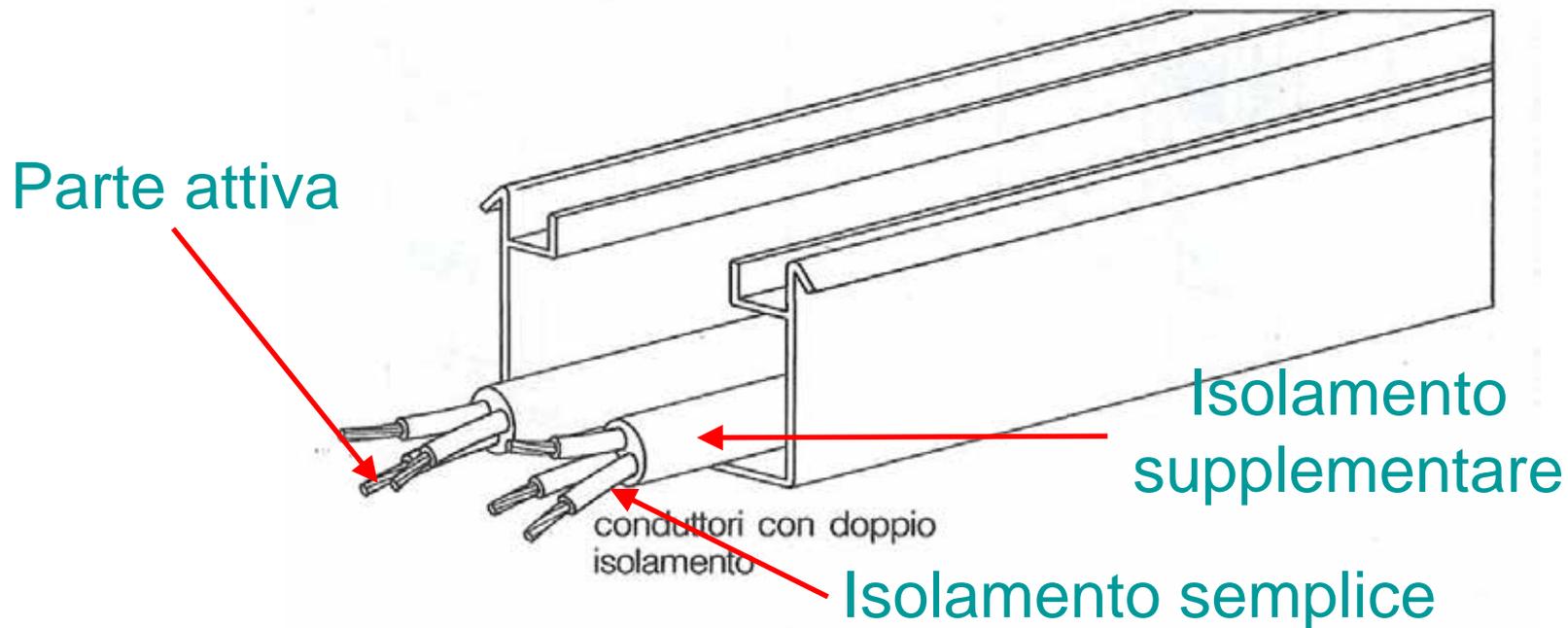
Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto.

Nota: una parte conduttrice che può andare in tensione perché in contatto con una massa non è da considerare massa



## Altre definizioni: massa e massa estranea

Una canalina che contiene cavi dotati di doppio isolamento (cavi con guaina) non è da considerare massa.



# DEFINIZIONI DI MASSA E MASSA ESTRANEA

## ATTENZIONE!

Un elemento conduttore a contatto con una massa non è da considerarsi massa

### *Esempi:*

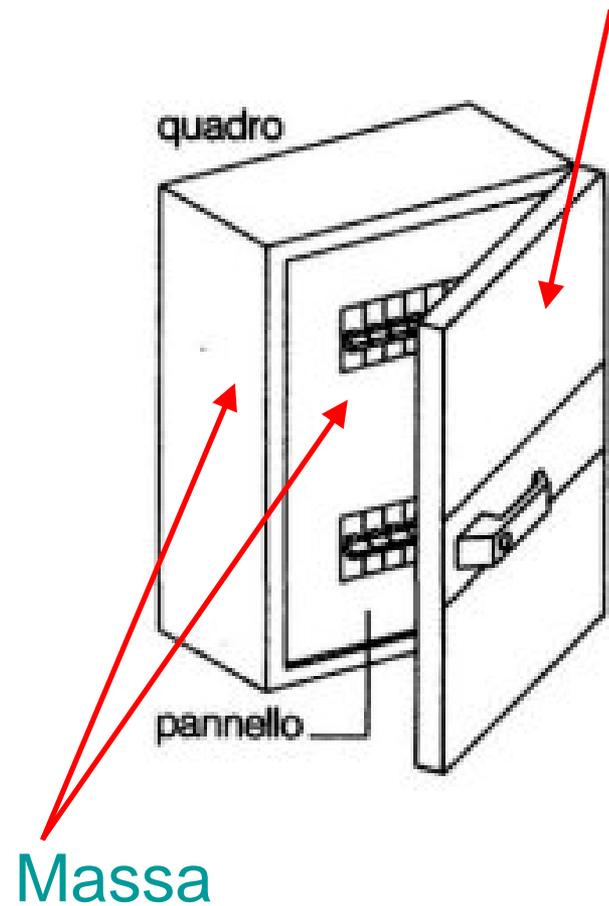
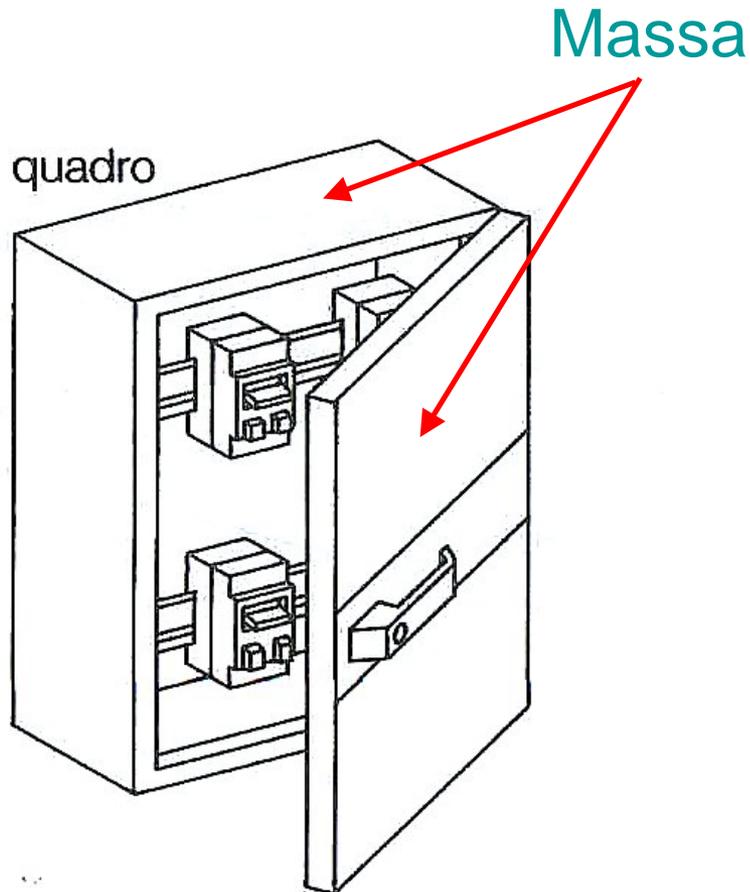
§ un tavolino metallico che sorregge un motore non è da considerare massa (il motore invece è una massa)

§ una porta metallica alla quale è ancorata una serratura elettrica non è da considerare massa (l'involucro della serratura invece è massa)

# Risposta al quesito 2



**NON E' UNA  
MASSA**



pannello

# DEFINIZIONI DI MASSA E MASSA ESTRANEA

## **Masse estranee elencate dalla norma CEI 64-8 all'art. 413.1.2.1**

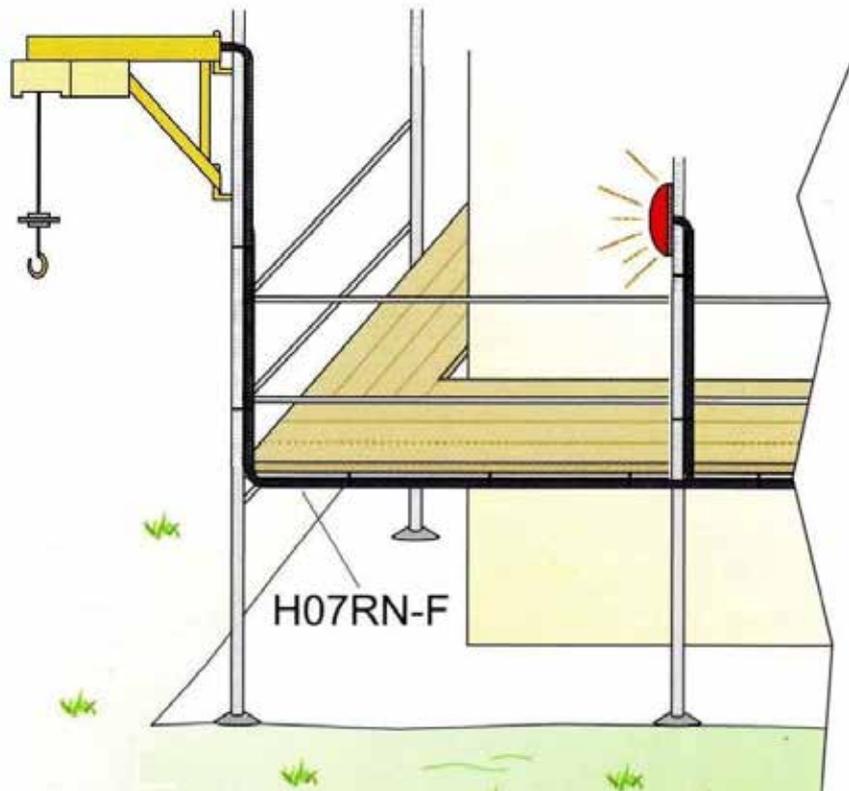
- § tubi alimentanti i servizi dell'edificio (acqua e gas)
- § parti strutturali metalliche dell'edificio e le canalizzazioni dell'impianto di riscaldamento centrale o del condizionamento d'aria
- § armature del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici (se praticamente possibile)

## Altre definizioni: massa e massa estranea

Sono da considerare masse estranee le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico che presentano verso terra un valore di resistenza inferiore a:

- § **1000  $\Omega$  negli ambienti ordinari** (nei quali si ammette una tensione di contatto massima non superiore a 50 V);
- § **200  $\Omega$  negli ambienti a maggior rischio elettrico** (cantieri edili, stalle e locali adibiti ad uso medico e simili nei quali si ammette una tensione di contatto non superiore a 25 V);
- § **0,5 M $\Omega$  nei locali ad uso medico** ed equivalenti nei quali esiste rischio di microshock.

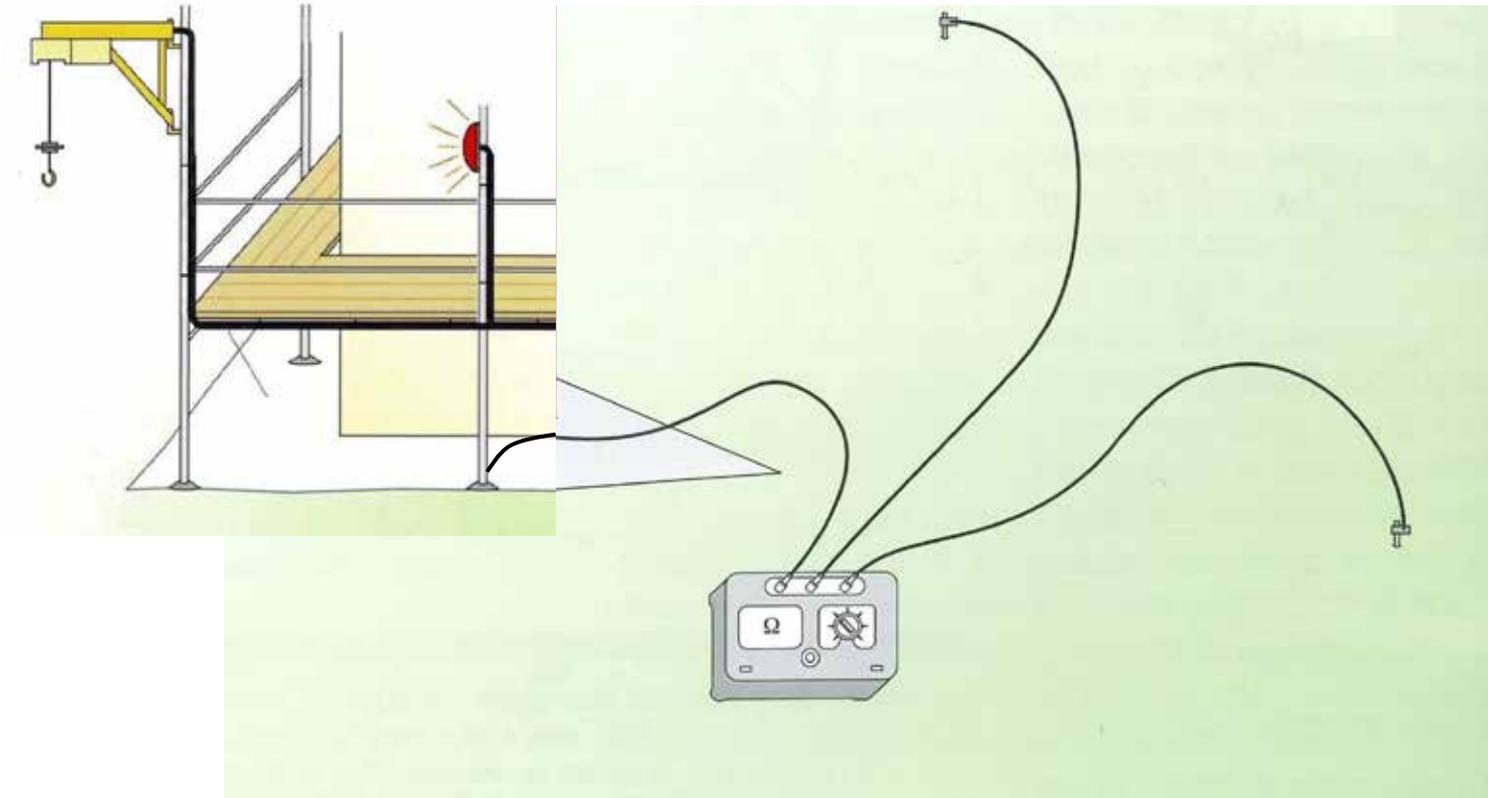
## Massa estranea: esempio



Messa a terra del ponteggio.

Se il cavo è di classe II (ad esempio H07RN-F), l'apparecchio di illuminazione è anch'esso di classe II e il montacarichi è messo a terra tramite il PE del cavo di alimentazione; in questo caso non è necessaria la messa a terra del ponteggio.

## Nel dubbio? Misura



## Impianto di terra nei sistemi di I e II categoria

I vari elementi dell'impianto di terra assumono aspetti diversi secondo i sistemi di alimentazione. La Guida CEI 64-12, all'articolo 2.4, identifica i seguenti:

- art. 2.4.1 Impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I categoria con modo di collegamento a terra TT;
- art. 2.4.2 Impianti utilizzatori alimentati da sistemi di II categoria con modo di collegamento TN

## Modo di collegamento TT

La protezione contro i contatti indiretti (CEI 64-8 art. 413.1.4) si ritiene soddisfatta quando:

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq U_L$$

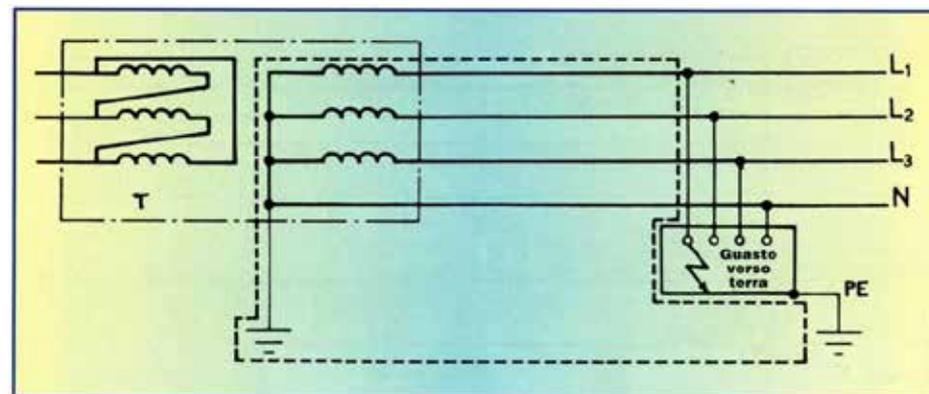
dove:

$R_A$  = resistenza del dispersore (in  $\Omega$ );

$I_{\Delta n}$  = corrente nominale differenziale (in A)

$U_L$  = tensione limite (in volt, 50 V ambienti ordinari, 25V ambienti particolari)

Esempio: con  $I_{dn}=0,3$  A e  $U_L=50$  V deve essere  $R_E \leq 166 \Omega$



Percorso della corrente di guasto in un sistema TT

## Modo di collegamento TN

La protezione contro i contatti indiretti (CEI 64-8 art. 413.1.3.3) si ritiene soddisfatta quando:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

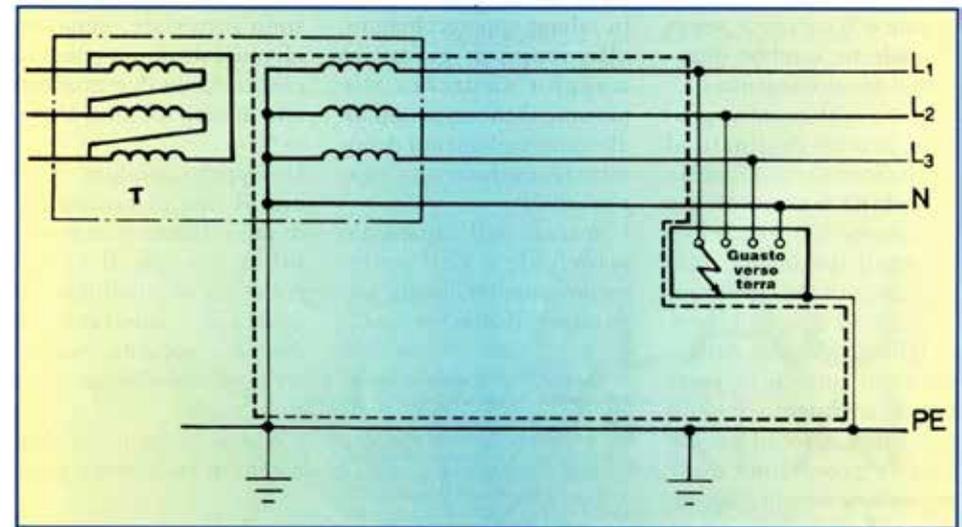
dove:

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto (comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente);

$I_a$  ( $I_d$  se si usa un interruttore differenziale) è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione:

- entro il tempo definito nella Tab. 41A in funzione della tensione nominale  $U_0$  per i circuiti terminali protetti con dispositivi di protezione contro le sovracorrenti aventi corrente nominale o regolata che non supera 32 A,
- entro un tempo non superiore a 5 s per gli altri circuiti;

$U_0$  è la tensione nominale verso terra in volt in c.a. e in c.c.



Percorso della corrente di guasto in un sistema TN (esempio con lato MT a neutro compensato)

## Modo di collegamento TN: guasto sul lato BT

Tab. 41A - Tempi massimi di interruzione per i sistemi TN

Sistema	$50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$ s		$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$ s		$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$ s		$U_0 > 400 \text{ V}$ s	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	NOTA 3	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

$U_0$  è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

Tabella valida per tensioni  $U_L=50 \text{ V}$

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Analisi del sito – sistema TT

### Resistività per diversi tipi di suolo

Natura del terreno	Resistività $\Omega m$
Terreno paludoso Alluvionale Humus Torba umida	Da alcune unità a 30 da 20 a 100 da 10 a 150 da 5 a 100
Argilla malleabile Marna e argilla compatta Marna giurassica	50 da 100 a 200 da 30 a 40
Sabbia argillosa Sabbia silicea Suolo pietroso nudo Suolo pietroso coperto d'erba	da 50 a 500 da 200 a 3 000 da 1 500 a 3 000 da 300 a 500
Calcere molle Calcere compatto Calcere crepato Scisto Mica-scisto	da 100 a 300 da 1 000 a 5 000 da 500 a 1 000 da 50 a 300 800
Granito e arenaria secondo l'alterazione superficiale Granito e arenaria molto alterati	da 1 500 a 10 000 da 100 a 600

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Corrosività del terreno

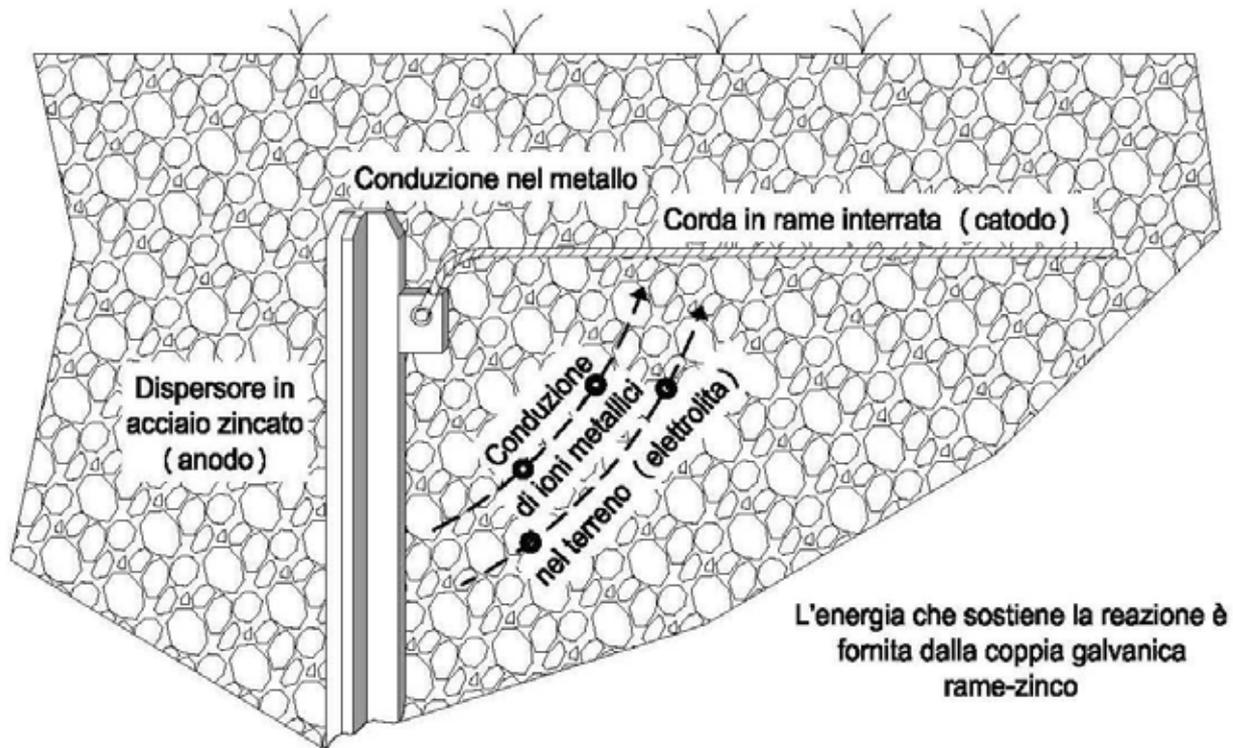
Gli elementi metallici immersi nel terreno e quindi in ambiente umido sono soggetti a corrosione.

Sono elementi incentivanti la corrosione:

- gli agenti chimici;
- le coppie galvaniche fra metalli diversi;
- le correnti vaganti.

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Corrosività del terreno



Esempio di corrosione dovuta a coppia galvanica

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Corrosività del terreno

Nella scelta dei materiali costituenti il dispersore, ai fini di limitare gli effetti della corrosione, si devono usare preferibilmente materiali omogenei, ma in particolare vicini nella scala di nobiltà.

In genere sono considerati adatti alla posa diretta nel terreno per la funzione di dispersori i seguenti materiali:

- rame nudo o stagnato;
- acciaio zincato a caldo.

Metallo	Potenziale elettrochimico, in V
Litio	-3,02
Sodio	-2,72
Magnesio	-1,80
Alluminio	-1,45
Manganese	-1,10
Zinco	-0,77
Cromo	-0,56
Ferro	-0,43
Cadmio	-0,42
Nickel	-0,20
Stagno	-0,14
Piombo	-0,13
<b>Idrogeno</b>	<b>0,0</b>
Antimonio	+0,2
Rame	+0,35
Argento	+0,80
Mercurio	+0,86
Platino	+0,87
Oro	+1,5

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Corrosività del terreno

Quando vi è la necessità di effettuare giunzioni, la limitazione dei rischi di corrosione localizzata sulle superfici di contatto delle giunzioni, si ottiene con la combinazione dei due seguenti interventi:

- 1) Evitare il contatto con l'ambiente umido proteggendo la giunzione con nastri vulcanizzanti, vernici bituminose, ecc.
- 2) Limitare le coppie elettrochimiche utilizzando materiali omogenei per morsetti quando si collegano conduttori dello stesso metallo.

Quando invece si devono collegare conduttori di metalli diversi, si consiglia di evitare il contatto diretto fra i due metalli e di usare un morsetto di materiale avente potenziale elettrochimico intermedio fra i due conduttori.

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Corrosività del terreno

Ulteriori accorgimenti/prescrizioni:

- Se si devono collegare all'impianto di terra serbatoi o altre strutture in acciaio o acciaio zincato immerse nel terreno, si deve evitare l'uso di rame nudo come dispersore e il collegamento delle strutture e serbatoi stessi a tondini di armatura di fondazioni estese.
- Le tubazioni in acciaio annegate nel calcestruzzo sono generalmente protette dalle corrosioni. Si sconsiglia comunque la posa di tubazioni nude in acciaio zincato in presenza di altre tubazioni in rame nudo o in presenza di elementi dispersori in rame.
- Il collegamento dei tondini nel calcestruzzo ai dispersori in rame nudo o acciaio ramato non è dannoso per i tondini d'armatura del calcestruzzo. Viceversa il collegamento ai dispersori in acciaio zincato non procura corrosione ai tondini, ma questi ultimi si pongono in stato di catodo e causano la corrosione del dispersore in acciaio zincato posto nel terreno.

# ELEMENTI DI PROGETTO

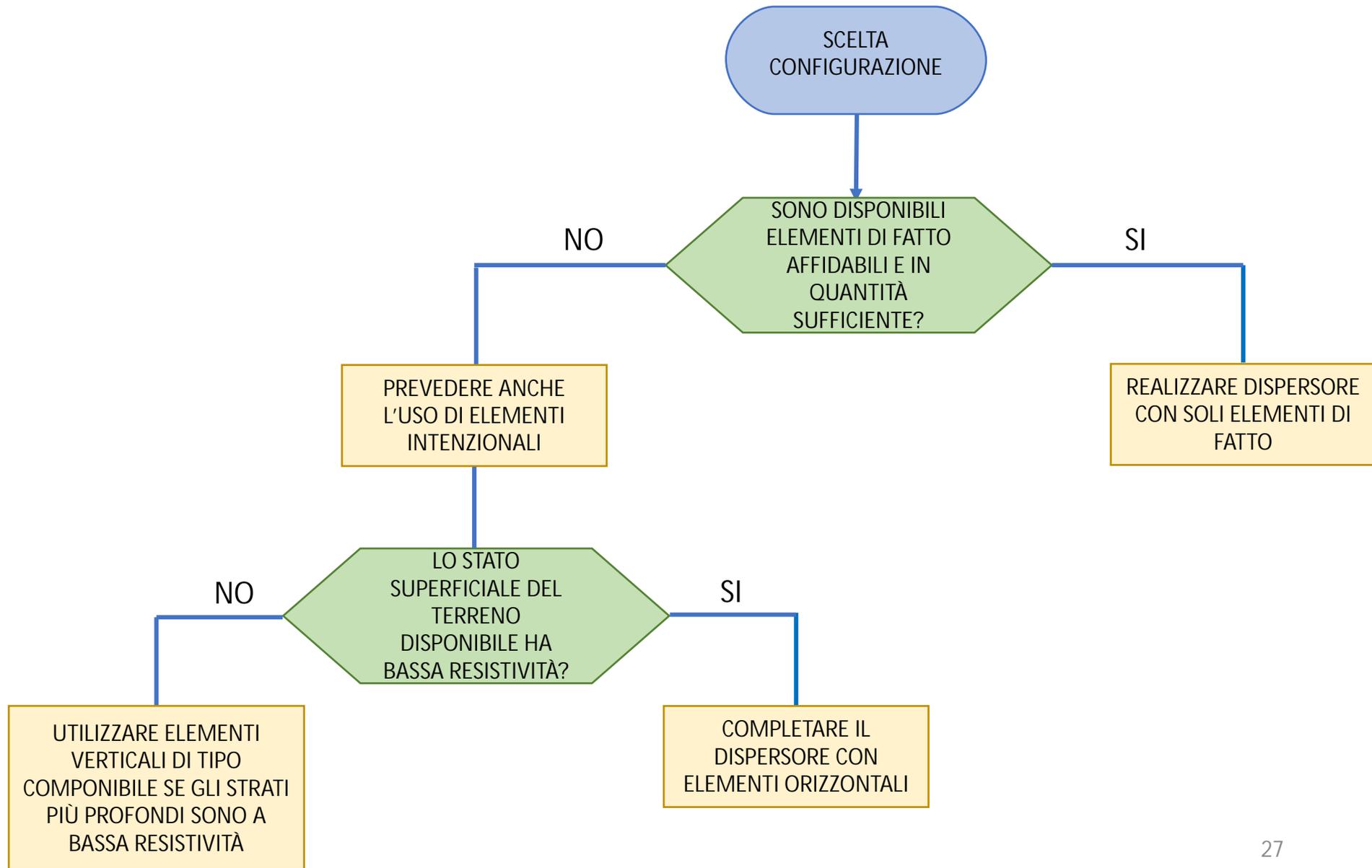
## Scelta della configurazione

Le motivazioni che conducono alla scelta di un particolare tipo di elemento dispersore (verticale, orizzontale, di fatto o intenzionale) sono indirizzate da esigenze tecniche, economiche, ambientali.

Occorre pertanto valutare innanzitutto la presenza di elementi di fatto adatti allo scopo e determinarne (con misura o con calcolo di prima approssimazione) la resistenza dei vari tipi.

Si deve decidere quindi se installare dispersori intenzionali, sulla base dello schema a blocchi che segue.

# ANALISI DEGLI ELEMENTI DI PROGETTO



# ELEMENTI DI PROGETTO

## Calcolo della resistenza di terra

### a) Resistenza di un dispersore verticale

$$R_d = \rho_m / L$$

dove:

$\rho_m$  = resistività del terreno [ $\Omega$  m]

L = lunghezza dell'elemento a contatto con il terreno [m]

### b) Resistenza di un dispersore orizzontale

$$R_d = 2 \rho_m / L$$

dove:

L = lunghezza dell'elemento a contatto con il terreno [m]

### c) Resistenza di un sistema di elementi collegati a maglia

$$R_d = \rho_m / 4 r$$

dove:

r = raggio del cerchio di area equivalente a quella del dispersore in prova

## ELEMENTI DI PROGETTO

### Calcolo della resistenza di terra

La valutazione approssimativa del contributo dei dispersori di fatto può essere effettuata in accordo col documento CENELEC HD 60364-5-54. Nel caso ad esempio di un dispersore costituito da un pilastro metallico interrato, la resistenza è data dalla formula:

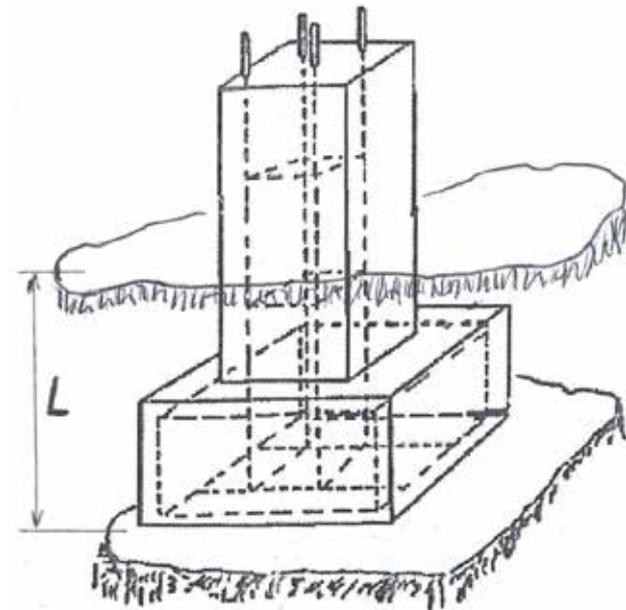
$$R = 0,366 \frac{\rho}{L} \log_{10} \frac{3L}{d}$$

dove:

$L$  = è la lunghezza interrata del pilastro in metri

$d$  = è il diametro del cerchio circoscritto al plinto, in metri

$\rho$  = è la resistività del terreno in  $\Omega \cdot m$



# ELEMENTI DI PROGETTO

## Dimensionamento dei componenti

Per garantire la funzionalità e la durata fisica dei componenti le norme ne fissano, tramite tabelle e formule, dimensioni minime raccomandate.

Nelle successive tre slide vengono fornite le dimensioni minime dei:

- dispersori
- conduttori di terra
- conduttore di protezione

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro mm	Sezione mm <sup>2</sup>	Spessore mm	Valori minimi µm	Valori medi µm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina <sup>(b)</sup>		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo <sup>(d)</sup>	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 <sup>(c)</sup>			
		Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo <sup>(d)</sup>	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1 000	
	Filo tondo		25		1 000		

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.  
 (b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.  
 (c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm<sup>2</sup>.  
 (d) Per fili singoli.

# ELEMENTI DI PROGETTO

## Dimensionamento dei conduttori di terra

- in assenza di protezione contro la corrosione le sezioni minime dei conduttori di terra non devono essere inferiori a:
  - 25 mm<sup>2</sup> se in rame
  - 50 mm<sup>2</sup> se in ferro zincato
- in assenza di protezioni meccaniche, ma con protezioni contro la corrosione (es. conduttore interrato con isolamento in PVC), le sezioni minime non devono comunque essere inferiori a:
  - 16 mm<sup>2</sup> se in rame
  - 16 mm<sup>2</sup> se in ferro zincato
- in presenza di protezione meccanica e di protezione contro la corrosione, la sezione minima può essere pari a quella del conduttore di protezione di sezione maggiore

## ELEMENTI DI PROGETTO

### Dimensionamento dei conduttori di protezione

Per il dimensionamento dei conduttori di protezione si utilizza normalmente la tabella 54F della Norma CEI 64-8

Sezione dei conduttori di fase dell'impianto $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S_p = \frac{S}{2}$

In alternativa si può utilizzare la formula  $S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$

# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Dispersore a elementi intenzionali

### Elementi orizzontali

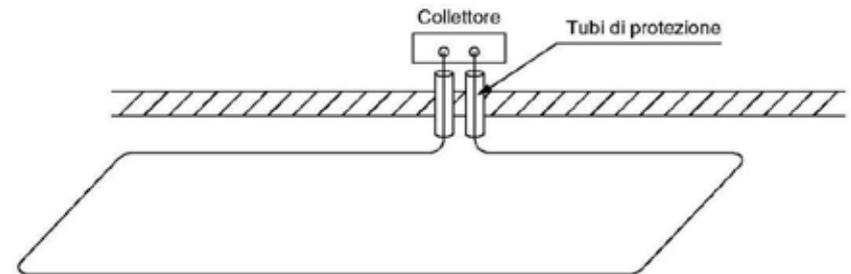
#### **Configurazione ad anello**

Il tipo più comunemente utilizzato di dispersore ad elementi orizzontali è quello ad anello.

L'elemento orizzontale è chiuso ad anello riducendo preferibilmente al minimo le eventuali giunzioni.

Dopo la ricongiunzione è preferibile collegare i due terminali tramite due conduttori di terra al collettore principale di terra.

La configurazione ad anello all'esterno del fabbricato è da preferire, in quanto può essere utilizzata come elemento di dispersione per l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, se previsto.



Esempio di configurazione ad anello

# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Dispersore a elementi intenzionali

### Elementi verticali

Gli elementi verticali, denominati anche a picchetto, possono essere a unico elemento o a elementi componibili.

Nel piantare i picchetti nel terreno si devono evitare mezzi o sforzi che deformino apprezzabilmente la verticalità dell'elemento, ne danneggino l'estremità superiore e ne deteriorino il rivestimento protettivo. In linea generale, se non esistono particolari esigenze, si può evitare l'uso di elementi verticali: se ne può ravvisare l'utilità (unitamente, se esistenti, a elementi di fatto) in strutture di ridotte dimensioni.

# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Conduttori di terra

I conduttori di terra (CT) non devono essere a contatto diretto con il terreno e, nei limiti del possibile, devono evitare percorsi tortuosi.

Tali conduttori non devono essere soggetti a sforzi meccanici e devono essere protetti contro le corrosioni; in particolare, all'uscita dal pavimento, è consigliabile proteggerli con una tabulazione in PVC per almeno 0,30 m.

Sia i conduttori di terra in rame nudo sia quelli in ferro zincato, se posati in intimo contatto con il terreno assumono la funzione di dispersore e quindi le dimensioni minime sono quelle della tabella relativa agli elementi del dispersore.

Nella slide successiva sono riportati, a titolo di esempio, alcune possibili disposizioni del conduttore di terra.

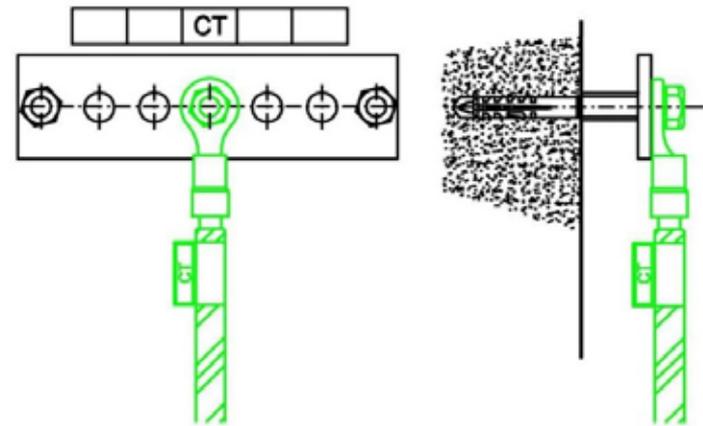
# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Collettore (o nodo) principale di terra MET

Il collettore principale di terra MET costituisce il punto di congiunzione, che deve essere accessibile per le verifiche, fra i conduttori di terra, i conduttori di protezione e i conduttori equipotenziali.

È costituito da una piastra metallica (in acciaio zincato a caldo o in acciaio inox o in rame), con morsetti, viti e bulloni per collegare i capicorda dei conduttori.

Sarebbe opportuno che i conduttori siano identificati mediante targhette con idonea segnalazione.



**Esempio di collettore principale di terra MET**

# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

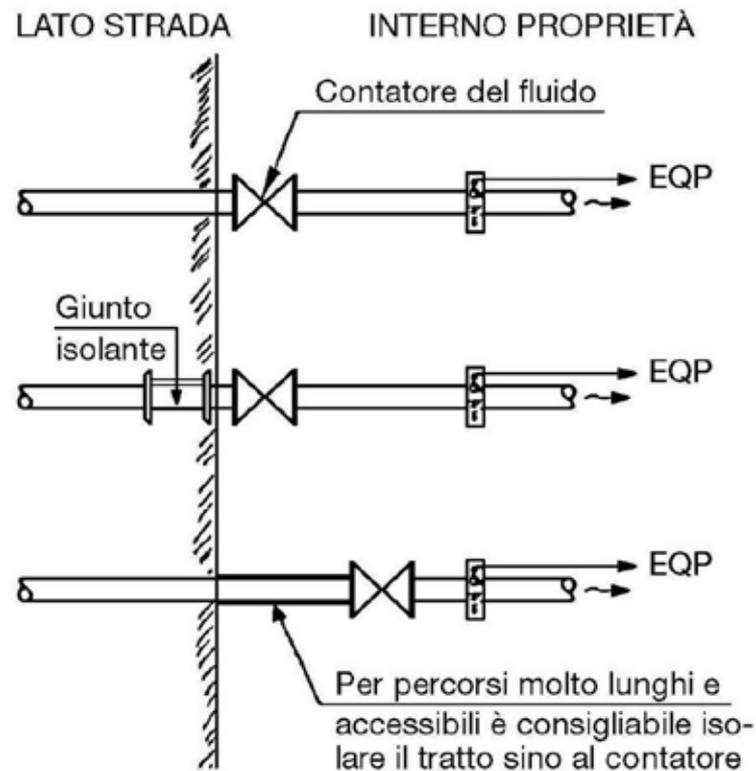
## Conduttori equipotenziali principali

I conduttori equipotenziali principali devono:

- Nel limite del possibile, avere percorsi brevi ed essere sottratti a sforzi meccanici;
- Essere di sezione non inferiore ai minimi valori prescritti dalla tabella 54F della Norma CEI 64-8;
- Essere collegati alle tubazioni mediante appositi morsetti a collare. I collegamenti alle tubazioni dell'acqua o del gas devono essere realizzati nei tratti di proprietà dell'utente;
- I punti di connessione alle masse estranee devono essere ispezionabili per le operazioni di verifica e manutenzione.

# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Conduttori equipotenziali principali



Il conduttore equipotenziale principale deve essere collegato a valle del contatore, anche se esiste il giunto isolante

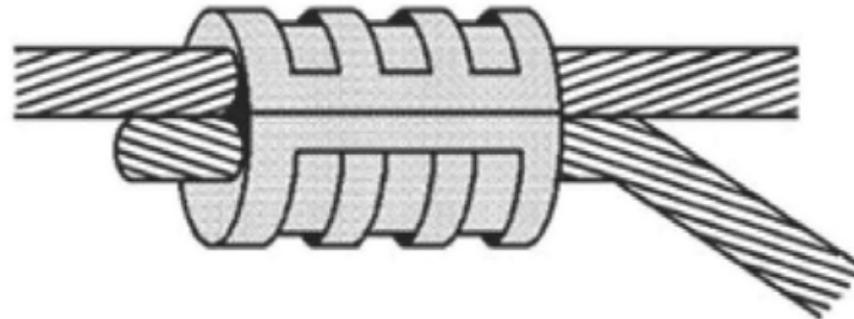
# REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

## Giunzioni e connessioni

Le giunzioni fra i vari elementi devono essere eseguite con idonei morsetti o con saldatura forte o alluminotermica e devono essere ridotte al minimo indispensabile.

Le giunzioni soggette a corrosione, se posate a contatto del terreno, richiedono una protezione contro la corrosione, ad esempio mediante verniciatura, catramatura o nastratura.

Nella scelta dei morsetti è opportuno dare la preferenza ai tipi che non impongono il taglio del conduttore principale e che permettono di collegare conduttori di sezioni diverse.



Esempi di giunzioni

## DOCUMENTAZIONE E VERIFICA

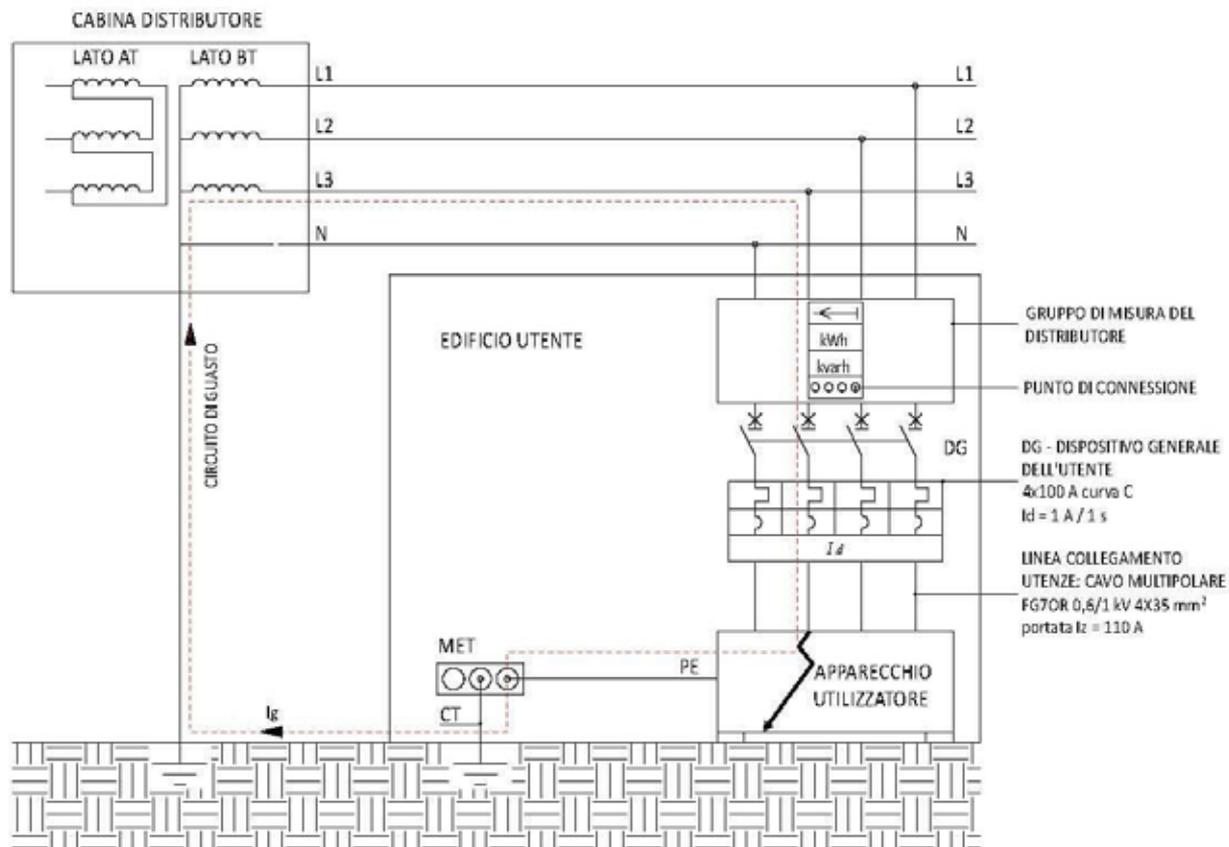
Per eseguire le verifiche risulta necessaria la documentazione di progetto relativa alle specifiche dei dispersori e al dimensionamento dell'impianto di terra. È altresì necessaria una planimetria con la geometria, la disposizione e i collegamenti dell'impianto di terra.

Le operazioni di verifica e le modalità di attuazione sono descritte nella Guida CEI 64-14.

# **ESEMPI E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI L'IMPIANTO DI TERRA**

## Esempio n°1

### Dimensionamento del conduttore di protezione per impianti di I categoria (sistema TT)



## Esempio n°1

**1) Obbligo dell'uso dell'interruttore differenziale (D.M. 37/08 e Norma CEI 64-8, art. 411.5.2)**

**2) Non si può usare la formula  $S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$**

**3) Si suggerisce l'uso della tabella 54F della Norma CEI 64-8**

## Esempio n°2

### Dimensionamento del conduttore di protezione per impianti di I categoria (sistema TN)

Dati:

$$U_0 = 230 \text{ V}$$

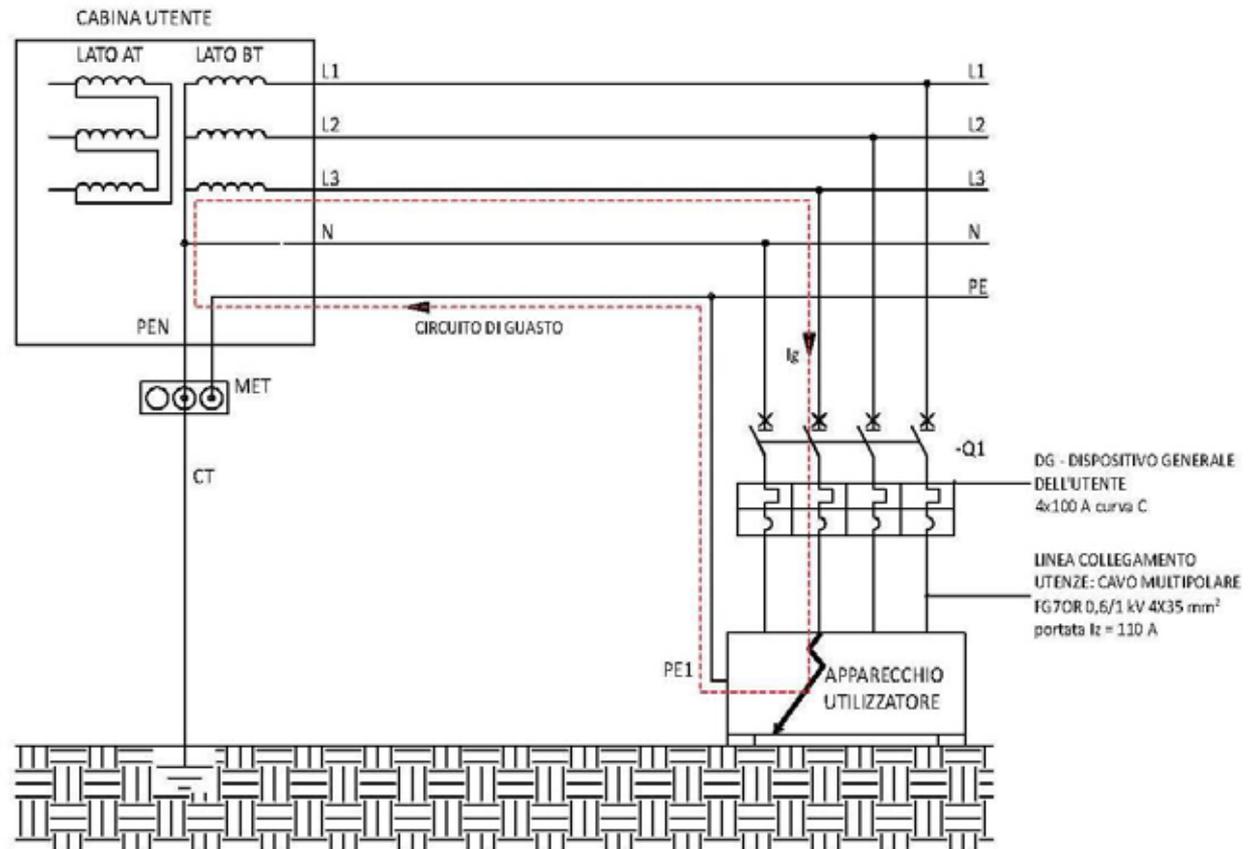
$$U = 400 \text{ V}$$

$$S_r = 630 \text{ kVA}$$

$$Z_s = 0,0636 \Omega$$

$$t = 0,01 \text{ s}$$

$$K = 143$$



## Esempio n°2

**Nel caso in cui una fase dell'apparecchio utilizzatore entri in contatto con la massa collegata all'impianto di terra (nell'esempio è la fase L3) la corrente di guasto assume il valore:**

$$I_g = U_0 / Z_S \quad \text{segue} \quad I_g = 230/0,0636 = 3616 \text{ A}$$

**la sezione idonea del conduttore di protezione (il conduttore PE) si ottiene applicando la formula indicata all'art. 543.1.1 della Norma CEI 64-8**

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K} = \frac{\sqrt{3616^2 \cdot 0,01}}{143} = 2,53 \text{ mm}^2$$

## Esempio n°3

**Dimensionamento del conduttore di protezione che collega il polo di neutro del trasformatore al collettore principale di terra, negli impianti di I categoria (sistema TT)**

Dati:

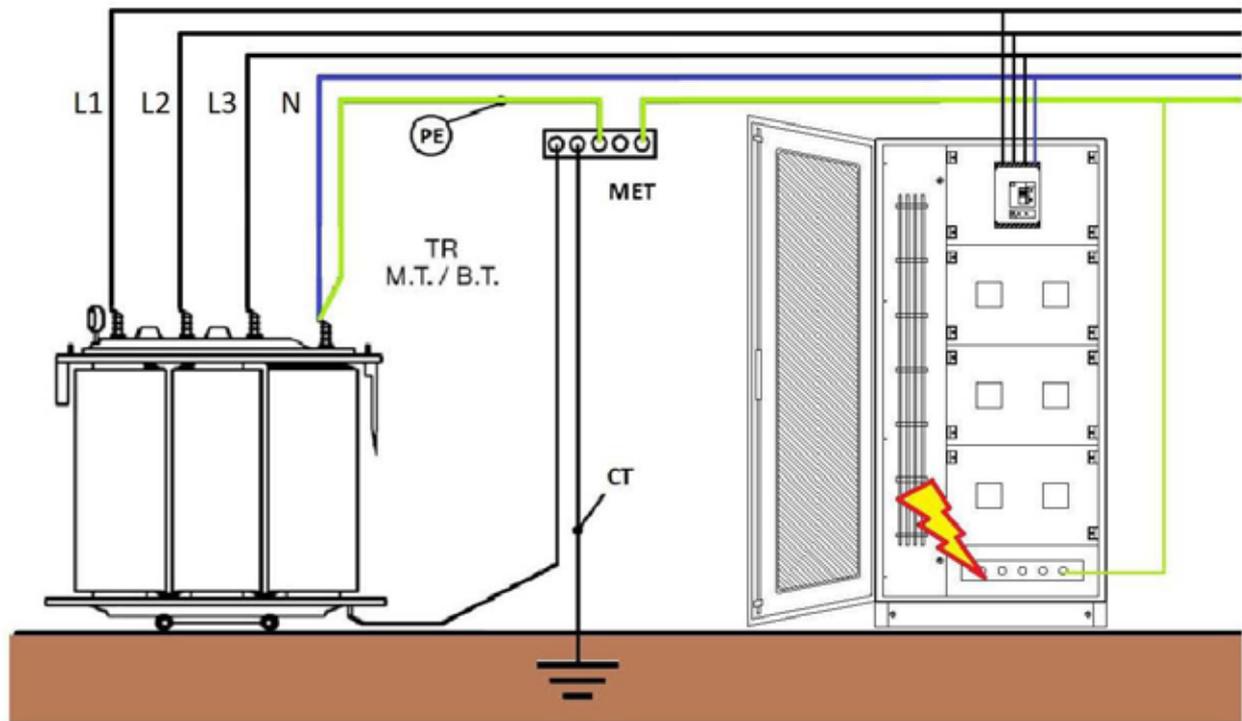
$$U_0 = 230 \text{ V}$$

$$U = 400 \text{ V}$$

$$S_r = 630 \text{ kVA}$$

$$K = 143$$

$$t \leq 0,12 \text{ s}$$



## Esempio n°3

1) Un trasformatore in resina da 630 kVA con una tensione di cortocircuito pari al 6% avrà una corrente di cortocircuito pari a:

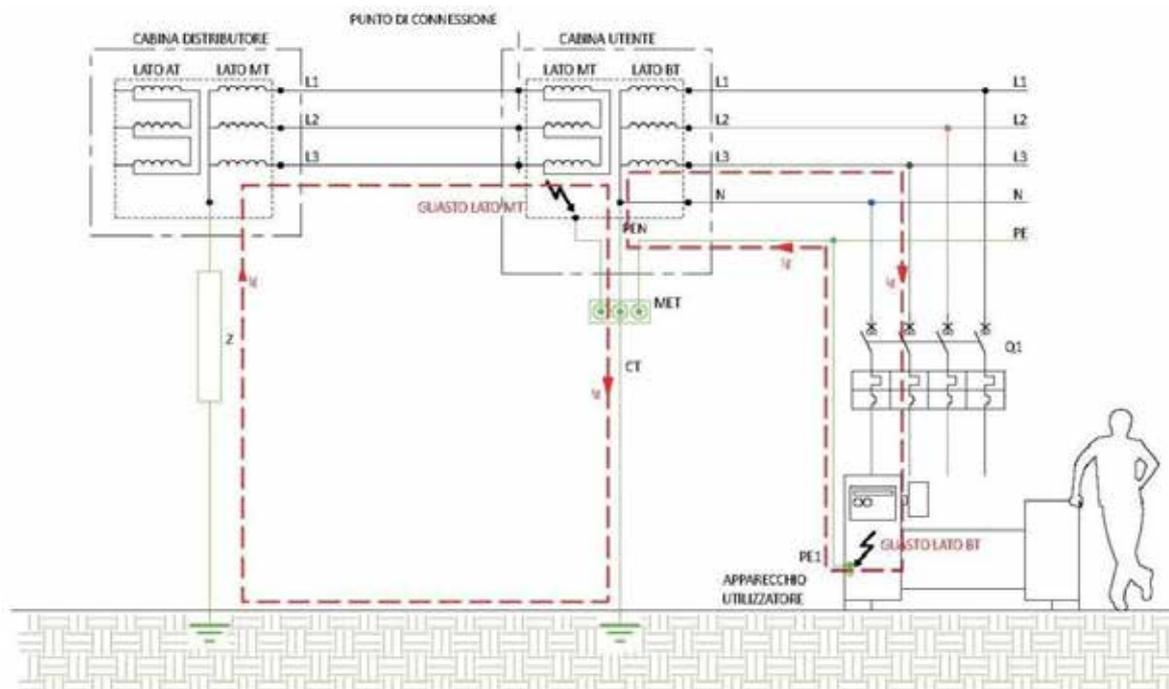
$$I_n = \frac{S_r}{\sqrt{3} V_{20}} = \frac{630.000}{\sqrt{3} 400} = 910,40 \text{ A}$$

$$I_{cc2} = \frac{I_n \cdot 100}{V_{cc}\%} = \frac{910,40 \cdot 100}{6} = 15.173,33 \text{ A}$$

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K} = \frac{\sqrt{15.173^2 \cdot 0,12}}{143} = 36,75 \text{ mm}^2$$

## Esempio n°4

### Modo di collegamento TN: guasto sul lato MT



**Percorso della corrente di guasto in un sistema TN (esempio con lato MT a neutro compensato)**

## Esempio n°4: modo di collegamento TN: guasto sul lato MT

Art. 2.4.2. b): in questo caso il dispersore è direttamente interessato nella chiusura del circuito di guasto.

Tale guasto genera tensioni di contatto che possono essere pericolose.

La tensione di contatto (che si può trasferire sulle masse e sulle masse estranee) dipende dalla resistenza di terra e dalla corrente di terra sul lato media tensione. Il valore della corrente di terra e il tempo di intervento dei relativi dispositivi di protezione sono parametri che dipendono dalle caratteristiche del sistema di alimentazione in media tensione del Distributore.

Per quanto riguarda la limitazione delle tensioni di contatto, il dispersore, oltre a garantire una bassa resistenza, deve soprattutto avere una geometria tale da assicurare l'equipotenzialità fra masse, masse estranee e terreno circostante, soprattutto in corrispondenza dei punti periferici dell'impianto.

## Esempio n°4: modo di collegamento TN: guasto sul lato MT

L'impianto di terra del distributore e l'impianto di terra dell'utente devono essere interconnessi e realizzati in ottemperanza alle indicazioni della Norma CEI 0-16 punti 7.5.5 e 8.5.5 e con almeno un dispersore semplice come previsto dall'allegato B della Guida CEI-99-5.

Le principali finalità dell'impianto di terra sono:

- vincolare, mediante collegamento diretto o tramite impedenza, il potenziale di determinati punti (in generale il centro stella, naturale o artificiale) dei sistemi elettrici esistenti nell'area dell'impianto considerato;
- avere sufficiente resistenza meccanica e alla corrosione;
- essere capace di sopportare le sollecitazioni termiche, in relazione alle correnti di guasto ed ai tempi di durata del guasto (CEI EN 50522 – articolo 5.3 – vedere anche Tabella 1), con le sezioni minime dei conduttori di terra indicate nella Norma CEI EN 50522 – Allegato D;
- L'impianto di terra, in combinazione con appropriati provvedimenti, deve mantenere la tensione di contatto e trasferite entro i limiti di tensione basati sul tempo di intervento  $t_F$ .

## Esempio n°4: modo di collegamento TN: guasto sul lato MT

La condizione di sicurezza da rispettare è data dalla relazione

$$U_E = R_E \cdot I_F \leq 1^{(*)} \cdot U_{Tp}$$

dove:

$U_E$  = tensione totale di terra in volt (V) – nella Norma CEI EN 50522 è denominata EPR (Earth Potential Rise)

$R_E$  = resistenza (impedenza) di terra in ohm ( $\Omega$ )

$I_F$  = corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (punto di guasto a terra)

$U_{Tp}$  = tensione di contatto ammissibile

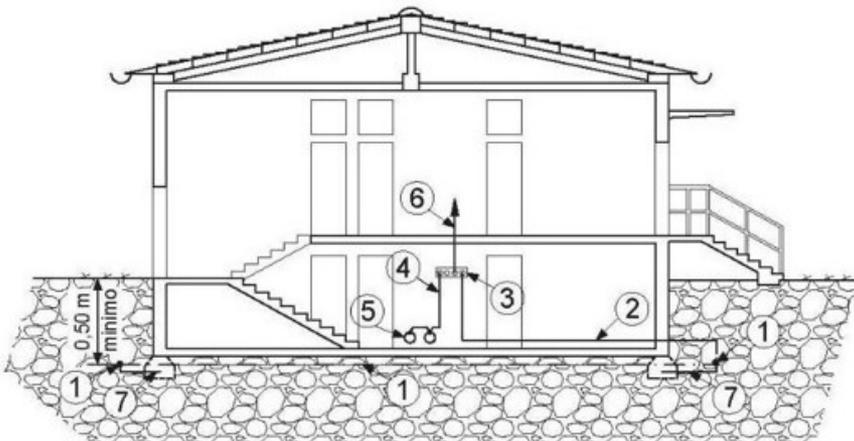
# Esempio n°5

## Realizzazione dei dispersori

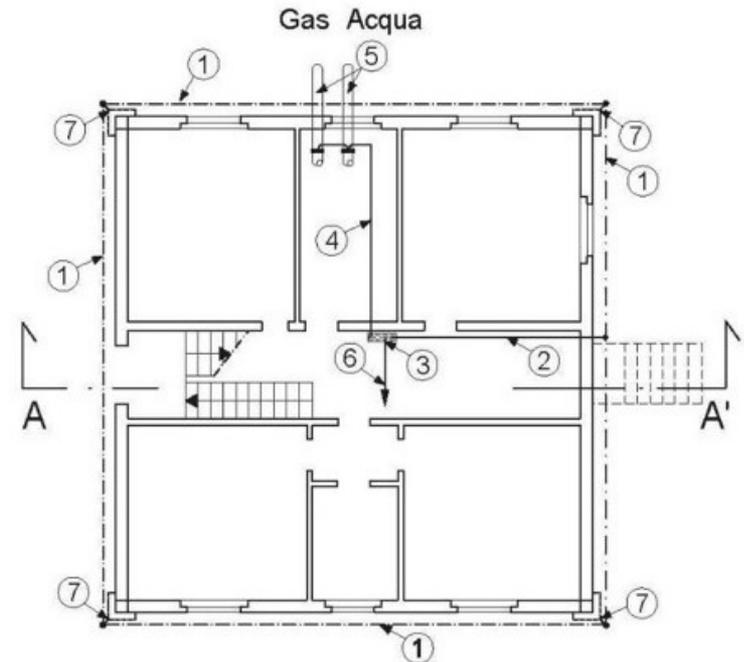
villetta o piccola unità in calcestruzzo armato con dispersore artificiale

### Legenda

- 1 - Dispersore orizzontale ad anello (intenzionale)
- 2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva)
- 3 - Collettore (o nodo) principale di terra MET
- 4 - Collegamento equipotenziale principale EQP
- 5 - Massa estranea
- 6 - Collegamenti di protezione
- 7 - Collegamento ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato



Sezione A-A'



Pianta piano seminterrato

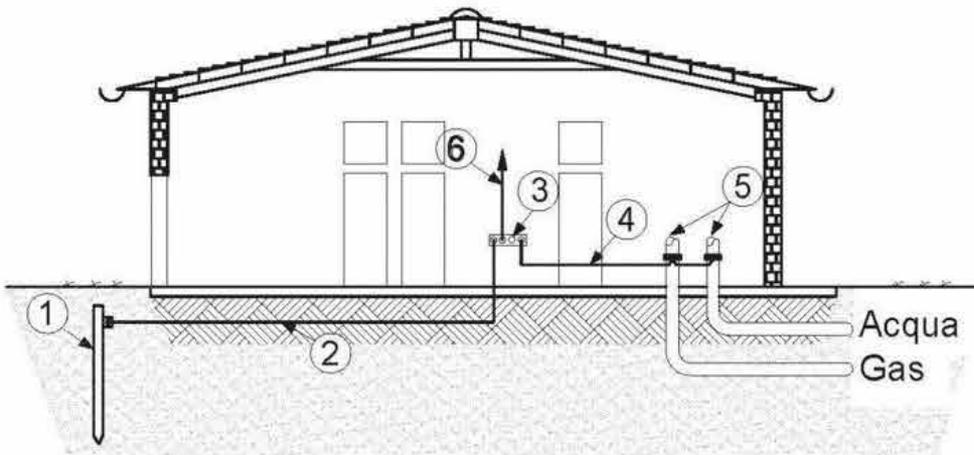
# Esempio n°6

## Realizzazione dei dispersori

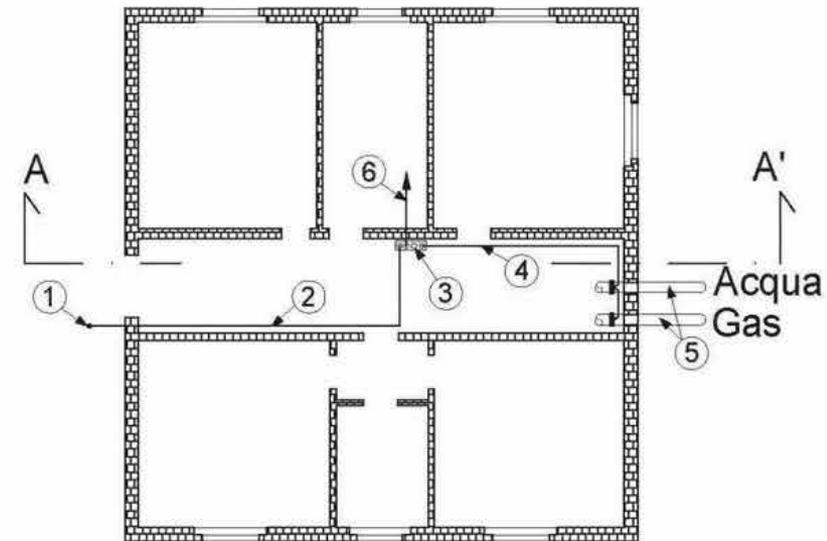
villetta o piccola unità in muratura

### Legenda

- 1 - Dispersore verticale (intenzionale)
- 2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva)
- 3 - Collettore (o nodo) principale di terra MET
- 4 - Collegamento equipotenziale principale EQP
- 5 - Massa estranea
- 6 - Collegamenti di protezione



Sezione A-A'



Pianta piano terreno

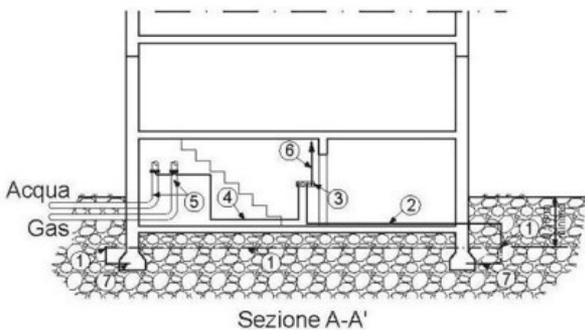
# Esempio n°7

## Realizzazione dei dispersori

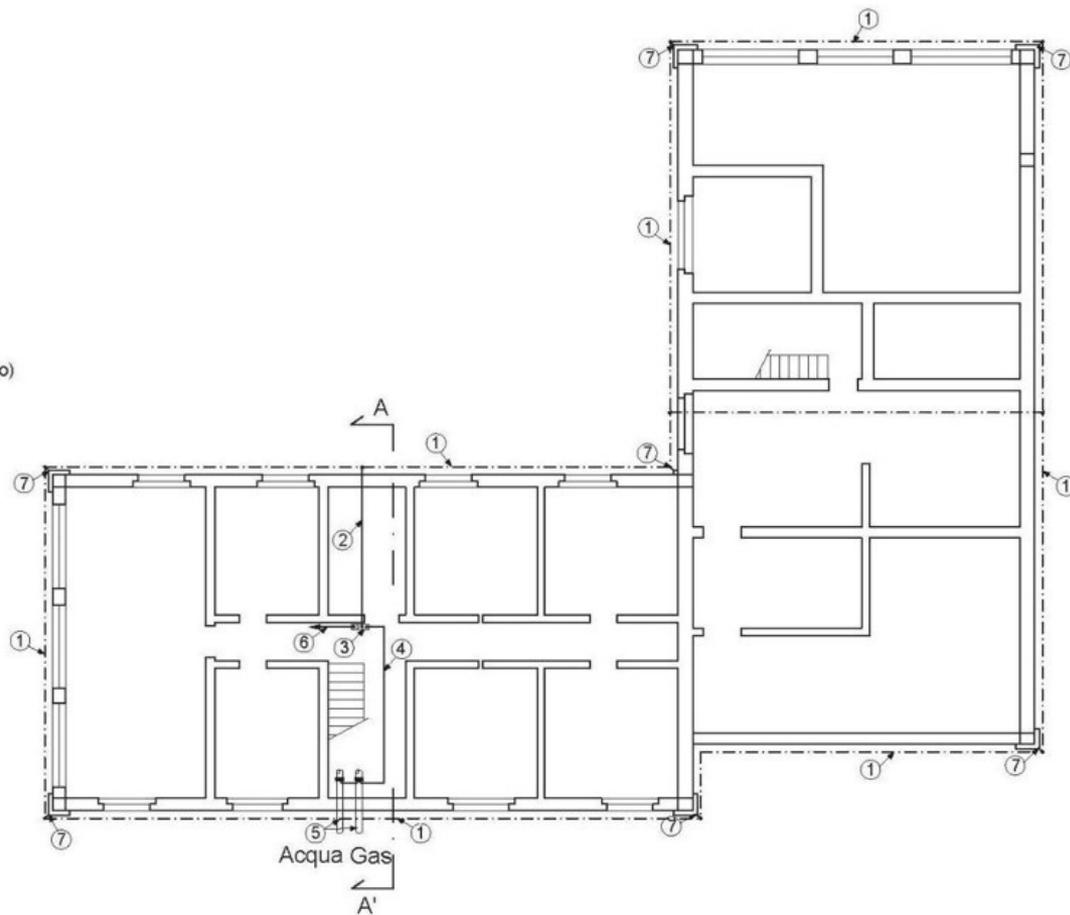
edificio ad uso ufficio o abitazioni

### Legenda

- 1 - Dispersore orizzontale ad anello (intenzionale)
- 2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva)
- 3 - Collettore (o nodo) principale di terra MET
- 4 - Collegamento equipotenziale principale EQP
- 5 - Massa estranea
- 6 - Collegamenti di protezione
- 7 - Collegamento ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato (dispersore di fatto)



Sezione A-A'

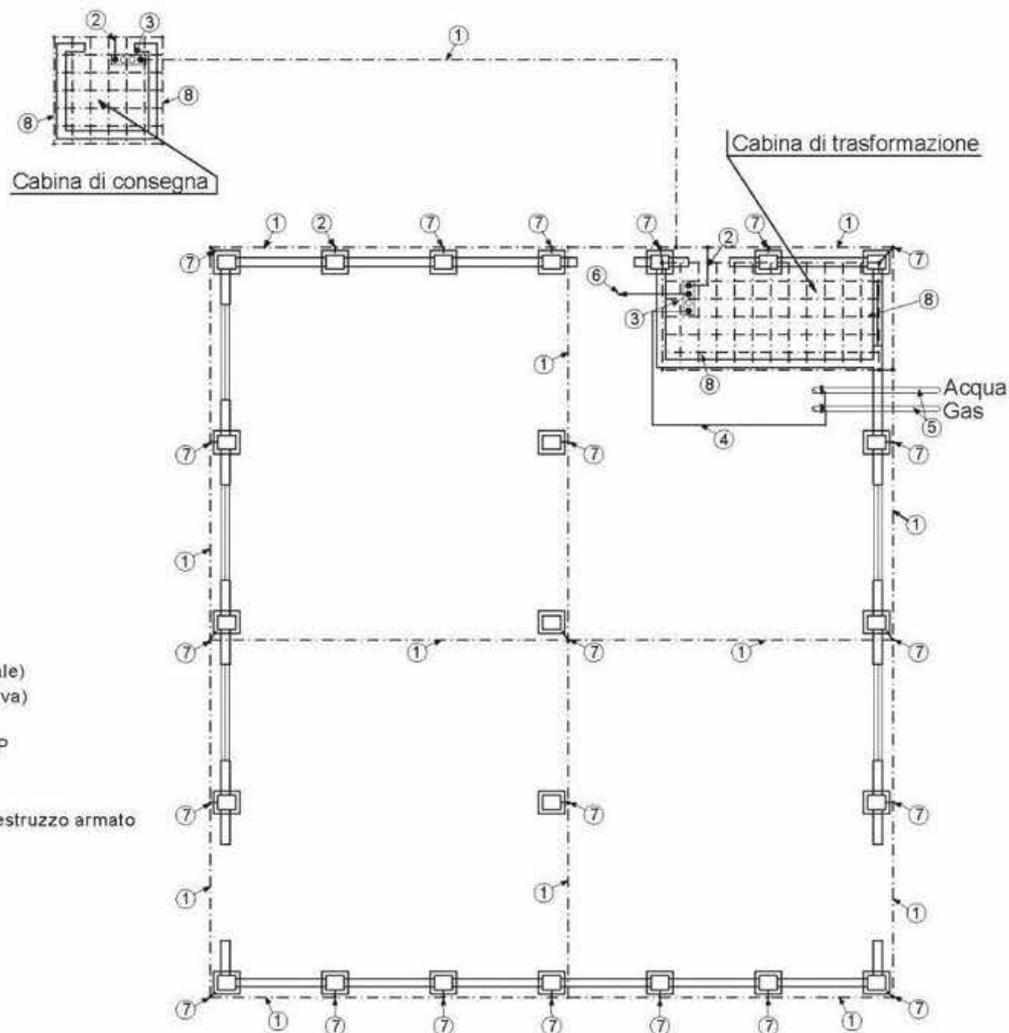


Pianta piano seminterrato

# Esempio n°8

## Realizzazione dei dispersori

edificio ad uso terziario  
o secondario (industriale)



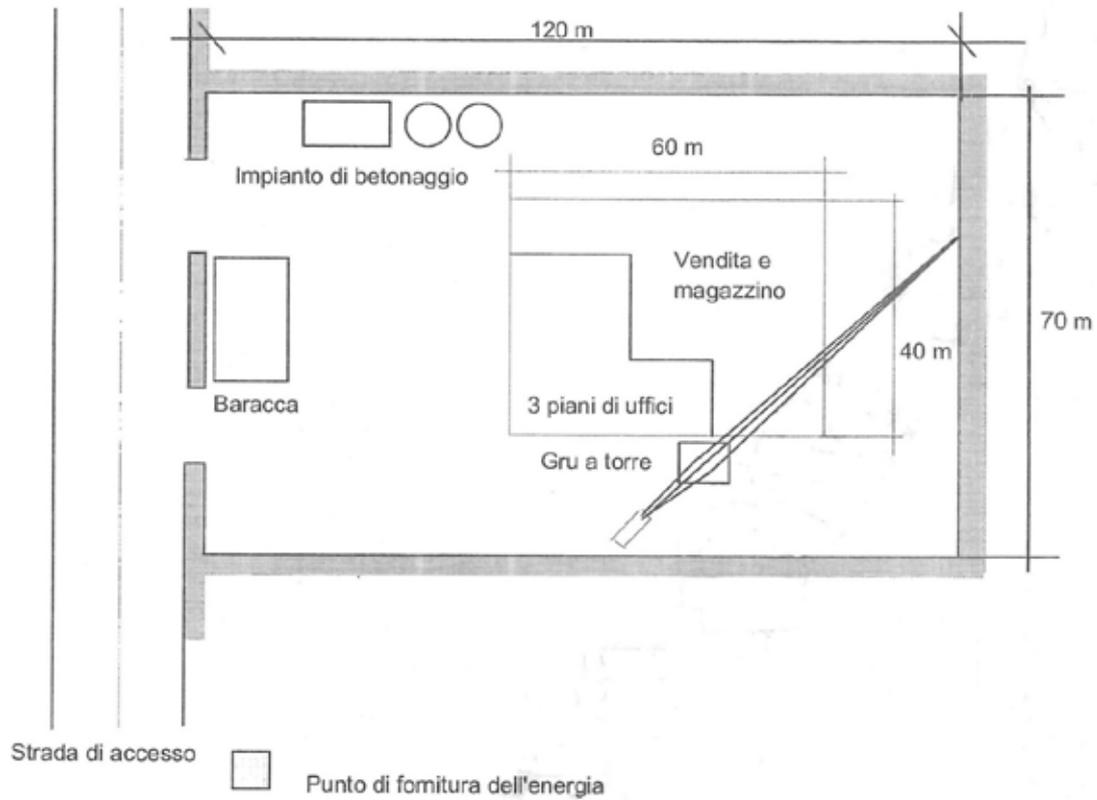
## Esempio n°9

# ESEMPIO DI IMPIANTO DI TERRA DI CANTIERE

### Specifiche

- a) Realizzare un cantiere per la costruzione di un edificio ad uso commerciale di circa 3.200 m<sup>2</sup>, costituito da uffici e capannone, la cui pianta è rappresentata in Figura 1.
- b) Tale edificio risulta ubicato in zona collinosa con terreno costituito prevalentemente da arenarie argillose, in situazione di clima ventilato e con densità annuale di fulmini pari a 4 fulmini/anno km<sup>2</sup>.
- c) Non esistono costruzioni o strutture nell'area di cantiere e si escludono interferenze con linee aeree o in cavo.
- d) Ad una distanza di 30 m dal recinto del cantiere è disponibile un punto di fornitura dell'ente distributore che dichiara una corrente di cortocircuito di 10 kA.
- e) La dimensione del recinto di cantiere è di 70 m x 120 m.
- f) L'edificio in costruzione è di 3 piani (altezza di circa 10 m), la baracca è realizzata con struttura metallica ed ha una superficie di 6 m x 8 m con un'altezza di 3 m, la gru a torre ha un'altezza di 15 m, una lunghezza totale del braccio e del contrappeso di 50 m e un basamento di 2,5 m x 2,5 m.
- g) Si stima una durata del cantiere di 15 mesi e una presenza programmata di 20 operatori durante le giornate lavorative.

## Esempio n°9



**Fig. 1 - Planimetria del cantiere**

## Esempio n°9

# ESEMPIO DI IMPIANTO DI TERRA DI CANTIERE

### Considerazioni preliminari

Le condizioni ambientali non presentano particolarità tali da dover programmare procedure o protezioni specifiche. La dimensione del cantiere, piuttosto estesa, richiede particolare attenzione nella valutazione della caduta di tensione e consiglia due livelli di distribuzione.

- Temperatura media dell'ambiente 30 °C;
- resistività del terreno 35  $\Omega \cdot m$ ;
- caduta di tensione ammissibile sulla linea di alimentazione non superiore al 1,5%, in modo da poter sfruttare una caduta di tensione residua del 2,5% sulle linee di distribuzione del cantiere;
- tensione limite di contatto 25 V.

## Esempio n°9

# ESEMPIO DI IMPIANTO DI TERRA DI CANTIERE

(1) Franco verso terra superiore a 5 m

(2) Protezione per il rispetto delle distanze di sicurezza

Q<sub>0</sub> = punto fornitura

Q<sub>G</sub> = quadro principale

Q<sub>1</sub> = quadro servizio baracche

Q<sub>2</sub> = quadro impianto di betonaggio

Q<sub>3</sub> = quadro di distribuzione piano terra

Q<sub>4</sub> = quadro gru a torre

Q<sub>5</sub> = quadro distribuzione primo piano

quadro ASC

quadro ASC

non è un quadro ASC

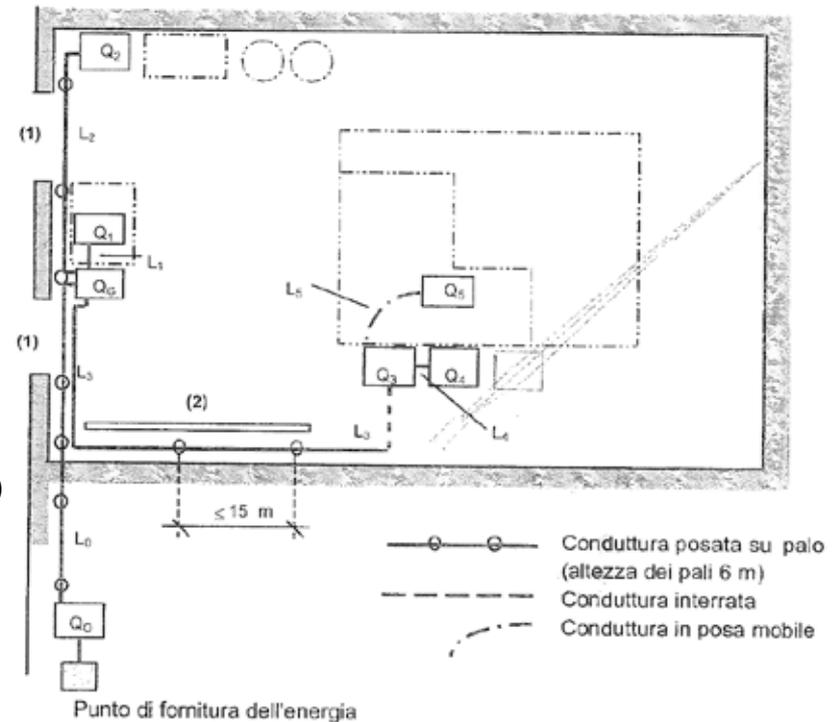
non è un quadro ASC

quadro ASC

non è un quadro ASC

(è un quadro a bordo macchina)

quadro ASC



## Esempio n°9

# ESEMPIO DI IMPIANTO DI TERRA DI CANTIERE

### Dimensionamento dell'impianto di terra

Il piano di lavoro prevede uno sviluppo graduale secondo le seguenti fasi:

- 1) Montaggio della recinzione, sbancamento, scavi e ricopertura con ghiaia dei percorsi.

L'impianto di terra viene realizzato con un elemento di dispersione intenzionale (DA) installato in prossimità del quadro generale  $Q_1$ . Il valore massimo ammissibile della resistenza di terra  $R_E$  è di  $25 \Omega$  compatibile con la protezione differenziale installata nel quadro di distribuzione principale  $Q_0$  ( $R_E = U_L / I_{dn}$ ) (sistema TT).

L'elemento dispersore è composto da un picchetto massiccio in acciaio zincato a caldo del diametro di 20 mm e di lunghezza 2 m con una resistenza di terra calcolata  $R_D$  di circa 15,3 ohm.

Le condutture dell'acquedotto, che alimentano l'area di cantiere, vengono collegate al collettore principale di terra con conduttore equipotenziale principale di sezione  $25 \text{ mm}^2$ .

## Esempio n°9

# ESEMPIO DI IMPIANTO DI TERRA DI CANTIERE

## Dimensionamento dell'impianto di terra

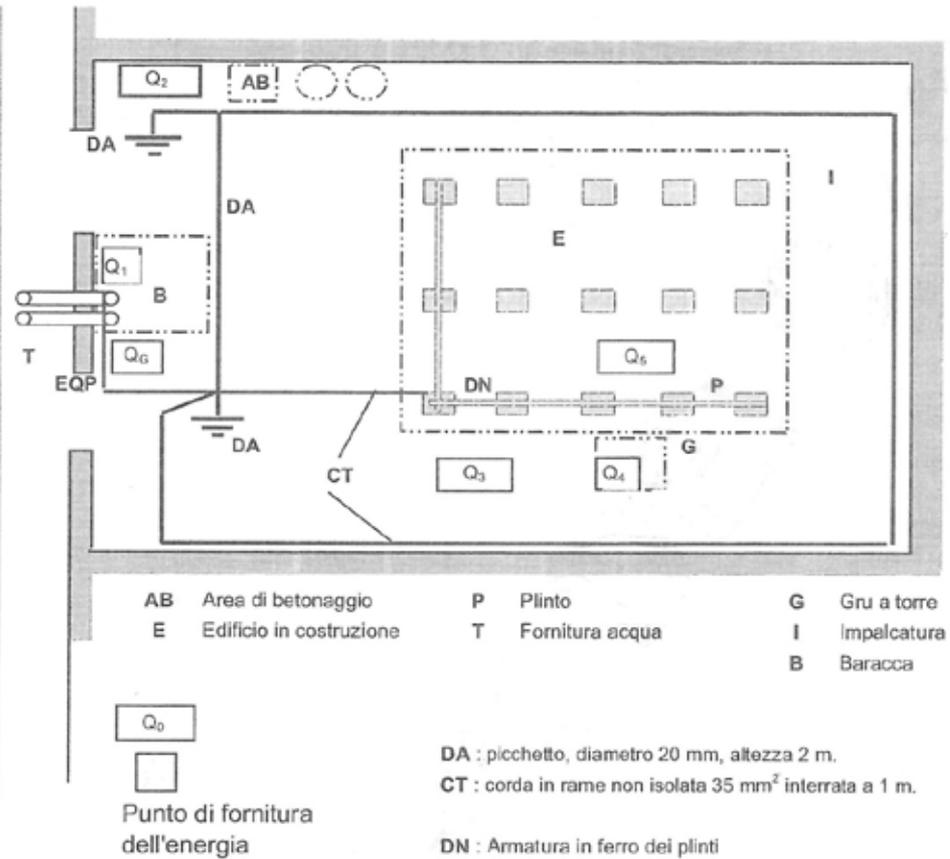
2) Realizzazione delle fondazioni in cemento armato dell'edificio.

Si provvede alla realizzazione di un dispersore, uguale al precedente, in prossimità della zona di installazione dell'impianto di betonaggio.

A completamento dell'impianto di terra si collega il dispersore intenzionale con il dispersore di fatto costituito dall'armatura in ferro dei plinti dell'edificio.

Per collegare i dispersori intenzionali tra loro ed al dispersore di fatto, si utilizza un dispersore orizzontale costituito da una corda in rame nudo, di sezione  $35 \text{ mm}^2$ , interrato ad una profondità di 1 m e disposta ad anello lungo il perimetro del cantiere.

## Esempio n°9



**Planimetria dell'impianto di terra**

# IMPIANTI DI TERRA

*Antonio Porro*

EDIZIONI CEI

Per chi desidera  
approfondire

Grazie dell'attenzione