

*Progetto*

**C. 1204**

*Data Scadenza Inchiesta*

**29-06-2018**

*Data Pubblicazione*

**2018-...**

*Classificazione*

**64-12**

*Titolo*

**Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario**

*Title*



Progetto in inchiesta pubblica

PROGETTO

## INDICE

1	Definizioni per la messa a terra .....	5
1.1	Terra.....	5
1.2	Dispersore.....	5
1.3	Conduttore di protezione (PE) .....	6
1.4	Conduttore di terra (CT) .....	6
1.5	Conduttore PEN .....	6
1.6	Conduttore PEM.....	7
1.7	Collettori (nodi).....	7
1.8	Collegamento equipotenziale.....	8
1.9	Conduttore equipotenziale.....	8
1.10	Impianto di terra .....	9
1.11	resistività del terreno, $\rho_E$ .....	9
1.12	resistenza di terra, $R_E$ .....	9
1.13	tensione totale di terra (EPR), $U_E$ .....	9
1.14	potenziale.....	9
1.15	tensione di contatto (effettiva), $U_T$ .....	9
1.16	potenziale trasferito.....	9
1.17	Impianti di terra elettricamente indipendenti.....	9
1.18	impianto di terra globale .....	9
1.19	Massa.....	10
1.20	Massa estranea.....	10
1.21	Guasto a terra .....	11
1.22	Corrente di guasto a terra.....	11
1.23	Componente elettrico (27.3 e commento).....	11
1.24	Contatto diretto.....	11
1.25	Contatto indiretto .....	11
1.26	Parte attiva .....	12
1.27	Sistema TN .....	12
1.28	Sistema TT .....	12
1.29	Tensione nominale .....	12
2	Caratteristiche e destinazione dell'impianto di terra .....	13
2.1	Generalità.....	13
2.2	Scopo dell'impianto di terra .....	14
2.3	Caratteristiche e funzioni dell'impianto di terra.....	14
2.4	Funzione dell'impianto di terra negli impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I e II categoria .....	15
3	Considerazioni sulla progettazione dell'impianto di terra .....	18
3.1	Determinazione della resistenza di terra $R_E$ .....	18

3.2	Analisi del sito .....	21
3.3	Scelta della configurazione .....	22
3.4	Calcolo della resistenza di terra .....	25
3.5	Dimensionamento dei vari componenti .....	28
3.6	Documentazione.....	37
4	Realizzazione di un impianto di terra .....	41
4.1	Generalità.....	41
4.2	Dispensore .....	41
4.3	Conduttore di terra .....	50
4.4	Collettore (o nodo) principale di terra MET .....	51
4.5	Conduttori equipotenziali principali .....	52
4.6	Giunzioni e connessioni.....	53
4.7	Esempi tipici di realizzazione di dispersori .....	55
5	Documentazione e verifica .....	60
5.1	Generalità.....	60
5.2	Documentazione necessaria per la verifica.....	60
5.3	Verifiche .....	60
5.4	Documentazione finale .....	62
	Allegato A.....	65
	Allegato B.....	66
	Appendice C.....	71
	Allegato D .....	74
	Allegato E.....	75
	Allegato F.....	80
	Allegato G .....	82

### **PREMESSA**

Il presente fascicolo riguarda la terza edizione della Guida CEI 64-12; la Guida fornisce informazioni relative alla realizzazione degli impianti di terra. Questa seconda edizione contiene modifiche dovute all'aggiornamento tecnico legislativo dovuto a nuove norme e leggi uscite dalla precedente edizione della Guida; alcune modifiche sono state apportate nel Capitolo dedicato alla protezione contro i fulmini in seguito alla pubblicazione delle nuove Norme CEI EN 62305 (CEI 81-10).

## INTRODUZIONE

La presente Guida è stata preparata con lo scopo di indicare agli operatori edili e ai committenti i notevoli vantaggi economici e tecnici che si possono ottenere con un tempestivo e coordinato intervento degli operatori elettrici prima e durante la costruzione delle opere edili (per es. utilizzando gli scavi delle armature metalliche del calcestruzzo armato prima del getto di cemento) e di fornire agli operatori elettrici informazioni utili per realizzare correttamente i vari interventi.

A questo scopo vengono:

- ricordati brevemente gli obiettivi e le funzioni degli impianti di terra di protezione, facendo riferimento alle norme in vigore;
- indicati i criteri di base da seguire per la loro progettazione e la loro esecuzione, mettendo in evidenza possibili soluzioni costruttive;
- illustrate le usuali tecniche di verifica;
- messe in evidenza la documentazione tecnica, preliminare e finale, necessaria.

Nella presente Guida vengono trattati gli impianti di terra di impianti elettrici alimentati da sistemi di I categoria (cioè oltre 50 V fino a 1 000 V compresi, se a corrente alternata, o oltre 120 V fino a 1 500 V compresi, se a corrente continua) e di II categoria (cioè oltre 1 000 V se a corrente alternata o oltre 1 500 V se a corrente continua, fino a 35 000 V compresi) e vengono fornite informazioni sulla progettazione ed esecuzione dei dispersori, dei conduttori di terra, dei conduttori equipotenziali principali, i conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali supplementari. Gli esempi mostrati in questa Guida rappresentano, sulla base delle Norme CEI 64-8 e CEI EN 50522 possibili soluzioni impiantistiche realizzabili correttamente. Completano la Guida alcuni Allegati che trattano i seguenti argomenti: definizioni, simboli, fenomeni di corrosione nei terreni, resistività del terreno, problemi di adeguamento per impianti preesistenti, predisposizione per la protezione contro i fulmini, impianto di terra per le esigenze del cantiere.

Essa è stata elaborata tenendo conto della seguente normativa, attualmente in vigore, riguardante gli impianti elettrici utilizzatori:

- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua"
- Norma CEI EN 61636-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Parte 1: prescrizioni comuni"
- Norma CEI EN 50522: "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a."
- Norme CEI EN 62305 (serie) "Protezione contro i fulmini"
- DM 22 gennaio 2008, n. 37 "Riordino delle disposizioni legislative in materia di attività di installazione degli impianti elettrici negli edifici"
- DPR 462/01 "Procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"
- D. Lgs 9 aprile 2008, n.81 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", coordinato ed aggiornato con il DLgs 3 agosto, n. 106 e ulteriori decreti.

## **1 Definizioni per la messa a terra**

### **1.1 Terra**

Il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero.

### **1.2 Dispensore**

Corpo conduttore o gruppo di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra.

NOTA: Una parte conduttrice annegata nel calcestruzzo di una fondazione è considerata in contatto elettrico con la terra.

*Il dispersore è "intenzionale" quando è installato unicamente per scopi inerenti alla messa a terra di impianti elettrici.*

*Il dispersore è "di fatto" quando è installato per scopi non inerenti alla messa a terra di impianti elettrici.*

#### **1.2.1 dispersore verticale**

profilato, tubo o asta metallica infisso nel terreno



#### **1.2.2 dispersore 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



#### **1.2.3 dispersore a piastra**

elemento conduttore a piastra interrato

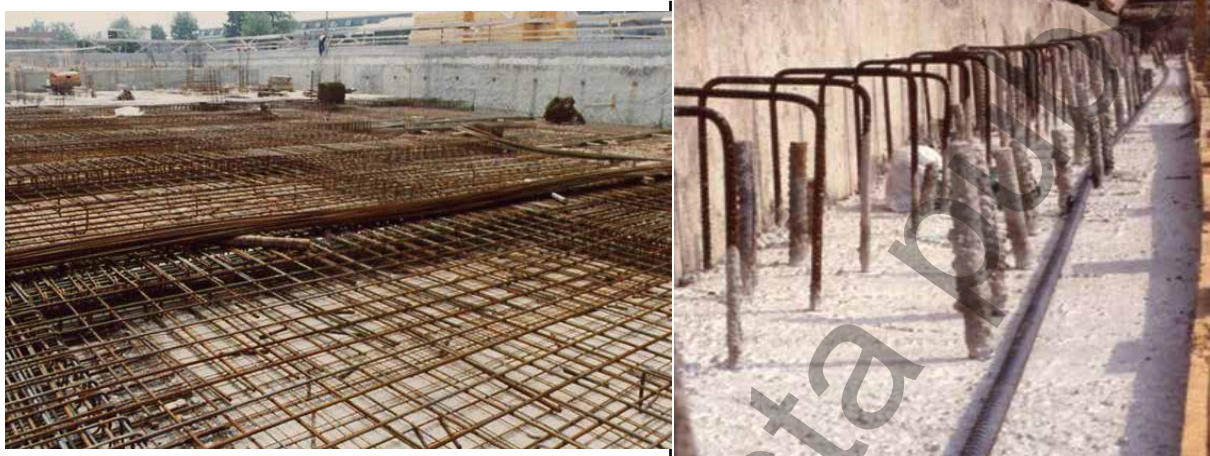


**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

### 1.2.4 dispersore di fondazione

Parte conduttrice immersa nel suolo nella fondazione dell'edificio o, preferibilmente, annegata nel cemento della fondazione, generalmente sotto forma di anello.

NOTA la terra di fondazione (si usa anche il termine "dispersore di fondazione") è generalmente costituita dagli elementi metallici della struttura, quali i ferri di armatura del cemento, pilastri di acciaio.



### 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

NOTA Le parti non isolate dei conduttori di terra interrati sono considerate come facenti parte del dispersore.



### 1.5 Conduttore PEN

Conduttore che svolge insieme le funzioni sia di conduttore di protezione sia di conduttore di neutro.

NOTA Il simbolo PEN risulta dalla combinazione del simbolo PE per il conduttore di protezione e del simbolo N per il conduttore di neutro.

**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

## **1.6 Conduttore PEM**

Conduttore che unisce le funzioni di conduttore di protezione e conduttore mediano (vedi art. 312.1.2 CEI 64-8)

## **1.7 Collettori (nodi)**

### **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)



### **1.7.2 Nodo di terra**

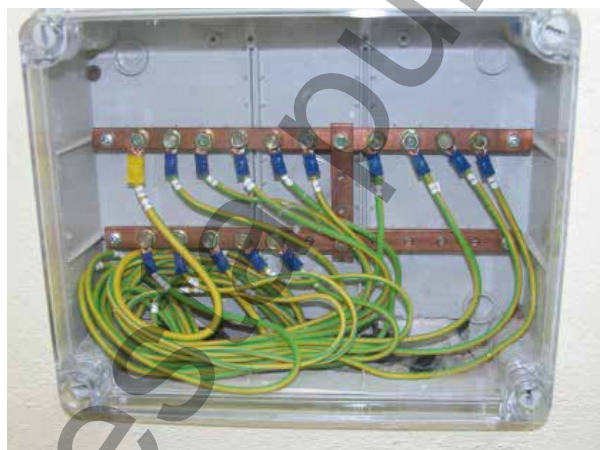
Elemento (barra o morsettiera) derivato dal collettore principale di terra (MET) a cui si collegano i conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali, nonché i conduttori per la terra funzionale, se esistente





### 1.7.3 Nodo equipotenziale

Elemento di giunzione a cui si collegano i conduttori equipotenziali, i conduttori di protezione che garantiscono l'equipotenzialità tra masse e masse estranee in un determinato ambiente.



### 1.8 Collegamento equipotenziale

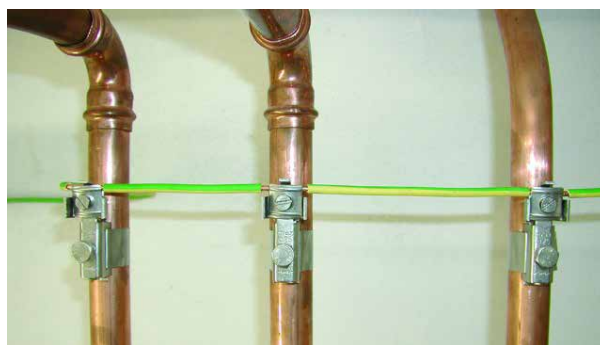
Collegamento elettrico che mette masse e masse estranee al medesimo potenziale.

### 1.9 Conduttore equipotenziale

Conduttore di protezione destinato ad assicurare il collegamento equipotenziale.

#### 1.9.1 Conduttore equipotenziale principale (EQP)

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



#### 1.9.2 Conduttore equipotenziale supplementare (EQS)

Conduttore equipotenziale per:

- il collegamento delle masse estranee negli ambienti particolari come previsti dalla CEI 64-8/7 oppure
- il collegamento tra le masse simultaneamente accessibili e/o le masse estranee per garantire il corretto coordinamento tra il dispositivo di interruzione automatica e l'impianto di terra, qualora questo non sia verificato (vedere art. 413.1.2.2.1 della CEI 64-8)

### **1.10 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.

### **1.11 resistività del terreno, $\rho_E$**

resistività di un tipico campione di terreno

### **1.12 resistenza di terra, $R_E$**

Resistenza tra il collettore (o nodo) principale di terra e la terra.

### **1.13 tensione totale di terra (EPR), $U_E$**

tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento

### **1.14 potenziale**

tensione tra un punto di osservazione e la terra di riferimento

### **1.15 tensione di contatto (effettiva), $U_T$**

tensione tra parti conduttrici quando vengono toccate simultaneamente

NOTA Il valore della tensione di contatto effettiva può essere influenzata apprezzabilmente dall'impedenza della persona o dell'animale che viene in contatto con dette parti conduttrici.

[IEV 195-05-11, modificata]

### **1.16 potenziale trasferito**

aumento del potenziale di un impianto di terra, causato da una corrente di terra, trasferito per mezzo di un conduttore collegato (per esempio uno schermo metallico di un cavo, un conduttore PEN, una tubatura, una rotaia) ad aree a basso livello di potenziale o a potenziale nullo rispetto alla terra, dando luogo a una differenza di potenziale tra il conduttore e ciò che lo circonda

NOTA La definizione si applica anche quando un conduttore è collegato alla terra di riferimento e transita nell'area soggetta ad un livello di potenziale maggiore.

### **1.17 Impianti di terra elettricamente indipendenti**

Impianti di terra aventi dispersori separati e tali che la corrente massima che uno di questi impianti può disperdere non modifica il potenziale rispetto a terra dell'altro impianto in misura superiore ad un valore determinato

### **1.18 impianto di terra globale**

Impianto di terra realizzato con l'interconnessione di più impianti di terra singoli che assicura, data la vicinanza degli impianti stessi, l'assenza di tensioni di contatto pericolose

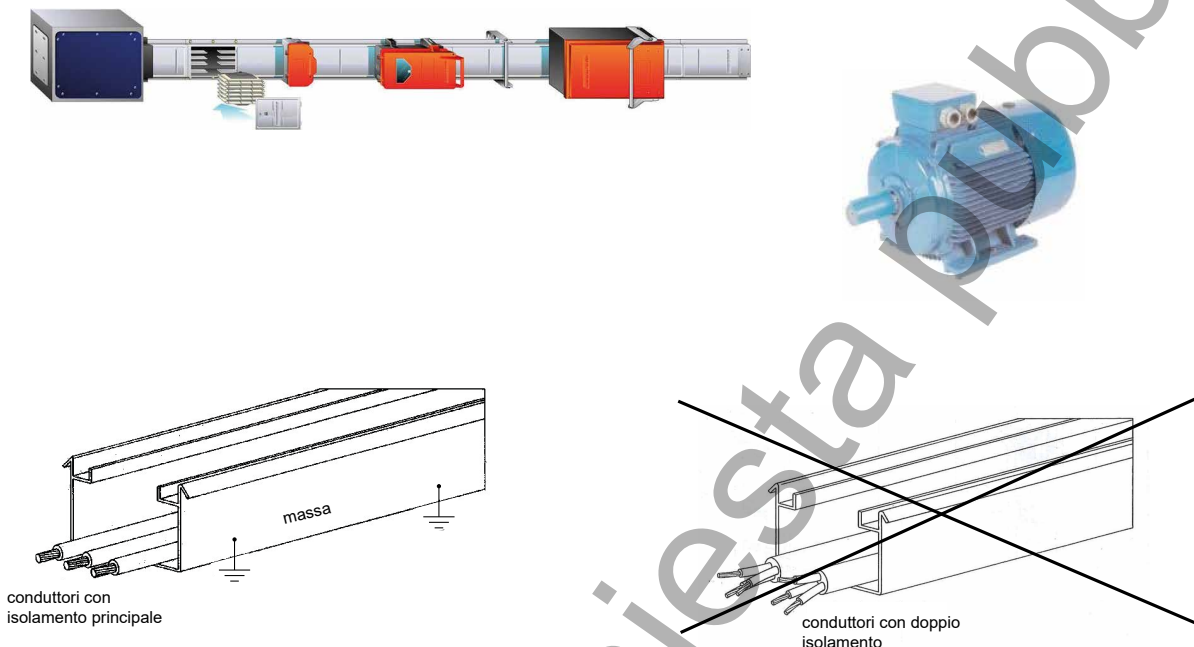
NOTA 1 Tali impianti permettono la ripartizione della corrente di terra in modo da ridurre l'aumento di potenziale di terra negli impianti di terra singoli. Si può dire che un tale impianto forma una superficie quasi equipotenziale.

NOTA 2 L'esistenza di un impianto di terra globale può essere determinato con misure a campione o con sistemi tipici di calcolo. Esempi tipici di impianti di terra globali si trovano nei centri città, in aree urbane o industriali con diffusi impianti di terra di bassa e alta tensione

### 1.19 Massa

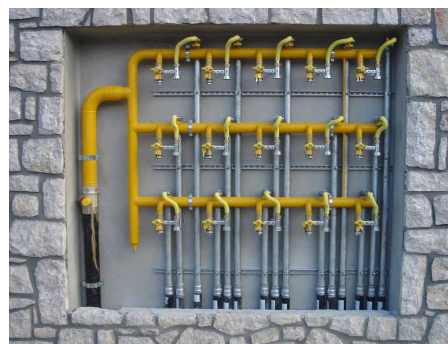
Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto.

NOTA Una parte conduttrice che può andare in tensione solo perché è in contatto con una massa non è da considerare una massa.



### 1.20 Massa estranea

Parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra.



NOTA Generalmente una massa estranea è suscettibile di introdurre il potenziale di terra; solo in casi particolari si considerano masse estranee le parti conduttrici suscettibili di introdurre altri potenziali.

Esempi di masse estranee sono:

- *elementi metallici facenti parte di strutture di edifici;*
- *condutture metalliche di gas, acqua e per riscaldamento.*

*Sono da considerare masse estranee (che possono introdurre il potenziale di terra) le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico (tubazioni, infissi, ecc.) che presentano verso terra un valore di resistenza inferiore a 1 000  $\Omega$  in tutti gli ambienti ai quali si applica la Norma CEI 64-8.*

*Tuttavia nei cantieri di costruzione (Sezione 704 della Parte 7), nei locali ad uso zootecnico, previsti per la custodia del bestiame (Sezione 705 della Parte 7), nei locali ad uso medico di gruppo 2, senza pericolo di microshock e nei locali di gruppo 1 (Sezione 710 della Parte 7), in cui si ha  $UL = 25$  V, sono da considerare masse estranee le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico che presentano un valore di resistenza verso terra inferiore a 200  $\Omega$ .*

*Nei locali medici di gruppo 2, con pericolo di microshock (Sezione 710 della Parte 7), per massa estranea si intende una parte metallica che presenta una resistenza verso terra minore di 0,5 M $\Omega$ .*

### 1.21 Guasto a terra

Guasto causato da un conduttore attivo che va a diretto contatto con la terra o a causa di una diminuzione significativa (cedimento) dell'isolamento che provochi una corrente verso terra

### 1.22 Corrente di guasto a terra

Corrente di guasto che si chiude attraverso l'impianto di terra.

#### 1.22.1 corrente di guasto a terra, $I_F$

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

#### 1.22.2 corrente di terra, $I_E$

corrente che fluisce verso terra tramite l'impedenza collegata a terra

NOTA La corrente di terra è la parte della corrente di guasto a terra  $I_F$  che determina la tensione totale di terra.

### 1.23 Componente elettrico

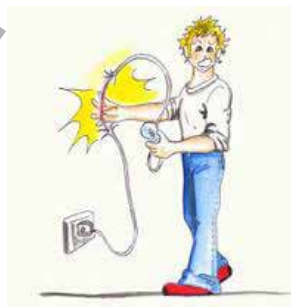
Termine generale usato per indicare sia i componenti dell'impianto sia gli apparecchi utilizzatori.

NOTA Ai fini dell'applicazione della presente Guida si ritiene opportuno riportare la definizione delle Classi di isolamento I e II per i componenti elettrici

- Componente elettrico di classe I — Componente elettrico dotato di isolamento principale e provvisto di un dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione;
- Componente elettrico di classe II — Componente elettrico dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento a un conduttore di protezione.

### 1.24 Contatto diretto

Contatto di persone con parti attive.



NOTA L'impianto di terra non assolve la protezione contro i contatti diretti

### 1.25 Contatto indiretto

Contatto di persone con una massa in tensione per un guasto.



### **1.26 Parte attiva**

Conduttore o parte conduttrice in tensione nel servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, ma escluso, per convenzione, il conduttore PEN.

### **1.27 Sistema TN**

Il sistema TN ha un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.

Si distinguono tre tipi di sistemi TN, secondo la disposizione dei conduttori di neutro e di protezione:

TN-S: il conduttore di neutro e di protezione sono separati;

TN-C-S: le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un solo conduttore in una parte del sistema;

TN-C: le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in un solo conduttore (PEN).

### **1.28 Sistema TT**

Il sistema TT ha un punto collegato direttamente a terra e le masse dell'impianto collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione.

### **1.29 Tensione nominale**

In relazione alla loro tensione nominale i sistemi elettrici si dividono in:

- sistemi di categoria 0 (zero), quelli a tensione nominale minore o uguale a 50 V se a corrente alternata o a 120 V se a corrente continua (non ondulata);
- sistemi di I categoria, quelli a tensione nominale da oltre 50 V fino a 1 000 V compresi se a corrente alternata o da oltre 120 V fino a 1 500 V compresi se a corrente continua;
- sistemi di II categoria, quelli a tensione nominale oltre 1 000 V se a corrente alternata o oltre 1 500 V se a corrente continua, fino a 35 000 V compresi;
- sistemi di III categoria, quelli a tensione nominale maggiore di 35 000 V.

Nella presente Guida vengono considerati prevalentemente i sistemi di I e II categoria.

### **1.30 Tensione nominale verso terra:**

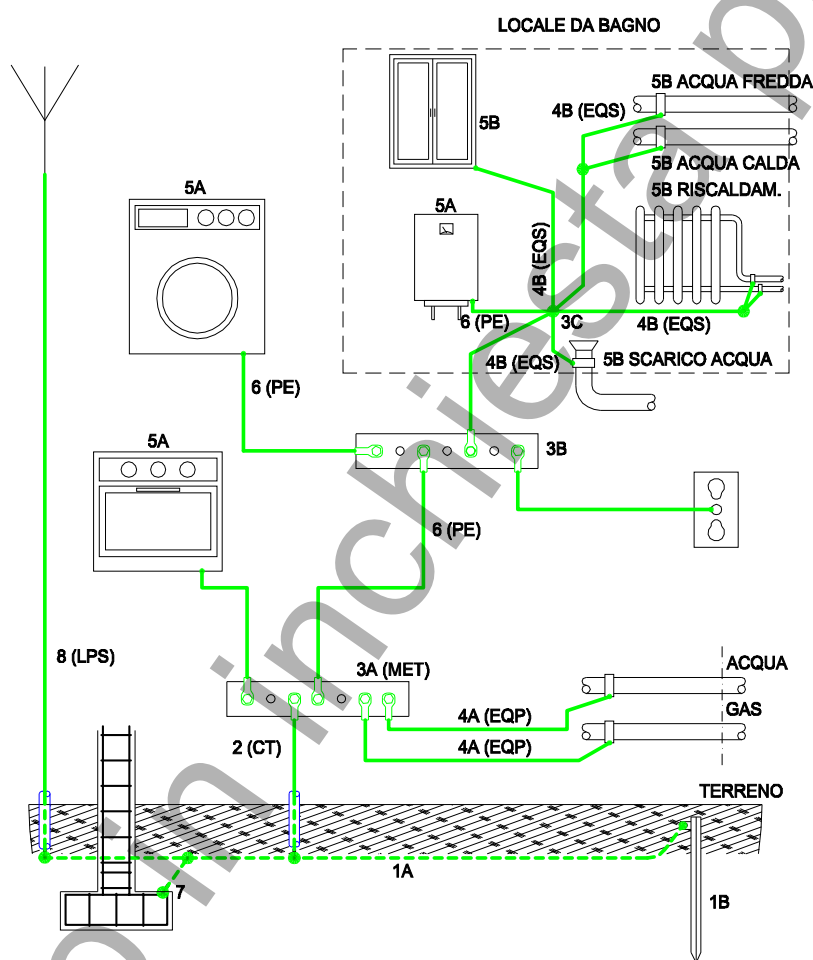
- nei sistemi trifase con neutro isolato o con neutro a terra attraverso impedenza, la tensione nominale;
- nei sistemi trifase con neutro direttamente a terra, la tensione stellata corrispondente alla tensione nominale;
- nei sistemi monofase, o a c.c., senza punti di messa a terra, la tensione nominale;
- nei sistemi monofase, o a c.c., con punto di mezzo messo a terra, la metà della tensione nominale.

## 2 Caratteristiche e destinazione dell'impianto di terra

### 2.1 Generalità

Per impianto di terra si intende un impianto costituito dai seguenti elementi:

- dispersori;
- conduttori di terra;
- collettori (o nodi) principali di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali principali e supplementari.



#### LEGENDA

- |  |  |
|--|--|
| 1A - Dispersore orizzontale (intenzionale)           | 4A - Collegamento equipotenziale principale EQP  |
| 1B - Dispersore verticale (intenzionale)             | 4B - Collegamento equipotenziale supplementare EQS   |
| 2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva) | 5A - Massa   |
| 3A - Collettore (o nodo) principale di terra MET     | 5B - Massa estranea se < 1.0 kΩ  |
| 3B - Nodo di terra                                   | 6 - Conduttore di protezione PE  |
| 3C - Nodo equipotenziale                             | 7 - Collegamento ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato (dispersore di fatto)      |
|  | 8 - LPS Sistema di protezione contro il pericolo di fulminazione diretta (quando presente) |

Figura 2.1 – Esempio di collegamenti di un impianto di terra

L'impianto di terra è destinato a realizzare la messa a terra che, coordinato con un adeguato dispositivo di protezione, realizza il metodo di protezione denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione".

Questo metodo di protezione è quello più comunemente utilizzato contro i contatti indiretti.

Altri metodi di protezione contro i contatti indiretti che non prevedono l'utilizzo dell'impianto di terra adottati per impianti elettrici, alimentati da sistemi di I categoria sono:

- uso di componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente;
- separazione elettrica;
- bassissima tensione SELV.
- altri sistemi indicati nel capitolo 413 della norma CEI 64-8

## **2.2 Scopo dell'impianto di terra**

I componenti elettrici di Classe I sono dotati di isolamento principale tra le parti attive e le masse: in caso di cedimento di questo isolamento le masse assumono valori di tensione che potrebbero risultare pericolosi per le persone in contatto con esse.

La pericolosità del contatto dipende soprattutto dal valore e dalla durata della corrente nel corpo umano.

La funzione dell'impianto di terra, negli impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I categoria, è quella di chiudere il circuito di guasto verso la sorgente di alimentazione. La corrente di guasto, in un impianto di terra coordinato con i dispositivi di protezione, ne provocherà l'intervento evitando così il permanere di tensioni pericolose sulle masse.

L'impianto di terra è efficace contro i contatti indiretti solo se si realizza un adeguato coordinamento con il dispositivo di protezione, secondo le regole indicate nella Norma CEI 64-8.

L'impianto di terra, per essere efficace, deve:

- essere affidabile e garantire nel tempo le caratteristiche elettriche;
- avere una resistenza tale che il valore della corrente di guasto che lo attraversa sia in grado di provocare l'intervento del dispositivo di protezione nei tempi richiesti.

Nel caso di alimentazione da sistemi di II categoria, nei quali la cabina di trasformazione è di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene in genere collegato direttamente al centro stella del secondario del trasformatore (sistema TN). In questo caso in presenza di guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si chiude attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore, che viene dimensionato soprattutto in funzione di guasti che si possono verificare sul circuito di alimentazione di media tensione.

## **2.3 Caratteristiche e funzioni dell'impianto di terra**

L'impianto di terra è l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) principali di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali.

La continuità elettrica dell'impianto di terra deve essere sempre garantita; senza questa condizione l'impianto non sarà efficace.

È necessario pertanto effettuare controlli iniziali e periodici, in conformità alla legislazione vigente e in funzione dell'utilizzo dell'impianto elettrico, per accertare la continuità elettrica dei collegamenti.

Il dispersore è costituito da elementi metallici posati nel terreno e a contatto con esso; il dimensionamento del dispersore deve essere fatto in modo che la corrente di guasto raggiunga valori tali da provocare l'apertura del dispositivo di protezione. Possono far parte del dispersore tutti quegli elementi metallici che per la loro funzione e destinazione sono a contatto con il terreno (ad es. i ferri del cemento armato, le tubazioni metalliche, ecc.).

Il conduttore di terra ha la funzione di collegare il dispersore e il collettore (o nodo) principale di terra ed eventualmente gli elementi del dispersore tra loro.

Il collettore (o nodo) principale di terra ha la funzione di realizzare il collegamento fra conduttori di terra, conduttori di protezione e conduttori equipotenziali principali.

Il collettore principale di terra deve essere affidabile, facilmente controllabile e individuabile nei collegamenti.

I conduttori di protezione hanno la funzione di collegare le masse al collettore principale di terra.

La funzione dei conduttori equipotenziali è quella di assicurare la equipotenzialità fra le masse e le masse estranee, intendendo per queste ultime quegli elementi conduttori (es. tubazioni metalliche, ecc.) in grado di introdurre il potenziale di terra. Con i collegamenti equipotenziali si evita che in caso di guasto si possano manifestare differenze di potenziale pericolose fra parti metalliche che possono essere toccate contemporaneamente da una persona. Per conduttori equipotenziali principali si intendono quelli che collegano il collettore principale di terra alle principali masse estranee alla base dell'edificio, in particolare:

- i tubi metallici alimentanti servizi dell'edificio, per esempio acqua e gas;
- le parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento d'aria;
- le armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

I conduttori equipotenziali supplementari sono invece quelli che collegano localmente le masse e le masse estranee negli ambienti particolari indicati nella parte settima della norma CEI 64-8, dove il rischio per le persone è maggiore (esempio: locali contenenti bagni o docce, locali medici e altro).

L'interruzione automatica del circuito protegge da guasti interni all'impianto, che avvengono a valle del dispositivo di protezione; essa non è efficace se invece la tensione pericolosa viene trasferita da altri impianti utilizzatori tramite masse estranee.

Situazioni di rischio negli edifici ad uso abitativo, possono verificarsi, ad esempio, nei locali da bagno, dove, attraverso le tubazioni idriche metalliche, si possano introdurre potenziali pericolosi.

L'equipotenzialità è l'unico sistema in grado di assicurare la protezione da tensioni pericolose provenienti dall'esterno dell'edificio.

#### **2.4 Funzione dell'impianto di terra negli impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I e II categoria**

La funzione dei vari elementi dell'impianto di terra può assumere aspetti diversi secondo i sistemi di alimentazione, che, per gli impianti utilizzatori installati negli edifici considerati nella presente Guida, possono essere:

- sistemi di I categoria;
- sistemi di II categoria.



### 2.4.1 Impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I categoria con modo di collegamento a terra TT

In questi impianti viene utilizzato per il modo di collegamento a terra il sistema TT, che si ha quando le masse dell'impianto utilizzatore sono collegate ad un impianto di terra distinto da quello del sistema di alimentazione.

A tale sistema appartengono generalmente tutti gli impianti utilizzatori alimentati dalla rete di distribuzione pubblica in bassa tensione. In questi casi non è ammesso interconnettere il proprio collettore principale con quello del Distributore, in quanto quest'ultimo potrebbe assumere tensioni pericolose.

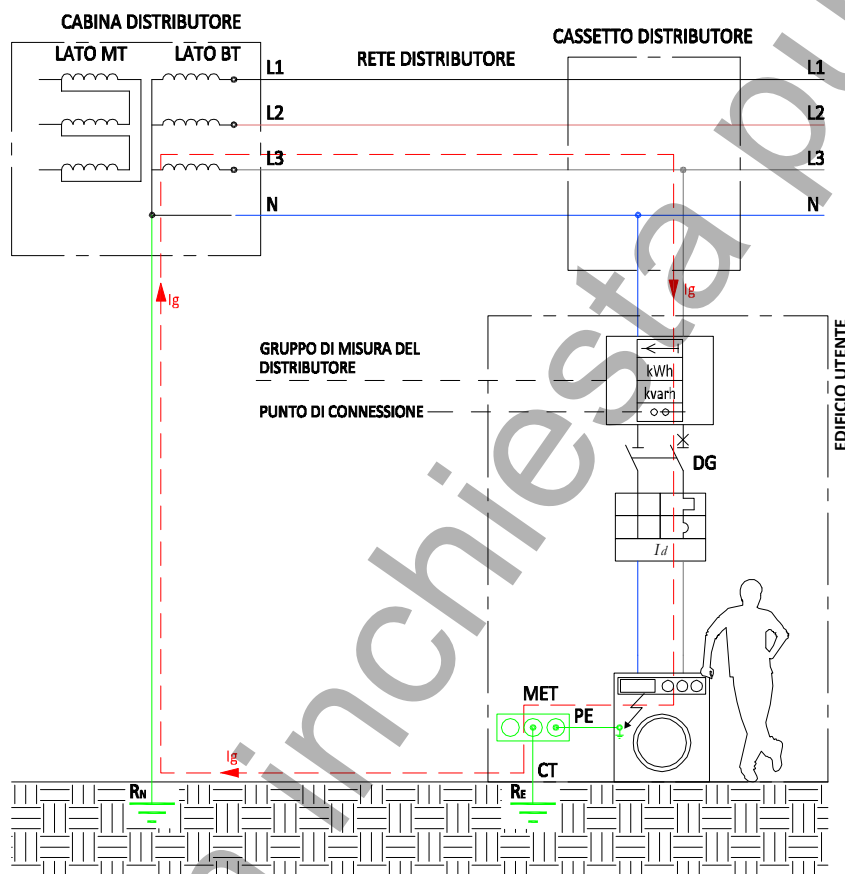


Figura 2.2 – Percorso della corrente di guasto in un sistema TT

La corrente di guasto si chiude come indicato nel circuito della Fig. 2.2. Essendo fortemente limitata soprattutto dalla resistenza di terra dell'impianto utilizzatore e della cabina di alimentazione, essa non raggiunge in genere un valore sufficiente a far intervenire nei tempi richiesti i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti. Per questo motivo la norma CEI 64-8 prescrive l'obbligo di installazione di interruttori differenziali.

In questi impianti le caratteristiche richieste all'impianto di terra sono soprattutto la durata e l'affidabilità, piuttosto che un valore di resistenza molto basso.

### 2.4.2 Impianti utilizzatori alimentati da sistemi di II categoria con modo di collegamento a terra TN

In questi impianti viene utilizzato per il modo di collegamento a terra il sistema TN, che si ha quando le masse dell'impianto utilizzatore sono collegate ad un punto (in genere il centro stella del trasformatore) del sistema di alimentazione collegato direttamente a terra.

Nella maggioranza dei casi, tale collegamento viene realizzato mediante un conduttore (PE) distinto dal conduttore di neutro ed il sistema viene indicato come TN-S.

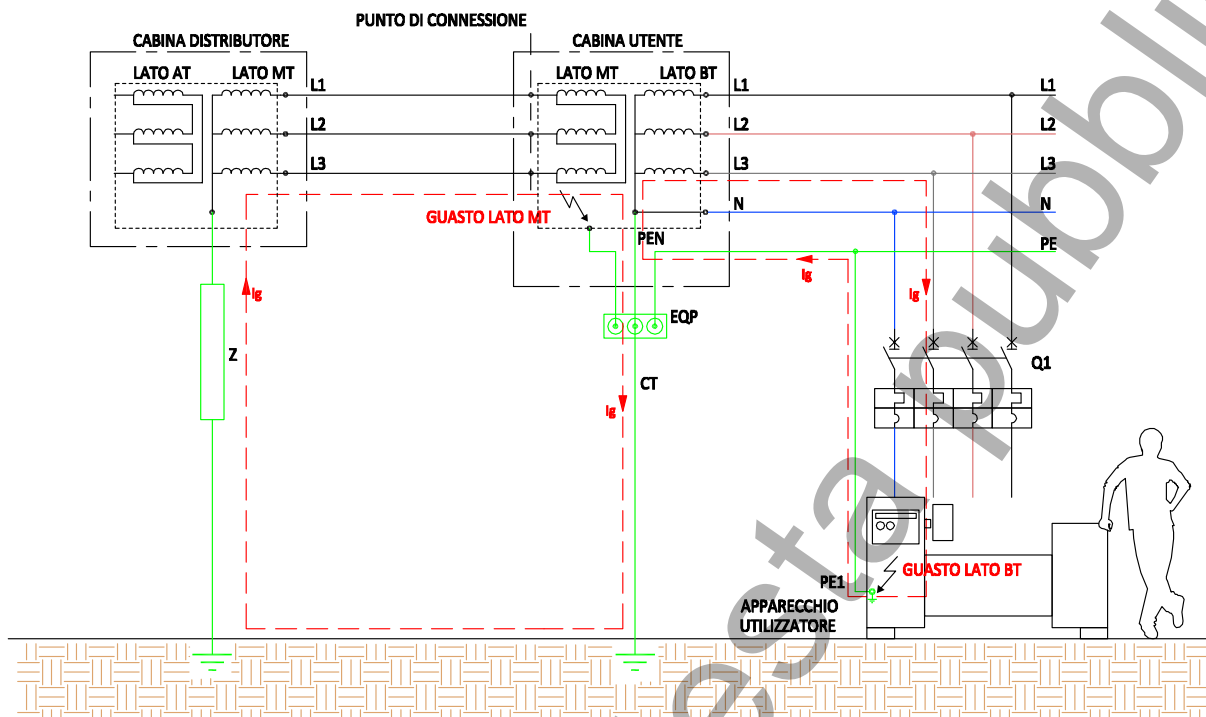


Figura 2.3 – Percorso della corrente di guasto in un sistema TN

Appartengono in genere a questo sistema tutti quegli impianti utilizzatori che, per maggiore richiesta di potenza impegnata, sono alimentati dal Distributore in II categoria. Essendo la cabina di trasformazione di proprietà, l'utente deve realizzare un dispense che tenga conto dei guasti a terra che si possono verificare sul lato di II categoria.

Se esistono altri dispensori naturali, si raccomanda di collegarli tra loro, tramite dei collettori e relativi conduttori di terra, allo scopo di assicurare che il potenziale dei conduttori di protezione resti, in caso di guasto, il più vicino possibile a quello di terra.

Nel caso in cui non sia considerato conveniente collegare al dispense della cabina di trasformazione le masse situate in posizioni lontane da tale dispense mediante conduttori di protezione tali da potere ottenere l'intervento dei dispositivi di protezione nei tempi richiesti per i sistemi TN, è possibile realizzare localmente dei dispensori indipendenti ed ottenere la protezione in accordo con le prescrizioni dei sistemi TT.

La funzione ed il comportamento dell'impianto di terra variano a seconda del tipo di guasto.

#### a) Guasto sul lato di I categoria (BT)

Con riferimento alla Fig.2.3, quando un conduttore di fase entra in contatto con una massa, la corrente di guasto interessa soprattutto il conduttore di protezione e la fase dove si è verificato il guasto. La corrente è così limitata dalla impedenza del circuito di guasto e non risulta praticamente interessare il dispense. Durante il guasto, poiché la massa del relativo componente elettrico va in tensione, devono essere assicurati adeguati tempi di intervento dei dispositivi di protezione.

In caso di guasto l'impianto di terra deve formare un circuito a bassissima impedenza tale da far circolare una corrente sufficiente per provocare l'intervento del dispositivo di protezione; inoltre, deve assicurare un'adeguata equipotenzialità delle masse e delle masse estranee.

#### b) Guasto sul lato di II categoria (MT)

In questo caso il dispense è direttamente interessato nella chiusura del circuito di guasto, come indicato nella Fig. 2.3.

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 e 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.

### **3 Considerazioni sulla progettazione dell'impianto di terra**

In questo articolo non si sono considerate le esigenze di progetto relative alla protezione contro i fulmini derivanti dalla applicazione della serie di Norme CEI EN 62305 per le quali si rimanda all'Allegato E di questa Guida.

Si ricorda che il DM 22 gennaio 2008, n. 37 stabilisce i limiti al di sopra dei quali il progetto dell'impianto elettrico deve essere affidato ad un tecnico iscritto in un albo professionale.

#### **3.1 Determinazione della resistenza di terra $R_E$**

Gli impianti elettrici aventi modo di collegamento a terra TT (alimentati da sistemi di I categoria) e gli impianti elettrici aventi modo di collegamento a terra TN (alimentati da sistemi di II categoria) vengono esaminati separatamente.

Nel caso di coesistenza di modi di collegamento a terra TT e TN, dovuta ad alimentazioni differenti da sistemi di I e di II categoria, il valore della resistenza di terra va determinato separatamente per entrambe le situazioni.

##### **3.1.1 Sistemi TT**

Devono essere rispettate le prescrizioni di 413.1.4.2 della Norma CEI 64-8.

Il valore della resistenza del dispersore dell'impianto utilizzatore deve soddisfare la relazione

$$R_E \leq U_L / I_{dn}$$

dove:

$R_E$  = resistenza del dispersore in ohm;

$U_L$  = tensione di contatto limite (50 V per ambienti ordinari e 25 V per per cantieri di costruzione e demolizione, locali medici, locali agricoli in presenza di bestiame).

$I_{dn}$  = corrente differenziale nominale dei dispositivi di protezione a corrente differenziale.

L'uso obbligatorio di protezioni differenziali rende agevole l'ottenimento del valore richiesto per la resistenza di terra. Ad esempio, con un interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale

$$I_{dn} = 0,3 \text{ A}$$

Si ottiene

$$R_E = 50 / I_{dn} = 50 / 0,3 = 167 \ \Omega$$

in ambienti ordinari

$$R_E = 25 / I_{dn} = 25 / 0,3 = 83 \ \Omega$$

per cantieri di costruzione e demolizione, locali medici, locali agricoli in presenza di bestiame

Il dispersore deve avere inoltre dimensioni non inferiori a quelle minime indicate nella tabella 54.1, articolo 542.2.4 della Norma CEI 64-8, in modo da garantire resistenza meccanica e resistenza alla corrosione adeguate per ciascun tipo di dispersore.

### 3.1.2 Sistemi TN

#### 3.1.2.1 Impianti utilizzatori alimentati da sistemi di II categoria

Quando l'impianto elettrico viene alimentato a tensione maggiore di 1 kV se a corrente alternata (o oltre 1,5 kV se in corrente continua), fino a 35 kV compresi, l'impianto di terra deve essere dimensionato in accordo con le prescrizioni della Norma CEI EN 50522.

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 (materiali e dimensioni minime dei componenti sono quelli indicati in Tabella al punto 2.5.1.);
- essere capace di sopportare le sollecitazioni termiche, in relazione alle correnti di guasto ed ai tempi di durata del guasto CEI EN 50522 – articolo 5.3.2 Tabella 1, con le sezioni minime dei conduttori di terra indicate nella 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  $t_f$ .

#### Tensione totale di terra

La tensione di terra si calcola con la seguente formula:

$$U_E = R_E \cdot I_F$$

dove:

$U_E$  tensione totale di terra in volt (V) - nella norma CEI EN 61936-1 è denominata EPR (Earth Potential Rise)

$R_E$  resistenza (impedenza) di terra in ohm ( $\Omega$ )<sup>(1)</sup>

$I_F$ <sup>(2)</sup> corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto (punto di guasto a terra)

NOTA 1: nella realtà non esiste una resistenza pura, ma è sempre una resistenza accoppiata a una reattanza pertanto è più corretto usare il termine "impedenza di terra" simbolo  $Z_E$

NOTA 2: La corrente di guasto a terra  $I_F$  e il tempo di eliminazione del guasto  $t_f$  nel sistema a tensione maggiore di 1 kV devono essere forniti dal Distributore.

#### Tensione di contatto

La tensione di contatto è la differenza di potenziale fra una massa o una massa estranea, che va in tensione a seguito di un guasto, e il terreno.

Convenzionalmente per tensione di contatto s'intende la tensione mano-piedi di una persona, che con i piedi alla distanza di 1 m dalla proiezione verticale della massa (o massa estranea), la tocca.

Verificando il rispetto delle condizioni previste per le tensioni ammissibili di contatto, si ritengono soddisfatte anche le condizioni per le tensioni di passo.

#### Condizione di sicurezza da raggiungere

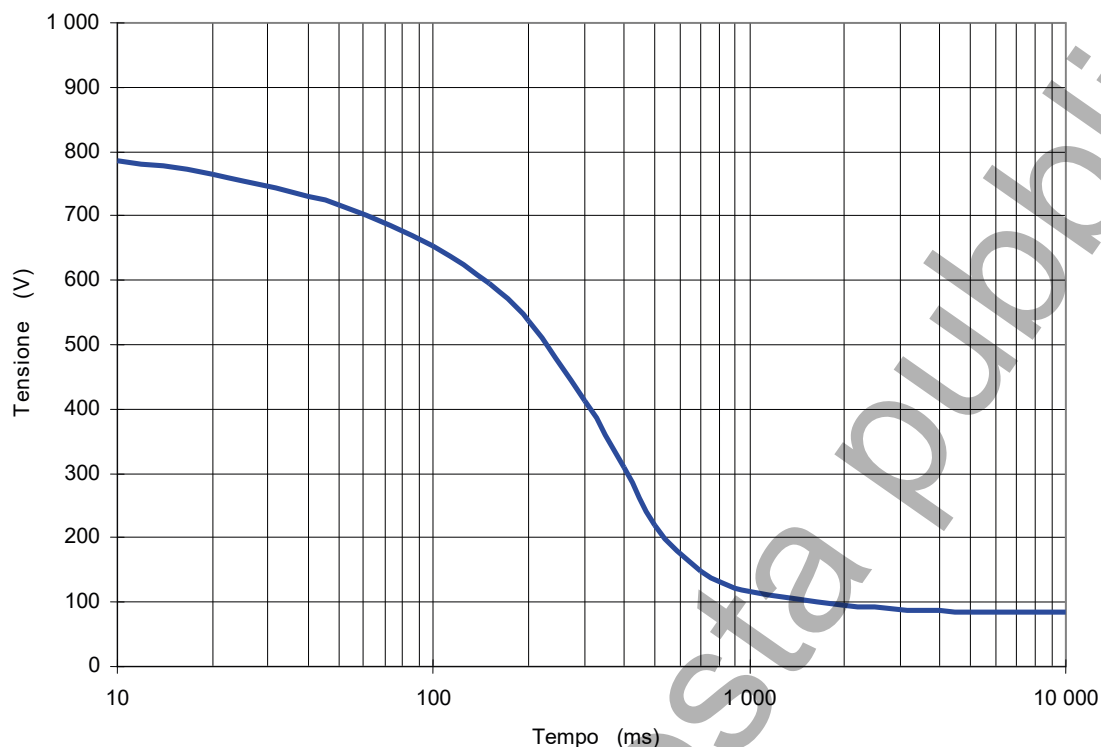
La condizione di sicurezza si consegue quando si verifica la relazione

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

(\*) nel caso in cui il sistema elettrico in B.T. non sia interamente compreso all'interno di un dispersore di A.T. a "rete magliata"

La verifica di questa relazione richiede la misura della resistenza di terra  $R_E$

La tensione di contatto ammissibile  $U_{Tp}$ , noto il tempo di eliminazione del guasto  $t_f$ , si desume dalla Tabella seguente o dalla Figura 3.1.



**Figura 3.1 – Valori delle tensioni di contatto ammissibili  $U_{Tp}$  per correnti di breve durata (da figura 12 della Norma CEI EN 61936-1)**

NOTA 1 Se la durata della corrente è molto più lunga di quanto indicato nel grafico, si può usare per  $U_{Tp}$  un valore di 80 V.

I valori calcolati della tensione di contatto  $U_{Tp}$  ammissibile in funzione della durata del guasto, basati sulla Tabella 1 della Guida CEI 99-5, sono i seguenti.

<b>Tempo (s)</b>	0,04	<b>0,05</b>	0,06	0,08	<b>0,10</b>	0,15	<b>0,20</b>	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	<b>0,50</b>
<b><math>U_{Tp}</math> (V)</b>	788	<b>716</b>	700	675	<b>654</b>	638	<b>537</b>	487	400	363	300	250	<b>220</b>
<b>Tempo (s)</b>	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	3,00	<b>5,00</b>	7,00	<b>10,00</b>	<b>&gt;10,00</b>
<b><math>U_{Tp}</math> (V)</b>	187	175	168	150	137	127	<b>117</b>	<b>96</b>	90	<b>86</b>	85	<b>85</b>	<b>80</b>

### Progetto dell'impianto di terra

Il progetto di un impianto di terra può essere eseguito come segue:

- raccolta dati, ad esempio la corrente di guasto verso terra, la durata del guasto e la configurazione;
- progetto iniziale dell'impianto di terra basato sulle prescrizioni funzionali;
- determinare se fa parte di un impianto di terra globale;
- se non fa parte di un impianto di terra globale, determinare le caratteristiche del terreno, esempio la resistività specifica degli strati del suolo;
- determinare la corrente che fluisce nella messa a terra dell'impianto di terra, basandosi sulla corrente di guasto a terra;
- determinare le principali impedenze verso terra basate sulla configurazione, caratteristiche del suolo e impianti di terra in parallelo;

- g) determinare il valore della tensione totale di terra;
- h) determinare la tensione di contatto ammissibile;
- i) se il valore della tensione totale di terra è inferiore alla tensione di contatto ammissibile, il progetto è completo;
- j) se no, determinare se le tensioni di contatto nell'area dell'impianto e nelle vicinanze dell'impianto di terra sono inferiori ai limiti tollerabili;
- k) determinare se i potenziali trasferiti presentano un rischio interno o esterno all'impianto, se sì, procedere all'attenuazione nel luogo esposto;
- l) determinare se le apparecchiature BT sono esposte a eccessive sollecitazioni di tensione; se sì, procedere con le misure di attenuazione che possono comprendere la separazione dell'impianto di terra MT da quello BT;
- m) determinare se la corrente che circola nel neutro del trasformatore può portare a eccessive differenze di potenziale tra diverse parti dell'impianto di terra; se sì, procedere con misure di attenuazione.

### **3.2 Analisi del sito**

La resistività del terreno è un elemento determinante nella progettazione del dispersore.

Per i dispersori di impianti appartenenti al sistema TT dove il valore della resistenza di terra da realizzare non è particolarmente basso, il valore della della Tabella C (Allegato C) può essere accettabilmente stimato sulla base della Tabella D (Allegato D). In questo caso, noto il valore necessario di resistenza di terra da ottenere, il progetto del dispersore, per i vari tipi di terreno, può essere desunto dalla Tabella 3.1.

Per i dispersori di impianti appartenenti al sistema TN, che richiedono il raggiungimento di valori molto bassi di resistenza di terra è preferibile una corretta misurazione sul campo.

### **3.2.1 Limiti di estensione**

I vari componenti del dispersore devono risultare contenuti entro il perimetro della proprietà, sia per mantenerne il controllo e non dover chiedere autorizzazioni a terzi, sia per non trasferire tensioni pericolose all'esterno.

In alcuni casi, come ad esempio edifici a schiera o semplici edifici collegati da corpi comuni o impianti di uso comune, è consigliabile realizzare un unico impianto di terra. Questo non tanto per ottenere un valore di resistenza di terra inferiore, ma soprattutto per ragioni di equipotenzialità.

### **3.2.2 Corrosività del terreno**

Gli elementi metallici immersi in ambiente umido sono soggetti a corrosione.

Sono elementi incentivanti la corrosione:

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

NOTA Le correnti vaganti sono correnti di dispersione deviate dal percorso circuitale previsto e che si chiudono su percorsi non intenzionali nel terreno o in strutture metalliche interrate (ad esempio, tubazioni, schermature per cavi, serbatoi)

È certamente importante la conservazione degli elementi interrati, ma è altresì importante che questi non siano causa di corrosione per altre strutture interrate.

L'Allegato B fornisce alcune indicazioni sul fenomeno corrosione.

## **3.3 Scelta della configurazione**

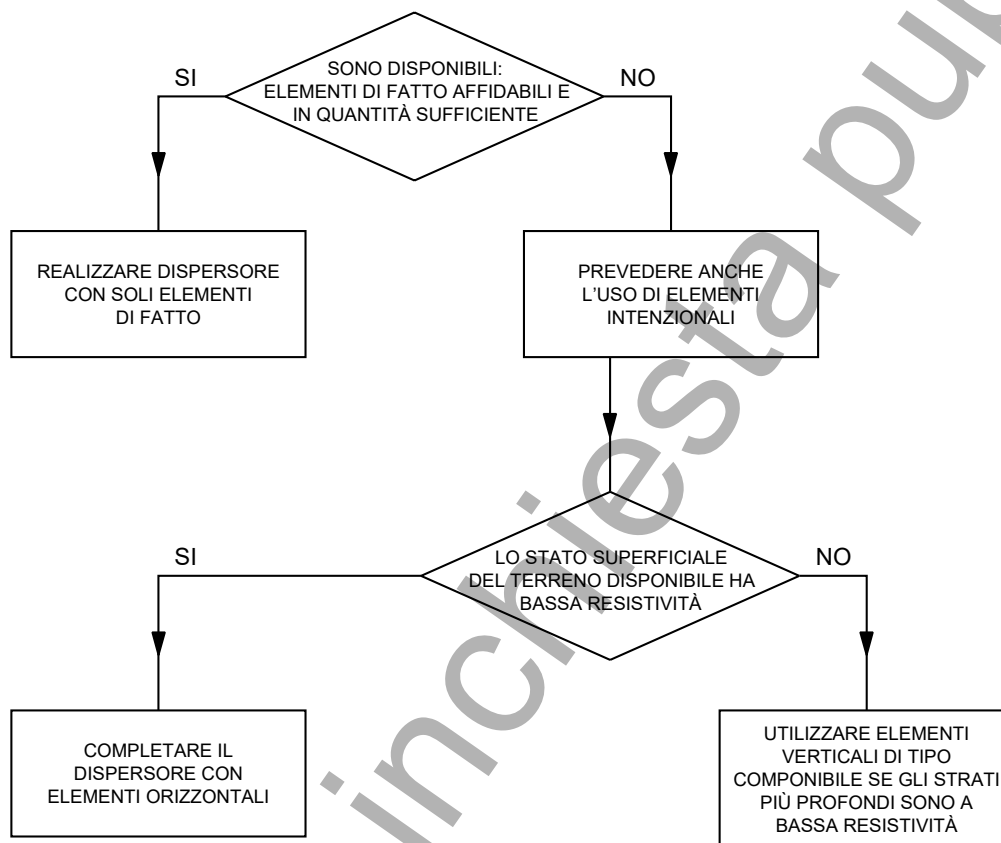
### **3.3.1 Impostazione generale**

Le motivazioni che conducono alla scelta di un particolare tipo di elemento dispersore (verticale, orizzontale, di fatto o intenzionale) possono essere indirizzate dalle seguenti esigenze:

- a) tecniche: realizzare un sistema che possa raggiungere il valore di resistenza calcolato e una buona equipotenzialità. L'utilizzo di dispersori di fatto può facilitare il raggiungimento di tali obiettivi;
- b) economiche: evitare inutili sprechi di materiale. In particolare nei sistemi TT l'utilizzo degli elementi di fatto può spesso da solo garantire il raggiungimento di accettabili valori di resistenza di terra. In questi sistemi, in ogni caso, anche con l'uso di elementi verticali (dispersori a picchetto) si può ottenere un valore di resistenza accettabile;
- c) ambientali: particolari esigenze ambientali (rocce o terreni ad elevatissima resistività) possono rendere indispensabile l'uso di maglie di elementi orizzontali o trivellazioni per elementi verticali profondi.

### 3.3.2 Criteri di scelta del dispersore per ottenere la resistenza di terra desiderata

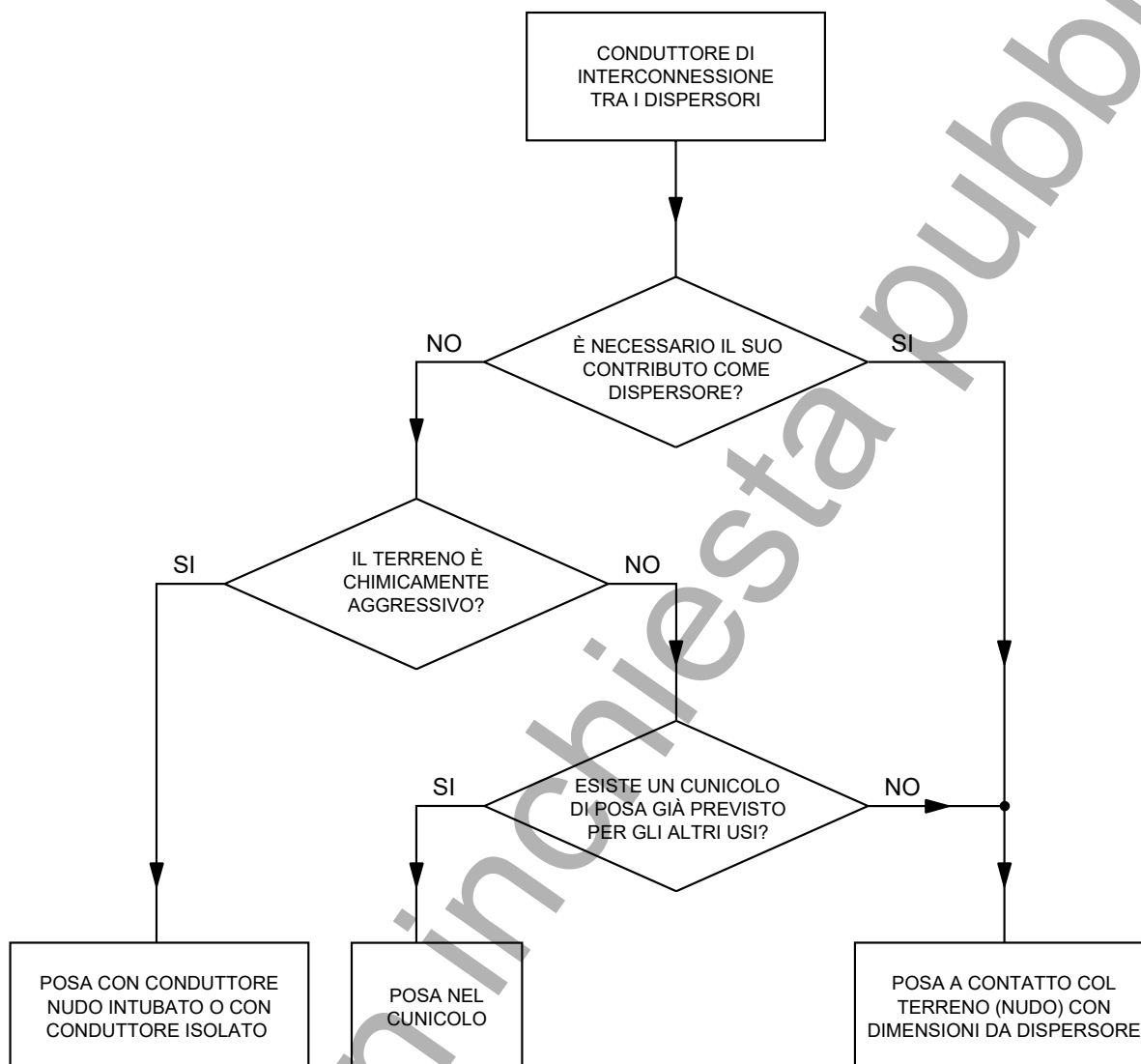
Il dispersore può essere realizzato utilizzando elementi di fatto, elementi intenzionali o una combinazione di elementi di fatto e intenzionali. Occorre pertanto valutare innanzitutto la presenza di elementi di fatto adatti allo scopo e determinarne (con misura o con calcolo di prima approssimazione) la resistenza dei vari tipi (come plinti, fondazioni in calcestruzzo armato, camicie metalliche di pozzi, ecc.). Si deve decidere quindi se installare dispersori intenzionali, sulla base del seguente schema:





### 3.3.3 Interconnessione tra elementi del dispersore

L'analisi del modo di posa del conduttore di interconnessione può essere condotta secondo il seguente schema:



### 3.3.4 Equipotenzialità

Come è noto, la pericolosità di una massa in tensione (a causa di un guasto) non dipende dal potenziale assunto da quella massa, ma dalla differenza di potenziale che si crea tra la massa e le altre masse e le masse estranee. Per questo l'equipotenzialità è importante per la sicurezza.

Un primo intervento consigliato è il collegamento delle armature del calcestruzzo armato in almeno un punto (se esse sono ben connesse tra di loro).

Sono inoltre da prevedere il collegamento al collettore principale di terra (o a più collettori di terra per edifici estesi) di tutte le canalizzazioni metalliche entranti nell'edificio (gas, acqua o altro) ed anche delle parti strutturali metalliche dell'edificio.

### 3.3.5 Collettore (o nodo) principale di terra

Per impianti di modesta estensione si consiglia la realizzazione di un solo collettore principale di terra facilmente identificabile; per i piccoli impianti TT tale nodo può coincidere con la barra o il morsetto di terra del quadro generale.

Per impianti di dimensioni più estese, un solo collettore principale di terra comporterebbe la creazione di collegamenti molto lunghi (costosi oltre che non funzionali) e risulta necessario pertanto creare più collettori di terra.



## 3.4 Calcolo della resistenza di terra

### 3.4.1 Valutazione approssimativa del contributo di dispersori intenzionali

In prima approssimazione la resistenza di un dispersore può essere calcolata con le seguenti formule:

#### a) Resistenza di un dispersore verticale

$$R_d = \rho_m / L$$

dove:

$\rho_m$  = resistività media 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.

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

Come è noto la resistenza di un sistema complesso con più elementi in parallelo è sempre più elevata di quella che risulterebbe da un semplice calcolo di elementi in parallelo. Ciò è tanto più vero quanto più vicini e quindi interagenti risultano gli elementi.

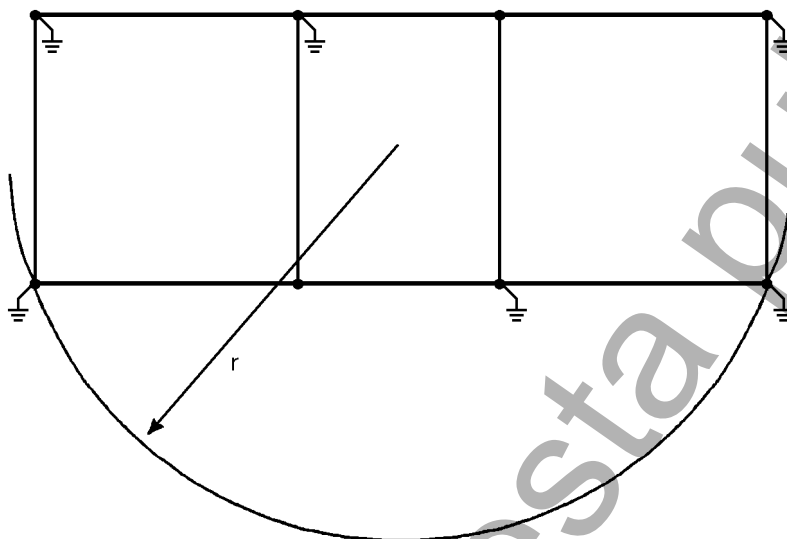
**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

Per questi motivi, l'utilizzazione della formula sottosposta, nell'ipotesi di un sistema a maglia, è più rapida ed efficace del calcolo dei singoli elementi orizzontali e verticali:

$$R_d = \rho_m / 4 r$$

dove

r = raggio del cerchio di area equivalente alla maglia.



**Figura 3.2**

Nella letteratura tecnica si possono trovare altre formule che tengono conto di un maggior numero di parametri e possono quindi fornire valori con una migliore approssimazione.

Di seguito sono riportate due tabelle elaborate con alcune di queste formule.

**Tab.3.1 - Resistenza di terra ( $\Omega$ ) di dispersori a picchetto**

Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Resistenza di terra del dispersore con resistività del terreno $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ ) di				
		50	100	300	500	1 000
20	1,5	29	57	172	287	574
20	3	16	32	97	162	324
20	4,5	12	23	69	115	230
20	6	9	18	54	90	180
40	1,5	25	50	150	250	500
40	3	14	29	86	143	287
40	4,5	10	21	62	103	206
40	6	8	16	49	81	162
48	1,5	24	48	144	241	481
48	3	14	28	83	139	277
48	4,5	10	20	60	100	199
48	6	8	16	47	79	157

NOTA per garantire l'indipendenza dei dispersori a picchetto questi devono essere installati indicativamente ad almeno 4 volte la loro lunghezza

**Resistenza di terra ( $\Omega$ ) di dispersori rettilinei cordati o in tondino posati orizzontalmente**

**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

Diametro della corda o del tondino (mm)	Resistività del terreno $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )	Profondità di posa (m)	Resistenza di terra dell'elemento del dispersore avente lunghezza (m) di				
			50	100	150	200	300
8	50	0,5	2,15	1,18	0,83	0,65	0,45
8	100	0,5	4,3	2,37	1,67	1,3	0,91
8	150	0,5	6,44	3,55	2,5	1,94	1,36
8	200	0,5	8,59	4,74	3,33	2,59	1,81
8	300	0,5	12,89	7,11	5,0	3,89	2,72
8	500	0,5	21,48	11,85	8,33	6,48	4,54
8	1000	0,5	42,96	23,70	16,66	12,96	9,07
<b>Variatione della resistenza di terra al variare della profondità di posa</b>							
8	100	1	4,07	2,26	1,59	1,24	0,87
8	100	1,5	3,94	2,19	1,55	1,21	0,85
8	100	3	3,72	2,08	1,48	1,15	0,81
8	100	4	3,63	2,04	1,44	1,13	0,8
8	100	6	3,5	1,97	1,4	1,1	0,77

### 3.4.2 Valutazione approssimativa del contributo di dispersori di fatto

La grande maggioranza dei dispersori di fatto è costituita da pali di fondazione, camicie metalliche di pozzi, plinti, platee di fondazione, travi continue, paratie di contenimento. In generale la resistenza di terra di pali di fondazione, camicie metalliche di pozzi e singoli plinti può essere ricavata utilizzando la stessa formula approssimata usata per il calcolo del dispersore verticale, essendo la struttura di questi assimilabile a tale tipo di dispersore.

Nel caso particolare di un dispersore realizzato mediante un pilastro metallico interrato, la sua resistenza può essere ricavata (in accordo con quanto indicato nell'Allegato informativo ZA del documento CENELEC HD 60364-5-54) mediante la seguente formula:

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

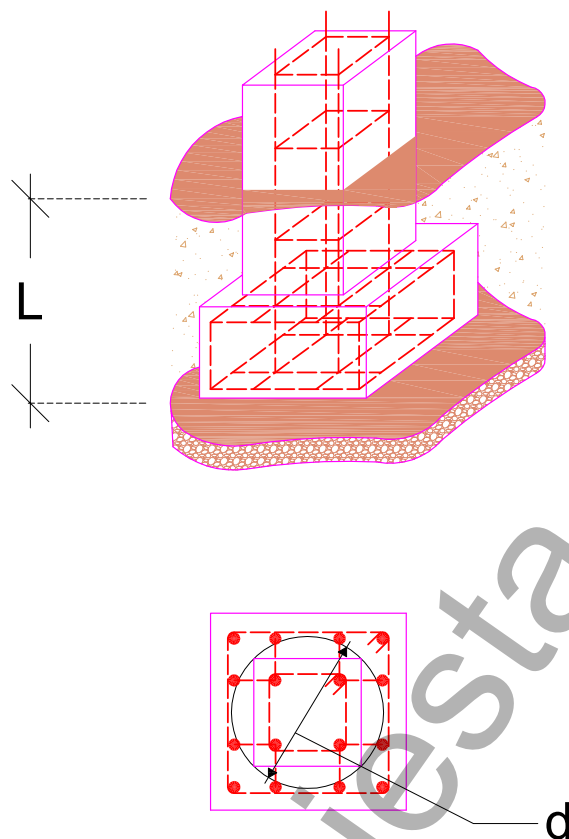
dove:

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

$d$  = è il diametro del cilindro circoscritto (in metri)

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

L'immersione finale nel cemento non contraddice l'uso di pilastri come dispersori e non modifica in modo apprezzabile la resistenza del dispersore.



Il contributo di platee di fondazione, travi continue e paratie di contenimento può invece essere calcolato solo se la continuità elettrica delle varie parti è garantita. In questo caso il valore di resistenza di terra che questi dispersori possono assumere può essere desunto dalla formula approssimata utilizzata per il calcolo del dispersore a maglia. Gli elementi prefabbricati privi di apposito morsetto di interconnessione installato dal costruttore non possono essere considerati come maglia in quanto la continuità elettrica degli stessi non è garantita.

### 3.4.3 Casi critici – soluzioni integrative

Qualora, dopo aver scelto la configurazione da realizzare e determinato il risultato sulla base delle tabelle questo non sia sufficiente al contenimento dei valori limite delle tensioni di contatto e di passo nel caso di sistemi TN, si deve riconsiderare la configurazione del sistema dispersore.

Se questa risultasse tecnicamente difficoltosa e economicamente sconsigliabile, si può procedere alla realizzazione di quanto previsto anche se non soddisfacente e verificare, a impianto finito, i risultati delle misure delle tensioni di contatto e di passo per verificarne l'accettabilità.

Di seguito, se necessarie per raggiungere le condizioni richieste per le tensioni di contatto e di passo, possono essere adottate misure aggiuntive (come ad esempio integrazione del dispersore o asfaltatura del pavimento).

Si precisa che solo molto raramente in impianti ben realizzati, anche se di resistenza stimata superiore a quella richiesta, si verificano tensioni di contatto e di passo superiori ai limiti richiesti.

## 3.5 Dimensionamento dei vari componenti

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

### 3.5.1 Materiali e dimensioni dei singoli elementi dei dispersori per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione

La tabella seguente indica le dimensioni minime per gli elementi intenzionali.

**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

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>(a)</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>(a)</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.

### 3.5.2 Dimensionamento dei conduttori di terra

Il conduttore di terra deve essere in grado di:

- resistere alla corrosione;
- resistere a eventuali sforzi meccanici;
- portare al dispersore la corrente di guasto;

e quindi per il suo dimensionamento si deve tenere conto anche delle condizioni di posa.

- 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.

### 3.5.3 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le sezioni minime dei conduttori di protezione vanno scelte come indicato nel seguito per i sistemi TT e TN, tenendo comunque presente che in genere si utilizza la tabella 54F della Norma CEI 64-8 (riportata qui di seguito),

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

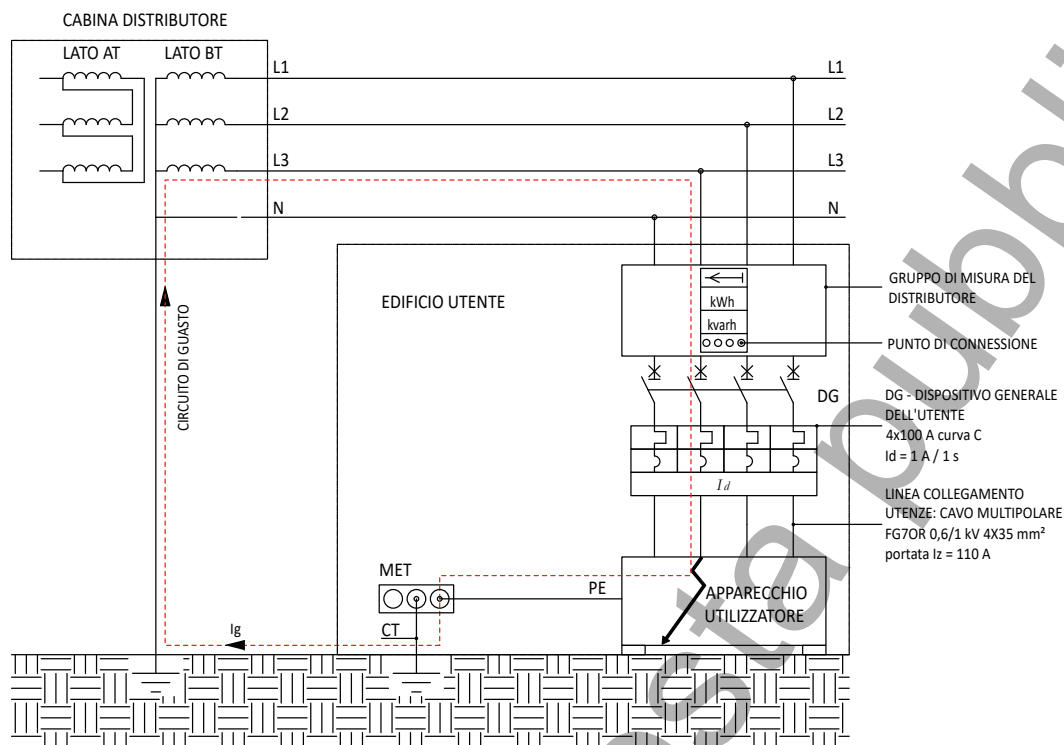
In alternativa la sezione si può calcolare con la formula indicata nella Norma CEI 64-8 al punto 543.1.1:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

Dove:

- I*: valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t*: tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K*: fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali. Valori di *K* per i conduttori di protezione in diverse applicazioni sono dati nelle Tabb. 54B, 54C, 54D e 54

Per valori e situazioni differenti del coefficiente *K* si può utilizzare la formula riportata in Allegato 54B della norma



**Esempio 1 di dimensionamento del conduttore di protezione per impianti alimentati da sistemi di I categoria**

(con modo di collegamento a terra TT)

Negli impianti TT l'uso del dispositivo differenziale è obbligatorio:

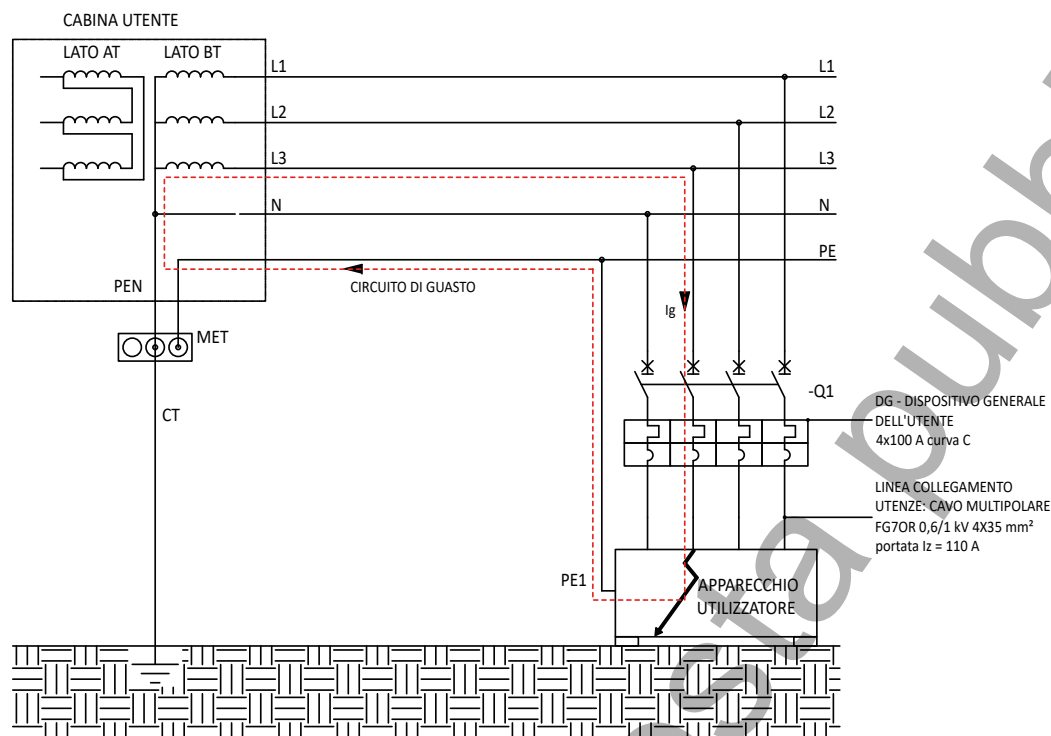
Norma CEI 64-8 articolo 413.1.4.2 "Nei sistemi TT si devono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale"

In questo caso non si può usare la formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

In questi casi, per determinare la sezione del conduttore di protezione, si suggerisce l'uso della tabella 54F della norma CEI 64-8/5 sopra riportata.





**Esempio 2 di dimensionamento del conduttore di protezione per impianti alimentati da sistemi di I categoria (con modo di collegamento a terra TN)**

In questo esempio si prende in considerazione un apparecchio utilizzatore generico all'interno di uno stabilimento industriale. Il problema è il dimensionamento del conduttore di protezione.

In figura sono rappresentati i seguenti elementi:

- la cabina gestita dall'Utente dell'impianto dove si trova un trasformatore MT/BT
- la messa a terra del centro stella del trasformatore (lato BT)
- il dispositivo di protezione del circuito in esame

Dati d'ingresso:

$U_0 = 230 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. tra il conduttore di linea e il conduttore di neutro;

$U = 400 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. tra i conduttori di linea;

$S_r = 630 \text{ kVA}$  è la potenza del trasformatore; supposto sia in resina con una tensione di cortocircuito pari a 6% la sua impedenza sarà  $Z_r = 0,0152 \text{ } \Omega$

$Z_s = 0,636 \text{ } \Omega$  è l'impedenza dell'anello di guasto - valore preso ad esempio - che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente

$t = 0,01 \text{ s}$  è il tempo d'intervento di sicuro intervento del dispositivo di protezione quando è percorso dalla corrente di guasto

$K = 143$  fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali; il valore indicato è stato scelto considerando un conduttore di rame isolato in PVC la cui temperatura iniziale è  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$  e la cui temperatura limite finale che non s'intende fargli superare è  $160 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

**Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali**

Nel caso che una fase dell'apparecchio utilizzatore, a causa di un'anomalia, entri in contatto con la massa collegata all'impianto di terra (nel caso in esame è la fase L3)

Calcolo della corrente di guasto:

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

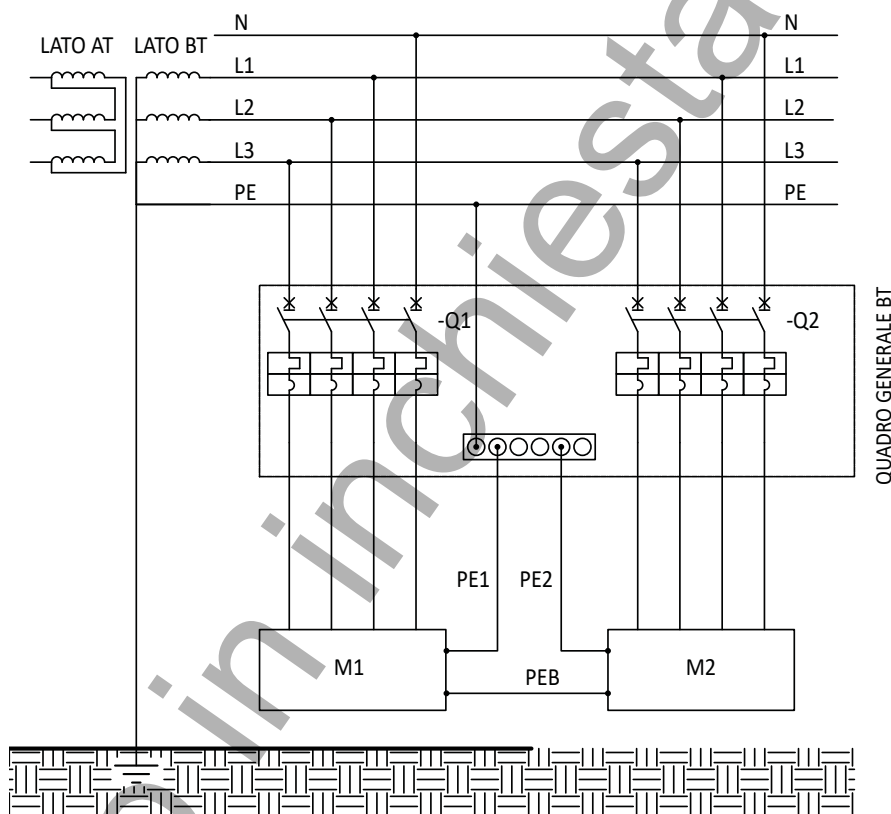
Calcolo della sezione del conduttore di protezione (il conduttore PE in figura) applicando la formula indicata nella norma CEI 64-8/5 paragrafo 543.1.1

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

In questo caso è possibile scegliere un conduttore di sezione 4 mm<sup>2</sup>

Questo risultato porta all'individuazione di una sezione molto inferiore alla sezione che si ricava applicando la tabella 54F contenuta nella norma CEI 64-8/5:

$S_p = 16 \text{ mm}^2$  quando la sezione del conduttore di fase S è compresa fra  $16 < S < 35 \text{ mm}^2$



### **Esempio 3 di dimensionamento del conduttore di protezione per impianti alimentati da sistemi di I categoria (con modo di collegamento a terra TN)**

In questo caso il dimensionamento riguarda il conduttore che collega il polo di neutro del trasformatore al collettore principale di terra MET

Dati d'ingresso:

$U_0 = 230 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. tra il conduttore di linea e il conduttore di neutro;

$U = 400 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. tra i conduttori di linea;

$S_r = 630 \text{ kVA}$  è la potenza del trasformatore; supposto sia in resina con una tensione di cortocircuito pari a 6% la sua impedenza sarà  $Z_r = 0,0152 \Omega$

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

$K = 143$  fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali; il valore indicato è stato scelto considerando un conduttore di rame isolato in PVC la cui temperatura iniziale è  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e la cui temperatura limite finale che non s'intende fargli superare è  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Si assume che la corrente di guasto sia pari alla massima corrente di cortocircuito fra fase e neutro; nel caso in esame, può assumere un valore fino a  $15\text{ kA}$ .

Nel caso in esame l'interruttore automatico chiamato a intervenire è quello installato sul lato MT; generalmente la taratura "istantanea" di questo dispositivo è  $\leq 0,12\text{ s}$ .

Applicando la formula indicata nella norma CEI 64-8/5 paragrafo 543.1.1

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K} = \frac{\sqrt{15000^2 \cdot 0,12}}{143} = 36,3\text{ mm}^2$$

In questo caso è possibile scegliere un conduttore di sezione  $50\text{ mm}^2$ .

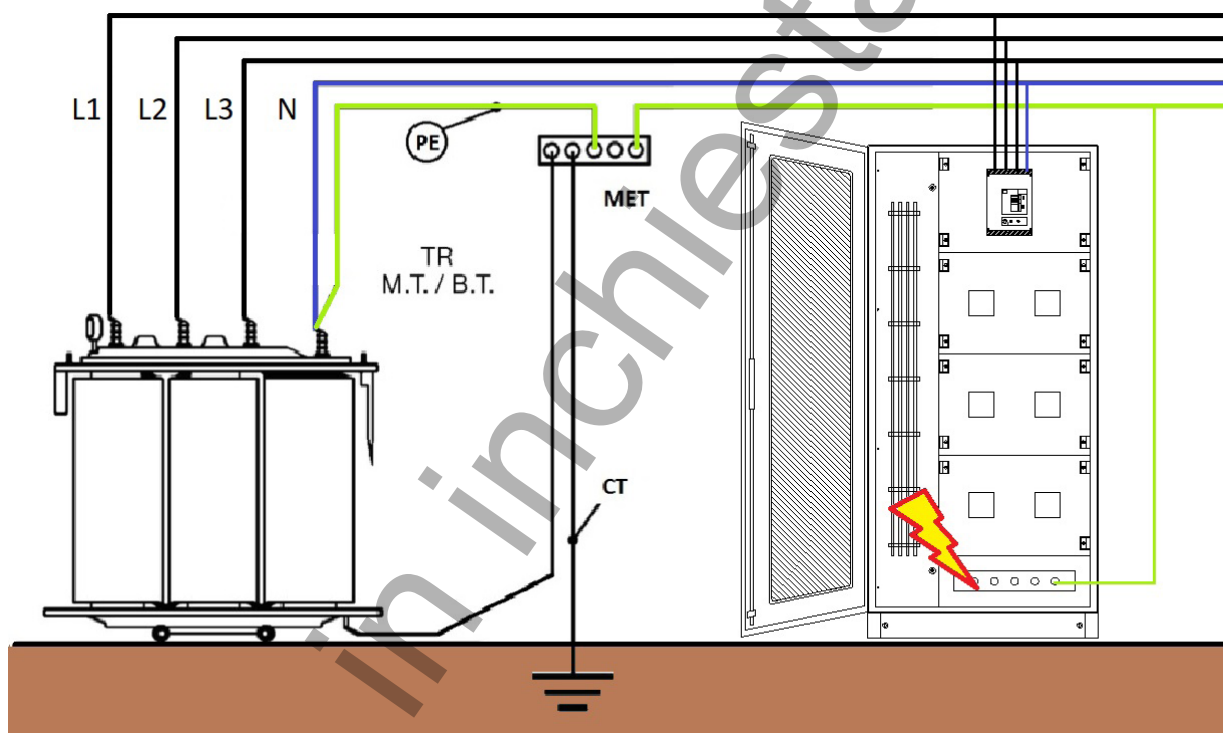


Figura 3.3

### 3.5.4 Dimensionamento dei conduttori equipotenziali principali

I conduttori equipotenziali principali sono quelli necessari per il collegamento delle masse estranee all'ingresso nel perimetro dell'impianto elettrico e comunque entranti nell'edificio, in accordo con quanto indicato al par. 413.1.2.1 della Norma CEI 64-8.

La sezione dei conduttori equipotenziali, destinati al collegamento equipotenziale principale e che sono connessi al collettore principale di terra, non deve essere inferiore a:

- 6 mm<sup>2</sup> in rame;
- 16 mm<sup>2</sup> in alluminio;
- 50 mm<sup>2</sup> in acciaio.

### 3.5.5 Dimensionamento dei conduttori equipotenziali supplementari

Il collegamento equipotenziale supplementare è necessario nei seguenti casi:

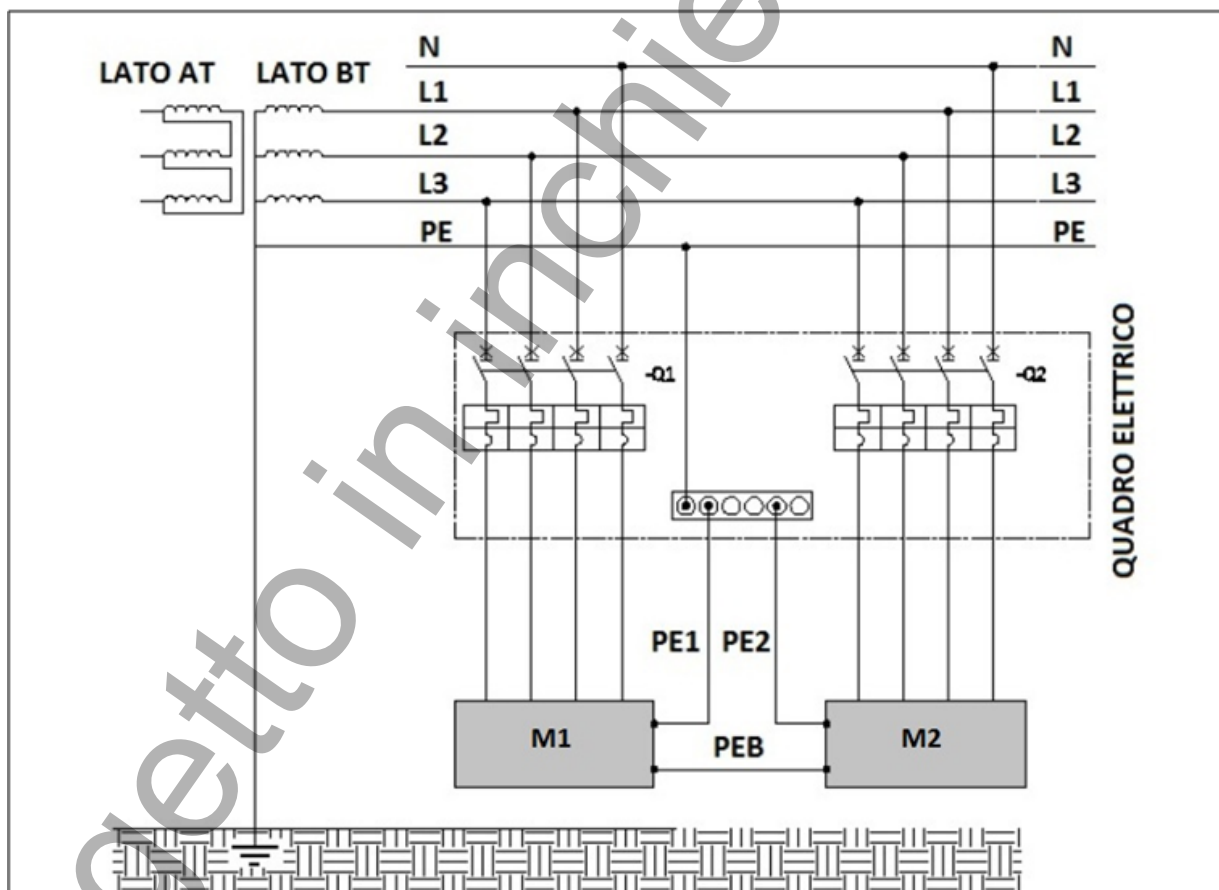
- a) se le condizioni per l'interruzione automatica dell'alimentazione ai fini della protezione contro i contatti indiretti non possono essere soddisfatte;
- b) in alcune Sezioni della Parte 7, per migliorare la sicurezza anche quando i dispositivi di protezione rispettano i tempi di interruzione dell'alimentazione (ad es. locali contenenti bagni e docce, cantieri edili, locali agricoli e/o zootecnici, locali medici)

La sezione dei conduttori equipotenziali supplementari deve essere almeno:

- 2,5 mm<sup>2</sup> Cu se i conduttori sono meccanicamente protetti,
- 4 mm<sup>2</sup> Cu se i conduttori non sono meccanicamente protetti.

In particolare, nel caso a):

il conduttore equipotenziale che colleghi due masse deve avere una sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse



**Esempio 4.1 di dimensionamento del conduttore equipotenziale supplementare**

Dati d'ingresso:

$U_0 = 230 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. o in c.c. tra il conduttore di linea e il conduttore di neutro;

$U = 400 \text{ V}$  è la tensione, in c.a. o in c.c. tra i conduttori di linea;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A (contenuta nella norma CEI 64-8/4) 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, ed, entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s per gli altri circuiti; se si usa un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale di intervento.

$Q_1$  interruttore automatico 4X320 A;  $I_a = 3200 \text{ A}$

$Q_2$  interruttore automatico 4X200 A;  $I_a = 2000 \text{ A}$

$PE_1$  conduttore di protezione della massa M1 con  $Z_{PE1} = 0,0264 \ \Omega$

$PE_2$  conduttore di protezione della massa M2 con  $Z_{PE2} = 0,0469 \ \Omega$

Supponiamo che

i) = il circuito di guasto della massa M1 abbia un'impedenza  $Z_s = 0,082 \ \Omega$

ii) il circuito di guasto della massa M2 abbia un'impedenza  $Z_s = 0,133 \ \Omega$

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

Per garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di guasto verso la massa M1 si deve soddisfare la relazione di cui alla norma CEI 64-8/4 articolo 413.1.3.3

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

Verifica della relazione per M1:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \text{ segue } 0,082 \cdot 3200 \leq 230 \text{ segue } 262 \leq 230 \text{ relazione non soddisfatta}$$

Verifica della relazione per M2:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \text{ segue } 0,133 \cdot 2000 \leq 230 \text{ segue } 265 \leq 230 \text{ relazione non soddisfatta}$$

A questo punto se interconnettiamo M1 e M2, PE1 si troverà in parallelo con PE2 e l'impedenza  $Z_s$  diventerà:

$$Z_{sM1} \approx 0,07 \ \Omega$$

$$Z_{sM2} \approx 0,10 \ \Omega$$

Nuova verifica della relazione per M1:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \text{ segue } 0,07 \cdot 3200 \leq 230 \text{ segue } 224 \leq 230 \text{ relazione soddisfatta}$$

Nuova verifica della relazione per M2:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \text{ segue } 0,10 \cdot 2000 \leq 230 \text{ segue } 200 \leq 230 \text{ relazione soddisfatta}$$

Un conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa ad una massa estranea deve avere una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione e non superiore a:

- 6 mm<sup>2</sup> in rame;
- 16 mm<sup>2</sup> in alluminio;
- 50 mm<sup>2</sup> in acciaio

Dove:

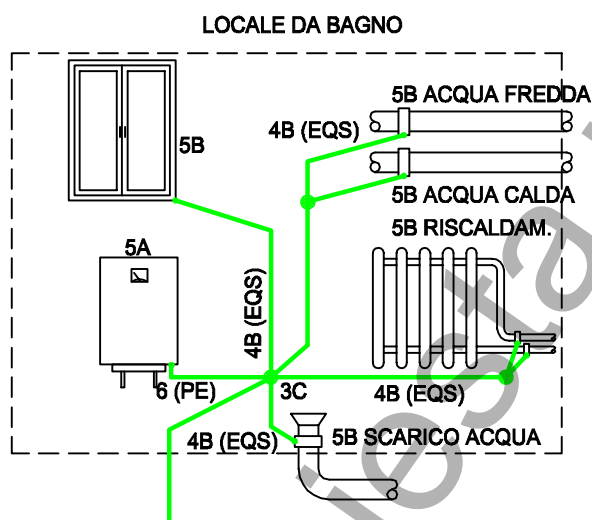
- M = Massa

- $S_{PE}$  = Sezione del conduttore di protezione
- $S_{EQS}$  = Sezione del conduttore equipotenziale

In particolare, nel caso b):

Il collegamento equipotenziale supplementare è anche richiesto in alcune Sezioni della Parte 7, per migliorare la sicurezza anche quando i dispositivi di protezione rispettano i tempi di interruzione dell'alimentazione.

Il collegamento equipotenziale supplementare comprende il pavimento non isolante nelle Sezioni 702 e 706.



### **Esempio di collegamento equipotenziale supplementare in un locale da bagno**

#### **3.6 Documentazione**

Ai sensi del Decreto 22 gennaio 2008, n. 37 tutti gli impianti devono essere progettati.

La documentazione di progetto, riguardante l'impianto di terra, deve contenere, fra l'altro, informazioni che consentano:

- la corretta esecuzione;
- la verifica;
- la gestione e la manutenzione,

e che comprenda almeno i seguenti elaborati:

- pianta con la geometria e la disposizione e i collegamenti dell'impianto di terra;
- specifiche dei dispersori di fatto (se usati);
- dimensionamento dell'impianto di terra.

##### **3.6.1 Pianta dell'impianto di terra**

Il disegno deve evidenziare l'impianto di terra e indicare con adeguati riferimenti grafici, opportunamente differenziati tra loro:

- il posizionamento dei dispersori di fatto e intenzionali, con l'indicazione delle loro caratteristiche;
- il posizionamento del collettore principale (o dei collettori principali) di terra e dei loro collegamenti;
- il percorso dei conduttori di terra e dei conduttori equipotenziali principali con l'indicazione delle loro caratteristiche.

Per i segni grafici relativi vedere l'Allegato B.

### 3.6.2 Specifiche dei dispersori di fatto

Qualora siano stati utilizzati dispersori di fatto quali ferri d'armatura, camicie di pozzi o altre strutture metalliche immerse nel terreno o calcestruzzo, è opportuno preparare una documentazione indicativa.

NOTA Per gli edifici nuovi si raccomanda di prevedere una terra di fondazione. Per la definizione si veda l'Allegato A.

### 3.6.3 Dimensionamento dell'impianto di terra

Si deve specificare con quali parametri si è dimensionato l'impianto.

A tal fine si riportano, a titolo di esempio, due semplici schede che seguono il percorso di progettazione descritto nel presente paragrafo.

Per gli impianti alimentati in II categoria, i dati aggiornati relativi al guasto verso terra sul lato di questa categoria, richiesti preventivamente al Distributore, devono essere inclusi nella documentazione.

La resistenza di terra del dispersore, se calcolata, è da intendersi puramente indicativa ed è comunque necessaria la verifica finale con misure dirette. Al contrario i dati ottenuti da misure dirette possono escludere i calcoli.

Anche se ininfluente ai fini della verifica, in sede di progetto è bene tenere presente che le condizioni di umidità del terreno possono far variare la resistenza del dispersore.

#### **Esempi di scheda di progetto dell'impianto di terra per impianti alimentati da sistemi di I categoria (con modo di collegamento a terra TT)**

a) Valutazione della corrente ( $I_{dn}$ ) che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione:

- corrente differenziale  $I_{dn} \dots\dots\dots A$

b) Scelta del valore della tensione di contatto limite assunta uguale alla tensione totale di terra:

$U_L = 25 V$  per cantieri, locali medici, locali agricoli in presenza di bestiame

$U_L = 50 V$  per tutti gli altri ambienti

c) Determinazione del valore più elevato accettabile per la resistenza di terra:

$$R_E = U_L / I_{dn} = \dots\dots\Omega$$

d) Determinazione della resistività del terreno

- da esperienze in zone limitrofe  $\rho = \dots\Omega m$

- da tabelle, sulla base del tipo di terreno  $\rho = \dots\Omega m$

- da misure effettuate  $\rho = \dots\Omega m$

Resistività presunta  $\rho = \dots\Omega m$

e) Computo della resistenza  $R_d$  dei dispersori previsti

- elementi intenzionali verticali  $R_d = \dots\Omega$

- elementi intenzionali orizzontali  $R_d = \dots\Omega$

- elementi di fatto  $R_d = \dots\Omega$

f) Valutazione orientativa  $R_d \text{ risultante} \leq R_E$

**Esempi di scheda di progetto dell'impianto di terra per impianti alimentati da sistemi di II categoria (con modo di collegamento a terra TN)**

a) Dati forniti dal Distributore

Corrente di guasto a terra  $I_F = \dots A$

Corrente di terra (se disponibile)  $I_E = \dots A$

Tempo di eliminazione del guasto  $t_F = \dots s$

Secondo la Norma CEI 0-16 si può assumere  $I_E = 0,7 I_F$  (schermi dei cavi del Distributore collegati alla terra di utente).

b) Per la scelta del valore della tensione di contatto ammissibile la norma CEI EN 61936-1 propone una curva caratteristica; dall'esame della curva si ricavano i valori indicati in tabella

Tempo (s)	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$U_{tp}$ (V)	788	716	700	675	654	638	537	487	400	363	300	250	220
Tempo (s)	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	2,00	3,00	5,00	7,00	10,00
$U_{tp}$ (V)	187	175	168	150	137	120	108	117	96	88	86	84	85

c) Determinazione del valore più elevato accettabile per la resistenza di terra (per il quale non è necessario ricorrere alla determinazione delle effettive tensioni di contatto e di passo):

$$R_E = U_E / I_E = \dots \Omega$$

Se è disponibile il valore della corrente di terra  $I_E$  questo valore può essere utilizzato in luogo di  $I_F$ .

d) Determinazione della resistività del terreno

- da esperienze in zone limitrofe  $\rho = \dots \Omega m$

- da tabelle, sulla base del tipo di terreno  $\rho = \dots \Omega m$

- da misure effettuate  $\rho = \dots \Omega m$

Resistività presunta  $\rho = \dots \Omega m$

e) Computo della resistenza  $R_d$  dei dispersori previsti

- elementi intenzionali verticali  $R_d = \dots \Omega$

- elementi intenzionali orizzontali  $R_d = \dots \Omega$

- elementi di fatto  $R_d = \dots \Omega$

f) Valutazione orientativa  $R_d \text{ risultante} \leq R_E$

Se questa condizione non è soddisfatta fare riferimento a 3.4.3.



## **4 Realizzazione di un impianto di terra**

### **4.1 Generalità**

L'impianto di terra deve essere eseguito con componenti (materiali e sezioni) definiti dalle considerazioni previste nell'Articolo 2 relativo alla sua progettazione.

È consigliabile che l'impianto sia eseguito tenendo presente:

- le fasi costruttive delle opere edili per coordinare gli interventi dell'installatore dell'impianto elettrico (per es.: scavi a livello di fondazione o per altri servizi, collegamenti ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato prima del getto, ecc.);
- tipologia e caratteristiche degli elementi del dispersore .

### **4.2 Dispersore**

NOTA Si richiama l'attenzione sul fatto che gli esempi rappresentati nelle Figure 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 di questo paragrafo soddisfano anche i requisiti supplementari previsti per la protezione contro i fulmini, per i quali comunque si rimanda all'Allegato E.

I materiali da utilizzare nel costruire il dispersore, per limitare i problemi di corrosione, devono essere preferibilmente omogenei; indicazioni per la loro scelta sono riportate nell'Allegato C.

Nella pratica, la costruzione edile presenta alcuni componenti che possono essere utilizzati come dispersore. Nel caso ciò non fosse possibile o a integrazione di elementi di fatto il dispersore deve essere previsto con elementi intenzionali.

#### **4.2.1 Dispersore a elementi di fatto**

In base alle norme tecniche CEI 64-8, CEI EN 61936-1 e serie CEI EN 62305, è ammesso utilizzare, come elementi di fatto del dispersore, i ferri dell'armatura del calcestruzzo armato che diventano adatti e permangono tali per effetto dell'umidità assorbita dal manufatto cementizio.

Si illustrano e si indicano di seguito alcune operazioni per una loro corretta utilizzazione:

- nel caso di plinti di pilastri (Fig. 4.1) e di platee di fondazione (Fig. 4.2) è indispensabile portare all'esterno dei plinti e delle platee un tratto di conduttore (materiale e sezione conformi al progetto) di sufficiente lunghezza per le successive operazioni di connessione agli altri elementi del dispersore;
- nel caso di utilizzo di plinti prefabbricati è opportuno richiedere al costruttore la predisposizione di un collegamento fra i ferri dell'armatura e un punto accessibile dall'esterno (per es. piastra metallica, vite con diametro minimo 10 mm, tondino dell'armatura, ecc.);
- nel caso di paratie di contenimento (Fig. 4.3) è opportuno stabilire la continuità tra gli elementi che le compongono e riportare all'esterno un conduttore di idonee caratteristiche;
- nel caso di pali di fondazione (Fig. 4.4) è opportuno stabilire la continuità fra i ferri dei pali e quelli sovrastanti dei plinti, delle platee, riportando all'esterno un conduttore di idonee caratteristiche.

Si precisa che, intervenendo prima delle gettate finali interessate, è consigliabile saldare o collegare mediante morsetti il conduttore citato nei casi precedenti ad almeno due ferri principali dell'armatura, e che, in sostituzione del conduttore uscente dal dispersore di fatto, si può installare una piastra metallica saldata o collegata ai ferri dell'armatura (Fig. 4.5).

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

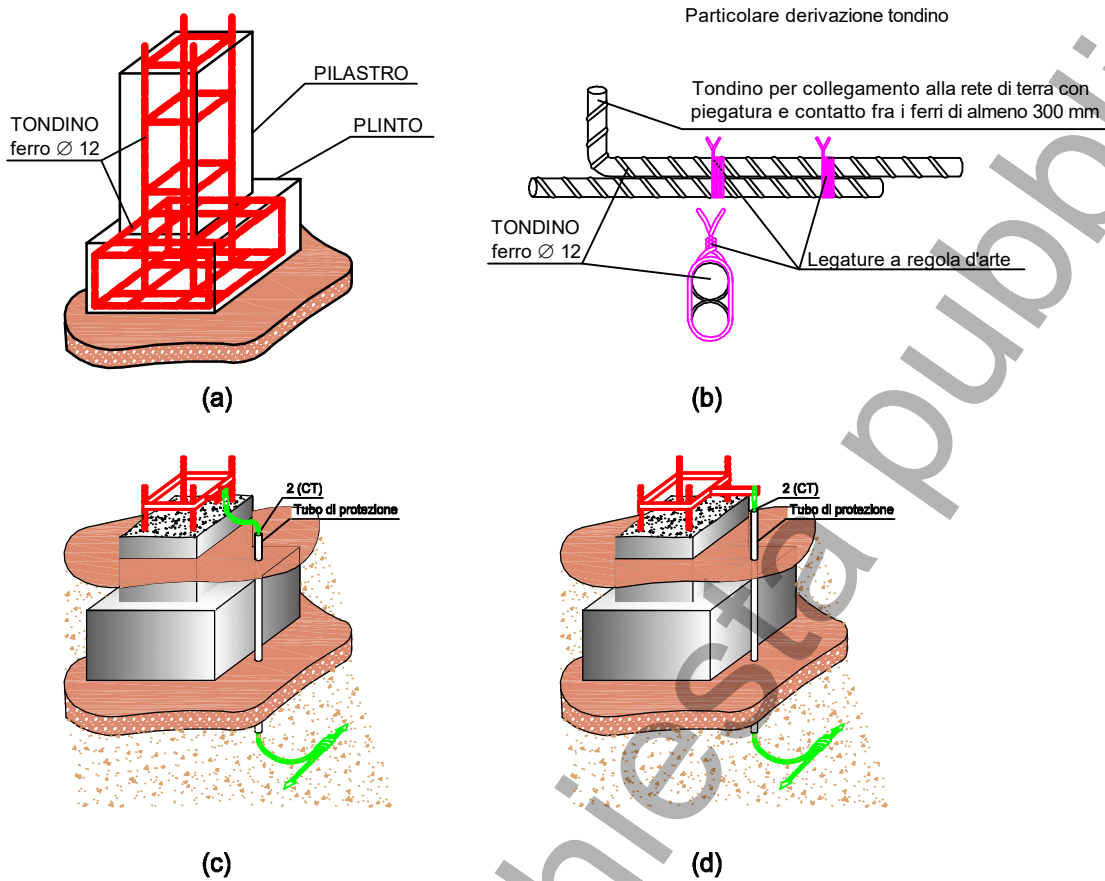


Figura 4.1 – Esempi di plinti di pilastri e di connessioni ai ferri dell'armatura

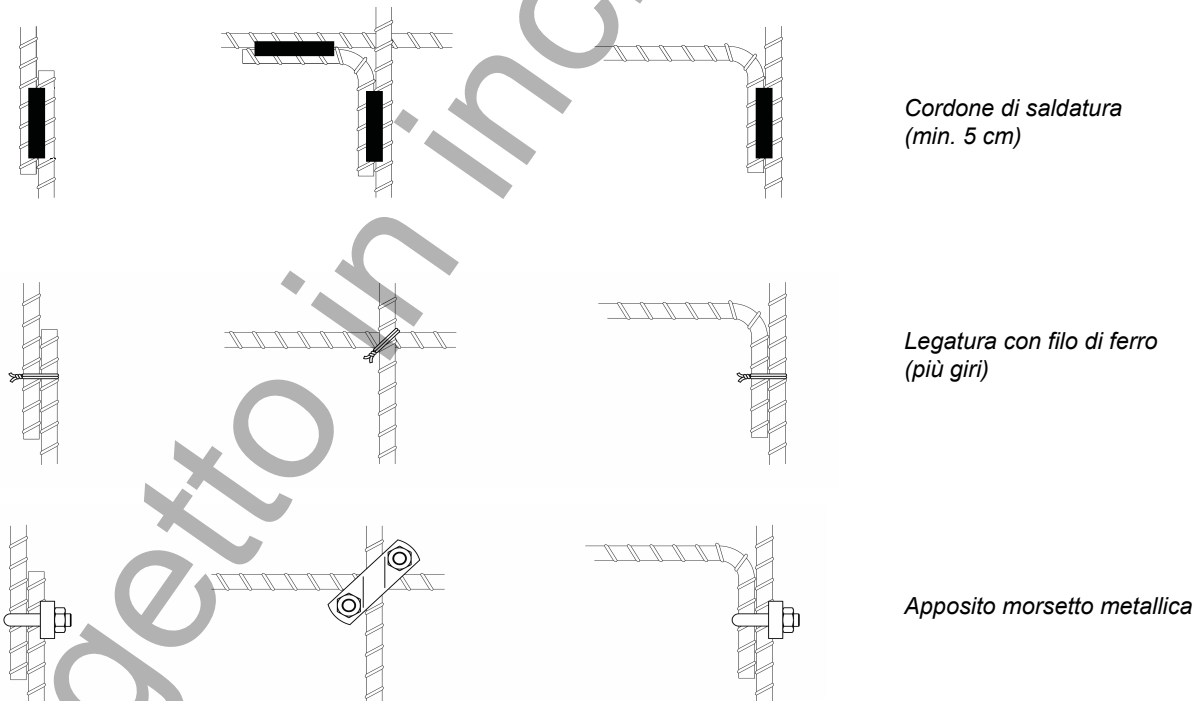


Figura 4.2 – Esempio di platea di fondazione con connessione ai ferri dell'armatura

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

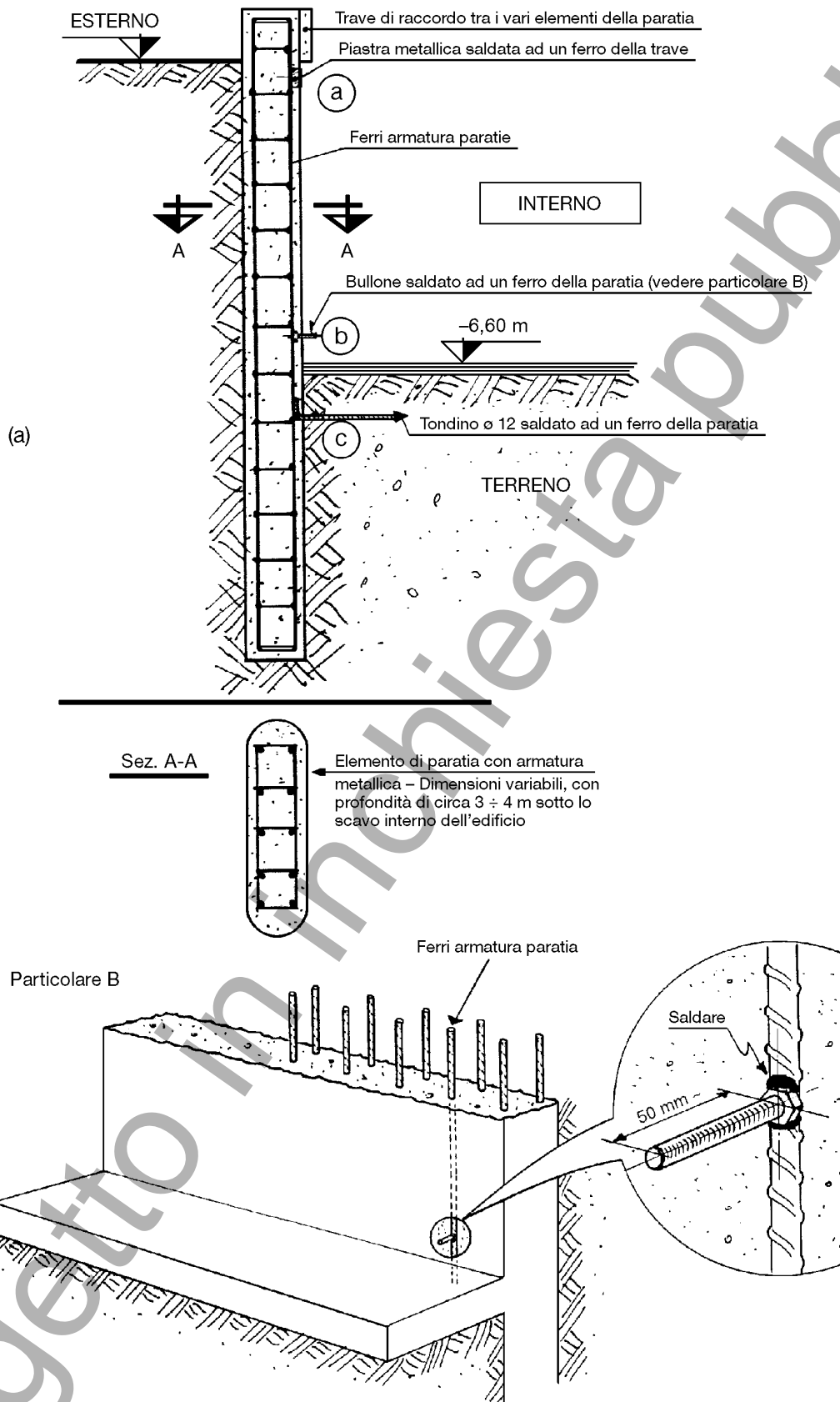


Figura 4.3 – Esempio di paratia di contenimento con connessioni ai ferri dell'armatura

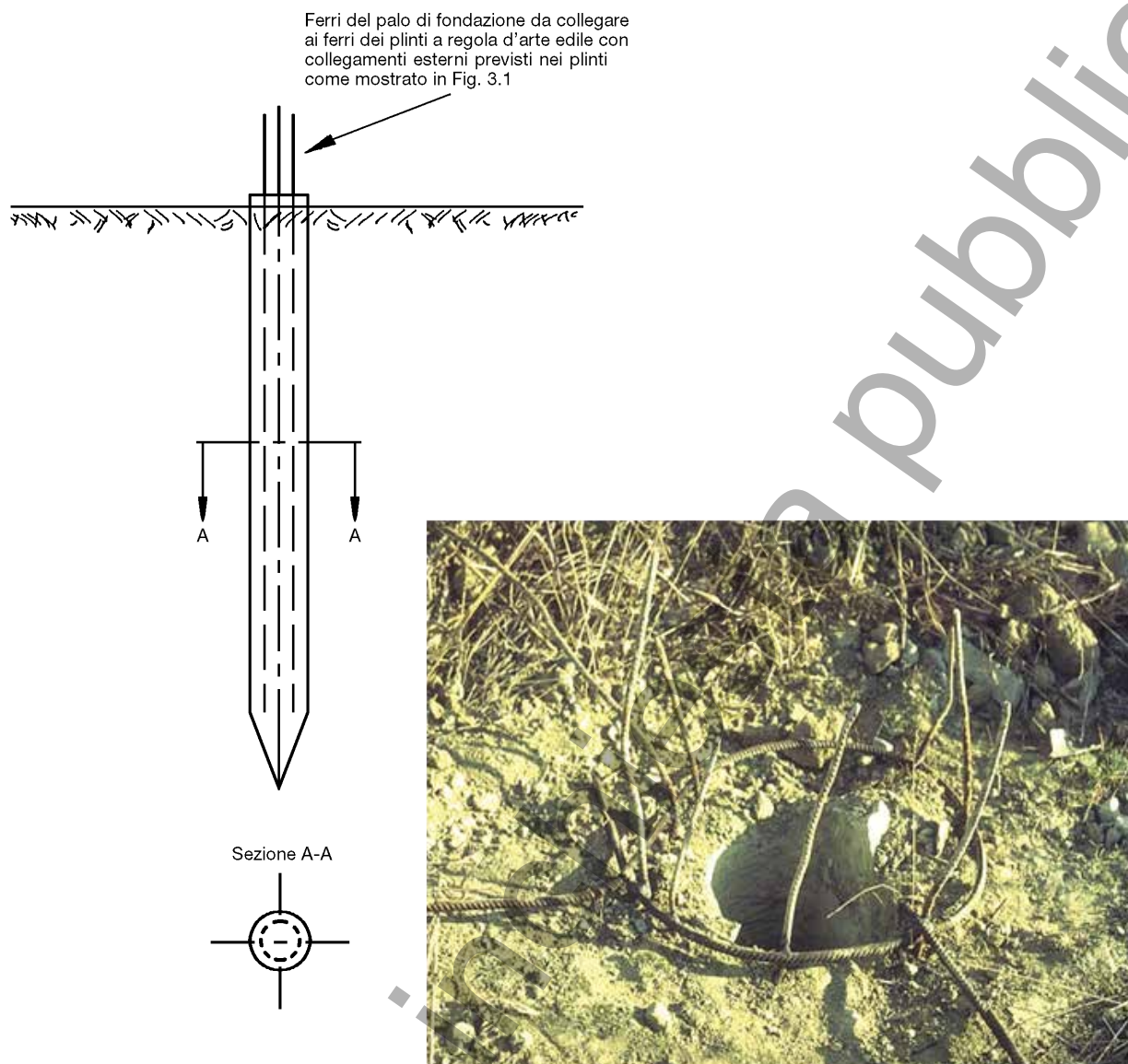
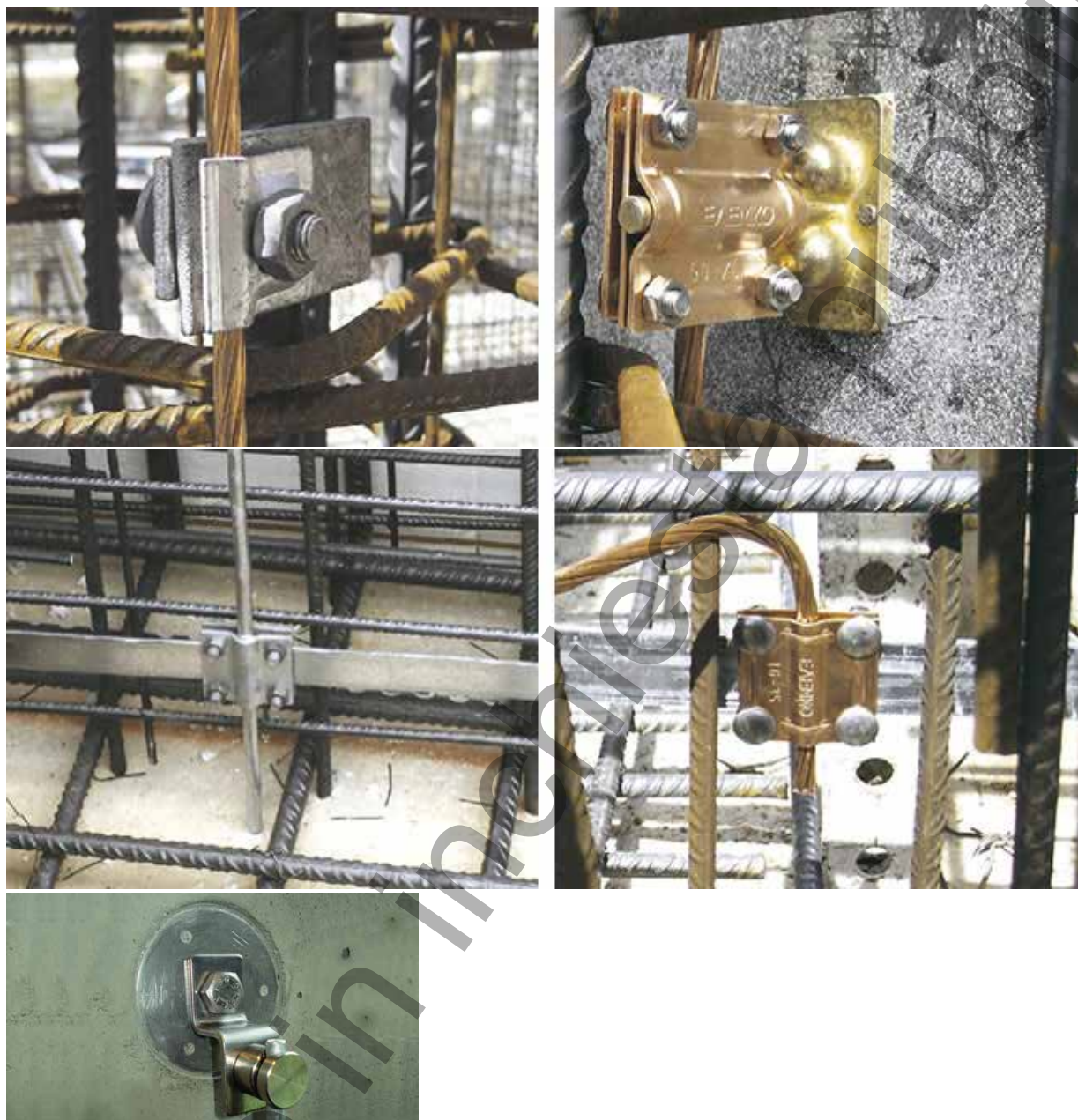
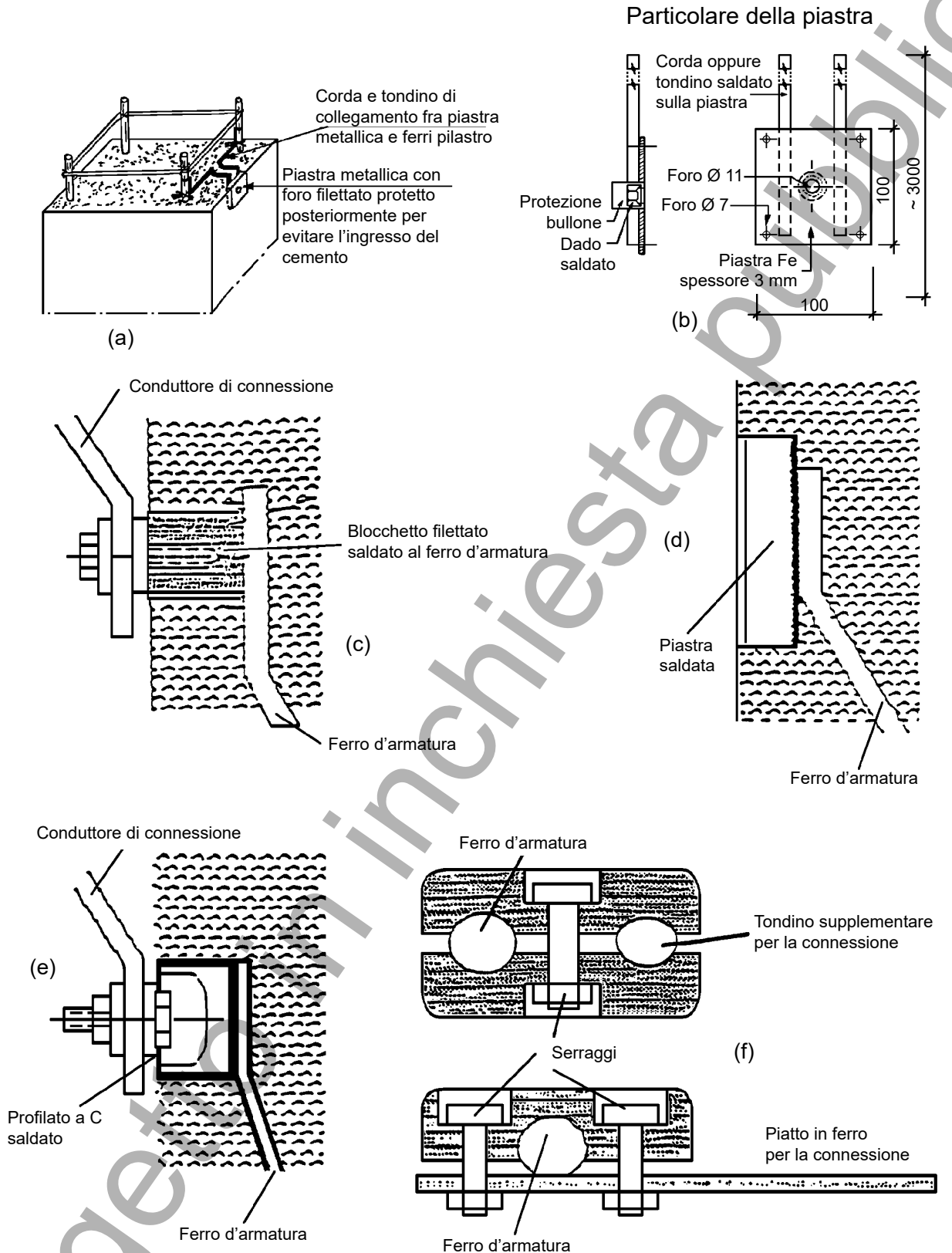


Figura 4.4 – Esempio di palo di fondazione infisso nel terreno

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Dimensioni in millimetri





**Figura 4.5 – Esempi di collegamento ai ferri del pilastro o del plinto con piastra metallica (o con altri elementi metallici) incorporata nel getto del calcestruzzo, particolarmente adatti per elementi prefabbricati**

Dimensioni in millimetri

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

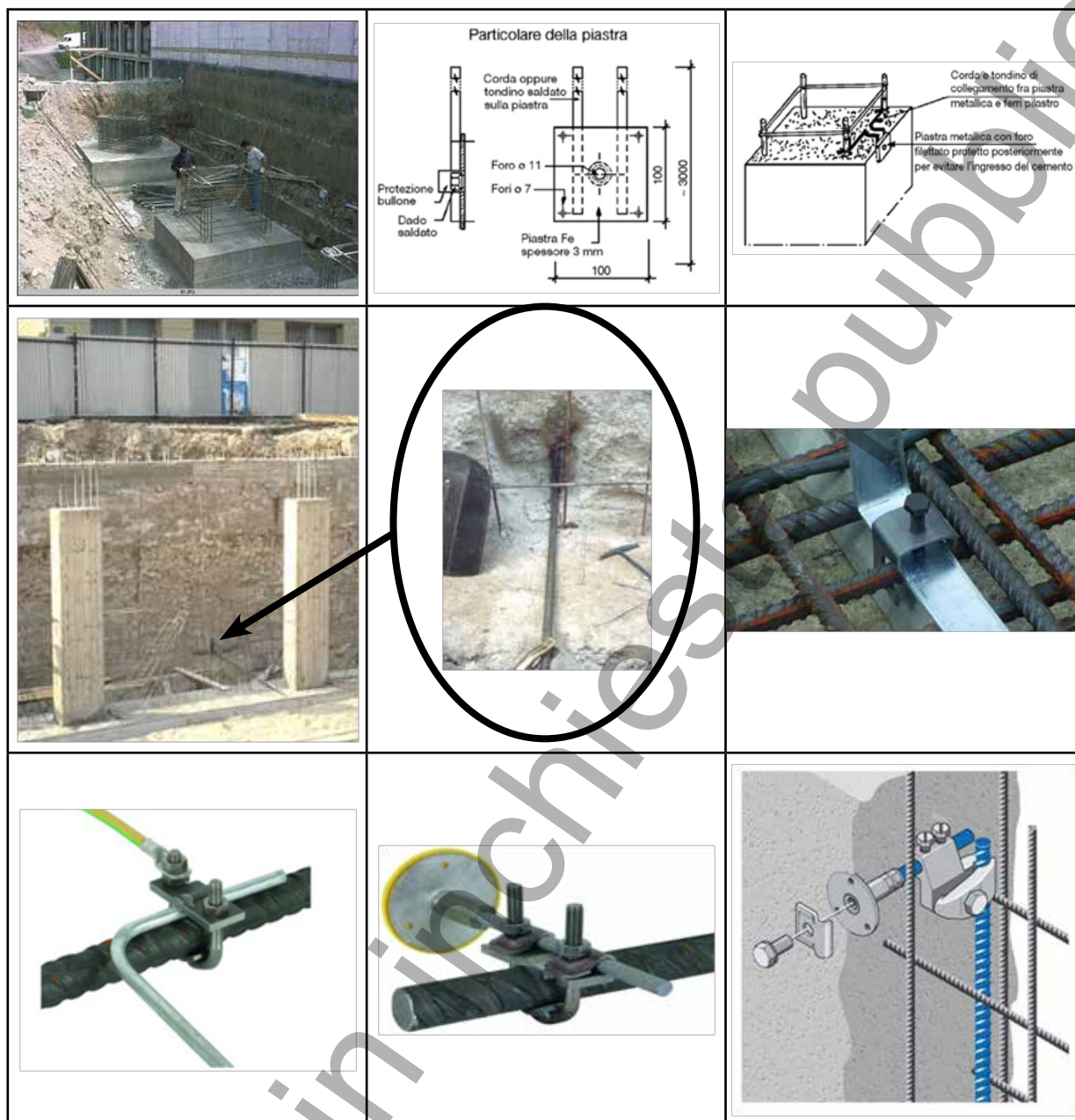


Figura 4.6 – Esempi di collegamento ai ferri del pilastro o del plinto con piastra metallica (o con altri elementi metallici) incorporata nel getto del calcestruzzo, particolarmente adatti per elementi prefabbricati

Le dimensioni sono riportate a titolo indicativo

#### 4.2.2 Dispersore a elementi intenzionali

Le dimensioni minime raccomandate per gli elementi intenzionali sono indicate nella Tabella di 3.5.1 riguardante la progettazione. Dettagli sulle scelte e il dimensionamento dei materiali impiegati per realizzare un tale dispersore sono indicati in 3.5.

#### 4.2.3 Elementi del dispersore

Gli elementi intenzionali si possono suddividere in:

##### 4.2.3.1 Elementi verticali

Gli elementi verticali, denominati anche a picchetto, possono essere a unico elemento o a elementi componibili come mostrato a titolo di esempio nella Fig. 4.6.

Nella scelta degli elementi componibili disponibili in commercio è bene dare la preferenza a quelli senza manicotto sporgente con accoppiamento filettato o a quelli con innesto autoforzante non sporgente.

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.

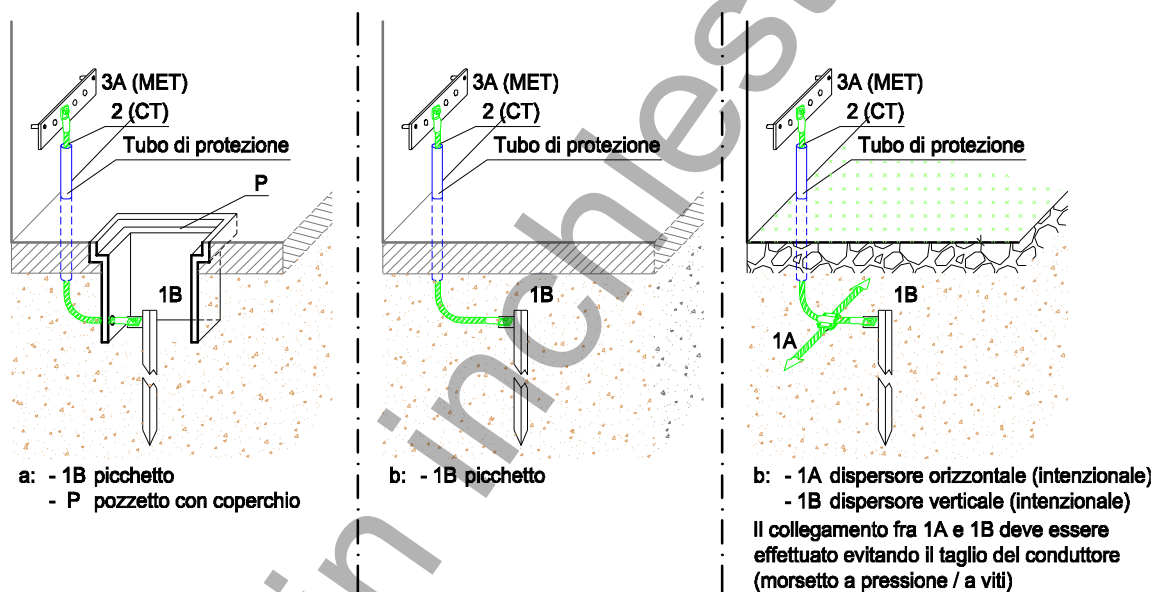


Fig. 4.6

Figura 4.6 – Esempi di realizzazione di dispersore ad elementi verticali



#### 4.2.3.2 Elementi orizzontali

Per gli elementi orizzontali sono in prevalenza usati conduttori in corda, tondino o nastro.

Essi devono essere interrati: risulta economicamente conveniente posarli nello scavo eseguito per la costruzione delle fondazioni o per altre esigenze (Fig. 4.7). La profondità di posa dovrà essere compresa tra 0,5 e 1 m dalla superficie calpestabile.

Gli elementi devono essere ricoperti con terra, argilla, calcestruzzo, humus, limo, bentonite e non con ghiaia o ciottolo o materiale di "risultato" del cantiere.

Per impianti di una certa complessità si consigliano configurazioni ad anello o a maglia

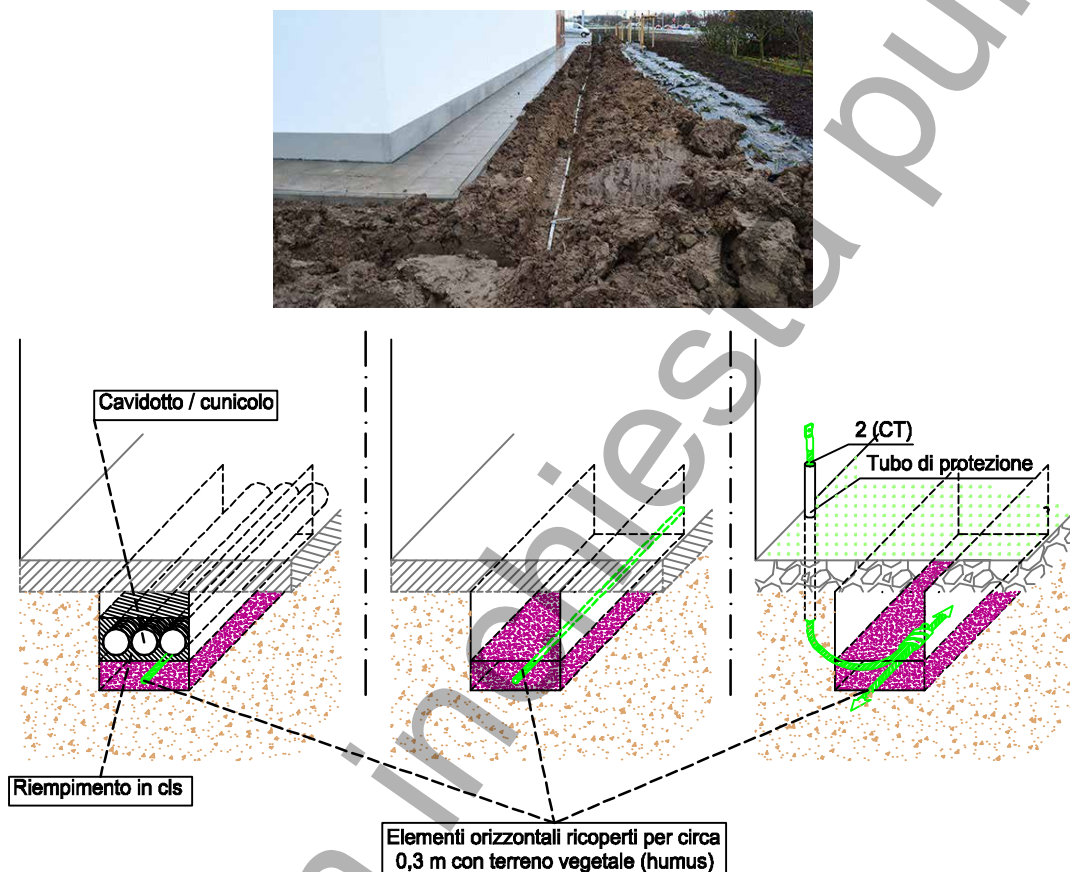


Figura 4.7 – Esempio di realizzazione di dispersore a elementi orizzontali

#### 4.2.3.3 Configurazione ad anello

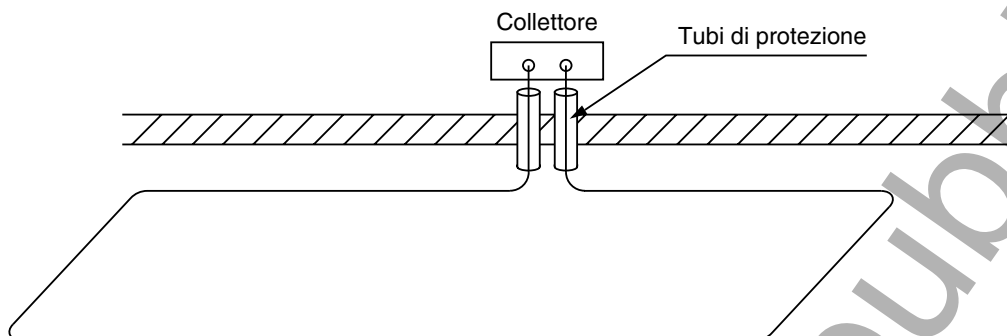
Il tipo più comunemente utilizzato di dispersore ad elementi orizzontali è quello ad anello.

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 (Fig. 4.8).

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.

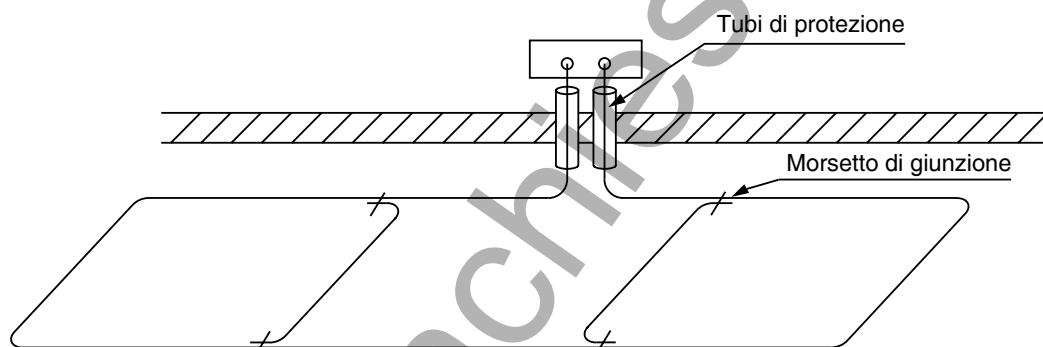
La configurazione ad anello è vantaggiosa nelle costruzioni edili in cui si possono utilizzare gli scavi delle fondazioni o destinati ad altri scopi



**Figura 4.8 – Esempio di configurazione ad anello**

#### **4.2.3.4 Configurazioni a maglia**

Una configurazione a maglia si ottiene integrando gli elementi intenzionali ad anello con collegamenti trasversali, preferibilmente in corrispondenza di eventuali elementi di fatto del dispersore (Fig. 4.9).



**Figura 4.9 – Esempio di configurazione a maglia**

#### **4.3 Conduttore 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 tubazione in PVC per almeno 0,30 m. Nella Figura 4.10 sono riportati a titolo di esempio alcune possibili disposizioni del conduttore di terra.

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.

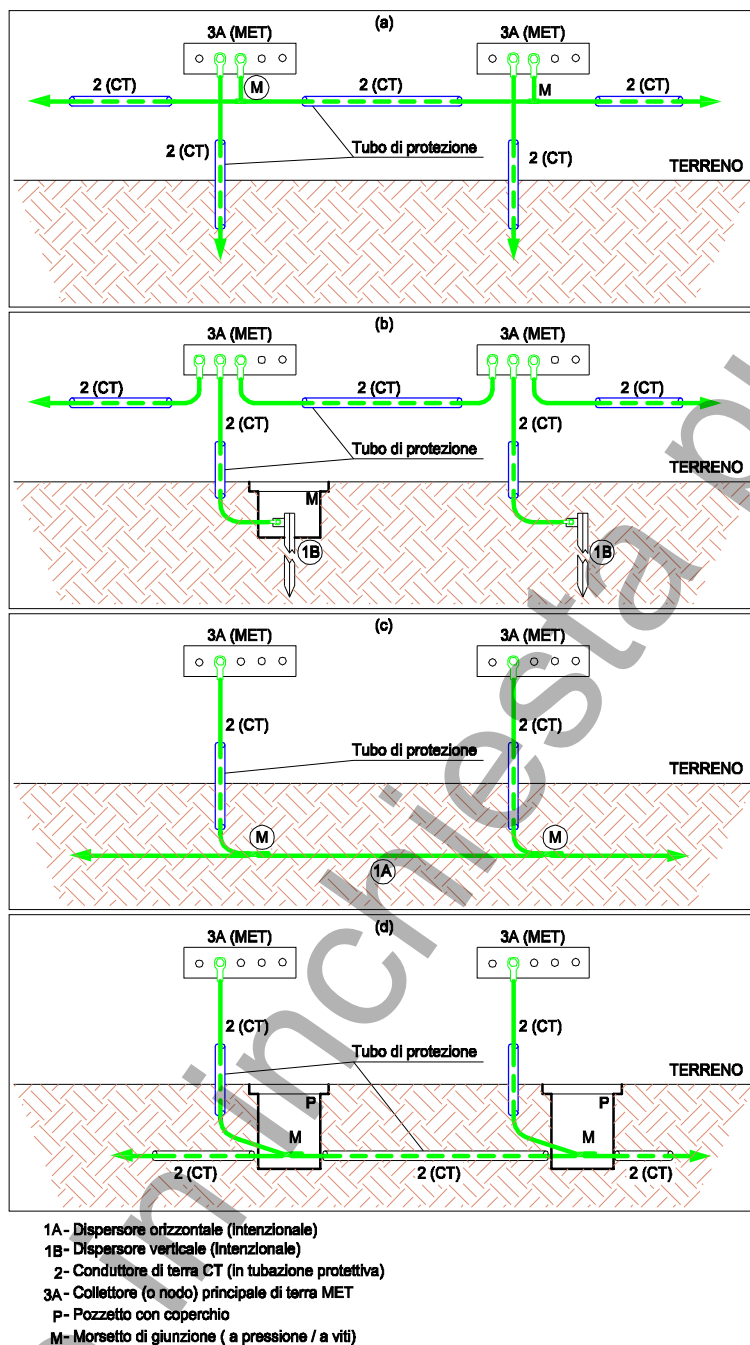


Figura 4.10 – Esempi di disposizione del conduttore di terra

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

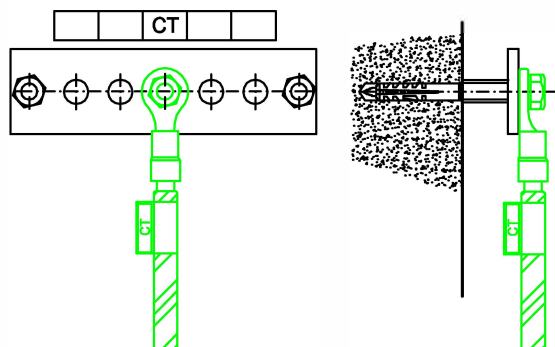
Il collettore principale di terra MET costituisce il punto di congiunzione, che deve essere accessibile per le verifiche, fra i conduttori di terra, i conduttori di protezione e i conduttori equipotenziali.

Esso è in genere 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, di caratteristiche idonee ad assicurarne il fissaggio.

Sarebbe opportuno che i conduttori siano identificati mediante targhette con idonea segnalazione (per es. Fig. 4.11).

Per strutture estese e/o particolarmente complesse si possono prevedere più collettori principali di terra interconnessi tra loro con conduttori opportunamente dimensionati

Devono essere previsti opportuni spazi per le manovre necessarie nel caso di verifiche.



**Figura 4.11 – Esempio di collettore principale di terra MET**

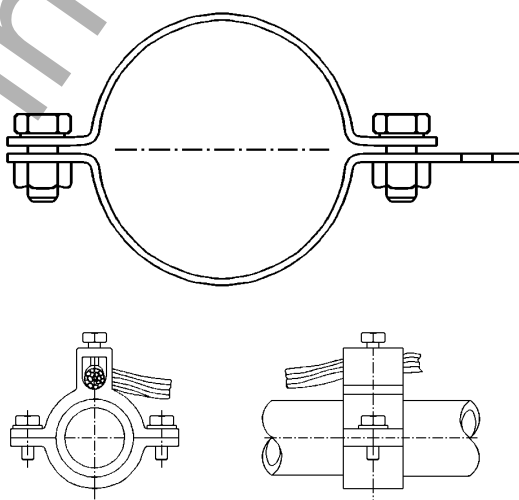
#### **4.5 Conduttori equipotenziali principali**

I conduttori equipotenziali principali sono destinati ad assicurare l'equipotenzialità delle masse estranee, quali ad esempio:

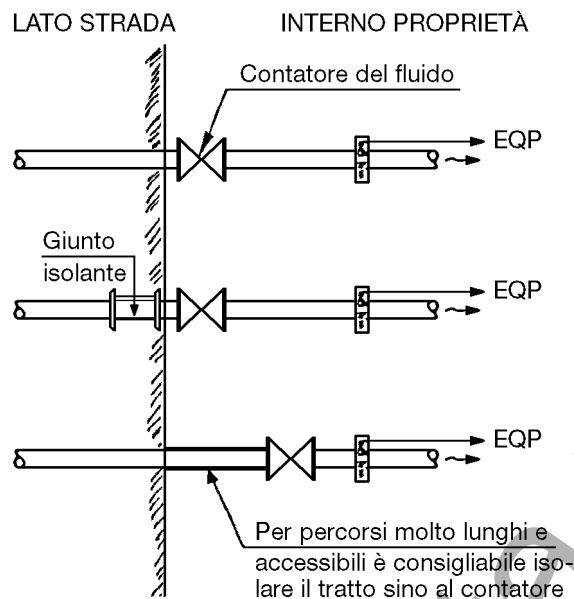
- tubazioni metalliche alimentanti servizi dell'edificio: per es. acqua e gas;
- parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento dell'aria;
- armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se accessibili.

In ogni caso, 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 in 3.5.3 riguardante la progettazione;
- essere collegati alle tubazioni mediante appositi morsetti a collare (Fig. 4.12). Si ricorda che i collegamenti alle tubazioni dell'acqua o del gas occorre realizzarli nei tratti di proprietà dell'utente (Fig. 4.13).
- i punti di connessione alle masse estranee devono essere ispezionabili per le operazioni di verifica e manutenzione.



**Figura 4.12 – Esempio di collari per il collegamento alle tubazioni**



NOTA Il conduttore equipotenziale principale deve essere collegato a valle del contatore, anche se esiste il giunto isolante come indicato nel secondo esempio.

**Figura 4.13 – Esempi di tubazioni entranti negli edifici**

#### **4.6 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.

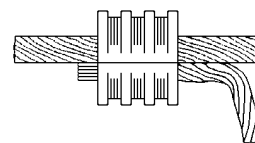
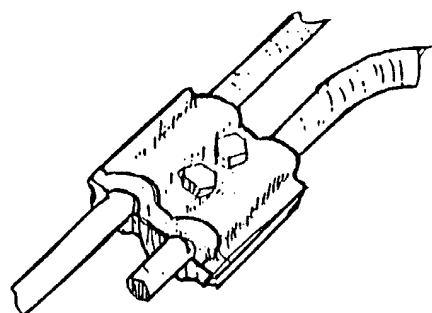
Le giunzioni soggette a corrosione (ad esempio realizzate utilizzando materiali non vicini nella scala di nobiltà – Vedi B.2.2), specialmente se posate a contatto del terreno, richiedono una protezione contro la corrosione ad esempio mediante verniciatura, catramatura o nastratura. Si consiglia che i vari componenti siano, se possibile, dello stesso materiale dei dispersori o con questi compatibili

Ad esempio, tali componenti possono essere resi compatibili mediante processi elettrochimici, ricoprendo detti elementi con uno strato sottile superficiale di ossido (passivazione), di zinco o di cadmio.

NOTA ad esempio, i componenti di giunzione in ottone (lega rame – zinco, etc...) assolvono allo scopo di limitare la corrosione tra rame e acciaio zincato senza la necessità di ulteriori provvedimenti

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 (Fig. 4.14).

NOTA Non è obbligatorio l'uso di pozzetti ispezionabili.



Connettore a compressione

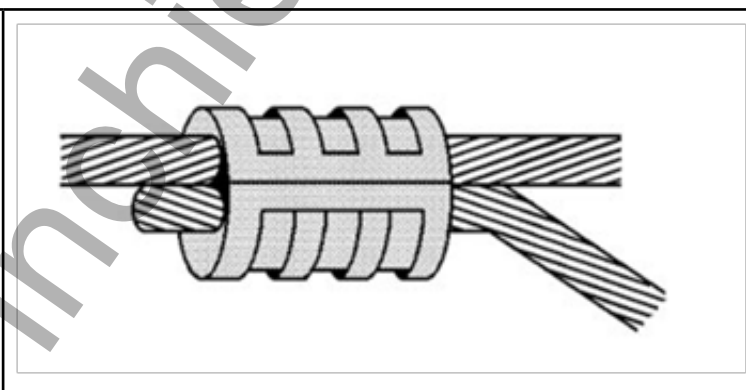
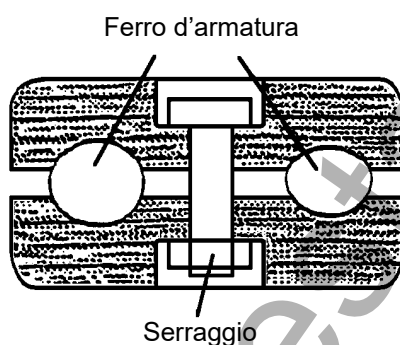
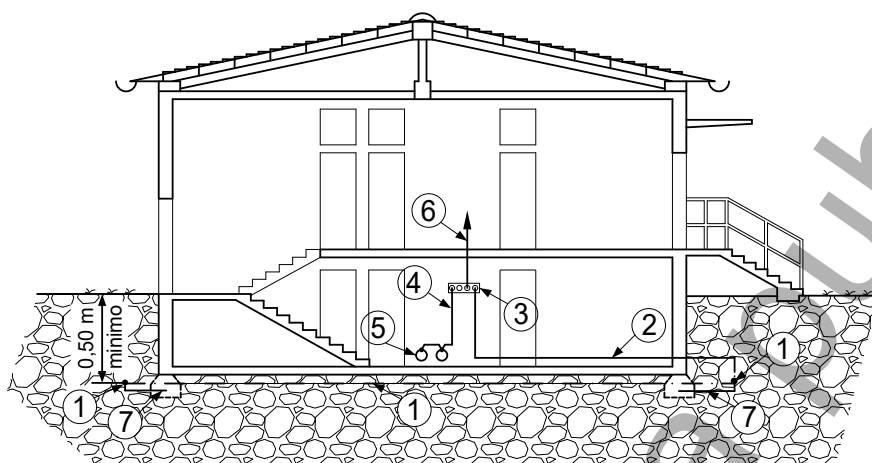


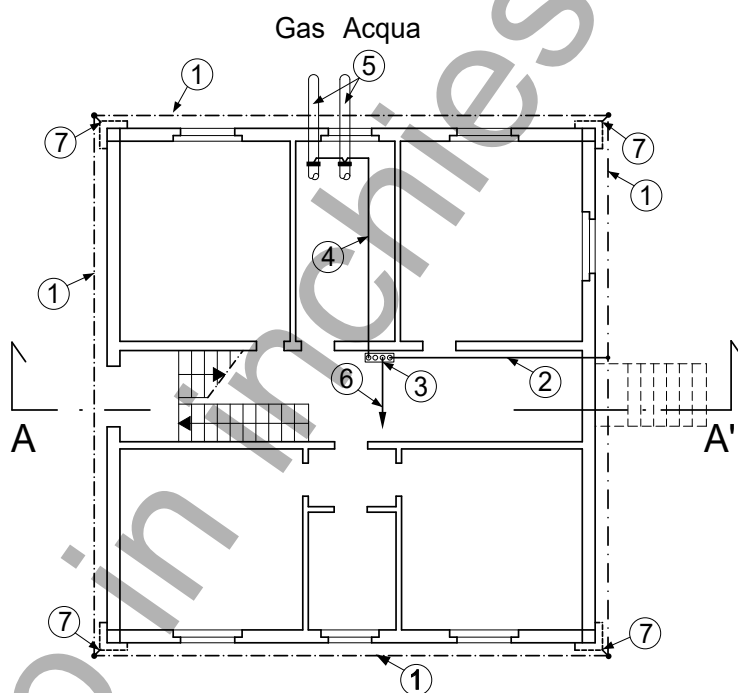
Figura 4.14 – Esempi di giunzioni

#### 4.7 Esempi tipici di realizzazione di dispersori

Si riportano nelle Figure da 4.15 a 4.20 alcuni esempi tipici indicativi della costruzione di dispersori.



Sezione A-A'

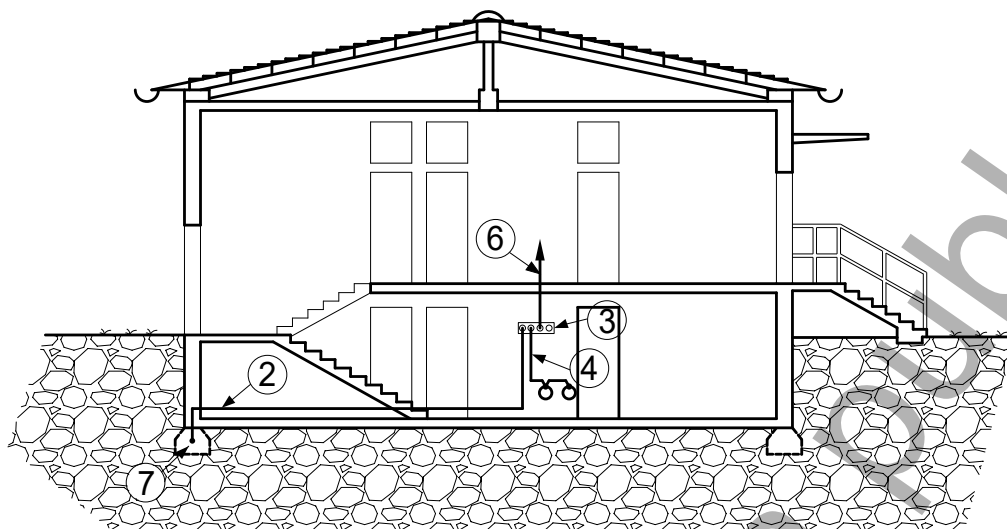


Pianta piano seminterrato

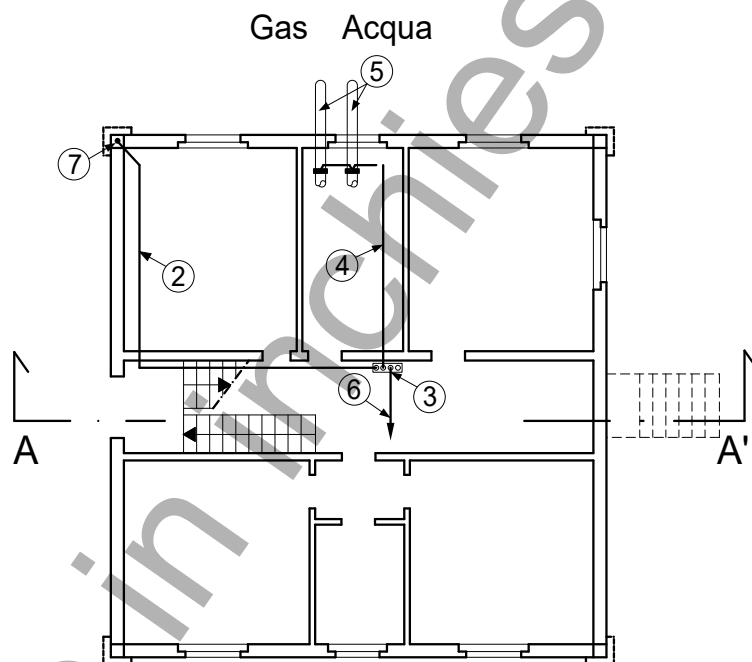
#### Legenda

- 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)

Fig. 4.15 - Villetta o piccola unità in calcestruzzo armato (con dispersore artificiale)



Sezione A-A'



Pianta piano seminterrato

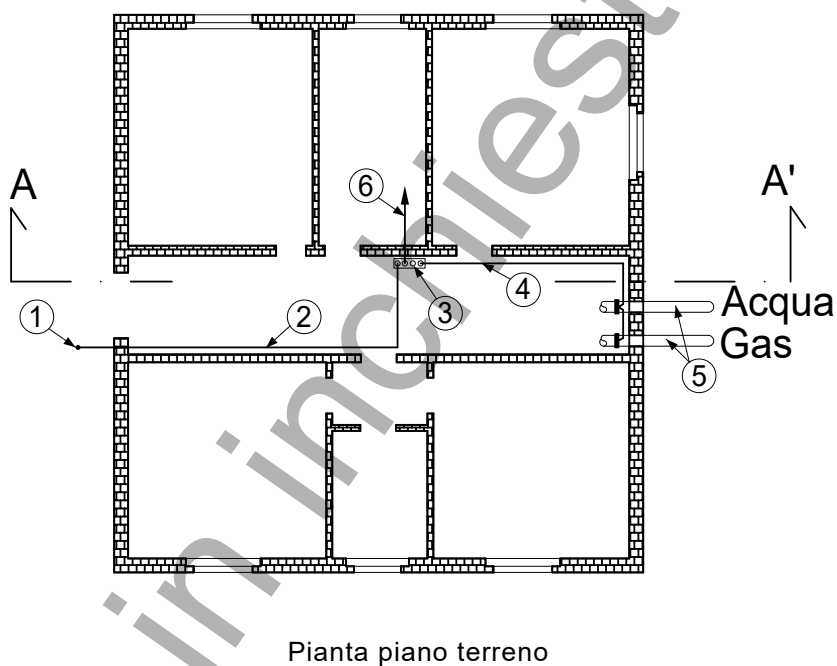
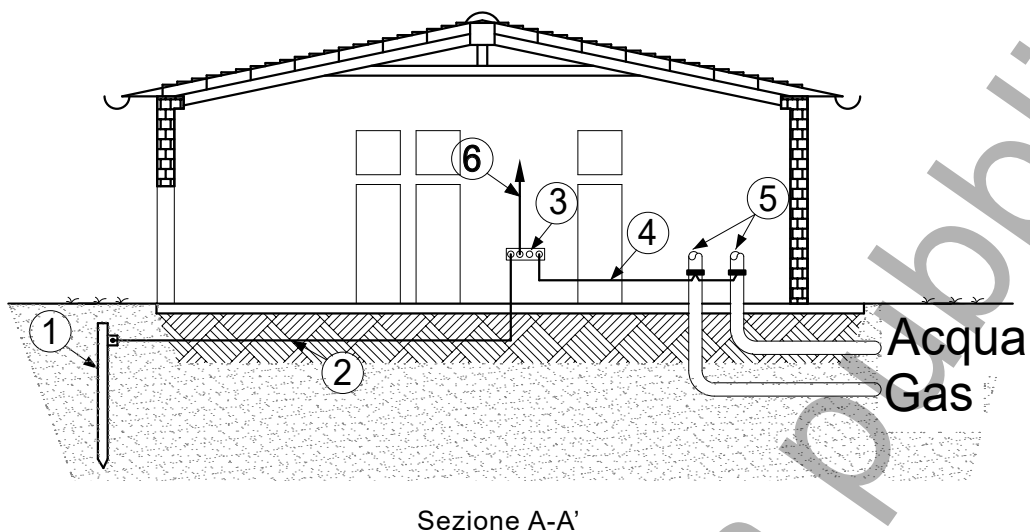
**Legenda**

- 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 (dispensore di fatto)

**Fig. 4.16 - Villetta o piccola unità in calcestruzzo armato  
(con dispersore di fatto)**



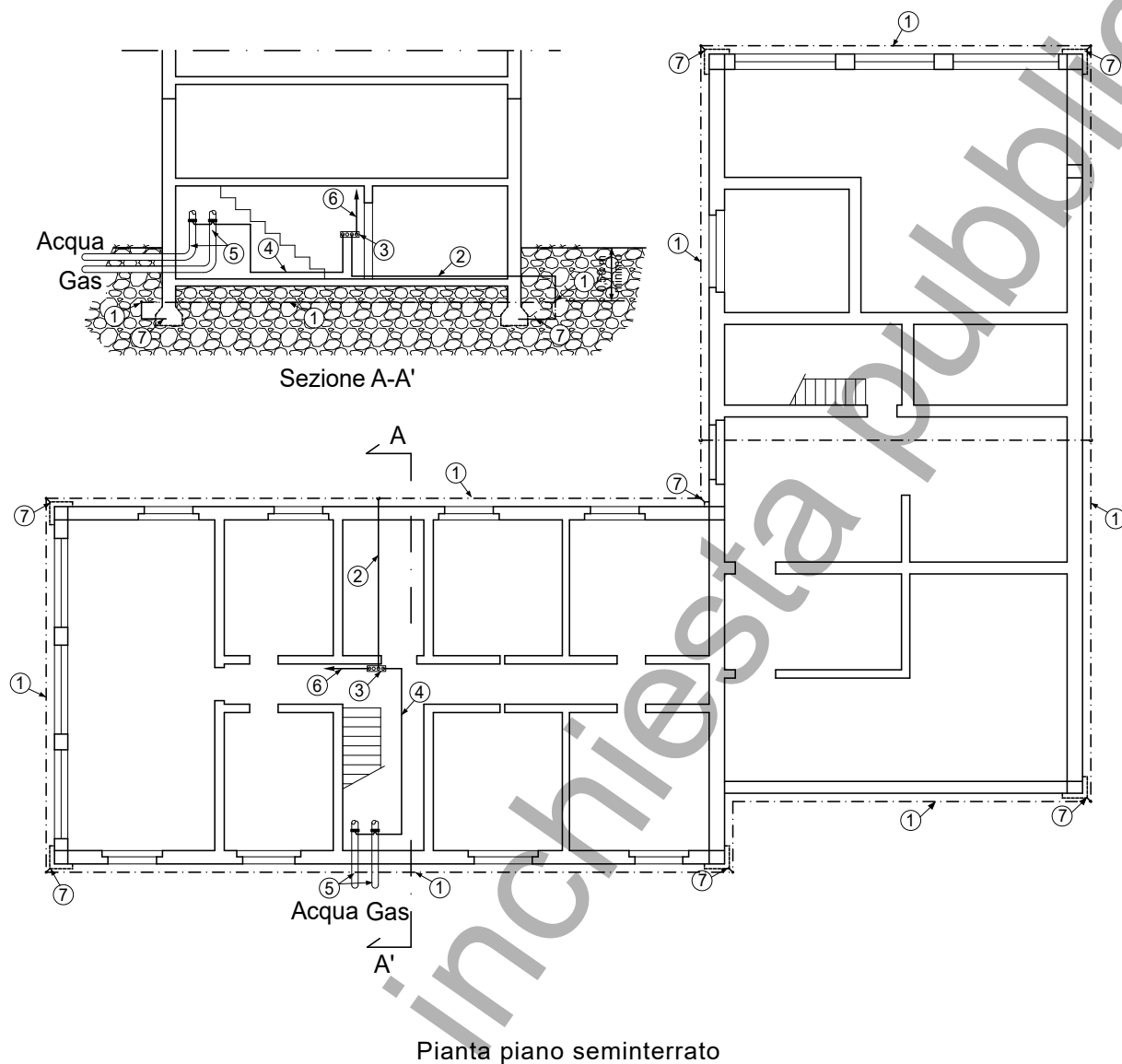
Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali



**Legenda**

- 1 - Dispensore 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

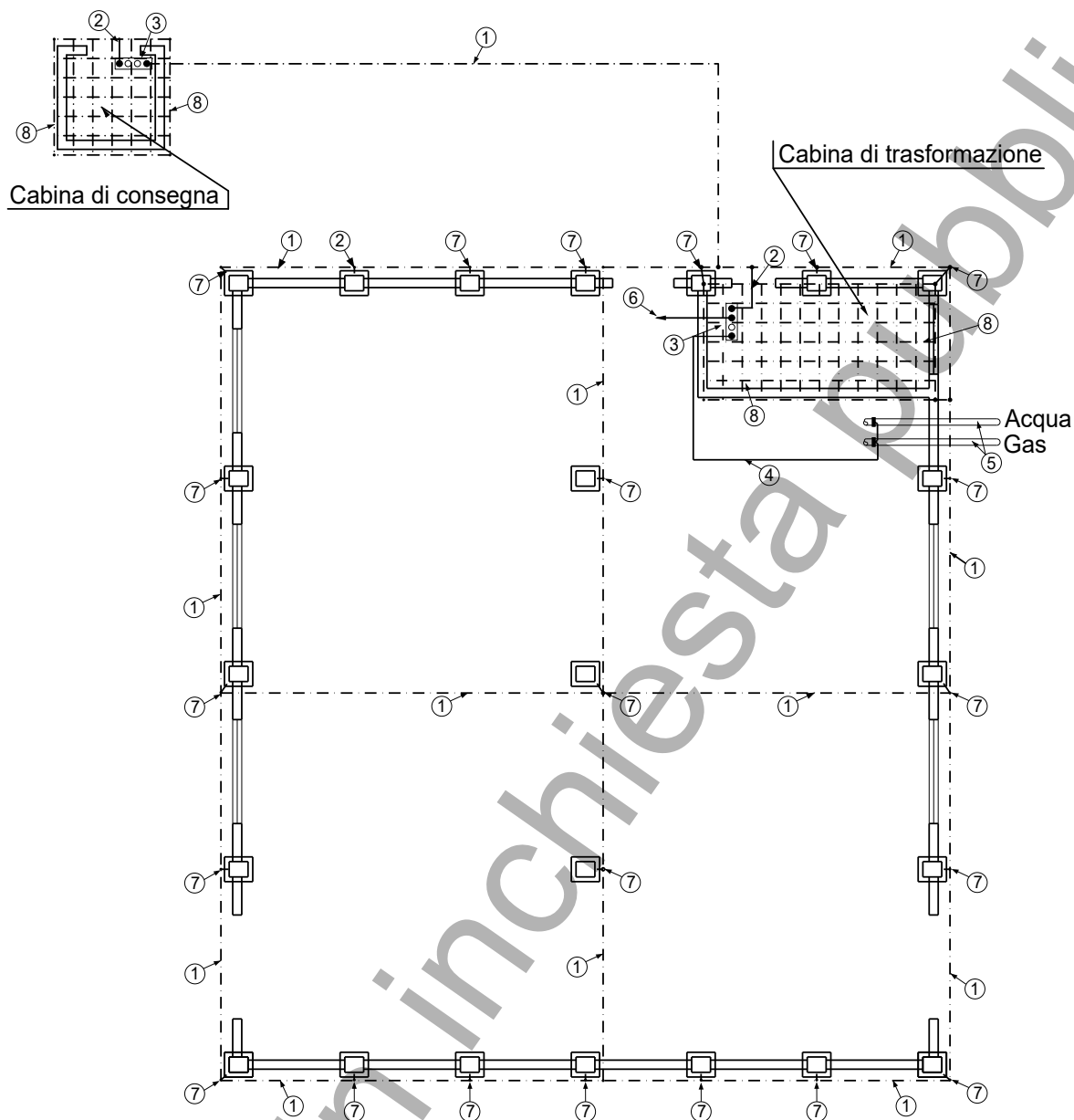
**Fig. 4.17 - Villetta o piccola unità in muratura**



**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)

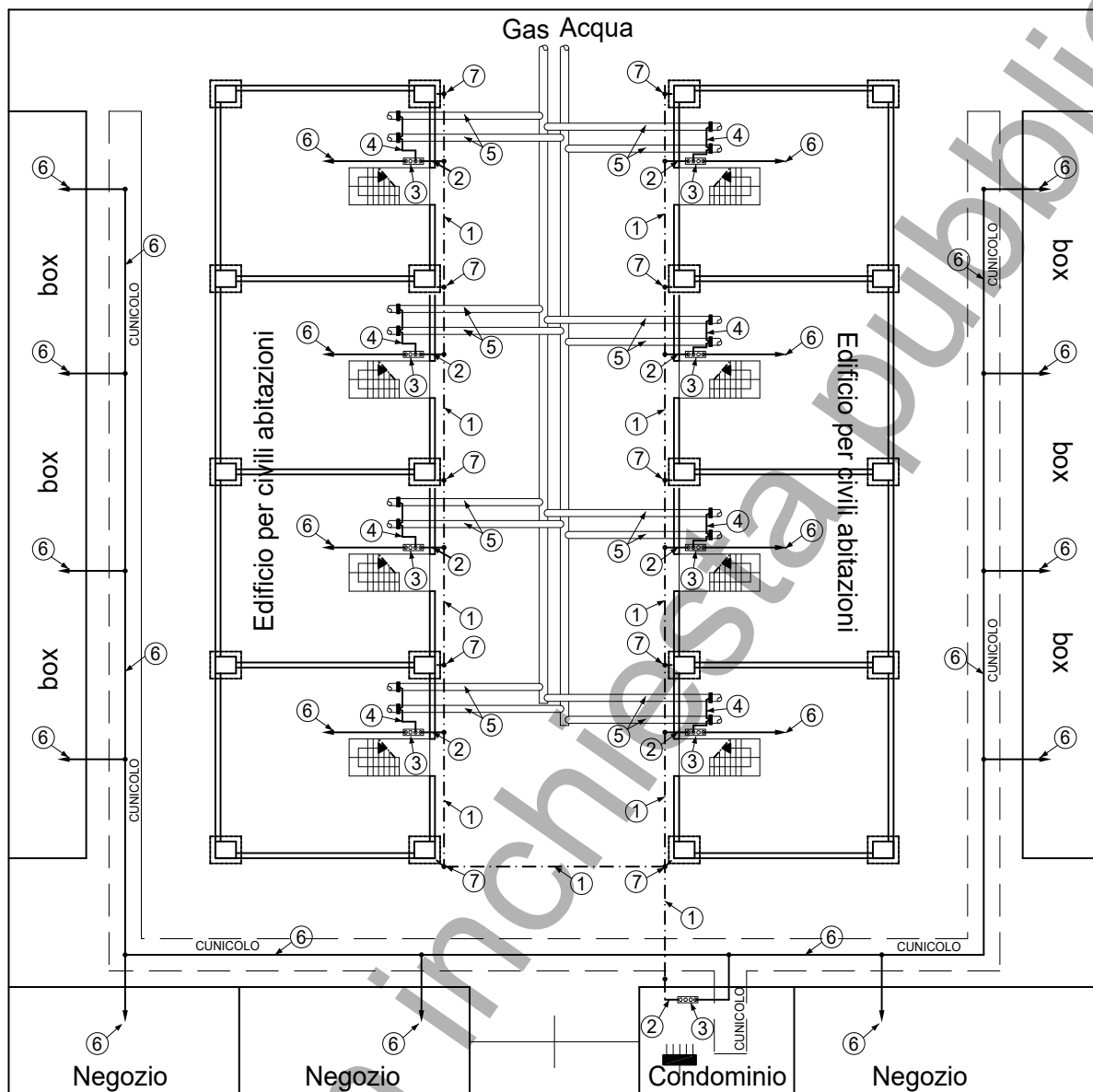
**Fig. 4.18 - Edificio ad uso uffici o abitazioni  
(con dispersore intenzionale + dispersore di fatto)**



#### Legenda

- 1 - Dispensore 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 (dispensore di fatto)
- 8 - Maglia equipotenziale

Figura 4.19 - Edificio ad uso terziario o secondario (industriale)



#### 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)

Figura 4.20 - Condominio con civili abitazioni - box - negozi

Alla base di ogni scala esiste un Collettore (o nodo) principale di terra MET e conduttori equipotenziali principali EQP ai tubi dell'acqua e gas entranti in ogni montante di scala.

## **5 Documentazione e verifica**

### **5.1 Generalità**

Di seguito sono indicate le verifiche da eseguire sull'impianto, prima della messa in esercizio.

Alcune verifiche possono essere eseguite anche in corso d'opera.

Si ricorda che, ai fini della protezione contro i contatti indiretti, non è sufficiente la misura della resistenza di terra ma è necessario verificare che siano rispettate le condizioni previste mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione (Cap. 41, art. 413.1 della Norma CEI 64-8).

### **5.2 Documentazione necessaria per la verifica**

Per eseguire la verifica risulta necessaria la documentazione di progetto di cui in 3.6, integrata dalle eventuali variazioni apportate in corso d'opera.

### **5.3 Verifiche**

Le operazioni di seguito elencate possono essere eseguite solo ad installazione completata.

NOTA Informazioni dettagliate si trovano nella Guida CEI 64-14.

#### **5.3.1 Esame a vista**

L'esame a vista è un'ispezione che, senza l'effettuazione di prove, identifica:

- le eventuali difformità dell'impianto rispetto alla documentazione di cui in 5.2;
- eventuali aggiornamenti o modifiche intervenuti (ad esempio modifiche della corrente di guasto o dei tempi di intervento delle protezioni sul lato di II categoria, da parte del Distributore);
- i difetti evidenti degli impianti;
- gli eventuali danneggiamenti dei componenti elettrici.

Questo esame deve sempre essere eseguito prima di tutte le prove e di tutte le misure.

#### **5.3.2 Prova di continuità dei conduttori di terra ed equipotenziali principali**

Questa prova deve essere eseguita sui conduttori di protezione (PE) e sui conduttori equipotenziali qualora non fosse sufficiente una verifica a vista.

Per questa prova si deve utilizzare idoneo strumento, conforme alla norma CEI EN 61557-4, in grado, con una tensione a vuoto compresa fra 4 e 24 V (indifferentemente in corrente continua o alternata), di erogare nel circuito di misura una corrente di almeno 0,2 A.

La prova di continuità non serve a misurare la resistenza dei conduttori.

Tale controllo strumentale di continuità va effettuato preferibilmente e per quanto possibile, ad esempio:

- tra i vari elementi del dispersore, in corrispondenza dei conduttori di terra ad essi collegati;
- tra il dispersore ed il collettore principale di terra (MET) (Fig.5.1a);
- tra i vari collettori principali di terra (se esiste più di un MET);
- tra le masse ed i collettori principali di terra (MET) (Fig.5.1b);
- tra le masse estranee ed i collettori principali di terra (MET) (Fig.5.1c);
- tra masse e /o masse estranee simultaneamente accessibili (Fig.5.1d).

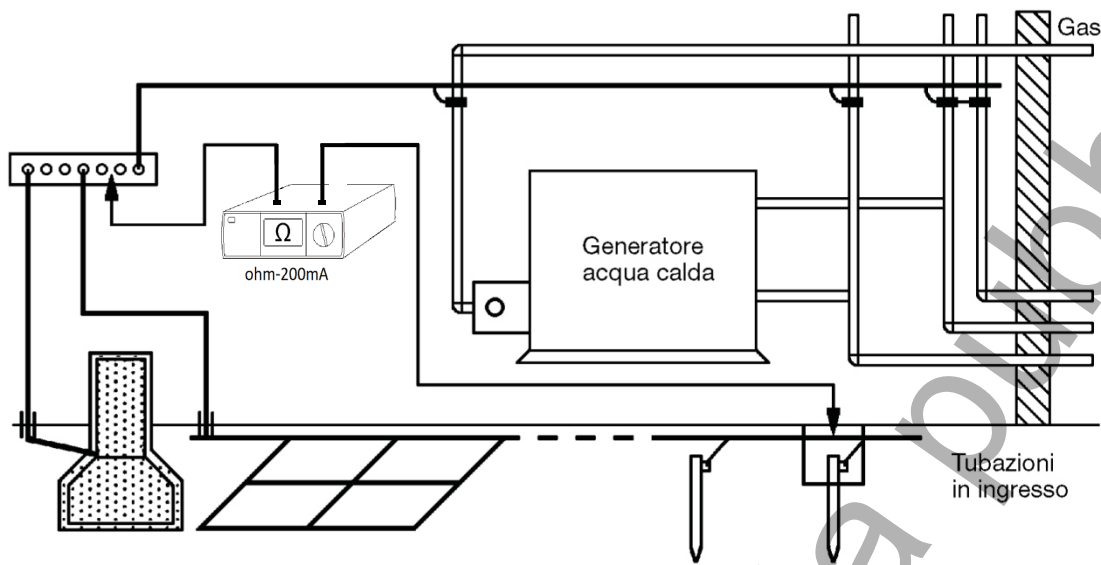


Fig.5.1a - Dispersore e collettore principale di terra (MET)

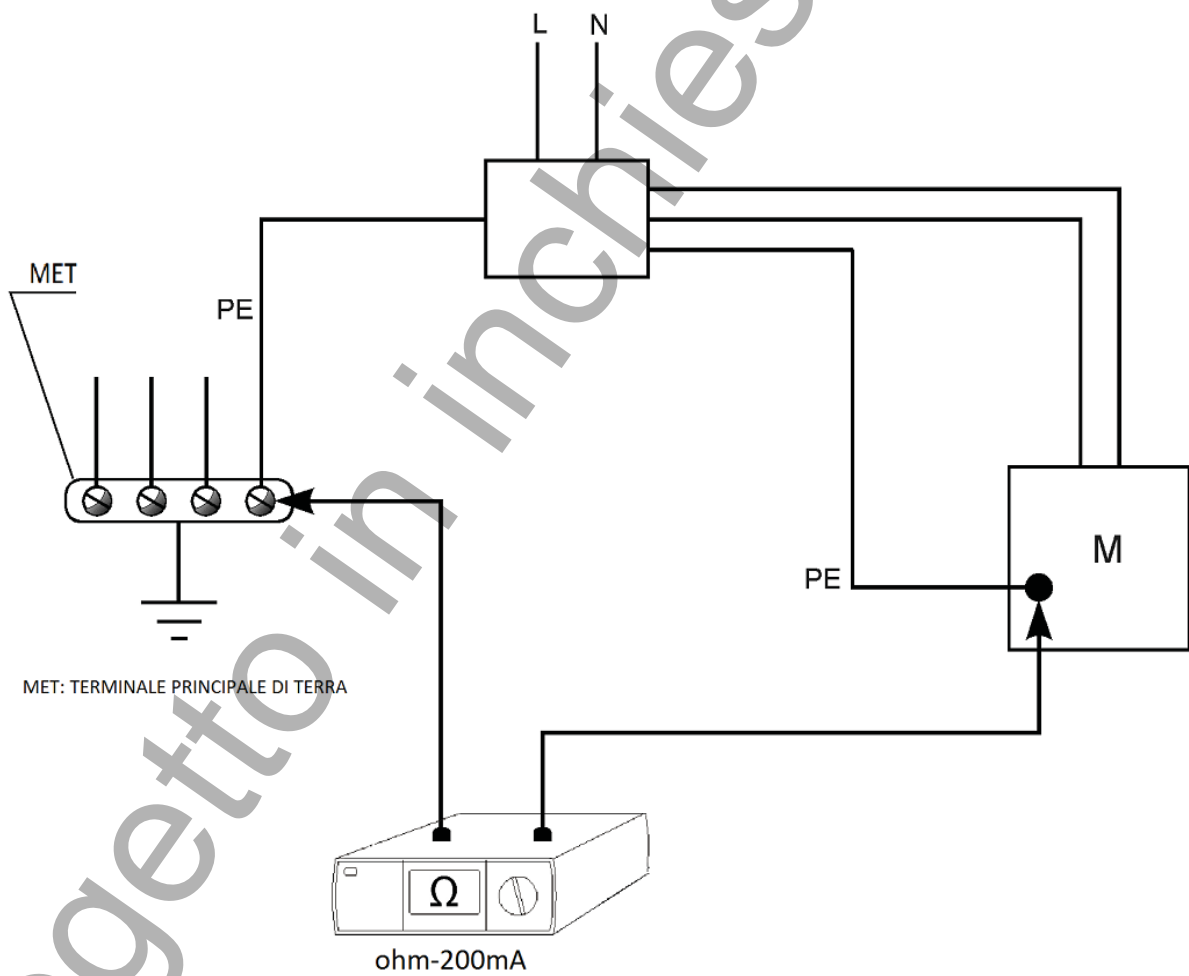


Fig.5.1b - Masse e collettore principali di terra (MET)

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

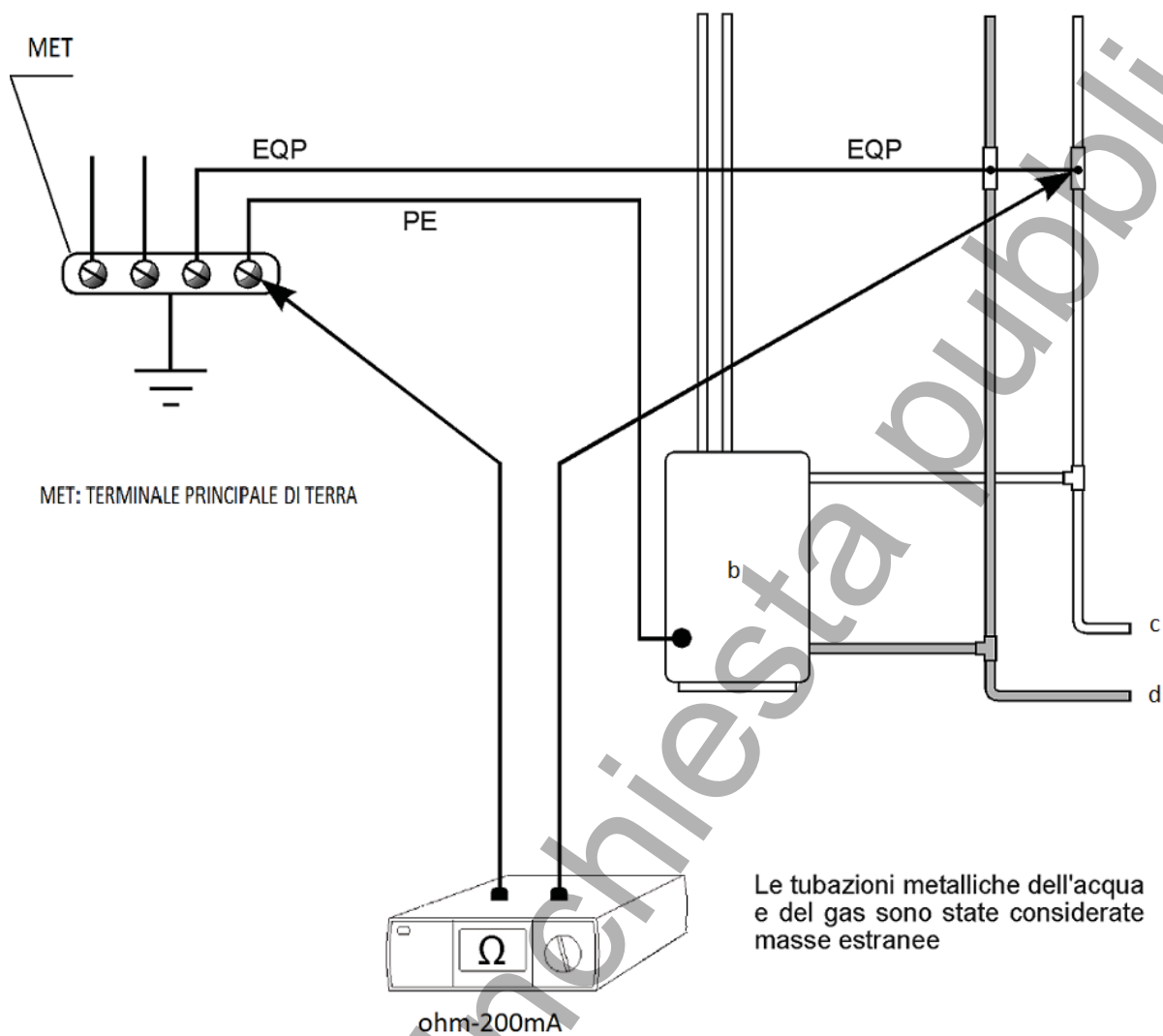


Fig.5.1c - Masse estranee e collettori principali di terra (MET)

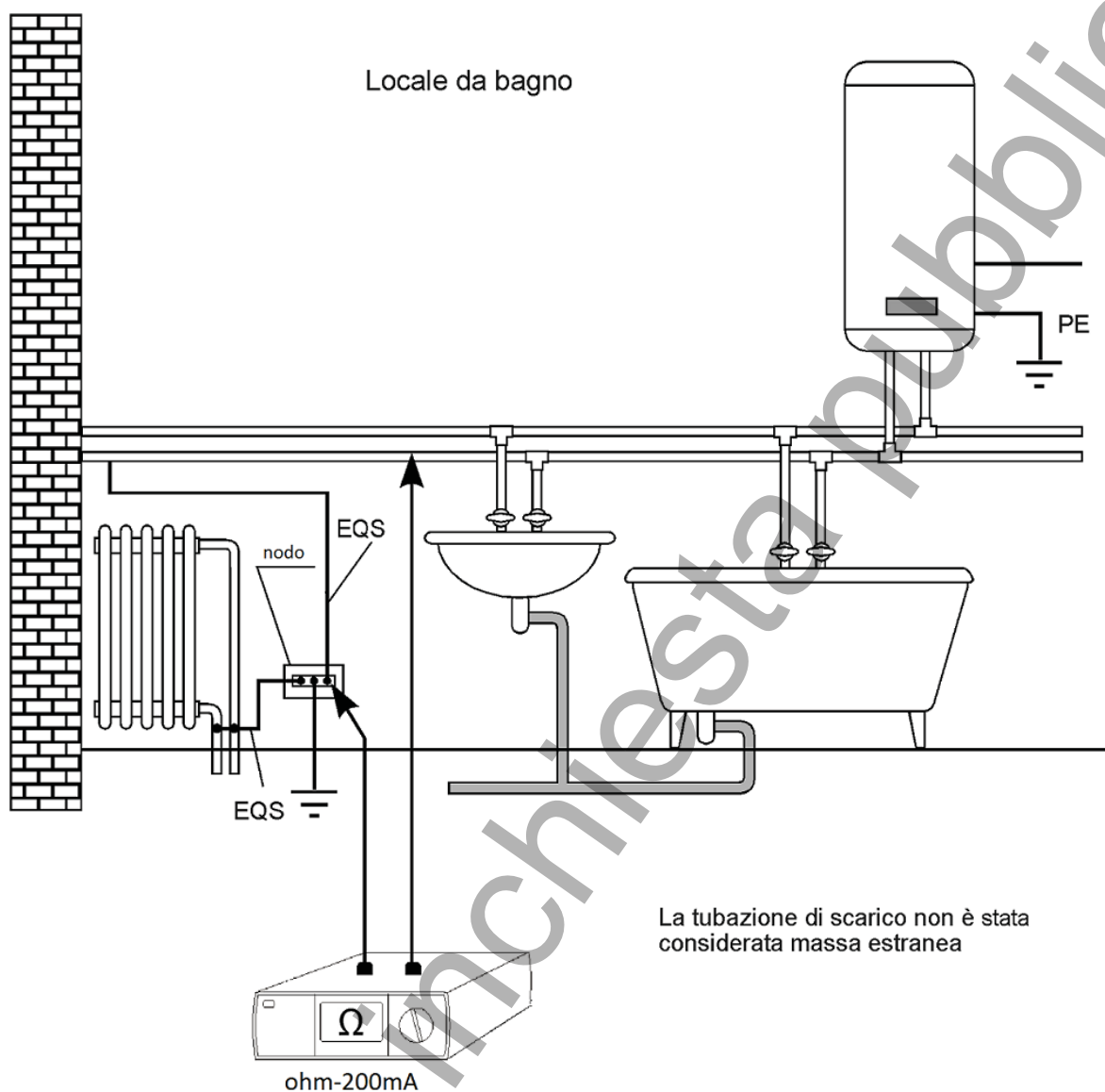


Fig.5.1d - Masse e /o masse estranee simultaneamente accessibili



### **5.3.3 Misura della resistenza di terra del dispersore**

La misura della resistenza del dispersore, dopo l'analisi della documentazione relativa e dopo l'esame a vista delle parti interessate ispezionabili, deve effettuarsi con la scelta del metodo operativo di volta in volta più confacente, secondo il sistema di alimentazione (da sistemi di I categoria oppure da sistemi di II categoria), il tipo di dispersore installato ed in considerazione delle caratteristiche della zona circostante.

Le tecniche più comuni per una misura valida sono il metodo volt-amperometrico e la misura dell'anello di guasto, descritti nei paragrafi successivi.

Anche se l'umidità del terreno può far variare il valore di resistenza, la misura può essere eseguita in qualsiasi condizione meteorologica.

La misura deve essere effettuata, per quanto possibile, con l'impianto nelle ordinarie condizioni di funzionamento, senza scollegare il dispersore dal resto dell'impianto.

Qualora, in relazione ai risultati della misura o dell'analisi della documentazione, il valore della resistenza di terra debba essere misurato sul solo dispersore intenzionale, scollegato dal resto dell'impianto di terra, la stessa deve essere eseguita con tutti gli impianti elettrici che utilizzano il dispersore fuori tensione.

NOTA Questa misura può essere necessaria solo quando si voglia conoscere l'efficienza del solo dispersore, senza il contributo dei collegamenti equipotenziali.

La misura di parti staccate di uno stesso dispersore e la somma delle singole resistenze in parallelo al fine di ottenere il valore di resistenza totale, non è in genere attendibile, in quanto la resistenza reale potrebbe essere superiore a quella calcolata, per la reciproca relativa influenza fra le varie parti staccate.

#### **5.3.3.1 Misura con il metodo volt-amperometrico**

Questo tipo di misura si può eseguire, per tutti i sistemi elettrici, utilizzando un apposito strumento direttamente in ohm (o un generatore ed una coppia di strumenti voltmetro e amperometro), una sonda di corrente (dispersore ausiliario) e una sonda di tensione.

La Fig. 5.2 mostra uno schema di misura.

La sonda di corrente deve essere posizionata in un punto sufficientemente lontano dal dispersore in esame in modo che sonda e dispersore siano indipendenti.

La Norma 64-8 considera sufficiente una distanza pari a 4 volte la dimensione massima del dispersore in esame (4 D): pertanto, in tali condizioni, non sono necessarie altre verifiche in quanto il rispetto della distanza riportata dalla Norma, in condizioni ordinarie, è condizione sufficiente per l'indipendenza. Nel caso di un dispersore a maglia la dimensione massima deve intendersi pari al diametro del cerchio di area equivalente alla maglia. Nel caso di un singolo picchetto la dimensione massima deve intendersi pari alla sua lunghezza di infissione.

La sonda di tensione deve essere posta in un punto a potenziale zero, in posizione elettricamente indipendente rispetto al dispersore in prova e alla sonda di corrente, possibilmente non posti in linea.

Nel caso fosse difficoltoso raggiungere la distanza prevista (4 D) è possibile posizionare la sonda di corrente a distanza ridotta.

Per le relative informazioni vedere la Guida CEI 64-14, 2.3.2.1.

Qualora le prove non dovessero fornire misure attendibili può essere necessario allontanare maggiormente la sonda di corrente dal dispersore in prova e ripetere le operazioni o valutare eventuali altre influenze che possano falsare le misure.

La Fig. 5.3 mostra lo schema di misura con distanza ridotta.

### **5.3.3.2 Misura della resistenza del circuito di guasto**

Questa tecnica di misura è valida solo per sistemi TT alimentati a tensione  $\leq 1\ 000$  V c.a.

Si tratta di una tecnica di rilevazione più facile da predisporre e più rapida da attuare, operata sulla resistenza dell'intero circuito di guasto a terra, comprensiva, quindi, anche della resistenza del dispersore in esame.

Questo tipo di misura si esegue con un apposito strumento applicato fra una fase ed il conduttore di protezione, in un qualsiasi punto accessibile dell'impianto utilizzatore.

Il valore rilevato è la somma della resistenza del dispersore in esame e di quella di tutti gli altri componenti elettrici del circuito in serie (dispersore del distributore, collegamenti, linee, ecc.) ed è un valore cautelativo ai fini del coordinamento coi dispositivi di protezione associati.

Nel caso in cui il valore riscontrato dalla misura risultasse più elevato di quello richiesto per il precedente coordinamento, diverrebbe necessario eseguire la misura del dispersore in esame, con uno dei due metodi indicati al paragrafo precedente.

È necessario precisare che, per alcuni tipi di strumenti, la misura, eseguita a valle di un dispositivo differenziale, può provocarne l'intervento.

La Fig. 5.4 mostra uno schema di misura.

### **5.4 Documentazione finale**

Oltre alla documentazione iniziale, dopo avere eseguito la verifica a vista, le prove di continuità e la misura della resistenza di terra, è necessario integrare la stessa con:

- l'introduzione delle modifiche, rese necessarie dai risultati delle verifiche a vista;
- l'indicazione del valore di resistenza del dispersore, fornendo la documentazione del corretto coordinamento della resistenza di terra del dispersore con i dispositivi di protezione previsti dal progetto, installati o da installare, in relazione al sistema di distribuzione;
- il risultato delle eventuali prove di continuità;
- il rapporto di verifica iniziale contenente i risultati delle misure e delle prove sopra indicate.

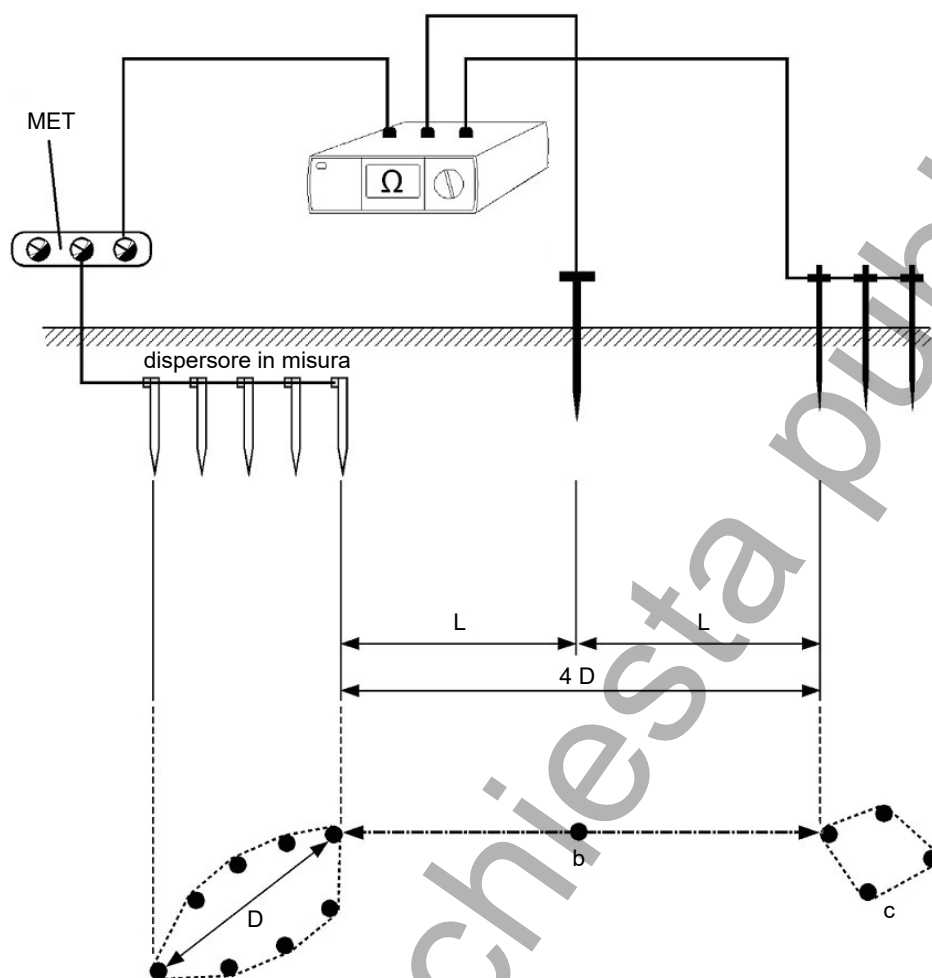


Figura 5.2 – Misura della resistenza di terra con il metodo volt-amperometrico

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

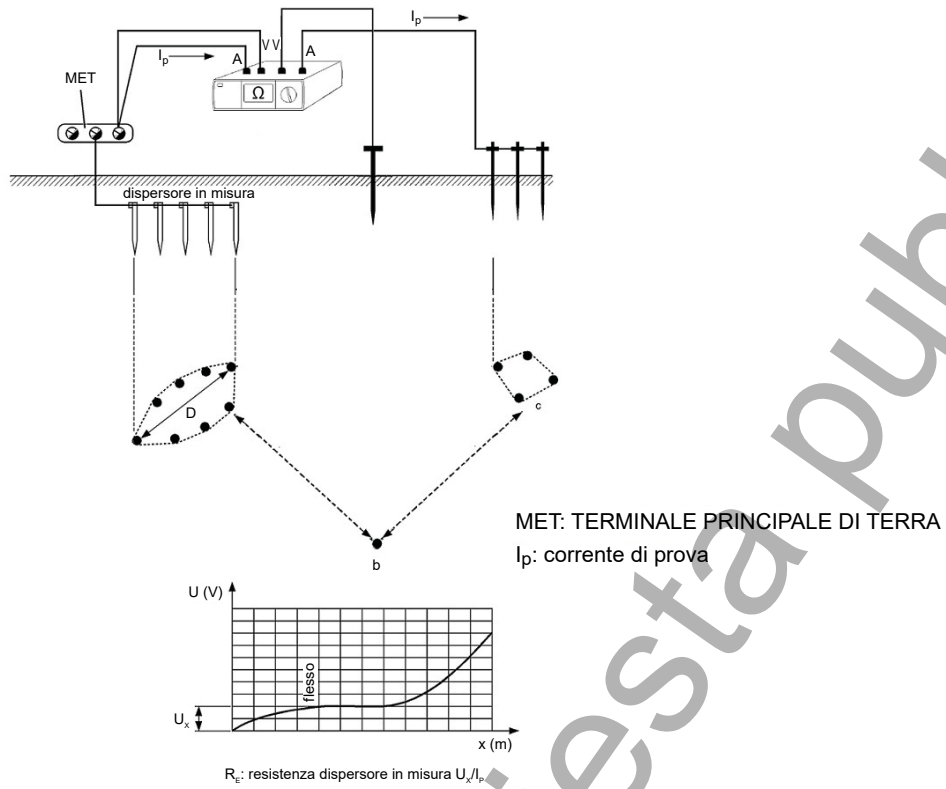


Figura A

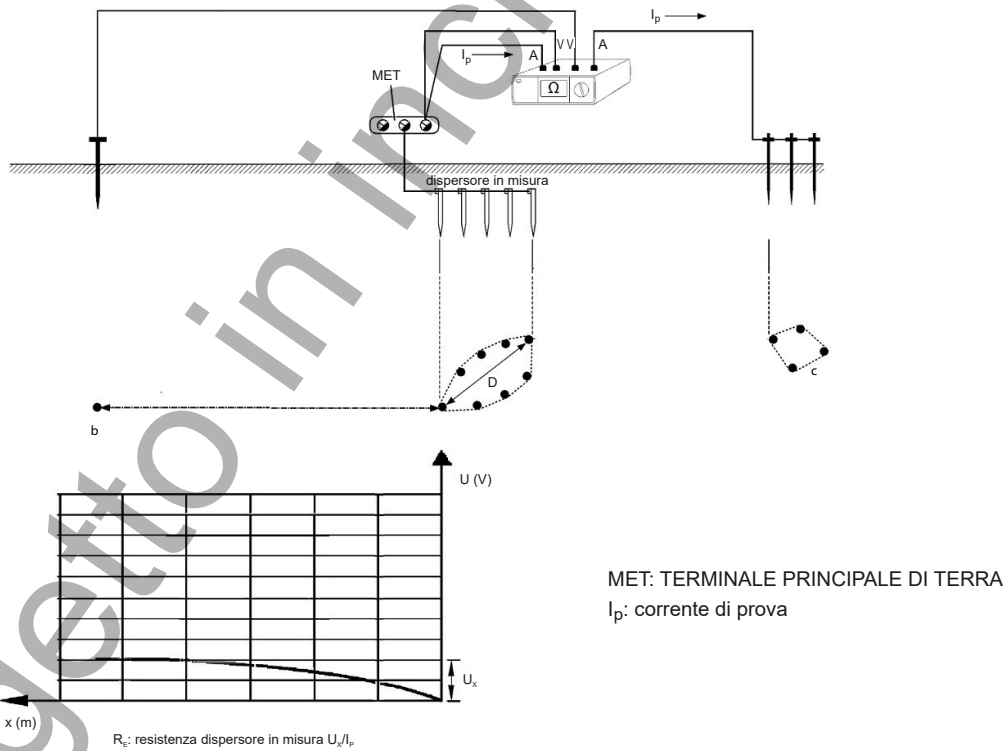
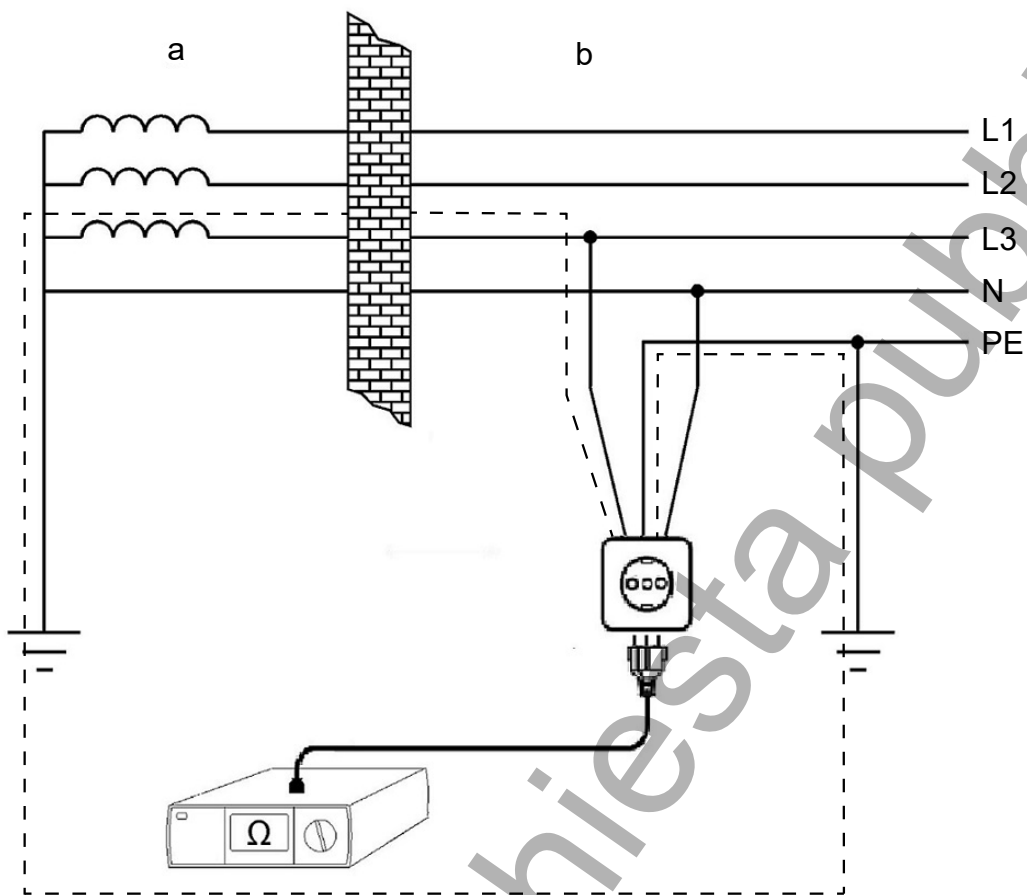


Figura B

Figura 5.3 – Misura della resistenza di terra con il metodo volt-amperometrico con distanza ridotta della sonda di corrente dal dispersore in prova



$$R_{\text{mis}} = R_N + R_{\text{FASE}} + R_E + R_{\text{PE}}$$

$R_E$  = resistenza del dispersore in esame

$R_{\text{FASE}}$  = resistenza della linea (dal trasformatore al punto di misura)

$R_N$  = resistenza di terra del neutro del Distributore

$R_{\text{PE}}$  = resistenza del conduttore di protezione



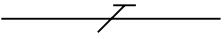
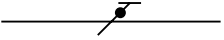

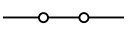
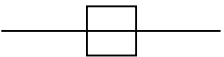





Verifica a favore della sicurezza:  $R_{\text{mis}} < U_L / I_{\text{dn}}$

Figura 5.4 – Schema di misura della resistenza del circuito di guasto in un sistema TT.

## Allegato A

### Segni grafici e contrassegni

In questo Allegato sono ripresi dalle Norme CEI del CT 3 "Segni grafici per schemi" i principali segni grafici utili per le applicazioni pratiche nell'ambito del campo di applicazione della presente Guida, unitamente all'indicazione dei simboli letterali e indicazioni supplementari, ove esistenti.

	Linea sotterranea
	Conduttore neutro (N)
	Conduttore di protezione (PE)
	Conduttore neutro avente anche funzioni di conduttore di protezione (PEN)
	Giunzione/derivazione
	Giunzione di conduttore
	Accesso ad una camera di giunzione
	Terra Segno generale (E)
	Terra funzionale
	Terra di protezione
	Equipotenzialità
	Anodo di protezione, ad es. al magnesio

## Allegato B

### Cenni sui provvedimenti da prendere per ridurre gli effetti della corrosione

NOTA Il contenuto riportato nel presente Allegato fornisce alcune indicazioni sul fenomeno della corrosione. Per un approfondimento della materia, si rimanda alle Norme UNI e UNI-CEI specifiche.

#### B.1 Generalità

I metalli in genere (esclusi quelli nobili) in presenza di umidità subiscono corrosioni più o meno intense.

La corrosione è un fenomeno elettrochimico estremamente complesso; in questa Appendice ci limitiamo a considerare i casi più semplici. Indipendentemente dalla causa e dalla complessità delle reazioni chimiche in gioco il fenomeno è riducibile al sottostante schema.

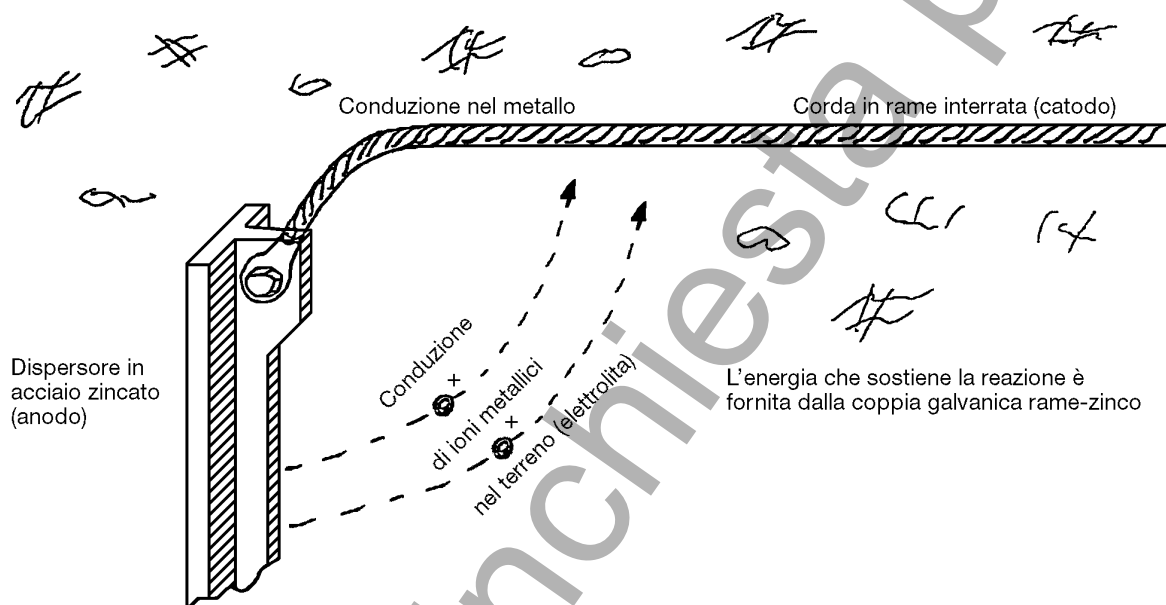


Fig. B.1 - Esempio di corrosione dovuta a coppia galvanica

Ogni metallo assume un potenziale elettrico proprio (potenziale elettrochimico).

Due metalli diversi a contatto fra di loro (per es.: rame e zinco), posati in un ambiente determinato danno luogo ad una coppia galvanica ove il metallo allo stato più nobile (più elettronegativo) assume lo stato di catodo, il metallo allo stato meno nobile (meno elettronegativo) si comporta da anodo, ed è soggetto a corrosione.

Si ha rischio di corrosione oltre che per cause elettrochimiche anche, ma più raramente, per cause chimiche o fisiche. Sono cause di corrosione:

- coppie galvaniche fra metalli diversi;
- correnti vaganti prodotte da impianti di trazione in corrente continua, o impianti di protezione catodica;
- reazioni chimiche dovute a batteri nel terreno di posa;
- disomogeneità dell'ambiente di posa come per esempio una diversa ossigenazione delle zone argillose rispetto a quelle sabbiose, che può dar luogo ad una coppia galvanica tra parti di uno stesso elemento metallico.

Elementi necessari e incentivanti il rischio di corrosione sono l'umidità e la conducibilità degli ambienti di posa come per esempio, calcestruzzo umido e terreno.

Va precisato che le condizioni perché si creino differenze di potenziale fra parti metalliche sono frequenti, ma quando le differenze di potenziale sono modeste, queste non sono sufficienti a sostenere una reazione chimica, e di conseguenza non si ha corrosione.

Il danno prodotto dalla corrosione (riduzione dello spessore del metallo o alterazione delle sue caratteristiche), è da ritenere consistente e quindi fonte di pericolo quando la superficie anodica sia molto inferiore a quella catodica, in particolare quando il rapporto superficie anodica/superficie catodica sia inferiore a un centesimo.

## **B.2 Aspetti applicativi**

### **B.2.1 Eventualità di forti corrosioni**

Se per esperienze locali si hanno eventualità di consistenti corrosioni dovute ad esempio a:

- correnti vaganti prodotte da ferrovie e tramvie;
- correnti vaganti prodotte da impianti di protezione catodiche;
- aggressioni batteriche nel terreno,

si consiglia l'intervento di un esperto del settore e l'effettuazione di misure del campo elettrico del terreno con le apposite sonde a solfato di rame (misure diverse, senza specifica sonda, non sono attendibili).

### **B.2.2 Scelta dei materiali**

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.

Questa precauzione deve essere osservata anche per i dispersori di fatto.

Nella seguente tabella si riporta la scala galvanica dei metalli (limitata ai metalli impiegati in elettrotecnica) riferita all'elettrodo di idrogeno.



### Potenziali elettrochimici

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
Idrogeno	0,0
Antimonio	+ 0,2
Rame	+ 0,35
Argento	+ 0,80
Mercurio	+ 0,86
Platino	+ 0,87
Oro	+ 1,5

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.

Se il dispersore deve essere collegato ad altri elementi metallici a diretto contatto con il terreno si devono valutare le relative compatibilità.

Quando l'ambiente (terreno) è particolarmente aggressivo si consiglia:

- se il terreno è fortemente acido, di evitare l'uso di acciaio zincato;
- se il terreno contiene cloruri, di evitare l'uso di acciaio inossidabile.

#### **B.2.3 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.

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Esempio:

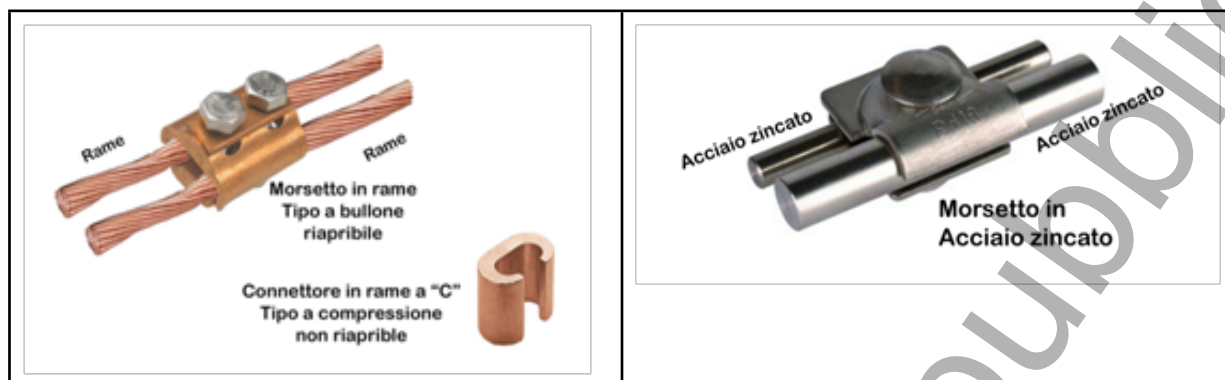


Figura B.2.1

- 3) Quando invece si debbano 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

Esempio:

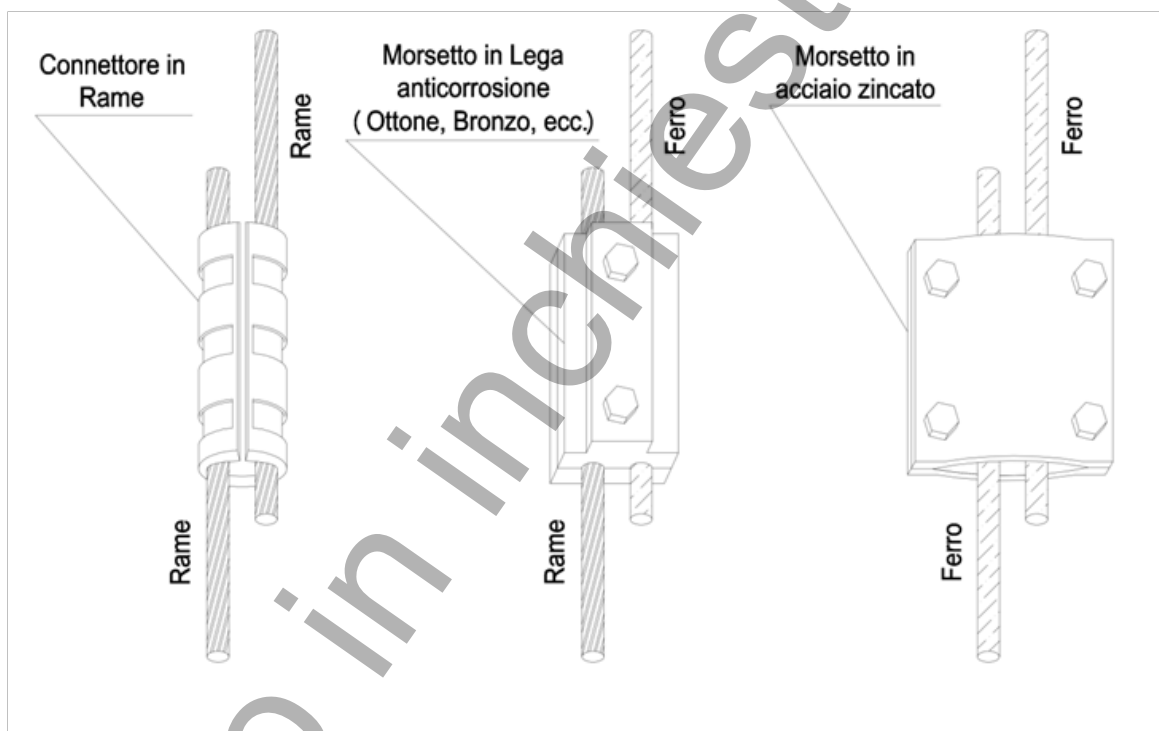


Figura B.2.2

#### **B.2.4 Strutture metalliche nel terreno**

Se si debbono 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.

#### **B.2.5 Tubazioni nel calcestruzzo**

Il tubo in acciaio zincato nel calcestruzzo è generalmente protetto da corrosioni.

È spesso causa di gravi corrosioni il cattivo rivestimento in malta fatto dal muratore.

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. In presenza di fondazioni molto estese, il collegamento equipotenziale di tubi zincati con i tondini d'armatura potrebbe causare la corrosione dei tubi stessi; in questi casi si consiglia l'uso di tubi protetti con rivestimento isolante di idoneo spessore e senza discontinuità o l'uso di tubi realizzati con altri materiali.

#### **B.2.6 Tondini nel calcestruzzo**

Il collegamento a dispersori in rame nudo o acciaio ramato non è dannoso per i tondini d'armatura del calcestruzzo.

Viceversa il collegamento a dispersori in acciaio zincato non procura corrosione ai tondini ma generalmente accade che questi si pongano in stato di catodo e causino la corrosione del dispersore in acciaio zincato posto nel terreno. Nel caso di utilizzo di tali elementi di dispersori in acciaio zincato, il loro collegamento ai tondini nel calcestruzzo deve essere realizzato in rame oppure in acciaio zincato protetto idoneamente dal contatto con il terreno (per es. mediante verniciatura, nastratura, catramatura), anche nelle relative giunzioni.

#### **B.2.7 Precauzioni di posa**

Nel riempimento di scavi per la copertura dei dispersori, si deve evitare che materiali di scarto (inquinanti) finiscano a contatto col dispersore. È auspicabile che il materiale di riempimento sia il medesimo o simile a quello dello scavo.

In terreni molto ghiaiosi o rocciosi, ove l'infissione di dispersori verticali può provocare forti abrasioni, l'uso di dispersori ramati richiede particolari precauzioni.

## Allegato C

### Cenni sulla resistività del terreno

Si riportano qui di seguito alcuni cenni relativi alla resistività del terreno.

NOTA Per un approfondimento della materia si rimanda alle Norme UNI e UNI-CEI specifiche.

Quando il progetto dell'impianto di terra richiede un valore non troppo basso della resistenza, come nel caso di impianti "TT" dotati di differenziali, il valore della "resistività del terreno" può essere accettabilmente stimato sulla base delle Tabelle C. Noto il tipo di terreno ove deve essere installato il dispersore, si sceglie prudenzialmente il valore più elevato fra quelli riportati nelle Tabelle C per quel tipo di terreno. Ad esempio, per posa in terreno sabbioso secco si sceglie il valore di 200  $\Omega$ m, per un terreno ghiaioso si sceglie invece 500  $\Omega$  m.

Quando invece il progetto dell'impianto di terra ha maggiori esigenze, ad esempio negli impianti con cabina di trasformazione e elevate correnti di guasto sul lato MT, può sorgere l'esigenza di una più corretta conoscenza della resistività del terreno. In questi casi si può procedere con il rilievo strumentale.

#### Tabelle C

**Tabella C.1 - 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

**Tabella C.2 - Valori medi della resistività**

Natura del suolo	Valore medio della resistività $\Omega$ m
Suolo limaccioso arabile, terrapieno compatto umido	50
Terreno povero arabile, ghiaia, terrapieno grezzo	500
Terreno pietroso nudo, sabbia secca, rocce impermeabili	3 000

La norma UNI EN 13509 "Tecniche di misurazione per la protezione catodica", fornisce le modalità di misura della resistività del terreno.

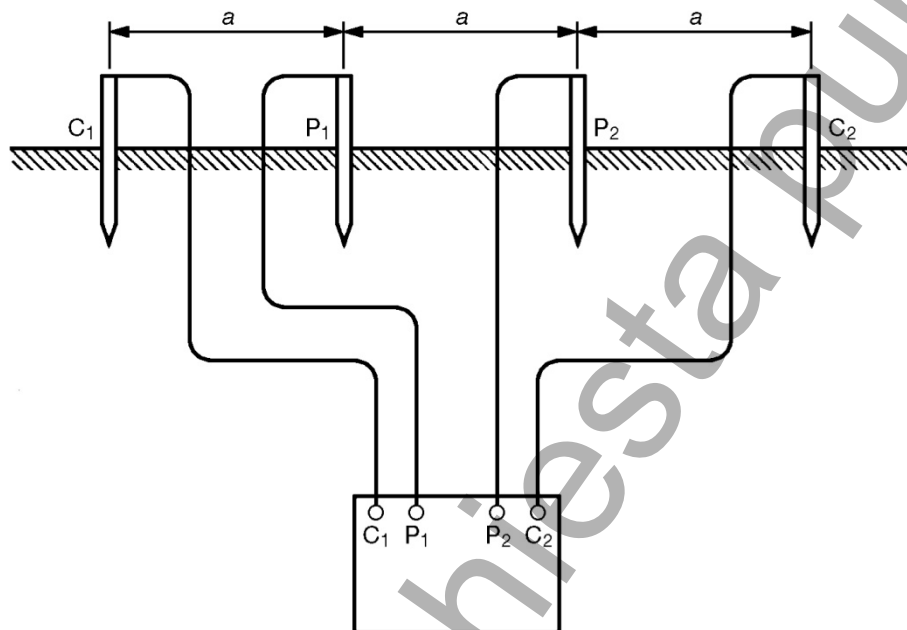
Uno dei metodi più comunemente usati consente, mediante un apposito strumento e l'uso di quattro sonde poste in linea (vedere Figura C.1), di ottenere la lettura diretta della resistività con la formula:

$$\rho = 2\pi aR \text{ [\Omega m]}$$

dove:

R = valore in ohm letto sullo strumento

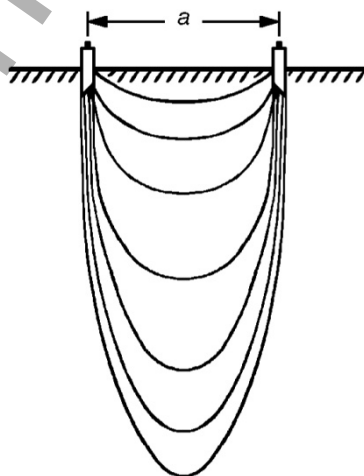
a = distanza tra le sonde in metri



**Figura C.1 – Esempio di modalità di misura della resistività del terreno**

Si consiglia che la profondità di infissione (lunghezza delle sonde) sia trascurabile rispetto alla distanza (a), per esempio a/20.

Dato che l'andamento della corrente fra le sonde è del tipo rappresentato nella Figura C.2, ne segue che con l'aumentare della distanza fra le sonde, aumenta la profondità del terreno sottoposto a misura. Di conseguenza le misure fatte con sonde ravvicinate forniscono i valori della resistività media fra quelli dello strato superficiale e quelli degli strati sottostanti.



**Figura C.2 – Andamento della corrente tra le sonde usate per la misura della resistività del terreno**

## **Allegato D**

### **Esempi di realizzazione del dispersore in edifici esistenti (impianti elettrici collegati a terra con sistema TT)**

#### **D.1 Generalità**

Poiché un intervento di adeguamento dell'impianto elettrico in edifici esistenti è, per sua stessa natura, limitato nelle sue possibili attuazioni, le raccomandazioni della presente guida devono essere limitate alle operazioni che è possibile eseguire praticamente.

Nella presente appendice, vengono date solo alcune informazioni relative alla realizzazione del dispersore di un impianto di terra.

NOTA Le informazioni del presente Allegato risultano attualmente utili in relazione anche alla necessità di adeguamento degli impianti di terra richiesto dal DM 37/08.

#### **D.2 Dispersore**

##### **D.2.1 Dispersore costituito da elementi di fatto**

Se l'edificio è costituito da elementi in calcestruzzo armato e/o se presenta elementi metallici interrati è possibile utilizzare questi elementi come dispersore di fatto.

È possibile utilizzare i ferri d'armatura del calcestruzzo armato, del fabbricato, in porzioni di plinti (o di platee), e fissando a questi ferri, mediante saldatura forte, un bullone oppure una piastra metallica provvista di foro filettato, entrambi di dimensioni idonee, per realizzare, tramite un conduttore, munito di apposito capicorda, il collegamento al collettore principale di terra MET.

Le giunzioni devono essere in ogni caso protette contro le corrosioni.

##### **D.2.2 Dispersore costituito da elementi intenzionali**

Possono essere utilizzati tutti gli elementi previsti nell'articolo 3 (verticali e/o orizzontali, con configurazioni ad anello o a maglia). Nel caso in cui non esista la possibilità di eseguire scavi, si deve ricorrere all'infissione nel terreno di elementi verticali all'esterno o all'interno dell'edificio.

La profondità di infissione di tali elementi è subordinata all'ottenimento del valore di resistenza di terra che assicura il coordinamento con i dispositivi di protezione associati e dipende dalle caratteristiche fisiche e di resistività del terreno e dalle dimensioni del dispersore.

In genere si consiglia di distanziare questi elementi verticali ad almeno 4 volte la loro profondità di posa.

Nell'operazione d'infissione devono essere evitati mezzi e sollecitazioni che deformino apprezzabilmente la verticalità del componente o nel caso di elementi accoppiati o avvitati, ne deteriorino il rivestimento o la filettatura. I materiali da utilizzare per il dispersore devono essere preferibilmente omogenei per limitare i problemi di corrosione (vedere Allegato B).

Si fa presente che la resistività del terreno può essere migliorata con un trattamento artificiale; tale provvedimento è però di breve durata nel tempo. Il prodotto utilizzato non dovrà contenere sostanze tossiche, corrosive o inquinanti: è necessario attenersi, per il suo uso, scrupolosamente alle istruzioni del produttore.

## **Allegato E**

### **Interventi supplementari per sistemi di protezione contro i fulmini**

Quando si realizza un impianto di terra è possibile eseguire alcuni interventi supplementari per consentirne l'utilizzo anche per la protezione contro i fulmini in accordo con le prescrizioni della Norma CEI 81-10 (EN 62305).

Si precisa che è necessario eseguire tali interventi supplementari solo quando si preveda di realizzare un LPS esterno.

Tuttavia, in fase di costruzione di un nuovo edificio, dovendo prevedere la realizzazione dell'impianto di terra di protezione contro i contatti indiretti, può essere conveniente (tecnicamente, economicamente, esteticamente) ricorrere alla scelta, integrata da interventi mirati e pianificati, di utilizzo di alcuni elementi della struttura adatti alla protezione contro i fulmini, anche se questa non risulta al momento necessaria.

In particolare gli interventi supplementari possono riguardare l'utilizzo di elementi di fatto (dispersori ed eventuali captatori/discese) e di elementi intenzionali (dispersore ed eventuali collegamenti equipotenziali).

Nelle costruzioni con manufatti metallici portanti, la struttura potrebbe essere utilizzata integralmente come predisposizione per la realizzazione dell'impianto di protezione contro i fulmini.

#### **E.1 Generalità**

Si raccomanda che nelle fasi di progettazione e costruzione di una nuova struttura il progettista edile ed il progettista dell'impianto di protezione contro i fulmini (nonché tutte le altre persone responsabili degli impianti nella struttura) si consultino regolarmente come d'altra parte è raccomandato nel testo della Guida anche per la sola realizzazione dell'impianto di terra destinato a proteggere contro i contatti indiretti.

Con un regolare consulto tra le parti coinvolte, infatti, si suppone sia possibile ottenere un impianto di protezione contro i fulmini ai costi più bassi possibili. Un frequente coordinamento dei lavori di progetto può ottimizzare la scelta e le installazioni dei vari elementi con riduzione di tutti i costi.

La consultazione è importante anche durante tutti gli stadi della costruzione, poiché possono esserci modifiche dell'impianto di protezione contro i fulmini dovute a cambiamenti nel progetto della struttura o per variazioni in corso d'opera ed affinché possano essere decise, di comune accordo, le modifiche che consentano l'ispezione delle parti inaccessibili ai controlli visivi a struttura ultimata.

Si raccomanda che con le imprese edili vengano presi, tenendo presente anche le informazioni date nel testo e negli altri Allegati della presente Guida, precisi accordi su:

- il numero e le posizioni dei pilastri che devono essere utilizzati per la connessione al dispersore;
- i metodi per assicurare la continuità elettrica delle singole parti utilizzate della struttura ed il loro sistema di collegamento al resto dell'impianto di protezione con la predisposizione di collettori sulla struttura, sui ferri d'armatura e sulle altre parti conduttrici della struttura;
- il tipo di costruzione che deve essere usata per tetti e pareti, per determinare metodi appropriati di fissaggio di conduttori, con particolare attenzione all'impermeabilizzazione della struttura;
- la predisposizione di fori attraverso la struttura per permettere il libero passaggio di alcuni componenti intenzionali dell'impianto di protezione;
- la scelta più idonea dei materiali, tenuto conto dei fenomeni di corrosione, con riferimento alle indicazioni date nell'Allegato B;
- l'accessibilità dei punti di misura, la predisposizione di protezioni meccaniche o contro l'asportazione di parti dell'impianto e le facilitazioni per le ispezioni periodiche;

- la predisposizione di un disegno che contenga tutti i dettagli sopra menzionati.

## **E.2 Elementi di fatto**

NOTA Si richiama l'attenzione che, ai fini del presente Allegato E, sono considerati esempi idonei i disegni rappresentati nelle Fig. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 dell'articolo 4 della presente Guida.

È ammesso l'utilizzo dei ferri del calcestruzzo armato come elementi dell'impianto di protezione contro le fulminazioni dirette

L'utilizzo di tali elementi risulta corretto se gli stessi sono elettricamente continui.

La continuità elettrica di tali ferri d'armatura consente, infatti, di ottenere sensibili vantaggi nella realizzazione dell'impianto di protezione contro i fulmini, in quanto:

- i ferri possono essere impiegati come captatori, calate o dispersori (per la parte interrata), purché soddisfino le informazioni fornite in questo allegato circa il loro posizionamento;
- viene ammesso di non realizzare l'equipotenzialità per le installazioni elettriche e per i corpi metallici anche se distano meno delle distanze di sicurezza dai captatori e dalle calate.

I ferri d'armatura vengono considerati elettricamente continui se:

- saldati (Fig. 4.1e);
- connessi mediante morsetti o manicotti (Fig. 4.14).
- connessi mediante sovrapposizione e legatura a regola d'arte edile (Fig. 4.1b), con i ferri sovrapposti e legati per almeno 20 volte il diametro del ferro stesso con un minimo di 200 mm.

Il numero minimo di connessioni tra i ferri d'armatura di una struttura in calcestruzzo armato dipende dalle caratteristiche della struttura stessa: devono, comunque, essere in numero tale da garantire il valore di resistenza ammesso non superiore a  $0,1 \Omega$ , misurato fra due punti qualsiasi della struttura tra i quali è richiesta la continuità.

È anche preferibile, in certe condizioni di realizzazione del calcestruzzo armato, evitare l'utilizzo diretto dei ferri, integrandoli prima del getto con elementi intenzionali (per es. ferri aggiuntivi continui).

Quando parti di strutture in calcestruzzo armato prefabbricate vengono usate per la costruzione di impianti di protezione dai fulmini (per es. come elementi del dispersore o come conduttori ad anello per l'equipotenzialità) opportuni collettori (piastre, morsetti) devono essere posizionati sulle varie parti dell'armatura del calcestruzzo armato prefabbricato per permettere successivamente, in modo semplice, l'interconnessione tra l'armatura sulle varie parti del calcestruzzo armato prefabbricato e l'armatura della struttura.

La posizione e la forma dei collettori devono essere stabilite durante la costruzione delle varie parti del calcestruzzo armato prefabbricato.

Anche quando la struttura comprende sezioni con giunti di dilatazione termici per consentire assestamenti delle varie sezioni della struttura, la continuità elettrica tra le varie sezioni della struttura deve essere assicurata.

La semplice fuoriuscita dei ferri d'armatura dal cemento senza l'interposizione di un collettore può portare problemi di corrosione (Fig. E1).

### **E.2.1 Dispersore**

Il dispersore può essere costituito dai ferri delle armature delle fondazioni in calcestruzzo, rispondenti alle condizioni esposte al punto E.2.

L'utilizzo di strutture "naturali" (di fatto) come elementi del dispersore, tramite i ferri delle platee o dei basamenti, costituisce una corretta predisposizione per la successiva realizzazione di un idoneo dispersore dell'LPS esterno, generalmente di tipo B (anello) ma anche di tipo A (picchetto, conduttore interrato).



### **E.2.2 Sistemi di captatori**

Qualora sia consentito escludere la struttura sovrastante dal volume da proteggere (o accettarne il danneggiamento) possono essere utilizzate le capriate metalliche o i ferri dei solai, rispondenti alle condizioni esposte al punto E. 2.

Le caratteristiche di tali elementi di fatto (materiali e dimensioni), risultano in genere, idonee, sono cioè in genere equivalenti a quelle previste per gli elementi intenzionali.

Nel caso si utilizzino elementi di fatto come grondaie, ringhiere o ornamenti vari, è necessario garantire le sezioni e gli spessori previsti per i captatori intenzionali.

Gli interventi supplementari descritti in questo paragrafo possono costituire una corretta predisposizione per la successiva realizzazione di un idoneo captatore dell'LPS esterno.

### **E.2.3 Sistemi di calate**

È consentito l'utilizzo dei ferri dell'armatura dei pilastri e delle strutture in calcestruzzo armato o dei pilastri in ferro, rispondenti alle condizioni riportate al punto E.2.

Il numero e la posizione delle discese di fatto devono essere opportunamente valutate in fase di progetto, in relazione al tipo di captatore prescelto.

Le caratteristiche di tali elementi di fatto (materiali e dimensioni), risultano in genere idonee; sono cioè in genere equivalenti a quelle previste per gli elementi intenzionali.

I pluviali possono essere utilizzati purché garantiscano una sezione trasversale almeno pari alla sezione minima prevista per le discese intenzionali.

Generalmente, un corretto posizionamento delle discese con elementi di fatto può essere realizzato utilizzando i pilastri d'angolo della costruzione ed i pilastri intermedi perimetrali.

L'utilizzo di ferri d'armatura o di strutture portanti metalliche delle costruzioni consente di evitare gli anelli di interconnessione delle calate, che possono essere rappresentati dall'armatura in cemento armato di solai o di travi metalliche.

Gli interventi supplementari descritti in questo paragrafo possono costituire una corretta predisposizione per la successiva realizzazione di idonee discese dell'LPS esterno.

## **E.3 Elementi intenzionali**

Se i ferri d'armatura non risultano elettricamente continui possono essere ignorati.

L'edificio è come se fosse in muratura: i ferri, infatti, non possono essere utilizzati come componenti dell'LPS esterno di protezione contro i fulmini e non vanno considerati come corpi metallici ai fini dell'impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (LPS interno).

In tal caso, per la realizzazione dell'LPS esterno di protezione contro i fulmini, è necessario ricorrere all'installazione di componenti intenzionali.

### **E.3.1 Dispersore**

Nel caso risulti già realizzato, per motivi diversi da quelli della protezione dai fulmini, uno scavo perimetrale alla struttura (o la sua realizzazione risulti economicamente fattibile) o sia da installare comunque un dispersore ad anello, è perché sia necessario provvedere alla protezione dai fulmini, oppure è necessario ottenere un dispersore per la protezione contro i contatti indiretti di miglior qualità, è preferibile ricorrere all'installazione di un dispersore ad elementi intenzionali ad anello.

Tale dispersore ad anello deve essere posato possibilmente ad una distanza di circa 1 m all'esterno della struttura ed interrato a non meno di 0,5 m di profondità (Fig. E.2).

### **E.3.2 Collettore di equipotenzialità**

Alla base dei pilastri, utilizzati come discese di fatto (come previsto al punto E.2.3), è opportuno installare idonei collettori (piastre, morsetti) per i collegamenti dell'LPS interno o degli elementi del dispersore a livello del suolo.

Tali collettori costituiscono anche i punti di misura, al fine di consentire le verifiche e le prove.

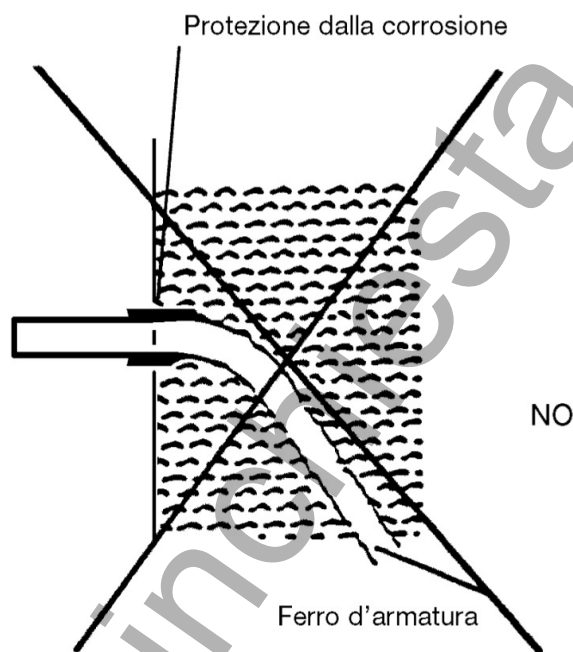
I punti di connessione delle derivazioni da portare all'esterno della struttura in calcestruzzo armato possono essere eseguiti come negli esempi delle Fig. 4.5 c), d), e), f).

Le giunzioni, se utilizzate anche per il collegamento di discese di fatto con un dispersore ad elementi intenzionali, devono essere posizionate a non meno di 0,3 m sopra il livello del terreno.

In ogni caso, tutte le giunzioni devono essere realizzate in modo da evitare allentamenti e problemi di corrosione.

Maggiori dettagli sulle soluzioni impiantistiche più idonee per evitare fenomeni di corrosione possono essere ricavati dalle informazioni della presente Guida (Allegato B).

Gli interventi supplementari previsti nel presente paragrafo possono costituire una corretta predisposizione per la successiva realizzazione dei collegamenti equipotenziali dell'impianto integrativo.



**Figura E.1 - Esempio di collettori d'equipotenzialità ai ferri del calcestruzzo generalmente armato**

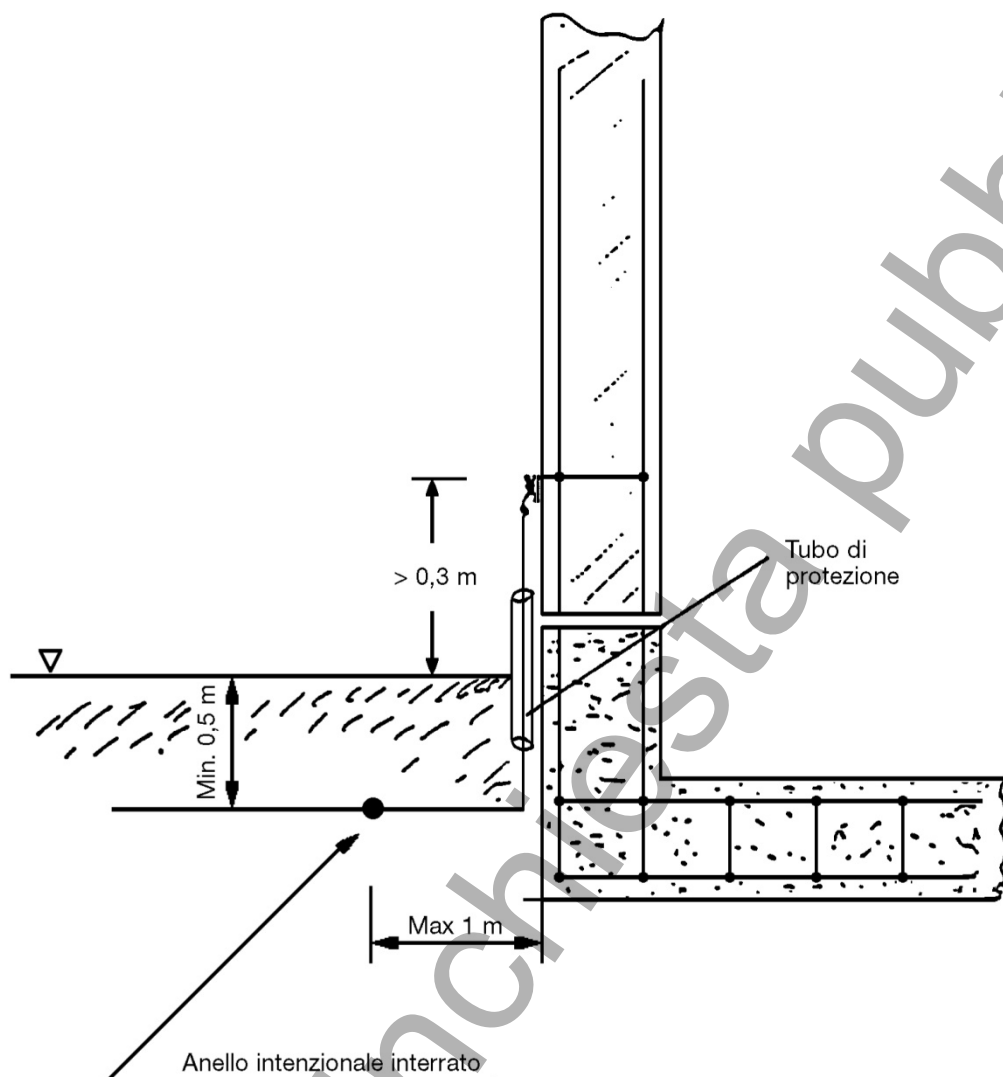


Figura E.2 – Particolare di collegamenti delle discese ad elementi “naturali” (di fatto) con dispersore ad elemento intenzionale

## **Allegato F**

### **Impianti di terra per le esigenze del cantiere**

Il presente allegato fornisce alcune indicazioni riguardanti l'impianto di terra destinato al cantiere per la durata dei relativi lavori.

Nella Sezione 704 della Norma CEI 64-8 sono riportate le prescrizioni per gli impianti temporanei destinati a:

- lavori di costruzione di nuovi edifici;
- lavori di riparazione, trasformazione, ampliamento o demolizione di edifici esistenti;
- opere pubbliche;
- lavori di movimentazione terra;
- lavori simili.

#### **F.1 Adempimenti preliminari**

Prima di iniziare i lavori relativi all'impianto di terra per il cantiere ci si deve assicurare di:

- avere a disposizione una pianta sulla quale siano indicate la dislocazione (di massima) di tutti gli apparecchi utilizzatori e le relative potenze;
- conoscere il contratto di fornitura dell'energia elettrica (o di dare lui stesso le opportune indicazioni al Committente se il contratto non è ancora stato stipulato) al fine di conoscere la potenza a disposizione ed il sistema di distribuzione (di solito si tratta di sistema TT), con alimentazione da sistema di I categoria;
- individuare se esistono eventuali dispersori di fatto da utilizzare.

NOTA Chi ha il compito di realizzare l'impianto elettrico della costruzione deve possibilmente eseguire quanto raccomandato all'art. 4 della presente Guida.

#### **F.2 Impianti di terra per impianti elettrici alimentati da sistemi di I categoria con modo di collegamento a terra TT**

Per i cantieri il valore della tensione di contatto limite convenzionale è pari a 25 V.

Utilizzando interruttori differenziali con corrente differenziale nominale  $I_{dn}$ , la resistenza dell'impianto di terra  $R_E$  deve essere:

$$R_E \leq 25 / I_{dn}$$

dove  $R_E$  = resistenza di terra del dispersore.

Se per esempio si usano interruttori differenziali aventi  $I_{dn} = 0,3$  A la resistenza di terra deve essere:

$$R_E \leq 25 / 0,3 = 83 \Omega$$

valore non difficile da realizzare anche con pochi elementi dispersori (di fatto o intenzionali).

Si ricorda che i circuiti alimentanti prese a spina (che possono essere anche del tipo mobile purché rispondenti alla Norma CEI EN 60309-1 e 2) fino a 32A devono essere protetti da interruttori differenziali aventi  $I_{dn} = 30$  mA.

Si ricorda anche che si può ottenere selettività tra due interruttori differenziali posti in serie, utilizzando interruttori differenziali del tipo S a monte e del tipo generale a valle, con rapporto tra le rispettive correnti differenziali di almeno 3.

Gli elementi del dispersore vanno previsti in zone non interessate dai lavori e preferibilmente nelle vicinanze del quadro principale o di quadri secondari.

Il dispersore deve essere collegato, tramite un conduttore di terra (CT), ad un collettore principale di terra (MET) al quale vanno pure collegate, mediante conduttori di protezione, le masse e, tramite conduttori equipotenziali principali, le masse estranee (come ad esempio strutture metalliche, tubazioni metalliche ecc.).

### **F.3 Impianti di terra per impianti elettrici alimentati da sistemi di II categoria con modo di collegamento a terra TN**

Quando l'impianto elettrico viene alimentato a tensione maggiore di 1 kV l'impianto di terra deve essere dimensionato in accordo con le prescrizioni della Norma CEI EN 50522

Per la realizzazione dell'impianto di terra riferirsi al paragrafo 3.1.2.1

In questo caso, sul lato bassa tensione, i dispositivi di protezione contro i contatti indiretti devono interrompere automaticamente l'alimentazione soddisfacendo la relazione:

$$I_a \leq U_0 / Z_s$$

dove:

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro i tempi definiti nella Tabella sotto riportata in funzione della tensione nominale  $U_0$ . Se si usa un interruttore differenziale,  $I_a$  è la corrente differenziale nominale  $I_{dn}$ ;

$U_0$  è la tensione nominale fase-terra

**Tabella dei tempi di interruzione massimi**

Sistema TN	
$U_0$ (V)	$t$ (s)
120	0,4
230	0,2
400	0,06
> 400	0,02 (*)

(\*) Se tale tempo di interruzione non può essere garantito, può essere necessario prendere altre misure di protezione, quali un collegamento equipotenziale supplementare.

I circuiti terminali con corrente nominale  $\leq 32A$  che alimentano (tramite o senza prese a spina) componenti elettrici mobili, portatili o trasportabili devono essere protetti da interruttori differenziali aventi  $I_{dn} = 30 \text{ mA}$

Nel caso di un cantiere alimentato da propria cabina di trasformazione che si trovi al di fuori della zona di influenza del collegamento equipotenziale principale della cabina, si possono collegare le masse del cantiere ad un proprio dispersore separato da quello della cabina ed avente una resistenza di terra coordinata con la corrente di funzionamento del dispositivo di protezione a corrente differenziale. Il circuito così protetto deve essere trattato come un sistema TT.

## **Allegato G**

### **Identificazione delle masse estranee**

Il presente allegato fornisce alcune indicazioni relative ai criteri di identificazione delle masse estranee.

In ogni edificio il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il collettore principale di terra e le seguenti masse estranee e/o parti conduttrici devono essere connessi al collegamento equipotenziale principale:

- i tubi alimentanti servizi dell'edificio, per es. acqua e gas;
- le parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento d'aria;
- le armature principali del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

Sono generalmente escluse da questa prescrizione le masse estranee che per le loro ridotte dimensioni (approssimativamente 50 mm x 50 mm) oppure per la loro disposizione, non possono venire afferrate o determinare un contatto con una parte significativa del corpo umano, essendo la connessione con un conduttore equipotenziale eseguibile con difficoltà e poco affidabile e il rischio conseguente poco probabile

NOTA Ci si riferisce ad esempio a viti, rivetti, targhe, graffe di sostegno dei cavi, maniglie, molle di richiusura automatica, staffe di sostegno delle mensole, ....

Sono da considerare masse estranee, che possono introdurre il potenziale di terra, le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico (tubazioni, infissi, ecc.) che presentano verso terra un valore di resistenza inferiore a 1 000  $\Omega$  in tutti gli ambienti ai quali si applica la Norma CEI 64-8.

NOTA per il GdL: inserire disegno del corso CEI con l'esempio della misura (bagno) con strumento di "Misura della resistenza dell'anello di guasto"

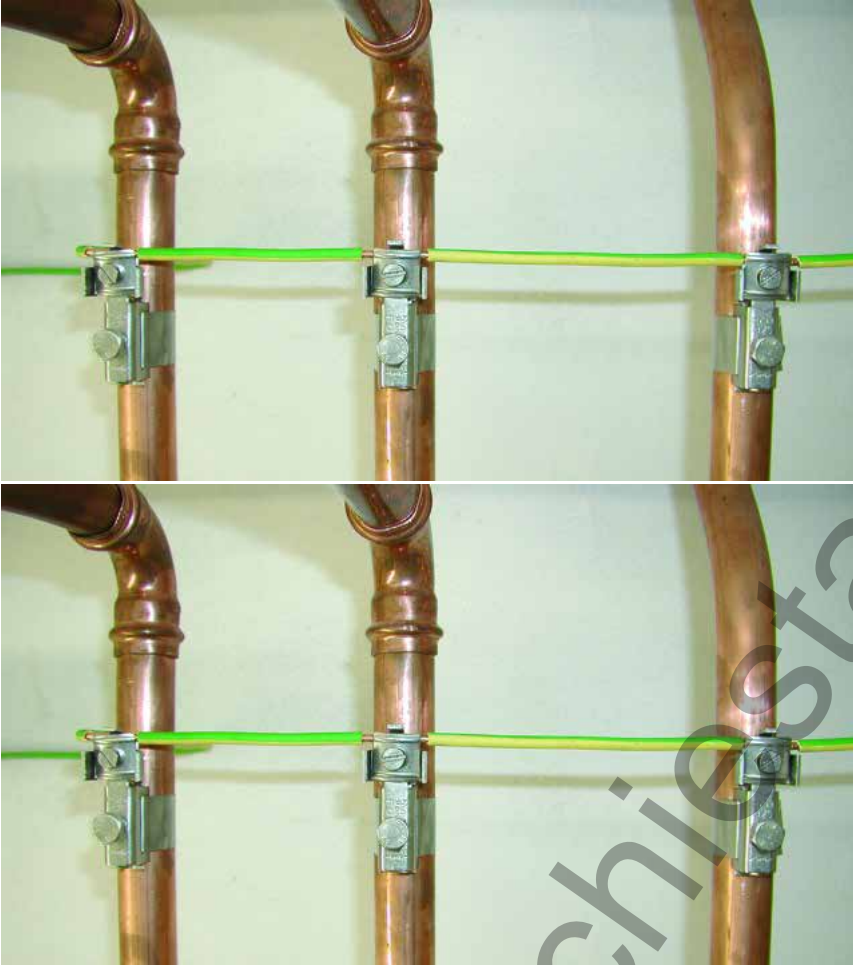
Tuttavia nei cantieri di costruzione (Sezione 704 della Parte 7), nei locali ad uso zootecnico, previsti per la custodia del bestiame (Sezione 705 della Parte 7), nei locali ad uso medico di gruppo 2, senza pericolo di microshock e nei locali di gruppo 1 (Sezione 710 della Parte 7), in cui si ha  $UL = 25$  V, sono da considerare masse estranee le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico che presentano un valore di resistenza verso terra inferiore a 200  $\Omega$ .

NOTA per il GdL: inserire disegno con l'esempio della misura (studio medico - dentista) con strumento di "Misura della resistenza dell'anello di guasto" con riferimento alla CEI 64-56 (6.1.2.1 – Figura 6.1)

Nei locali medici di gruppo 2, con pericolo di microshock (Sezione 710 della Parte 7), per massa estranea si intende una parte metallica che presenta una resistenza verso terra minore di 0,5 M $\Omega$ .

NOTA per il GdL: inserire disegno con l'esempio della misura con strumento di "Misura della resistenza di isolamento" con riferimento alla CEI 64-56 (6.1.2.1 – Figura 6.2)

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali



→→→

Progetto in inchiesta pubblica

La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.

Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio

Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956

*Direttore Responsabile:* Ing. R. Bacci

Comitato Tecnico Elaboratore

**CT 64-Impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione (fino a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c.)**

Altre norme di possibile interesse sull'argomento

PROGETTO

