

Form@zione Continu@ by Prosiel

LA SICUREZZA IMPIANTISTICA NEGLI IMPIANTI CONDOMINIALI: L'IMPIANTO DI TERRA

Gianpaolo Monti

Milano, 03 giugno 2024

Sommario

- **Il condominio, gli attori e le tecnologie: ruoli competenze e responsabilità**
- **L'impianto di terra: definizioni**
- **L'impianto di terra: scopo e caratteristiche**
- **Criteri di progettazione dell'impianto di terra condominiale**
- **Verifica dell'impianto di terra e documentazione a corredo**



Cosa è un condominio

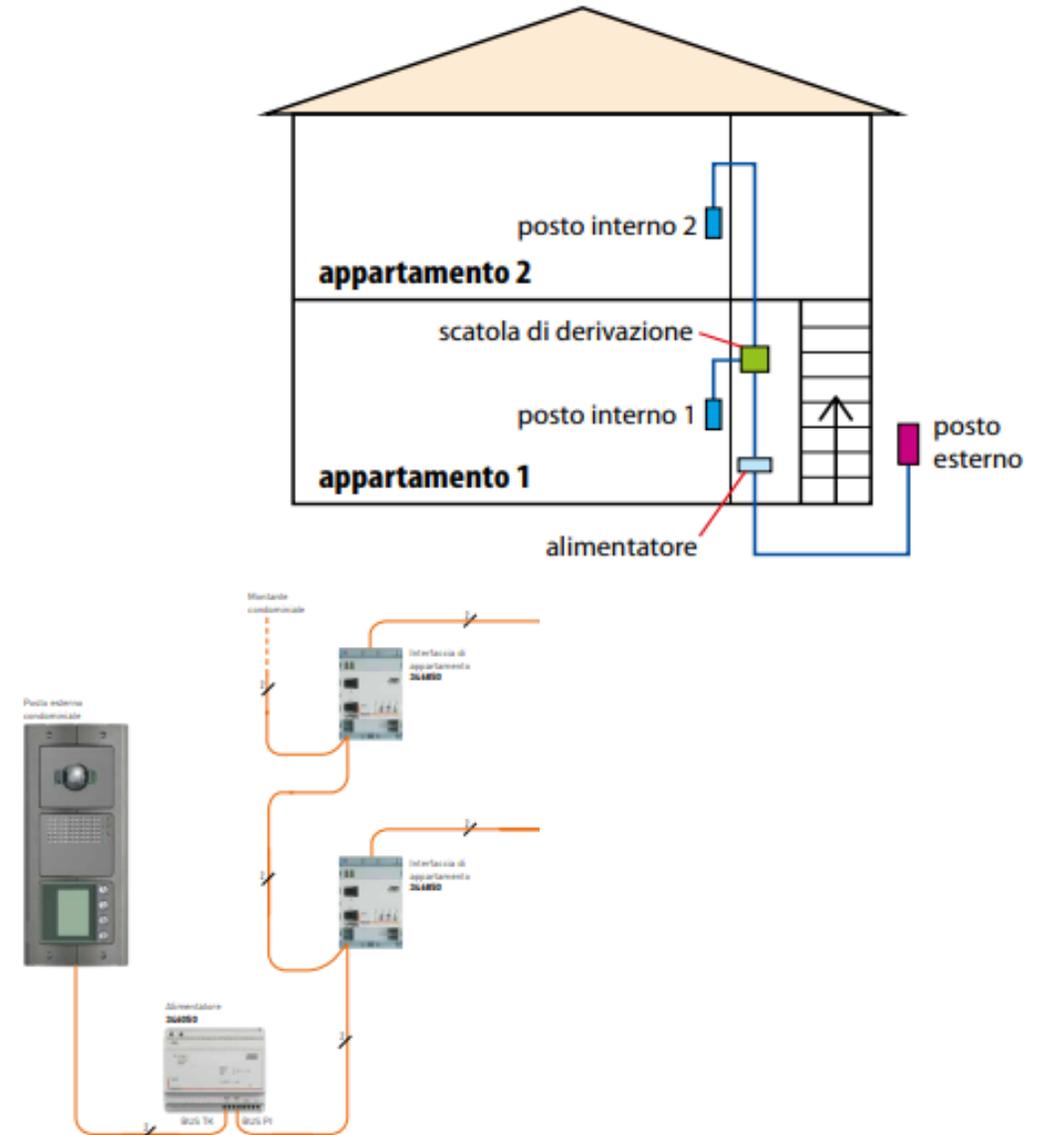
- Il codice civile **non** offre una definizione precisa di condominio
 - solo l'art. 2 lett. F del decreto legislativo n. 104 del 2014 definisce il condominio come: **“edificio con almeno due unità immobiliari, di proprietà in via esclusiva di soggetti che sono anche comproprietari delle parti comuni”**.
 - Il Codice Civile Art. 1129 (riforma approvata con Legge 220 del 2012) obbliga ad avere un amministratore di condominio per edifici con più di 8 condomini
-
- Edifici condominiali in Italia: 12 milioni
 - Edifici condominiali in Italia con amministratore: 900 mila



Dove incomincia l'impianto del condomino?

- Il codice civile art. 1117 al paragrafo 3 recita:

3) le opere, le installazioni, i manufatti di qualunque genere destinati all'uso comune, come gli ascensori, i pozzi, le cisterne, gli impianti idrici e fognari, i sistemi centralizzati di distribuzione e di trasmissione per il gas, per l'energia elettrica, per il riscaldamento ed il condizionamento dell'aria, per la ricezione radiotelevisiva e per l'accesso a qualunque altro genere di flusso informativo, anche da satellite o via cavo, e i relativi collegamenti fino al punto di diramazione ai locali di proprietà individuale dei singoli condomini, ovvero, in caso di impianti unitari, fino al punto di utenza, salvo quanto disposto dalle normative di settore in materia di reti pubbliche)).

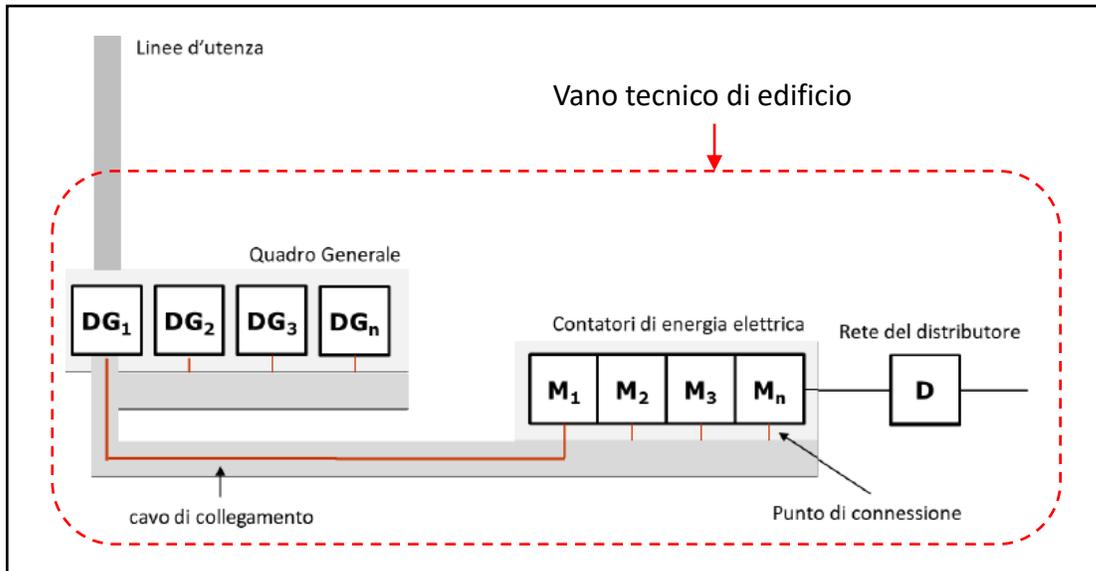


Esempio: il montante energia

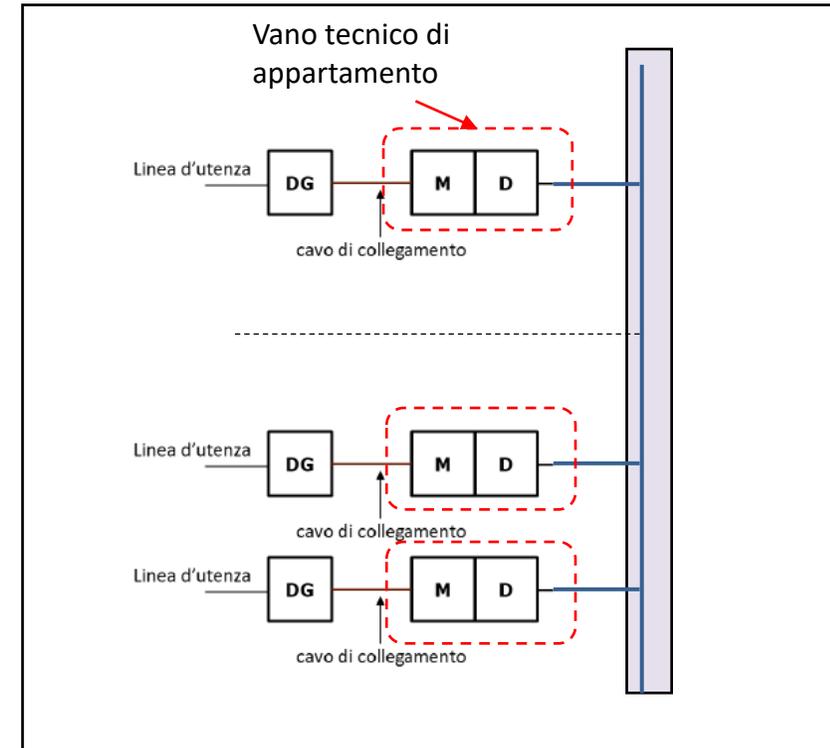
Si distinguono 2 casi:

1. Centralizzazione dei misuratori, misuratori installati in vano tecnico: montante di proprietà dell'utente e distribuito nelle parti comuni
2. Misuratori distribuiti e installati nelle unità abitative: montante di proprietà dell'ente distributore e distribuito nelle parti comuni

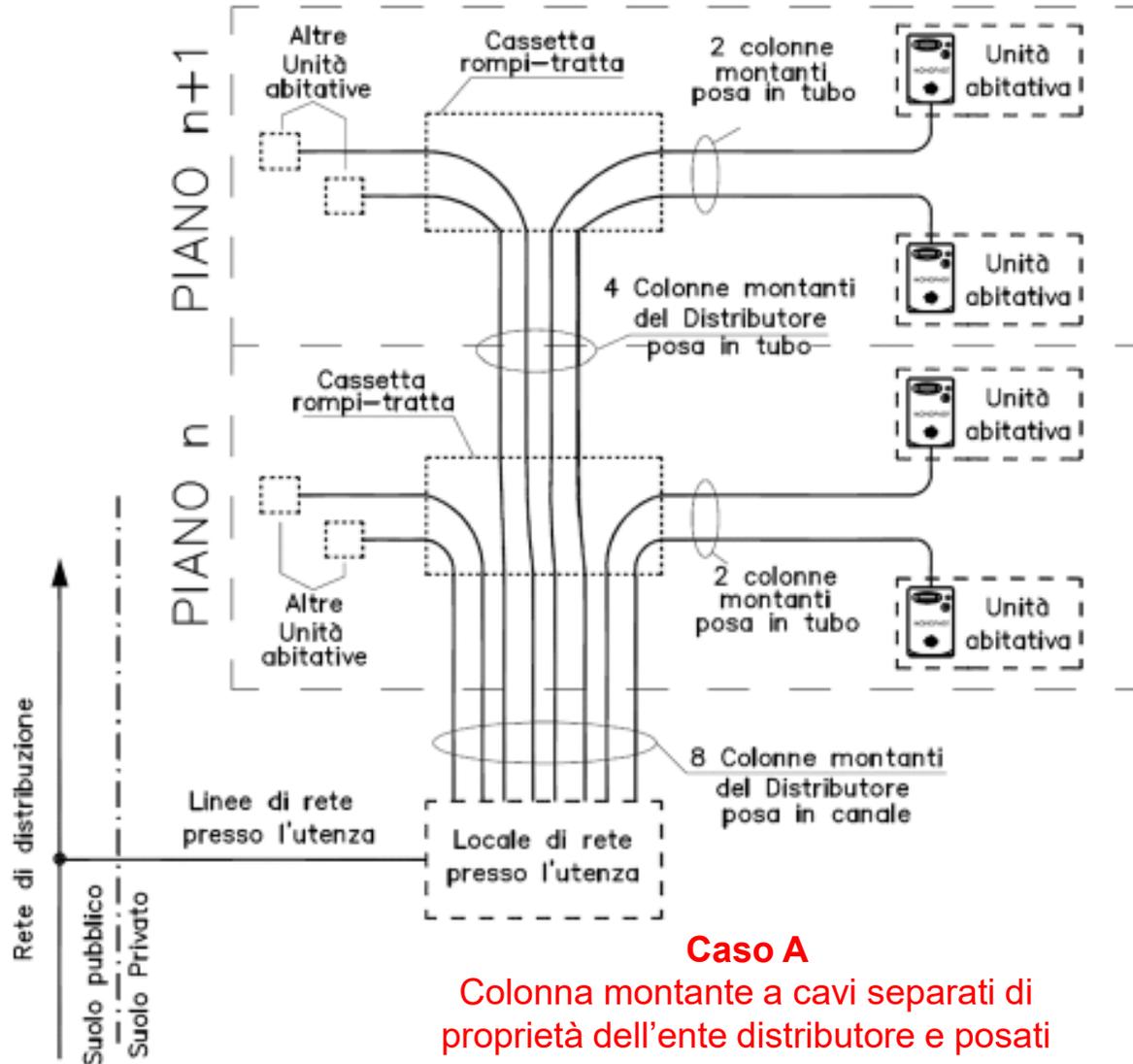
Caso 1



Caso 2

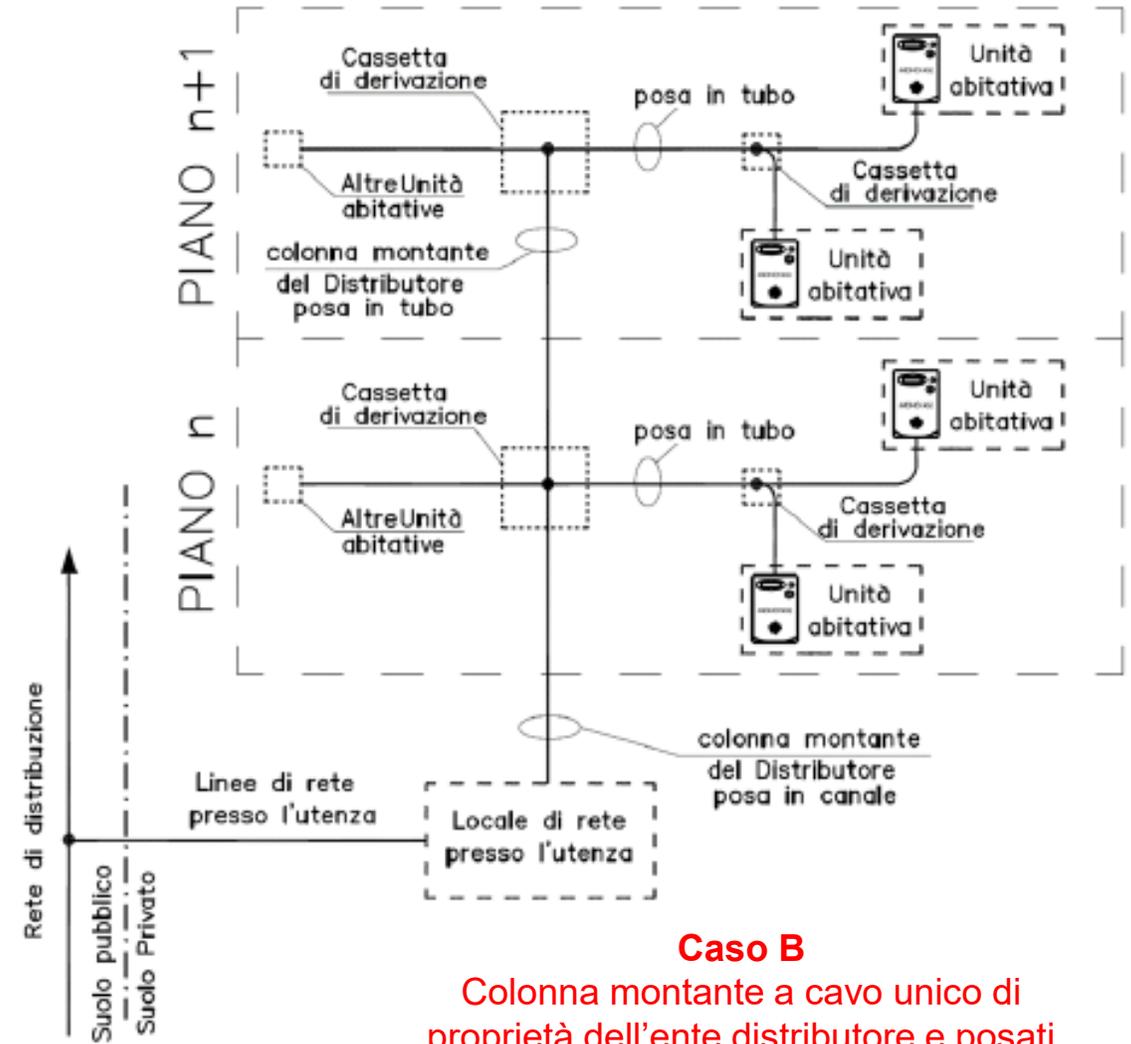


Esempio: il montante energia del distributore



Caso A

Colonna montante a cavi separati di proprietà dell'ente distributore e posati nelle parti comuni dell'edificio



Caso B

Colonna montante a cavo unico di proprietà dell'ente distributore e posati nelle parti comuni dell'edificio



La complessità tecnologica degli impianti del condominio

IMPIANTI CONDOMINIALI

- Cabina MT/BT (presente nei supercondomini, in genere, con potenza media contemporanea oltre 200 kW)
- Impianto di terra
- Impianto elettrico luci
- Impianto elettrico prese
- Impianto ascensori
- Impianto cancelli elettrici
- Impianto citofonico o videocitofonico
- Impianti di automazione
- Impianti di sicurezza (rilevazione fumi, TVCC,)
- Impianto TV
- Impianti energia alternative (Fotovoltaico)
- Impianti ricarica veicoli elettrici

**RESPONSABILITA':
AMMINISTRATORE DI CONDOMINIO**

IMPIANTI DEI CONDOMINI CHE TRANSITANO NELLE PARTI COMUNI DEL CONDOMINIO

- Impianto elettrico unità abitativa (eventualmente anche il montante)
- FTTH

- Montante energia unità abitative con PDC interno all'abitazione

**RESPONSABILITA':
CONDOMINO**

**RESPONSABILITA':
DISTRIBUTORE**



Responsabilità del corretto funzionamento degli impianti

- Se la riparazione dell'impianto implica una spesa di basso valore, l'intervento può essere fatto rientrare nell'**ordinaria manutenzione**, l'amministratore dovrà provvedere a chiamare il tecnico di propria fiducia, senza dover prima ottenere l'autorizzazione dell'assemblea.
- Quando invece si tratta di un intervento straordinario, con notevoli costi, è necessario convocare l'assemblea di condominio per deliberare gli interventi di riparazione o sostituzione. Se l'amministratore non provvede alla convocazione, la stessa può essere richiesta da almeno due condòmini che rappresentino un sesto del valore dell'edificio: in tal caso, l'amministratore è obbligato a inviare gli avvisi di convocazione.
- Se si tratta di **impianti indispensabili** (come ad esempio l'ascensore, l'autoclave, il cancello), allora l'intervento può essere ritenuto **urgente** e l'amministratore deve provvedervi senza bisogno di dover prima chiedere l'autorizzazione all'assemblea o anche qualora l'assemblea non ne abbia deliberato l'esecuzione oppure abbia deliberato di non eseguirlo (articolo 1135, secondo comma, del Codice civile).



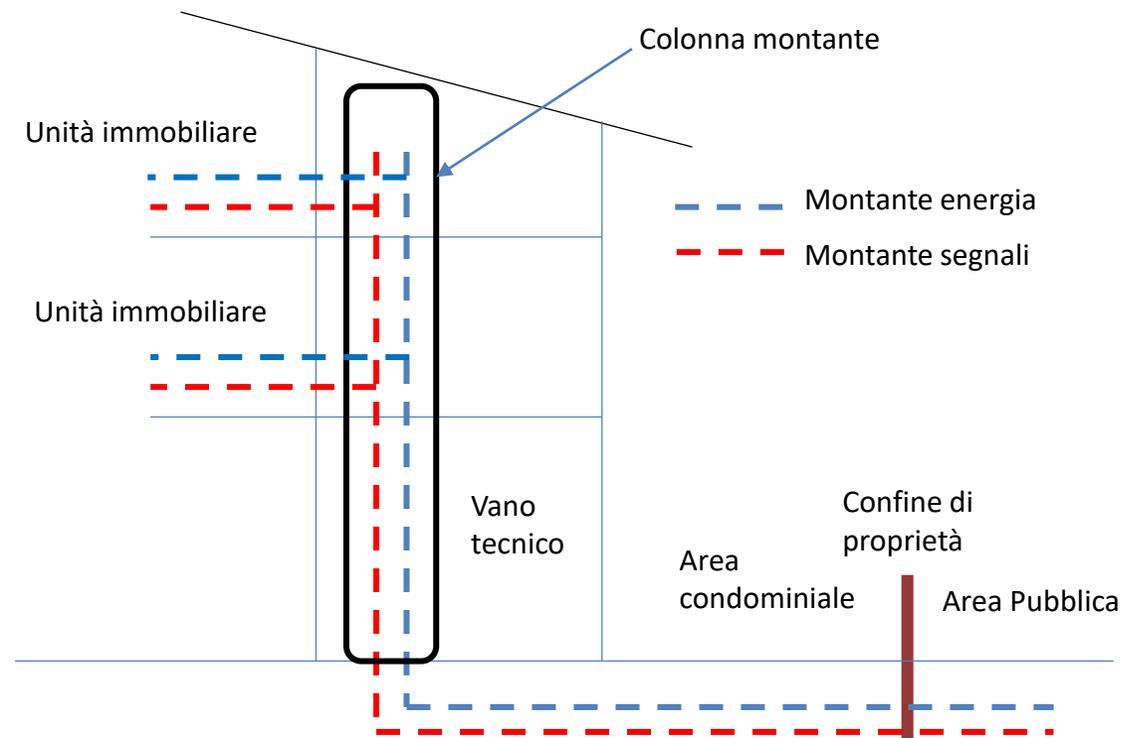
Responsabilità del corretto funzionamento degli impianti

- L'amministratore condominiale è responsabile di eventuali incidenti derivanti da rischi dovuti alla non corretta manutenzione di tutto ciò che è presente nelle aree comuni del condominio. Egli riveste una specifica posizione di garanzia che ne implica anche una responsabilità penale in caso di lesioni a terzi: su di lui ricade l'obbligo di rimuovere ogni situazione di pericolo che discenda dalla rovina di parti comuni, attraverso atti di manutenzione ordinaria e straordinaria, predisponendo, nei tempi necessari alla loro concreta realizzazione, le cautele più idonee a prevenire la specifica situazione di pericolo.
- Posto che, per Costituzione, la responsabilità penale non può che essere personale, di eventuali lesioni cagionate a terzi non può mai rispondere il condominio nella sua unità. Pertanto, **la responsabilità penale ricade sull'amministratore** in caso di danni procurati da impianti non a norma.



Responsabilità del corretto funzionamento degli impianti

- La responsabilità del corretto funzionamento degli impianti comuni spetta all'amministratore del condominio
 - La responsabilità del corretto funzionamento degli impianti di proprietà esclusiva dell'utente spetta all'utente
 - La responsabilità del corretto funzionamento degli impianti del distributore spetta al distributore
- Nel caso in cui non si provveda all'esecuzione di interventi di manutenzione o messa a norma imposti dalla legge, l'impianto condominiale non in regola non può essere utilizzato.



Responsabilità del corretto funzionamento degli impianti

- La complessità impiantistica e la responsabilità di gestione non univoca degli impianti, nonché dei luoghi dove sono installati, richiede un approccio pragmatico e proattivo per raggiungere l'obiettivo più importante che è quello della sicurezza elettrica verso le persone utilizzatrici
- L'impianto di terra nel suo complesso costituisce un valido esempio da esaminare in quanto è una «rete continua» che si sviluppa dalle unità abitative alle parti comuni di edificio e ha come principale scopo quello di limitare il più possibile gli eventuali danni da elettrocuzione di utenti che possono venire a contatto con masse accidentalmente andate in tensione ad un livello pericoloso per il corpo umano a causa di un possibile guasto



L'impianto di terra in ambito residenziale

UN PO' DI STORIA

- L'impianto di terra sia delle unità abitative che delle parti comuni diventa obbligatorio con la legge 46/90
- All'atto di promulgazione della legge erano comunque presenti condomini con presenza dell'impianto di terra
- In mancanza dell'impianto di terra era richiesto l'adeguamento consistente in:
 1. Realizzazione del montante di terra da parte del condominio (portare il cavo di terra ad ogni appartamento)
 2. Ogni unità abitativa doveva dotarsi di interruttore differenziale per la protezione da contatti indiretti e poi , con un certo lasso di tempo, installare l'impianto di terra
- Tutte le costruzioni realizzate dopo l'entrata in vigore della legge 46/90 dovevano prevedere nativamente l'impianto di terra



L'impianto di terra: definizioni

Terra

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

Dispersore

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.*

Dispersore verticale

profilato, tubo o asta metallica infisso nel terreno



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



L'impianto di terra: i dispersori

Dispersore a piastra

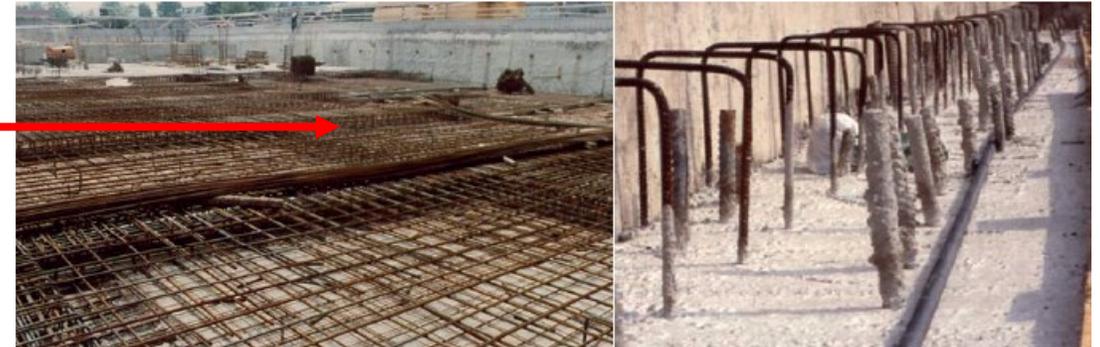
elemento conduttore a piastra interrato



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.



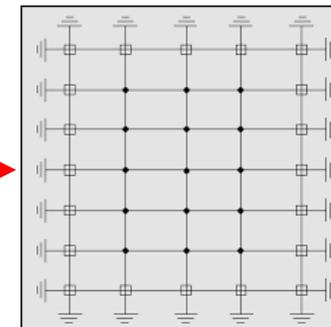
Dispersore a picchetto

elemento conduttore lineare di varia forma (in generale a croce o cilindrico)



Dispersore a maglia

elemento conduttore a forma di rete



L'impianto di terra: i conduttori

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.

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

NOTA 2 MET: = Main Earth Terminal



L'impianto di terra: i conduttori

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.

Conduttore PEM

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

Conduttore equipotenziale

conduttore di protezione destinato ad assicurare il collegamento equipotenziale.

Conduttore equipotenziale principale (EQP)

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

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)



L'impianto di terra: collettori e nodi

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.

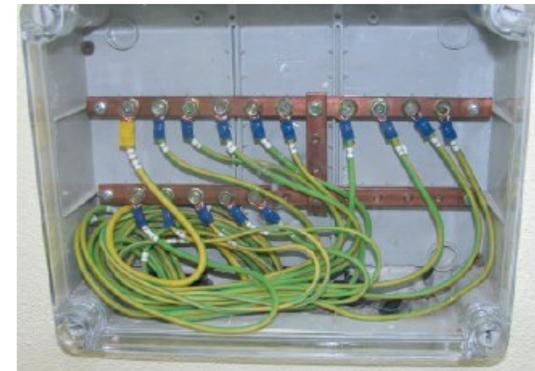
NOTA MET (Main Earth Terminal)

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. (differisce da MET per la mancanza del conduttore di terra)

Nodo equipotenziale

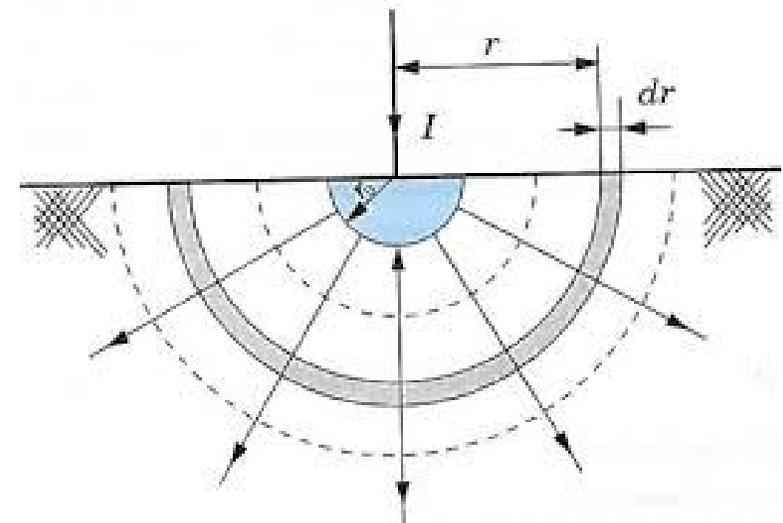
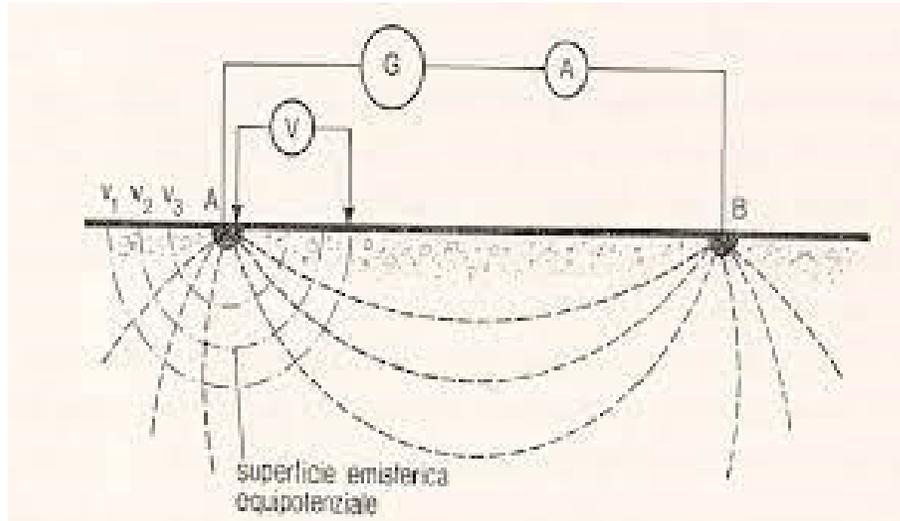
elemento di giunzione a cui si collegano i conduttori equipotenziali, i conduttori di protezione che garantiscono l'equipotenzialità tra masse e masse estranee in un determinato ambiente.



L'impianto di terra: il fenomeno fisico

Quando una corrente viene drenata a terra da un dispersore si stabiliscono delle linee di corrente nel terreno e la loro forma risulta:

- nelle immediate vicinanze del dispersore → dipendenti dalla forma del dispersore
- Al di fuori della zona precedente e a discreta lontananza del dispersore → radiali
- Al di fuori della zona precedente → orientate in modo da raggiungere il secondo dispersore



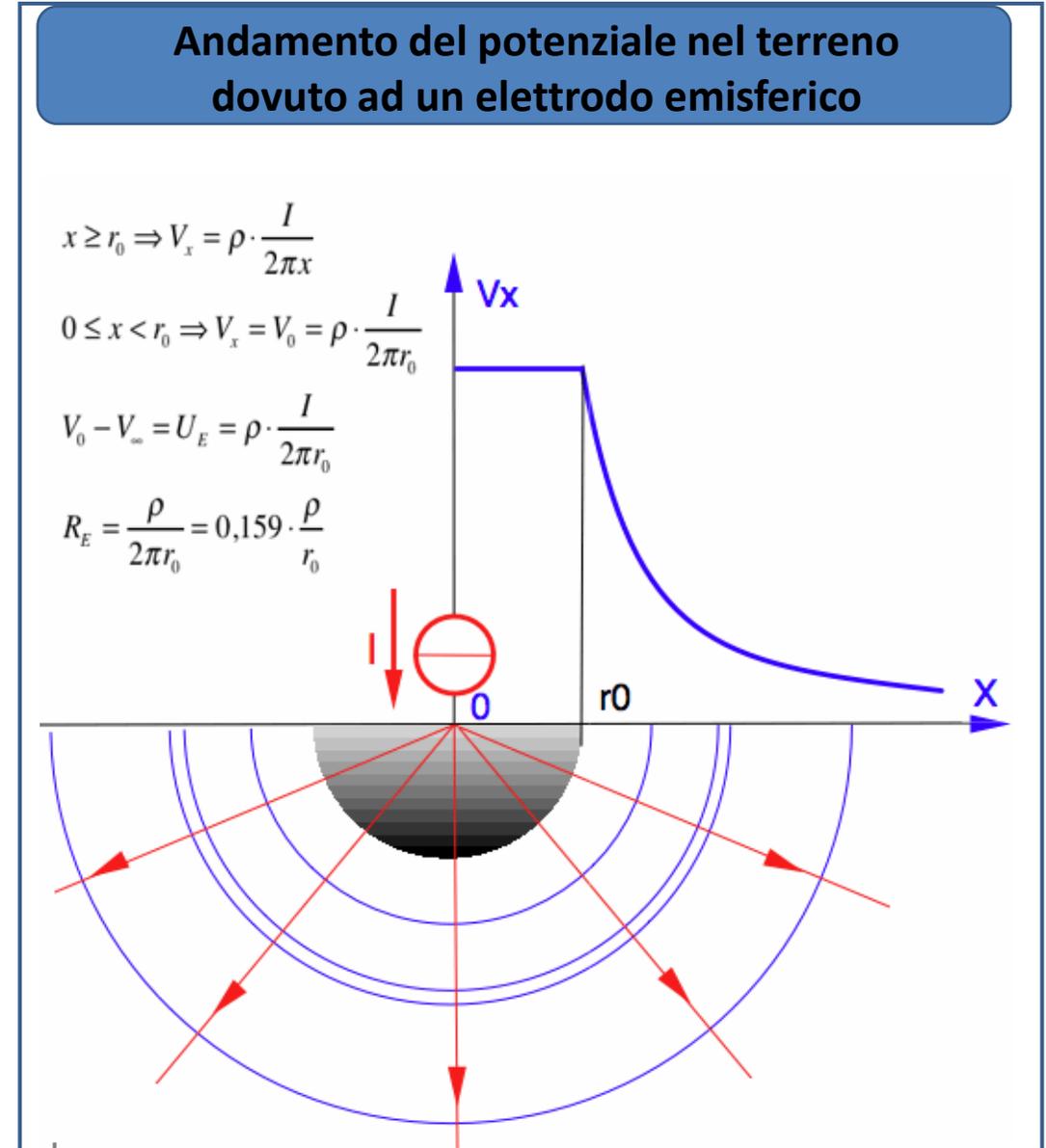
Le superfici equipotenziali sono perpendicolari alle linee di corrente quindi avranno andamento:

- nelle immediate vicinanze del dispersore → dipendenti dalla forma del dispersore
- Al di fuori della zona precedente e a discreta lontananza del dispersore → superficie emisferica
- Al di fuori della zona precedente → superficie piana

L'impianto di terra: il fenomeno fisico

- Le intersezioni fra le superfici equipotenziali e il terreno determinano l'andamento del potenziale sul terreno
- Il comportamento di un dispersore è valutabile analizzando il campo di corrente nella zona circostante al dispersore

V_x = potenziale a distanza X dal punto immissione
 V_0 = potenziale a distanza R_0 dal punto di immissione
 I = corrente verso terra
 R_E = resistenza totale di terra
 ρ = resistività del terreno



Cosa è la messa a terra e il suo scopo

- Per messa a terra si intende il collegamento a terra di alcune parti dell'impianto elettrico
- Si distinguono tre tipi di messa a terra:
 1. Messa a terra di protezione (terra di protezione)
 2. Messa a terra di funzionamento (terra funzionale)
 3. Messa a terra per lavori elettrici (terra di protezione generalmente temporanea)
- La funzione dell'impianto di terra, negli impianti utilizzatori alimentati da sistemi di I categoria (fino a 1000 Vca e 1500 Vcc) , 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 provocherà il loro 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:
 1. essere affidabile e garantire nel tempo le caratteristiche elettriche;
 2. 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.



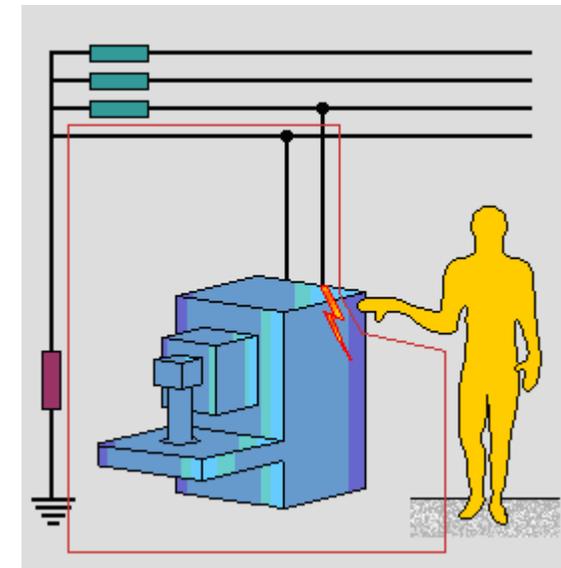
Cosa è la messa a terra e il suo scopo

MESSA A TERRA DI PROTEZIONE:

Connessione di parti metalliche di impianti e apparecchi normalmente non in tensione ma che possono diventarlo a seguito di guasti. Lo scopo è quello di limitare le tensioni pericolose che possono essere applicate a chi venga in contatto con queste parti, oppure favorire l'intervento delle protezioni migliorando le condizioni di sicurezza.

MESSA A TERRA DI FUNZIONAMENTO

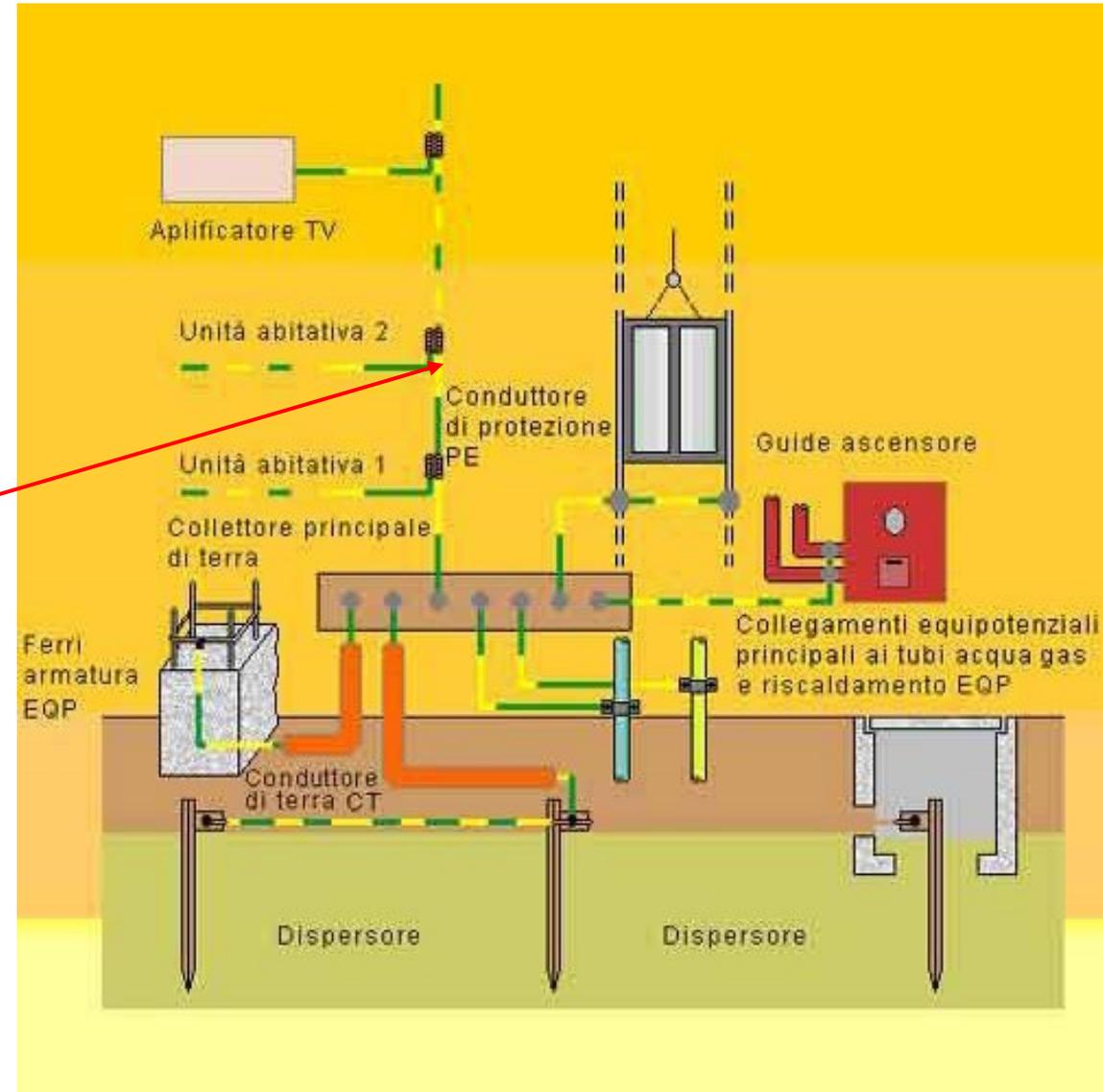
Connessione a terra di parti metalliche di impianti e apparecchi per permettere un più regolare esercizio degli impianti (per esempio collegamento a terra del centro stella dei sistemi elettrici in Alta Tensione)



Caratteristiche e destinazione dell'impianto di terra

La connessione fra il montante del conduttore di protezione e il conduttore di protezione dell'unità abitativa può essere realizzato tramite:

- Morsetto che non interrompe il conduttore di protezione principale



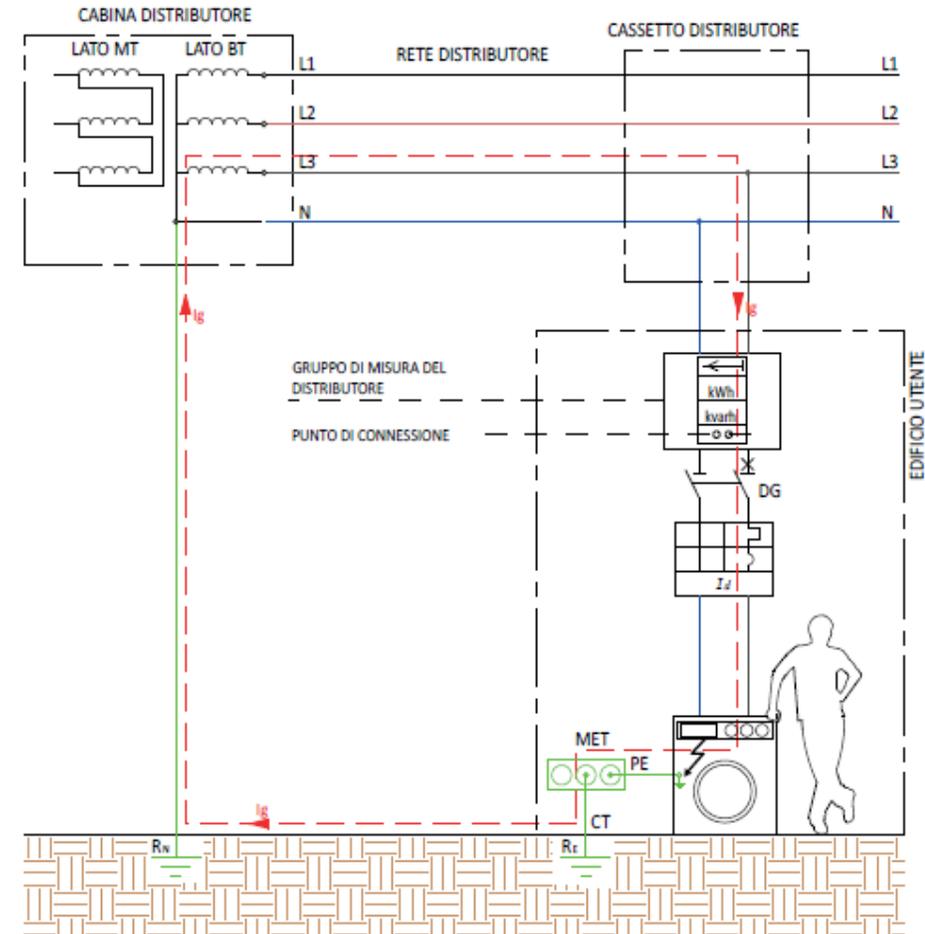
Guasto a terra in un sistema TT

il sistema TT si ha quando le masse dell'impianto utilizzatore sono collegate ad un impianto di terra distinto da quello del sistema di alimentazione (in genere tutti gli impianti BT alimentati da rete pubblica).

In questi casi non è ammesso interconnettere il proprio collettore principale con quello del Distributore, in quanto quest'ultimo potrebbe assumere tensioni pericolose.

La corrente di guasto si chiude come indicato nel circuito in figura. 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.



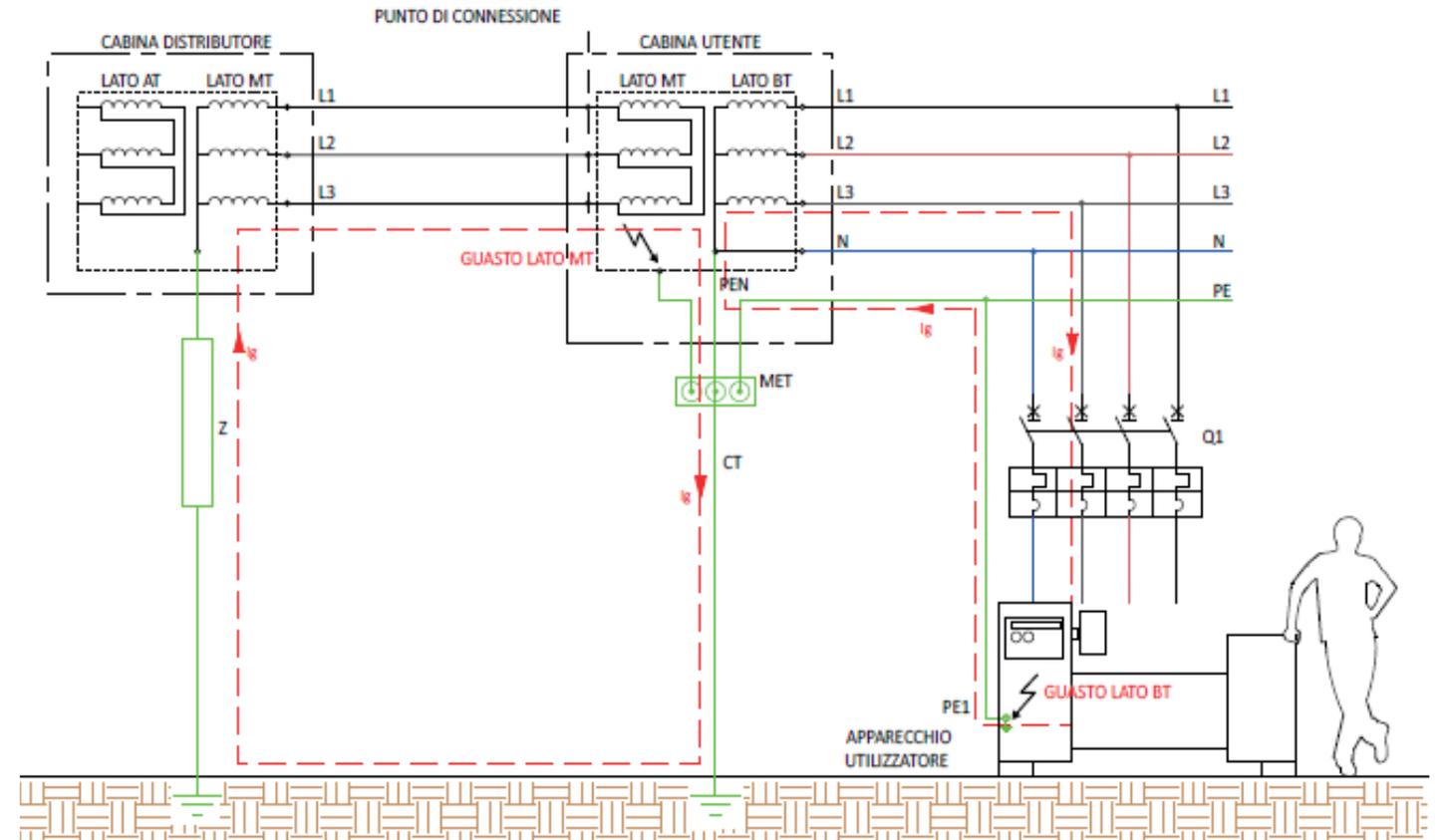
Guasto a terra in un sistema TN

il sistema TN 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.

Essendo la cabina di trasformazione di proprietà, l'utente deve realizzare un dispersore che tenga conto dei guasti a terra che si possono verificare sul lato di II categoria

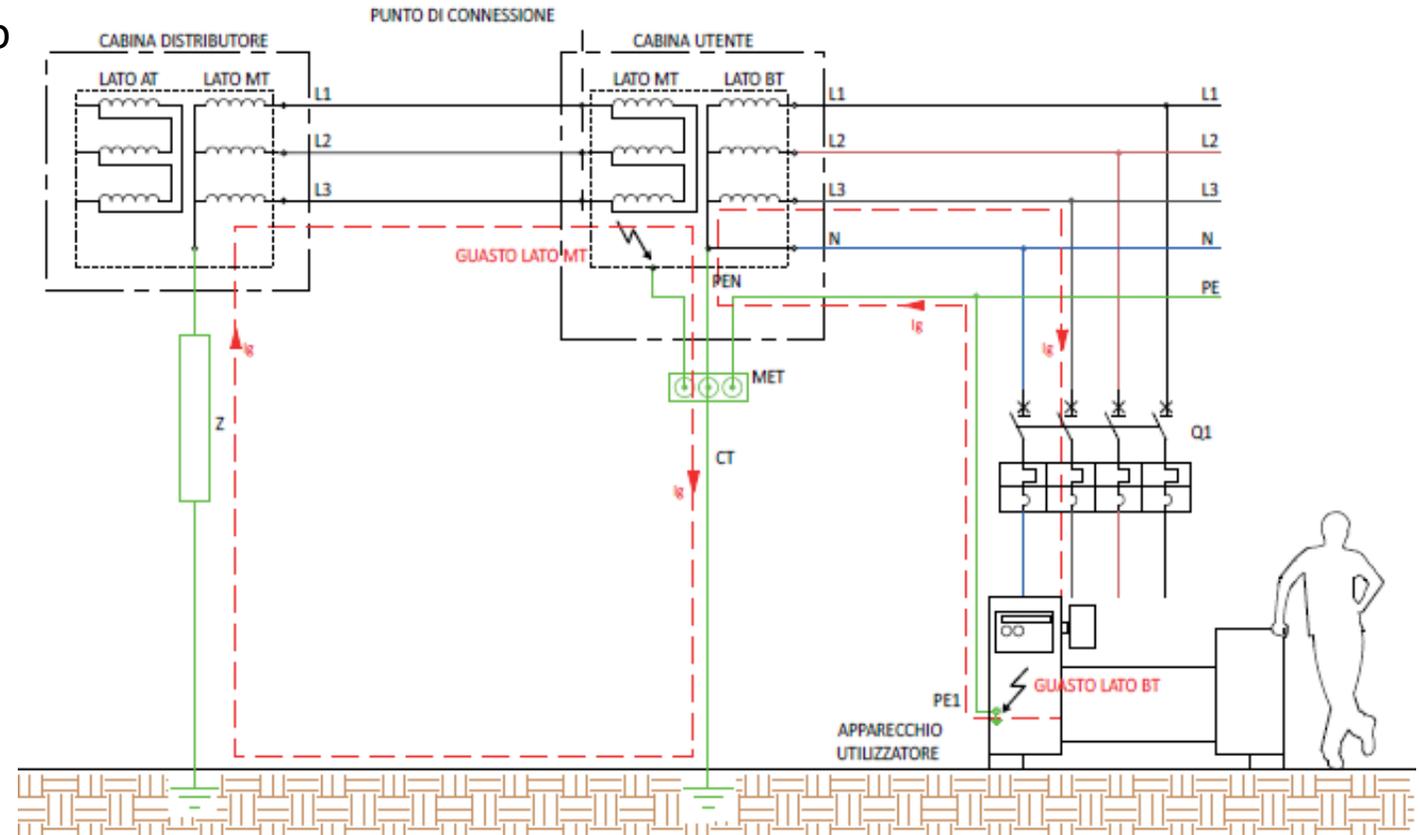
Se esistono altri dispersori naturali, si raccomanda di collegarli tra loro, tramite dei collettori e relativi conduttori di terra, allo scopo di assicurare che il potenziale dei conduttori di protezione resti, in caso di guasto, il più vicino possibile a quello di terra.



Sistema TN-S guasto a terra sul lato BT

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 dispersore.** 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.

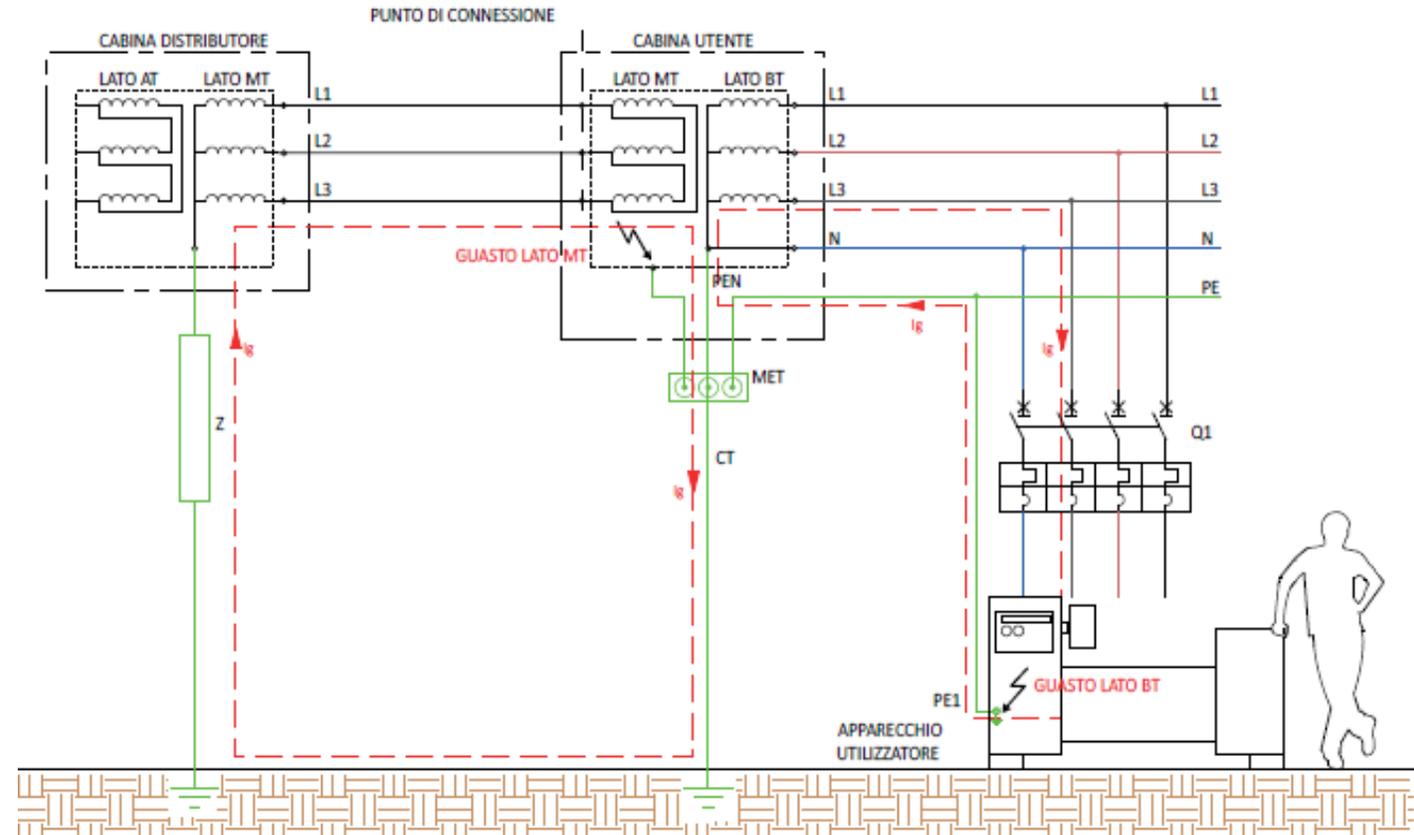


Sistema TN-S guasto a terra sul lato MT

In questo caso il dispersore è direttamente interessato nella chiusura del circuito di guasto. Tale guasto genera tensioni di contatto che possono essere pericolose.

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



Criteri di progettazione di un impianto di terra: sistema TT

- Determinazione della resistenza di terra R_E (resistenza di tutto il dispersore di terra)

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

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

R_E = resistenza del dispersore in ohm;

U_L = tensione di contatto limite (50 V per ambienti ordinari e 25 V 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

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.



Criteri di progettazione di un impianto di terra: sistema TN

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.

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

Le principali finalità dell'impianto di terra sono:

- vincolare, mediante collegamento diretto o tramite impedenza, il potenziale di determinati punti (in generale il centro stella, naturale o artificiale) dei sistemi elettrici esistenti nell'area dell'impianto considerato;
- avere sufficiente resistenza meccanica e alla corrosione (materiali e dimensioni minime dei componenti sono quelli indicati in Tabella al punto 3.5.1.);
- 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 (vedere anche Tabella 1), con le sezioni minime dei conduttori di terra indicate nella Norma CEI EN 50522 – Allegato D;
- l'impianto di terra, in combinazione con appropriati provvedimenti, deve mantenere la tensione di contatto e quelle trasferite entro i limiti di tensione basati sul tempo di intervento t_F .



Criteri di progettazione di un impianto di terra: sistema TN

- Determinazione della tensione totale di terra U_E

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 50522 è denominata EPR (Earth Potential Rise)

R_E = resistenza (impedenza) di terra in ohm (Ω)₍₁₎

$I_{F(2)}$ = 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.



Criteri di progettazione di un impianto di terra: sistema TN

- Determinazione della tensione totale di terra U_E

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

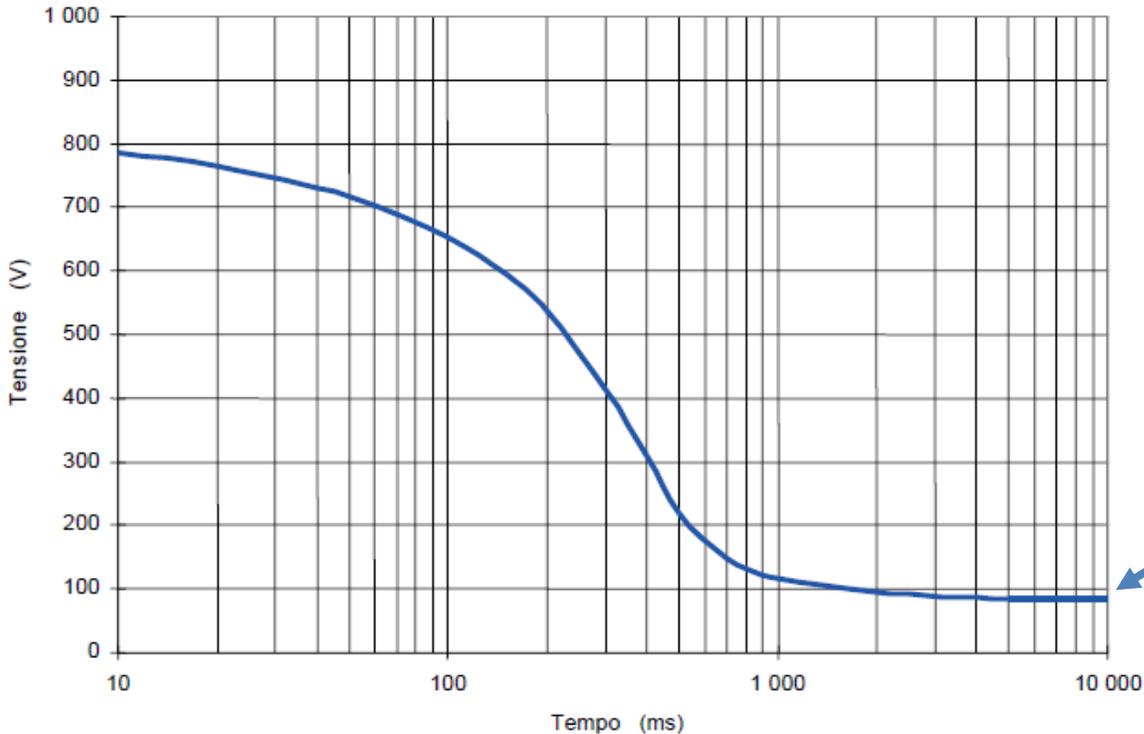
$$U_E = R_E \times I_F \leq U_{Tp}$$

Dove U_{tp} = tensione massima di contatto



Criteri di progettazione di un impianto di terra: sistema TN

- La verifica di questa relazione $U_E = R_E \times I_F \leq U_{tp}$ 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 dal grafico o tabella



$U_{Tp} = 80 \text{ V}$
 $T_F = 10 \text{ s}$ (tempo in genere dichiarato dal distributore per l'eliminazione del guasto)

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	1,00	2,00	3,00	5,00	7,00	10,00	>10,00
U_{tp} (V)	187	175	168	150	137	127	117	96	90	86	85	85	80

Tabella 1 Guida CEI 99-11

Criteri di progettazione di un impianto di terra

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

Criteri di progettazione di un impianto di terra: scelta della configurazione

La scelta di un particolare tipo di elemento dispersore (verticale, orizzontale, di fatto o intenzionale) può dipendere dalle esigenze seguenti:

- 1. 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;
- 2. 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;
- 3. 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.



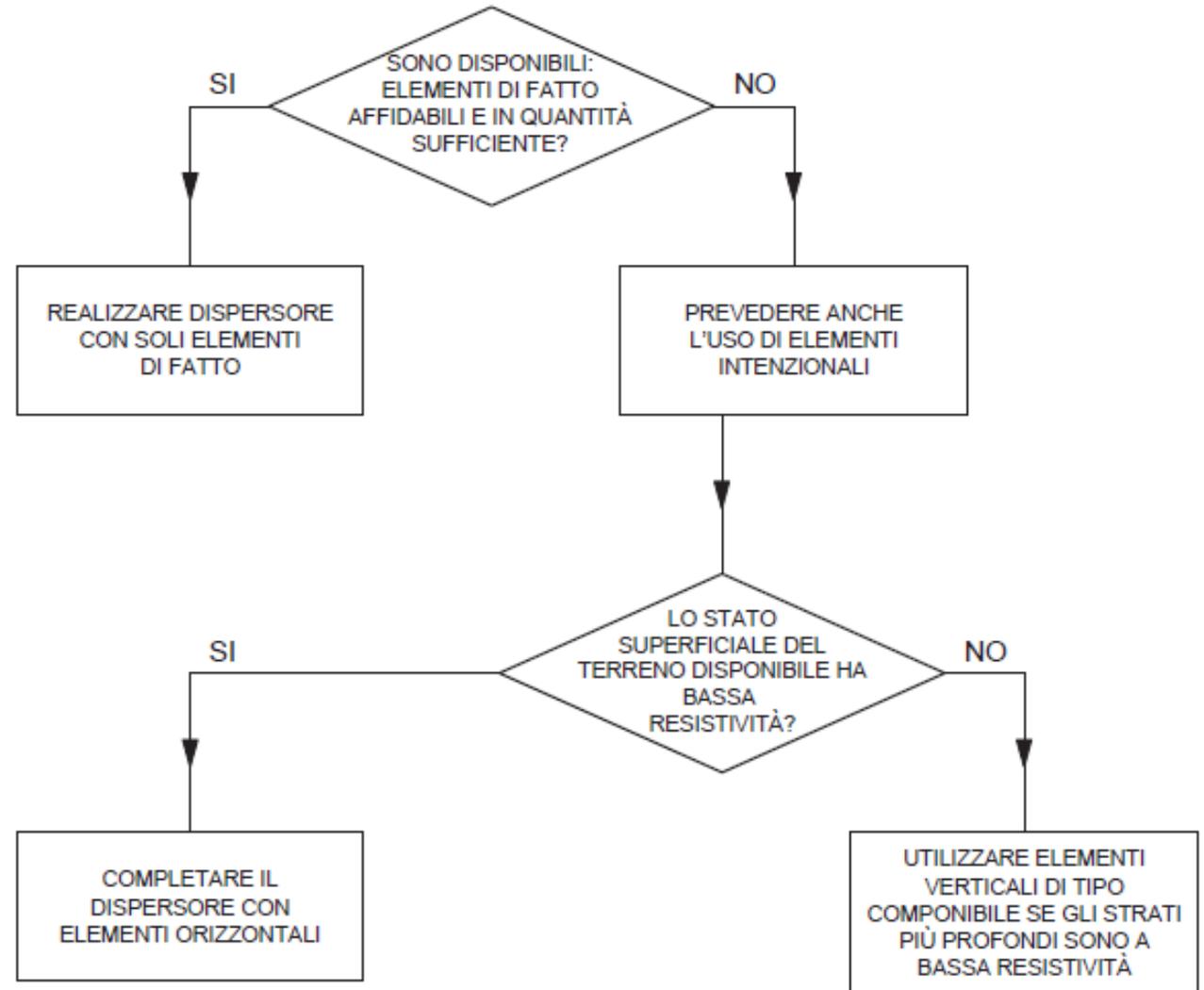
Criteri di progettazione di un impianto di terra: scelta della configurazione

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.

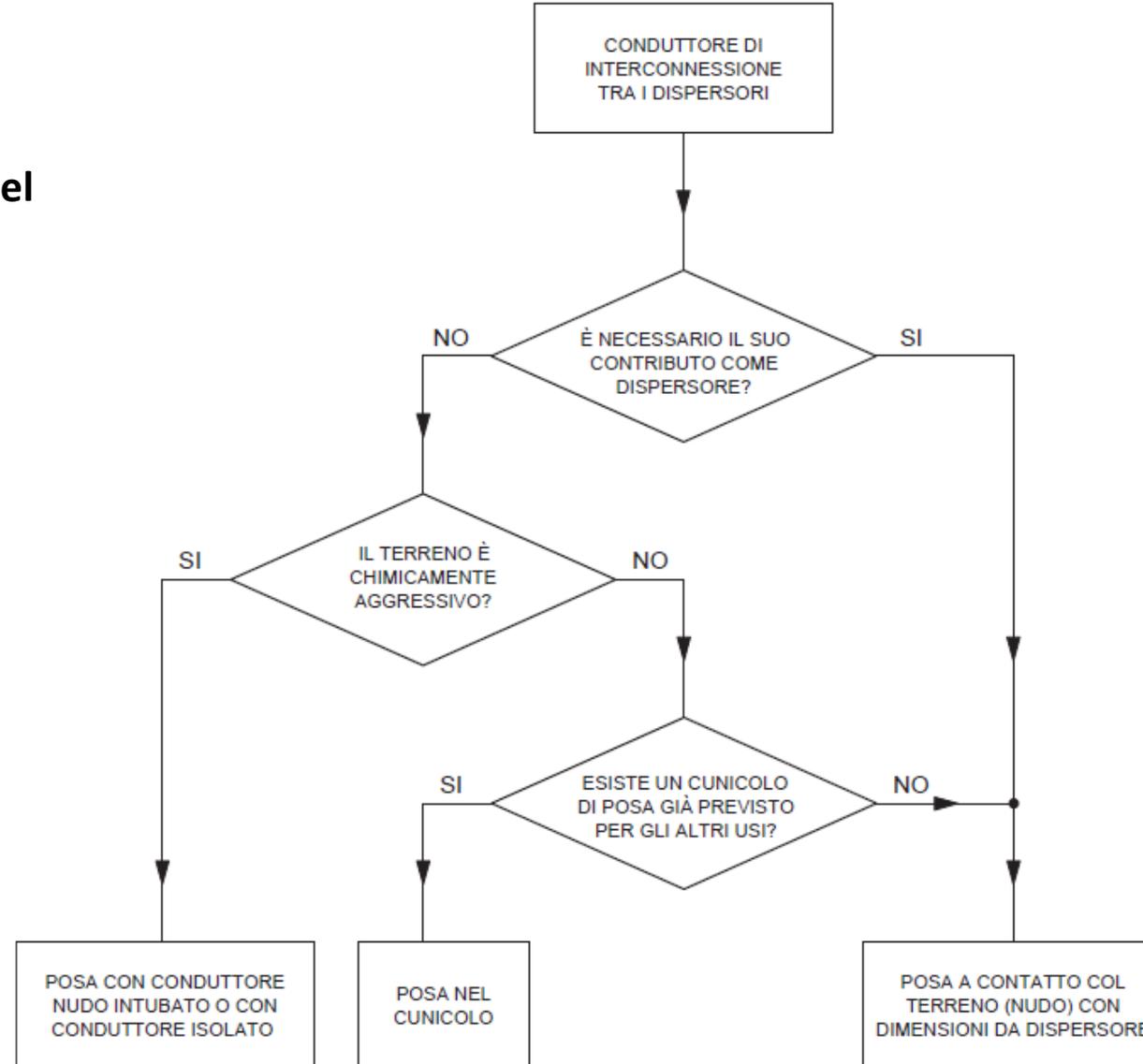
Occorre pertanto valutare innanzitutto la presenza di elementi di fatto adatti allo scopo e determinarne (con misura o con calcolo di prima approssimazione) la resistenza dei vari tipi (come plinti, fondazioni in calcestruzzo armato, camicie metalliche di pozzi, ecc.)

Si deve decidere quindi se installare dispersori intenzionali, sulla base dello schema a fianco:



Criteri di progettazione di un impianto di terra: scelta della configurazione

Interconnessione fra elementi del dispersore



Criteri di progettazione di un impianto di terra: calcolo della resistenza di terra

Valutazione approssimativa del contributo di dispersori intenzionali

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

Resistenza di un dispersore verticale

$$R_d = \rho_m / L$$

Resistenza di un dispersore orizzontale

$$R_d = 2\rho_m / L$$

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 per cui si propone:

$$R_d = \rho_m / 4r$$

Dove:

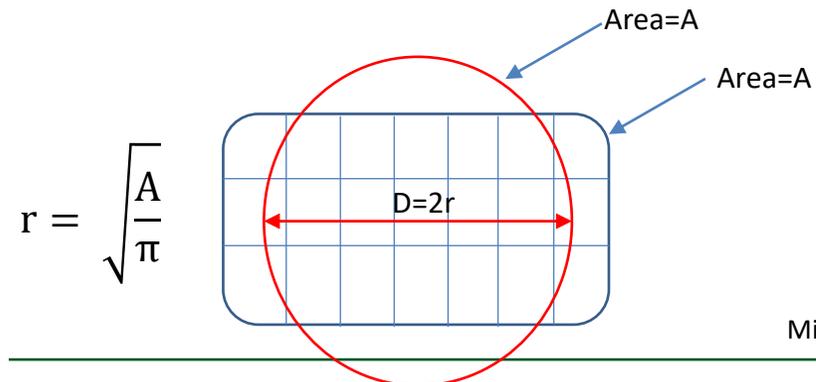
r = raggio del cerchio avente area equivalente all'area del dispersore complesso

Dove:

R_d = resistenza del dispersore

ρ_m = resistività del terreno [Ωm]

L = lunghezza del dispersore a contatto con il terreno [m]



Criteri di progettazione di un impianto di terra: contributo dei 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:

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

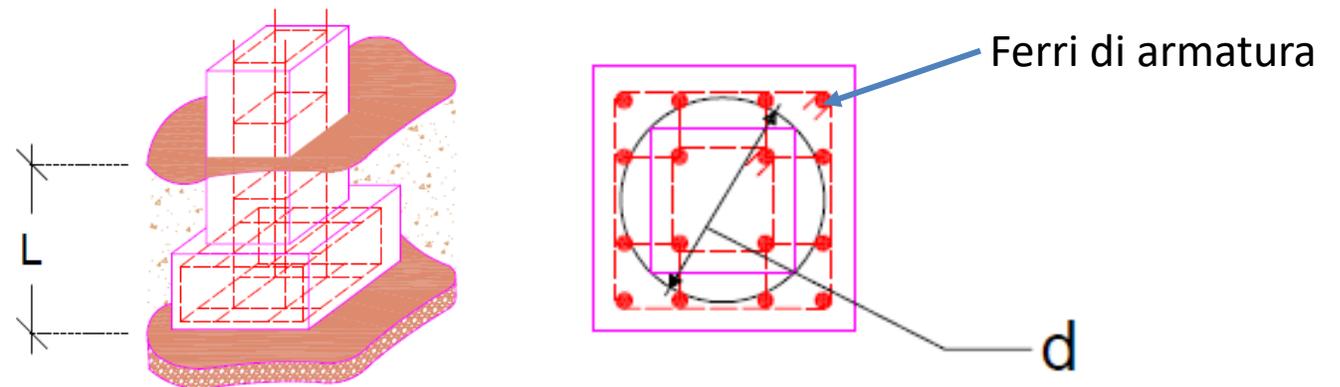
Dove:

R = resistenza del dispersore

ρ = resistività del terreno [Ωm]

L = lunghezza interrata del pilastro [m]

d = diametro del cilindro circoscritto



Criteri di progettazione di un impianto di terra: scelta della configurazione

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.

Tab.3.3 - Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione (Allegato C della Norma CEI EN 50522)

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro mm	Sezione mm ²	Spessore mm	Valori minimi μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		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 ^(a)	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 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	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 mm².
 (d) Per fili singoli.

Criteri di progettazione di un impianto di terra: 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 mm² se in rame;
 - 50 mm² 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 mm² se in rame
 - 16 mm² 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.



Criteri di progettazione di un impianto di terra: dimensionamento dei conduttori di terra

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

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

Criteri di progettazione di un impianto di terra: dimensionamento dei conduttori di terra

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

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

Criteri di progettazione di un impianto di terra: 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 mm² in rame;
- 16 mm² in alluminio;
- 50 mm² in acciaio.



Verifica dell'impianto di terra

- **DI CHI E' AL RESPONSABILITA' DELLA VERIFICA DELL'IMPIANTO DI TERRA:**
 - All'interno delle unità abitative il responsabile è il proprietario dell'unità
 - All'interno delle parti comuni il responsabile è l'amministratore di condominio

- **CHI DEVE ESEGUIRE LA VERIFICA DELL'IMPIANTO DI TERRA**
 - All'interno delle unità abitative viene richiesta solo la verifica iniziale da parte dell'installatore per compilazione della DICO
 - All'interno delle parti comuni viene richiesta:
 - la verifica iniziale da parte dell'installatore per compilazione della DICO
 - La verifica con misura della resistenza di terra da parte di Ente Notificato

Il Ministero delle Attività Produttive il 25/02/2005 ha emesso una nota (prot. 10723) in cui chiarisce che **i condomini** sono **luoghi di lavoro** anche in assenza di personale subordinato (portierato) perciò bisogna garantire l'incolumità dei lavoratori non subordinati (ditta per pulizia, giardinieri ecc.) eseguendo sempre le dovute verifiche agli impianti e alla struttura.

L'impianto di terra dovrà quindi essere verificato secondo DPR 462/01 da organismo notificato



Verifica dell'impianto di terra

- **Verifica all'interno delle unità abitative:**

- Verifica **iniziale** della continuità dei conduttori equipotenziali
- Verifica **iniziale** resistenza di terra al punto di misura
- Verifica **iniziale** dello scatto degli interruttori differenziali



A carico dell'installatore e inserite nella DICO

- **Verifica all'interno delle parti comuni:**

- Verifica **iniziale** della continuità dei conduttori equipotenziali
- Verifica **iniziale** resistenza di terra al punto di misura
- Verifica **iniziale** dello scatto degli interruttori differenziali
- Verifica periodica ogni 5 anni della continuità dei conduttori equipotenziali e della resistenza di terra se il condominio non presenta all'interno luoghi di lavoro
- Verifica periodica ogni 2 anni della continuità dei conduttori equipotenziali e della resistenza di terra se il condominio presenta all'interno luoghi di lavoro



A carico dell'installatore e inserite nella DICO e di organismo notificato



A carico di organismo notificato



Verifica dell'impianto di terra secondo DPR 462/01

- La modalità di **svolgimento della verifica** dell'impianto di messa a terra è descritto dalla norma **CEI 0-14** che rappresenta la guida all'applicazione del DPR 462,
- La modalità di esecuzione delle prove tecniche è descritto nella guida **CEI 64-14**.

FASI DELLA VERIFICA:

1. Verifiche della documentazione tecnica
2. Verifica strumentale
3. Rilascio del Certificato di Verifica e del Verbale di Verifica.



Verifica dell'impianto di terra secondo DPR 462/01

VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA

Il verificatore, esamina la documentazione obbligatoria che il cliente deve mantenere aggiornata e a disposizione delle Autorità Ispettive. La GUIDA CEI 64-14 riporta l'elenco dei **documenti minimi** che devono essere a corredo dell'impianto di terra:

- Progetto
 - Schemi elettrici di impianto completi di dati di dimensionamento
 - Planimetrie di installazione
 - Relazione tecnica con specifica alle misure di sicurezza e tipologie di materiali scelti
- DICO
- DIRI per gli impianti eseguiti tra il 13/03/1990 e il 13/03/2008 in cui non è stata prodotta o non più reperibile la DICO
- Denuncia dell'impianto di terra all'Inail e Asl
- Verbale della verifica periodica ai sensi dell'Art. 4 comma 1 del DPR 462/01 rilasciato ai sensi del comma 3 del medesimo articolo



Verifica dell'impianto di terra secondo DPR 462/01

VERIFICA STRUMENTALE

La verifica strumentale consta delle seguenti prove:

1. Misurazione della resistenza di terra
2. Misura di continuità dei conduttori di protezione , dei conduttori equipotenziali e dei conduttori di terra
3. Verifica strumentale dei dispositivi di interruzione automatica per la protezione dai contatti indiretti

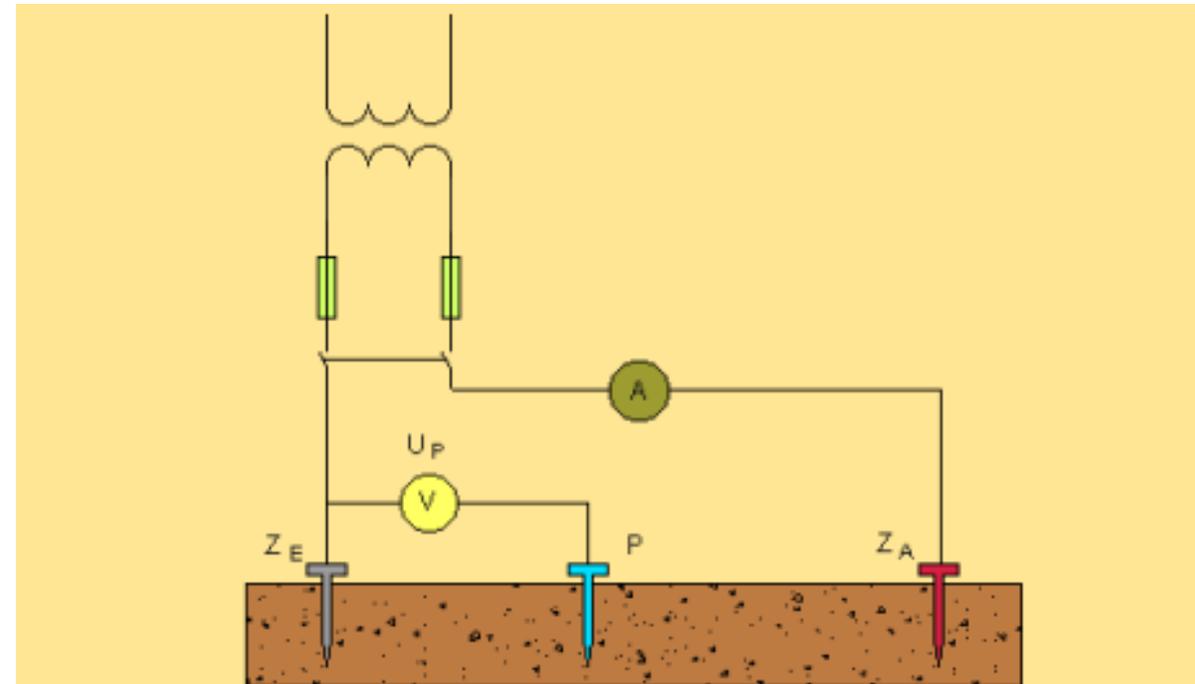


Verifica dell'impianto di terra secondo DPR 462/01

VERIFICA STRUMENTALE

La misura della resistenza di terra viene effettuata tramite il sistema Voltamperometrico. Ovvero, vengono infissi nel terreno ad opportuna distanza, una sonda di corrente e una sonda di tensione. Lo strumento inietta una corrente attraverso la sonda di corrente e legge la tensione misurata sulla sonda di tensione. Utilizzando la legge di Ohm si ricava la resistenza di terra dell'impianto disperdente.

Per gli impianti in bassa tensione (BT), senza cioè la presenza della propria cabina di trasformazione, viene concesso l'uso del sistema della misura dell'impedenza dell'anello di guasto. Tale sistema permette la misura direttamente dal quadro elettrico dell'attività senza infissione di picchetti con i problemi logistici annessi. Tale misura è a favore della sicurezza in quanto riporta un valore più alto dell'effettiva resistenza di terra, di conseguenza se il valore misurato è congruo a maggior ragione sarà congruo anche il valore della resistenza di terra.



Verifica dell'impianto di terra secondo DPR 462/01

DOCUMENTAZIONE A CORREDO

- Rapporto tecnico di prima verifica dell'impianto di terra
- Rapporto tecnico di verifica periodica
- Verbale di verifica periodica



Verifica dell'impianto di terra dell'unità immobiliare

DOCUMENTAZIONE A CORREDO

- Al momento non vi è obbligo di verifica degli impianti elettrici ed elettronici nelle unità immobiliari
- Si ricorda che un impianto efficiente e rispettoso delle norme è anche un impianto sicuro
- Si consiglia ai proprietari di unità immobiliari, al fine del mantenimento in efficienza e sicurezza dei propri impianti elettrici ed elettronici di effettuare verifiche periodiche
- Un ottimo ausilio di procedura di verifica e registrazione delle verifiche medesime è costituito dal libretto di impianto edito da PROSIEL



**LIBRETTO
D'IMPIANTO ELETTRICO**
DI UNITÀ IMMOBILIARE AD USO RESIDENZIALE
III Edizione

COGNOME E NOME PROPRIETARIO				
COGNOME E NOME COMMITTENTE				
CAP	COMUNE	PROV	VIA/PIAZZA	N°
CONDOMINIO/RESIDENCE			INTERNO	PIANO



Il libretto di impianto è scaricabile gratuitamente in formato PDF editabile dal sito www.prosiel.it



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

