

**MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI  
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



**COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO  
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA  
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		 <b>INFRA.TO</b> <i>infrastrutture per la mobilità</i>												<b>INFRATRASPORTI.TO S.r.l</b>	
<b>DIRETTORE PROGETTAZIONE</b> Responsabile integrazione discipline specialistiche	<b>IL PROGETTISTA</b>														
<b>Ing. R. Crova</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	<b>Ing. F. Azzarone</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12287J	<b>DEPOSITO OFFICINA REBAUDENGO – IMPIANTI NON DI SISTEMA IMPIANTO ELETTRICO – MESSA A TERRA E PROTEZIONE SCARICHE RELAZIONE TECNICA</b>													
		<b>ELABORATO</b>								<b>REV.</b>		<b>SCALA</b>	<b>DATA</b>		
		Int.	Est.												
<b>BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi</b>		<b>MT</b>	<b>L2</b>	<b>T1</b>	<b>A1</b>	<b>D</b>	<b>IEL</b>	<b>DRB</b>	<b>R</b>	<b>005</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>28/12/2022</b>	

**AGGIORNAMENTI**

Fig. 1 di 27

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	GBi	AGh	FAz	RCr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	28/12/22	GBi	AGh	FAz	RCr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>14.5</td> <td>19</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>IELDRBR005</td> </tr> </table>						LOTTO 1	CARTELLA	14.5	19	MTL2T1A1D	IELDRBR005	<b>STAZIONE APPALTANTE</b>  DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio  RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro						
LOTTO 1	CARTELLA	14.5	19	MTL2T1A1D	IELDRBR005													

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. IMPIANTO DI TERRA</b>	<b>4</b>
<b>3. CONSIDERAZIONI GENERALI SU MATERIALI E REALIZZAZIONE</b>	<b>6</b>
<b>4. CONSIDERAZIONI CENNI SUI PROVVEDIMENTI DA PRENDERE PER RIDURRE GLI EFFETTI DELLA CORROSIONE</b>	<b>15</b>
<b>5. PREDISPOSIZIONI EDILI CONTINUITA' FERRI DI ARMATURA PER RIDUZIONE EFFETTI SCARICHE ATMOSFERICHE</b>	<b>19</b>
<hr/>	
<b>5.1 ASPETTI NORMATIVI E GENERALI</b>	<b>19</b>
<b>5.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E DETTAGLI OPERATIVI</b>	<b>20</b>
<b>5.2.1 CONTINUITÀ DEI FERRI D'ARMATURA NELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO ARMATO</b>	<b>20</b>
<b>5.2.2 COMPONENTI NATURALI</b>	<b>21</b>
<b>5.3 STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO</b>	<b>21</b>
<b>5.3.1 GENERALITÀ</b>	<b>21</b>
<b>5.3.2 CONNESSIONI AI FERRI D'ARMATURA</b>	<b>22</b>
<b>5.3.3 MATERIALI</b>	<b>25</b>
<b>5.3.4 CORROSIONE</b>	<b>26</b>
<b>5.3.5 GIUNZIONI</b>	<b>26</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

## 1. PREMESSA

La presente relazione riporta nelle linee essenziali i criteri da adottare e le scelte impiantistiche da operare per la realizzazione dell'impianto di terra riferito al complesso Metro 2 - DEPOSITO OFFICINA REBAUDENGO.

I riferimenti normativi adottati sono quelli delle norme:

- 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 61936-1 "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"
- Norma CEI 0-21 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- Norma CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- Norma CEI 99-5 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a."
- Norma CEI 64-14 "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori"
- Norma CEI 64-18 "Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano e degli animali domestici. Parte 1: Aspetti generali".
- CEI EN 62305-1 "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" Febbraio 2013;
- CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305" Maggio 2020;
- CEI EN IEC 62858 "Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali" Maggio 2020.

Ulteriori informazioni circa i riferimenti normativi applicabili seguono nella relazione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

## 2. IMPIANTO DI TERRA

Il complesso sarà dotato di impianto di terra, coordinato con le iniziative mirate alla protezione contro le scariche atmosferiche.

Il dispersore sarà comune per l'impianto parafulmine e per l'impianto di terra per la protezione contro i contatti indiretti.

Il sistema di alimentazione si configura come TN. In un impianto utilizzatore alimentato in media tensione, si realizza in genere un impianto di terra unico, per la media e per la bassa tensione.

L'impianto di terra di cabina è chiamato a disperdere la corrente di guasto a terra in media tensione. Nei sistemi a neutro isolato la corrente di guasto monofase a terra ( $I_f$ ) è di natura prevalentemente capacitiva.

Il valore della corrente di guasto aumenta con la tensione e con la capacità verso terra delle linee MT collegate allo stesso sistema di sbarre. La capacità, a sua volta, aumenta con l'estensione della rete.

Il dispersore viene considerato unicamente ai fini di un guasto sulla media tensione. Per quanto riguarda un guasto sulla bassa tensione, in un sistema TN la corrente di guasto si richiude direttamente al neutro e non si disperde a terra. Tutti i dispersori (picchetti) per il collegamento a terra delle masse in bassa tensione in un sistema TN sono quindi inutili, nei confronti di un guasto sulla bassa tensione.

In cabina il dispersore è composto da un anello di terra perimetrale, che segue il perimetro della cabina, interrato ad una profondità di circa 0,5 m. In questo modo, si porta il terreno ad un potenziale prossimo a quello delle masse e si riduce la tensione di contatto. È utile collegare l'anello di terra ai ferri di fondazione in cemento armato e soprattutto all'eventuale griglia elettrosaldata posta sotto il pavimento della cabina.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

Non conviene interrare l'anello ad una profondità maggiore di 0,8 m in quanto potrebbe crescere la tensione di contatto poiché il potenziale sulla superficie del terreno diminuisce più della tensione totale ( $U_e$ ).

Nei terreni ad alta resistività si può integrare il dispersore quadrato (o rettangolare) con picchetti ai vertici, oppure con un altro quadrato disposto a maggiore profondità (dispersore piramidale).

Il conduttore collegato alla massa in bassa tensione per la protezione contro i contatti indiretti si chiama conduttore di protezione; lo stesso conduttore in media tensione (ed alta tensione) prende il nome di conduttore di terra (in bassa tensione il conduttore di terra è il conduttore di protezione che unisce il dispersore al nodo/collettore di terra). Anche il conduttore che unisce tra loro due dispersori, se isolato dal terreno, è considerato un conduttore di terra (a qualunque tensione).

Ai fini della resistenza alle sollecitazioni meccaniche e alla corrosione, il conduttore di terra deve avere una sezione di almeno 16 mmq in rame o 50 mmq in acciaio. I conduttori di terra di questa sezione sono adeguati per sopportare anche le sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto a terra nelle reti a neutro isolato (o neutro messo a terra tramite una resistenza).

Nella fattispecie il dispersore intenzionale sarà realizzato con tondo in acciaio zincato con sezione diam.10 mm interrato a 0,6 m di profondità ed almeno 1 m dal perimetro del fabbricato, integrata con puntazze in acciaio zincato con sezione a croce 50 x 50 x 5 m di lunghezza 1,5 m infisse nel terreno nei pressi della cabina di ricevimento e con i ferri d'armatura delle fondazioni delle strutture portanti del complesso (dispersore di fatto) realizzando in tal modo un dispersore unico fittamente magliato di forma approssimativamente rettangolare con perimetro  $p = 1000$  m).

L'impianto di terra interno al complesso comprenderà conduttori di terra fino ai collettori posti nelle cabine di trasformazione MT/bt: da questi si dipartiranno i collegamenti equipotenziali

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

principali alle masse estranee locali ed i montanti di terra che proseguendo all'interno dei cavedi raggiungeranno i vari piani del complesso andando ad attestarsi sui quadri di zona e quindi alle masse delle utenze, alle masse estranee distribuite.

In particolare andranno collegate:

- le masse e masse estranee che sono o si possono trovare nella zona paziente
- i contatti di terra di tutte le prese
- i ferri di armatura delle strutture
- lo schermo dei trasformatori
- gli schermi per la riduzione dei campi elettromagnetici

I conduttori equipotenziali supplementari devono avere sezione almeno 6 mmq in rame.

### **3. CONSIDERAZIONI GENERALI SU MATERIALI E REALIZZAZIONE**

L'impianto di terra deve essere eseguito con componenti (materiali e sezioni) definiti dalle considerazioni previste nel Capitolo 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.);
- la modalità di posa dei vari elementi.

**Dispersore**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

I materiali da utilizzare nel costruire il dispersore, per limitare i problemi di corrosione, devono essere preferibilmente omogenei, nella pratica, la costruzione edile presenta alcuni componenti che possono essere utilizzati a determinate condizioni come dispersore.

Nel caso ciò non fosse possibile o ad integrazione di elementi di fatto il dispersore deve essere previsto con elementi intenzionali.

### **Dispersore ad elementi di fatto**

In linea di principio tutte le Norme CEI (64-8, 11-8, 81-1) ammettono di poter 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.

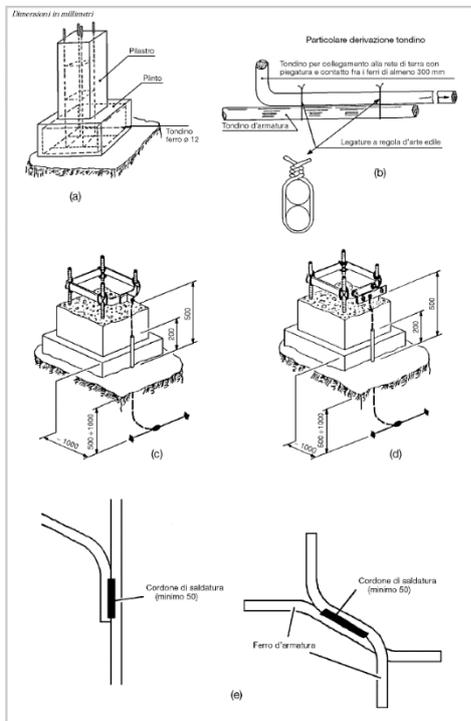
Si illustrano e si indicano di seguito alcune operazioni per una loro corretta utilizzazione:

- nel caso di plinti di pilastri (Fig. 3.1) e di platee di fondazione (Fig. 3.2) 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 ed 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. 3.3) 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. 3.4) 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. 3.5).

Fig. 3.1 Esempi di plinti di pilastri e di connessioni ai ferri dell'armatura



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

Fig. 3.2 Esempio di platea di fondazione con connessione ai ferri dell'armatura

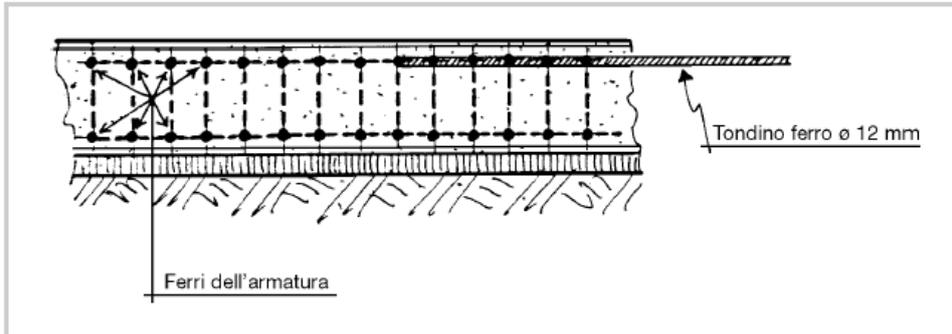




Fig. 3.3 Esempio di paratia di contenimento con connessioni ai ferri dell'armatura

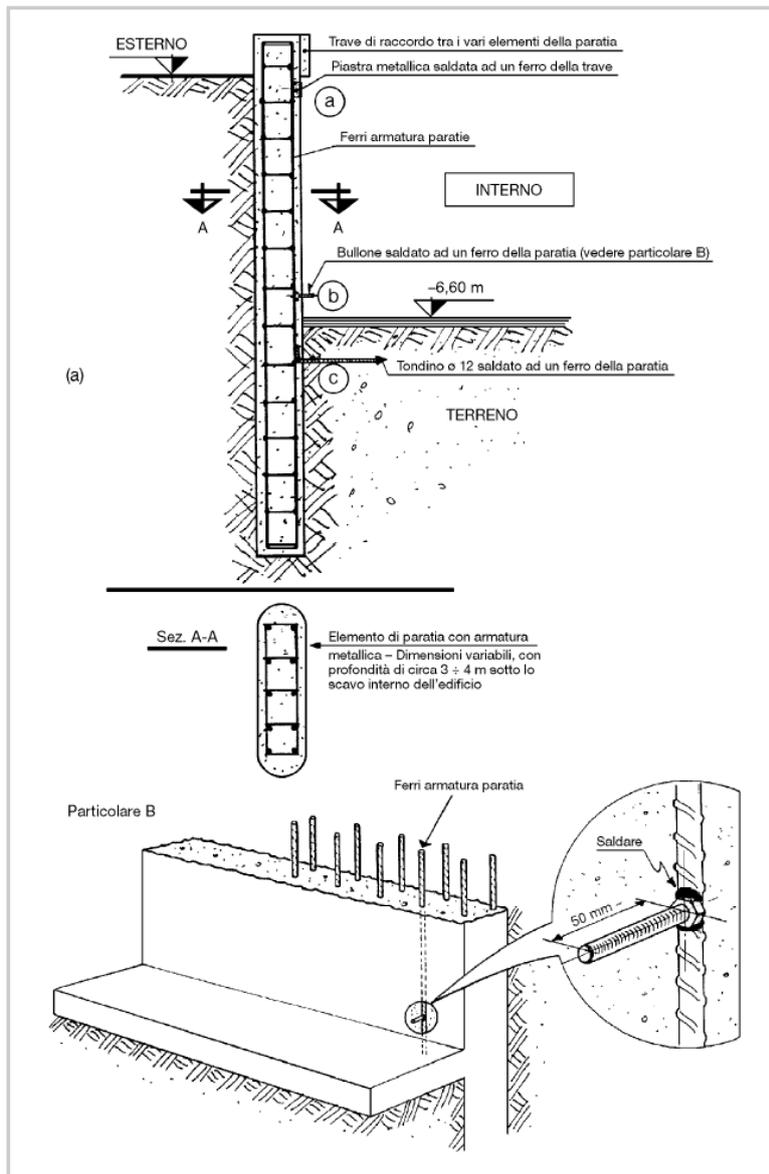




Fig. 3.5 Esempi di collegamento ai ferri del pilastro o del plinto con piastra metallica (o con altri elementi metallici) incorporata nel getto del calcestruzzo, particolarmente adatti per elementi prefabbricati

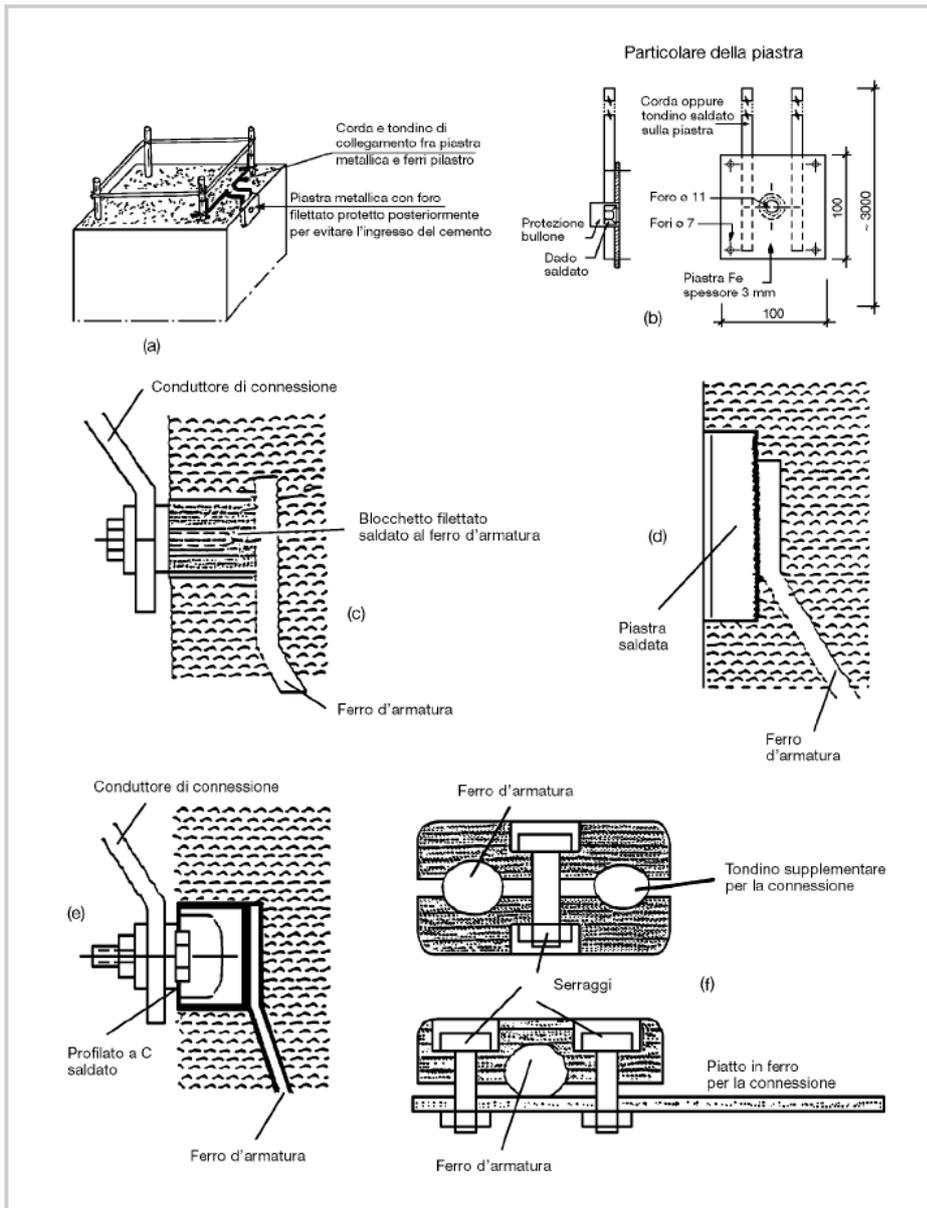




Fig. 3.6 Esempi di realizzazione di dispersore ad elementi verticali

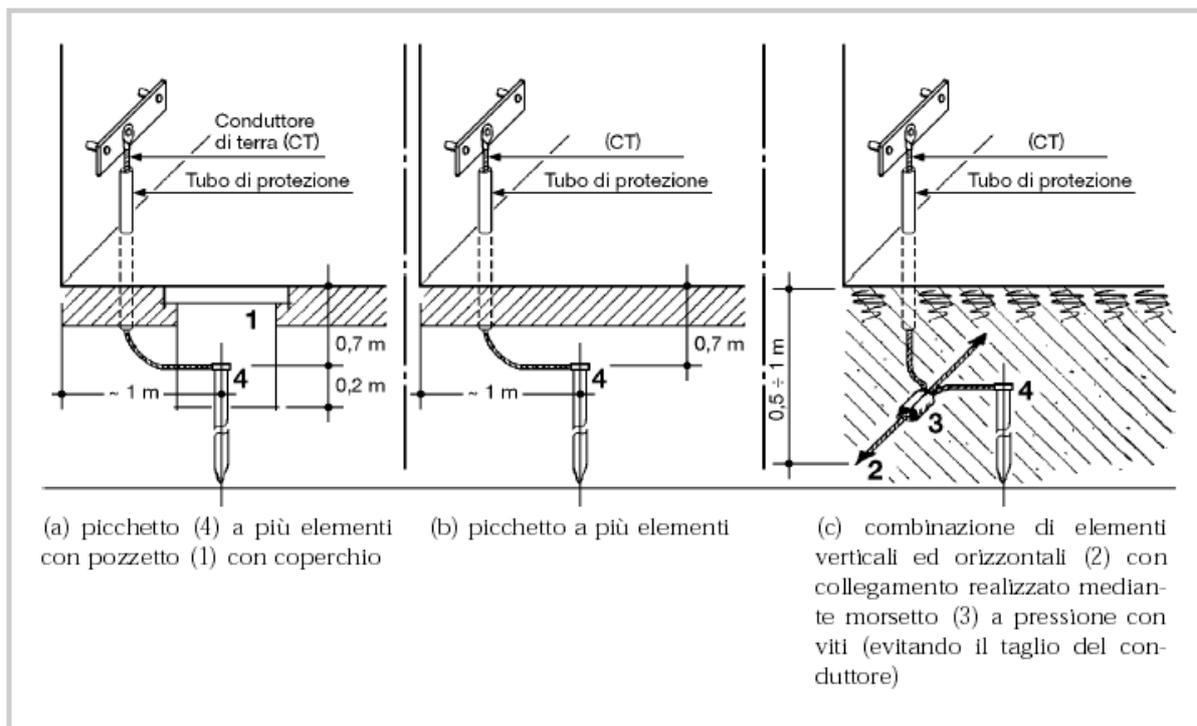
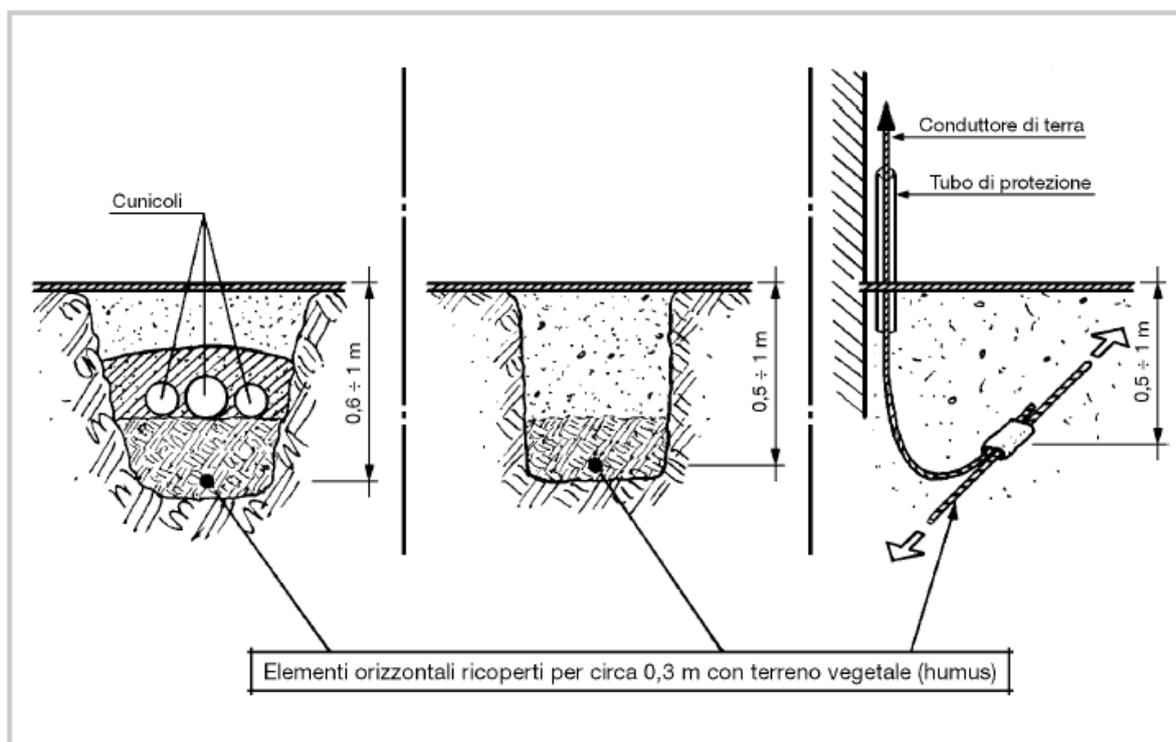




Fig. 3.7 Esempio di realizzazione di dispersore ad elementi orizzontali



### Collettore (o nodo) principale di terra

Il collettore principale di terra (MT) costituisce il punto di congiunzione, che deve essere accessibile per le verifiche, fra i conduttori di terra, i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali.

Esso è in genere costituito da una piastra metallica (in acciaio zincato a caldo o in acciaio inox o in rame preferibilmente stagnato o cadmiato), con morsetti, viti e bulloni per fissare i capicorda dei conduttori.

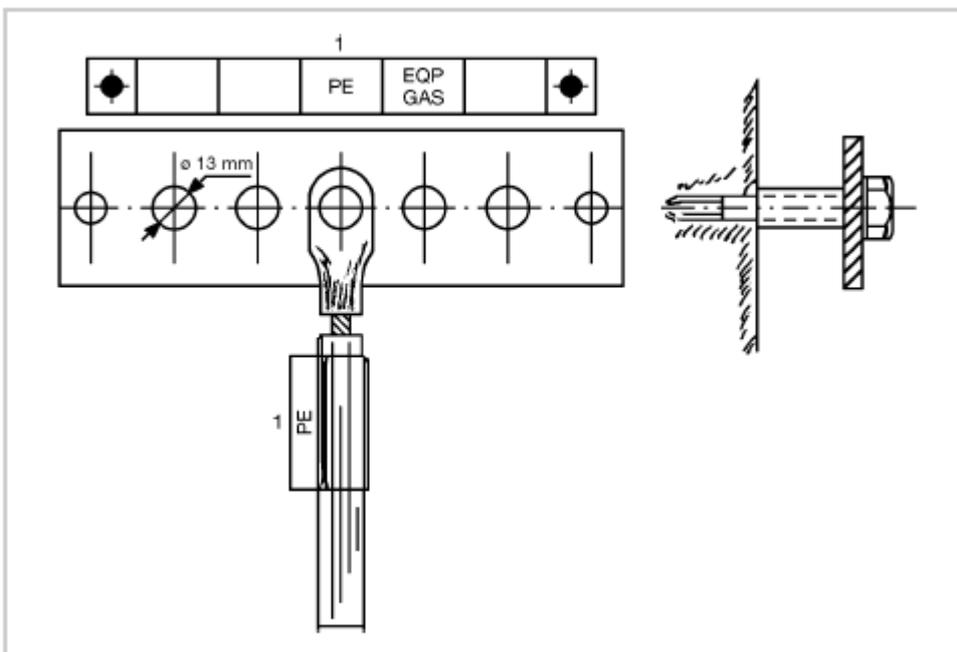
Sarebbe opportuno che i conduttori siano identificati mediante targhette con idonea segnalazione (per es: Fig. 3.11).

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

I collettori principali possono essere più di uno e devono essere ubicati nei punti corrispondenti ai montanti ed anche in corrispondenza dei collegamenti equipotenziali principali (EQP).

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

Fig. 3.11 Esempio di collettore principale di terra



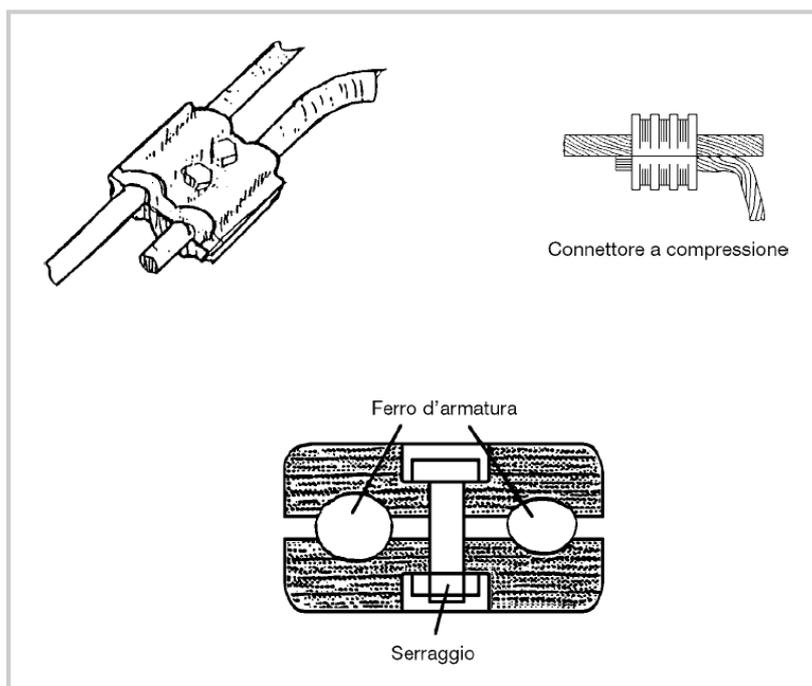
### Giunzioni e connessioni

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

Le giunzioni poste nel terreno soggette a corrosione devono essere protette con verniciatura, catramatura o nastratura. Importante è scegliere elementi "vicini" tra loro nella scala dell'elettronegatività.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

Fig. 3.14 Esempi di giunzioni



## 4. CONSIDERAZIONI CENNI SUI PROVVEDIMENTI DA PRENDERE PER RIDURRE GLI EFFETTI DELLA CORROSIONE

### Generalità

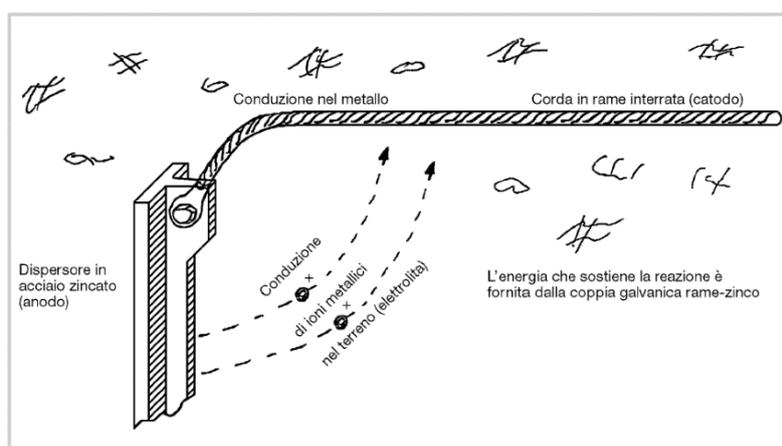
I metalli in genere (esclusi quelli nobili) in presenza di umidità subiscono corrosioni più o meno intense.

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 sottoesposto schema:

C.1.1 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;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

- 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 del 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.

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>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

## 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.

## 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 suddetti a tondini di armatura di fondazioni estese.

## 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.

## Tondini nel calcestruzzo

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

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.

### **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.

## **5. PREDISPOSIZIONI EDILI CONTINUITA' FERRI DI ARMATURA PER RIDUZIONE EFFETTI SCARICHE ATMOSFERICHE**

### **5.1 ASPETTI NORMATIVI E GENERALI**

Con riferimento alle normative vigenti ed allo scopo di ridurre al minimo negli ambienti in oggetto i danni conseguenti ad eventuali fulminazioni, si richiede che le strutture corrispondano alle seguenti prescrizioni normative, di cui alla NORMA TECNICA CEI EN 62305-3:2006-04, e delle quali si riportano nel seguito i principali riferimenti cui adeguare le parti strutturali.

L'interconnessione riduce gli effetti della corrente di fulmine ed il suo impatto elettromagnetico. Si consideri che agli edifici con:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

- a) Una struttura portante metallica o in cemento armato con ferri di armatura elettricamente continui o gettati in opera;
- b) Una struttura portante metallica o in cemento armato con ferri di armatura elettricamente continui o gettati in opera e con tetto metallico;

è possibile associare un LPS di livello, se realizzato con gli elementi naturali della struttura stessa, con un valore di protezione più elevato rispetto a quello standard ( $PB = 0,02$ )

In pratica se viene selezionata questa condizione, nella sezione “scelta delle misure di protezione” è possibile applicare un LPS di I livello con un’efficacia maggiore (il comportamento è analogo per l’ LPS già presente sulla struttura). In particolare:

- nel caso a),  $PB = 0,01$
- nel caso b),  $PB = 0,001$

La conferma delle condizioni a) o b) consente, in seguito al chiarimento emesso dal CT81 del luglio 2013 e successivamente ripreso dalla guida CEI 81-29, in presenza di un sistema di SPD di ridurre la componente di rischio RC.

In termini generali, quindi, l’ equipotenzializzazione realizzata secondo le prescrizioni normative (richiamate nel seguito) aumenta l’ effetto schermante, fino a consentire l’ assunzione che il coefficiente di attenuazione associato alla schermatura della struttura si dimezzi.

I risultati del calcolo poste queste premesse consentono di non realizzare l’ LPS

## 5.2 RIFERIMENTI NORMATIVI E DETTAGLI OPERATIVI

### 5.2.1 Continuità dei ferri d’armatura nelle strutture di calcestruzzo armato

I ferri di armatura di una struttura in calcestruzzo armato sono considerati continui se la maggior parte delle interconnessioni tra i ferri verticali e quelli orizzontali è effettuata mediante saldatura, o comunque in modo sicuro. La connessione dei ferri verticali deve

essere effettuata mediante saldatura, sovrapposizione dei ferri per un minimo di 20 volte il loro diametro o in altro modo sicuro. Per le strutture di nuova costruzione, la connessione tra i ferri d’armatura deve essere specificata dal progettista o dall’installatore in cooperazione con il costruttore ed il responsabile delle opere civili.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

Per le strutture che utilizzano i ferri d'armatura del calcestruzzo (comprese le strutture prefabbricate e quelle in cemento armato precompresso), la continuità elettrica dei ferri d'armatura deve essere verificata mediante misure elettriche tra la sommità e la base della struttura. La resistenza elettrica totale, misurata con strumentazione atta allo scopo, dovrebbe essere inferiore a 0,2  $\Omega$ .

Se detto valore non fosse raggiunto, o se non risultasse fattibile la misura, i ferri d'armatura non devono essere utilizzati come calate naturali (Art. 5.3.5). In questo caso è necessaria l'installazione di calate esterne. Nel caso di strutture in calcestruzzo

armato prefabbricate, deve essere verificata la continuità elettrica dei ferri d'armatura tra gli elementi prefabbricati contigui.

## 5.2.2 Componenti naturali

Dovrebbero essere utilizzate come calate naturali le seguenti parti della struttura:

### c) I ferri di armatura elettricamente continui delle strutture in cemento armato

## 5.3 Strutture in calcestruzzo armato

### 5.3.1 Generalità

Le strutture industriali sono frequentemente composte da sezioni realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. In molti altri casi le parti della struttura possono consistere di elementi prefabbricati o di strutture metalliche.

I ferri d'armatura nelle strutture in calcestruzzo armato, conformi all'Art. 4.3, possono essere usate come componenti naturali dell'LPS

Detti componenti naturali soddisfano i seguenti requisiti:

- sistema di calate in accordo con l'Art. 5.3;
- sistema di dispersori in accordo con l'Art.5.4.

Inoltre i ferri d'armatura, se impiegati propriamente, dovrebbero costituire una rete di equipotenzializzazione dei potenziali dell'LPS interno, in conformità all'Art. 6.2.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

I ferri d'armatura, se adeguati, possono fungere anche da schermo elettromagnetico che contribuisce alla protezione degli apparati elettrici ed elettronici dalle interferenze dovute al campo elettromagnetico del fulmine, in accordo con la CEI EN 62305-4.

Si presuppone che la corrente nei ferri d'armatura interessi un elevato numero di percorsi in parallelo. L'impedenza della rete risultante è quindi bassa e conseguentemente la caduta di tensione dovuta alla corrente di fulmine è anch'essa limitata. Il campo magnetico generato dalla corrente di fulmine nei ferri d'armatura è debole a causa della bassa densità di corrente e della presenza di percorsi paralleli con campi opposti. Conseguentemente è ridotta l'interferenza con gli impianti interni.

Il responsabile dei lavori civili dovrebbe essere consultato per decidere se è consentita la saldatura ai ferri d'armatura, se sono utilizzabili i morsetti a compressione e se possono essere installati conduttori addizionali. Tutti i lavori necessari dovrebbero essere eseguiti e verificati prima della colata di calcestruzzo (per es. la pianificazione dell'LPS dovrebbe essere svolta congiuntamente con il progetto della struttura).

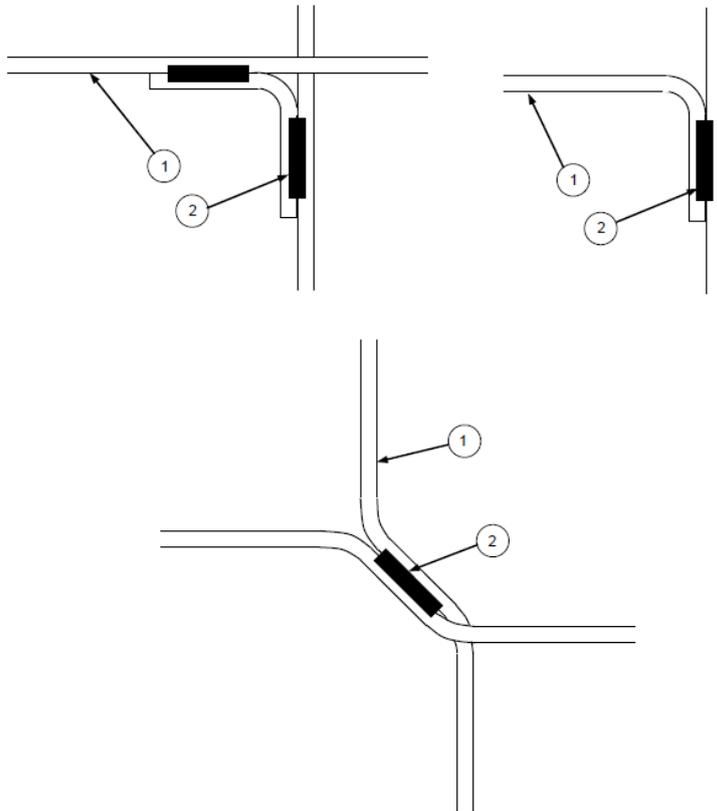
### 5.3.2 Connessioni ai ferri d'armatura

La continuità dei ferri d'armatura dovrebbe essere effettuata mediante morsetti a compressione o saldature.

*NOTA Dovrebbero essere utilizzati i morsetti a compressione conformi alla serie di norme CEI EN 50164.*

La saldatura dei ferri d'armatura è permessa solo con il consenso dal responsabile dei lavori civili. La saldatura dei ferri d'armatura dovrebbe estendersi per una lunghezza di almeno 30 mm (Fig. E.5).

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX



**Legenda**

- 1 Ferri d'armatura
- 2 Cordone di saldatura lungo almeno 30 mm

**Figura E.5 – Saldatura dei ferri d'armatura, se consentita**

La connessione dei corpi metallici esterni all'LPS dovrebbe essere effettuata mediante un conduttore addizionale che fuoriesce dal calcestruzzo nel punto stabilito, o da un conduttore o da una piastra che lo attraversa ed è connessa ai ferri d'armatura mediante saldatura o morsetto a compressione.

Quando la connessione tra i ferri d'armatura ed il conduttore è effettuata per mezzo di un morsetto a compressione, per ragioni di sicurezza (considerato che la giunzione non può essere ispezionata dopo la gettata di calcestruzzo) dovrebbero essere utilizzati due conduttori (o un conduttore con due morsetti su due diversi ferri). Se la giunzione è tra due metalli diversi, la zona della giunzione è opportuno sia impermeabilizzata.

La Fig. E.6 mostra il morsetto a compressione usato per interconnettere un ferro d'armatura e un conduttore massiccio.



La Fig. E.7 mostra il dettaglio della connessione tra un impianto esterno ed un ferro d'armatura.

I conduttori dovrebbero essere dimensionati per la frazione di corrente di fulmine che fluisce nel punto di connessione (Tab. 8 e 9).

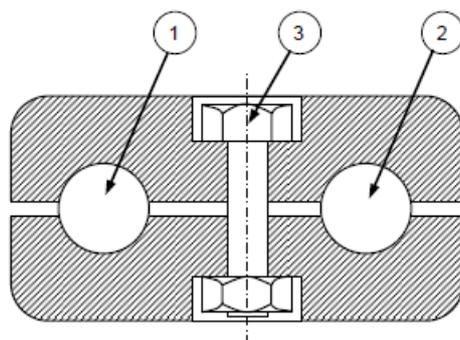


Figura E.6a – Connessione di un conduttore a sezione circolare ad un ferro d'armatura

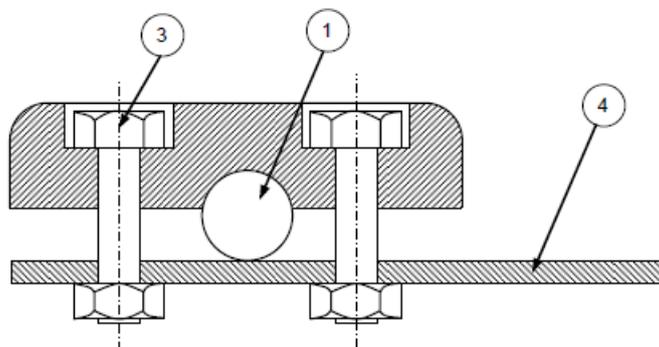


Figura E.6b – Connessione di un conduttore a nastro ad un ferro d'armatura

**Legenda**

- 1 Ferro d'armatura
- 2 Conduttore a sezione circolare
- 3 Vite
- 4 Conduttore a nastro

**Figura E.6 – Esempi di connessioni con morsetti a compressione**

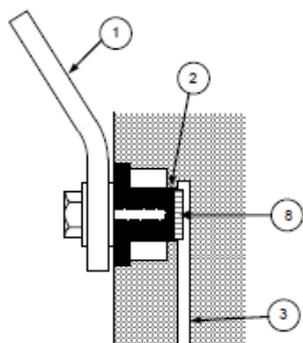


Figura E.7a

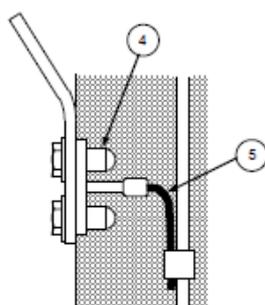


Figura E.7b

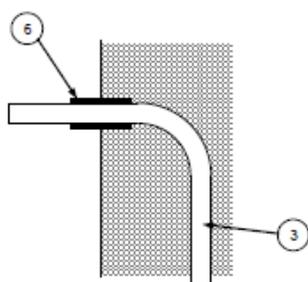


Figura E.7c

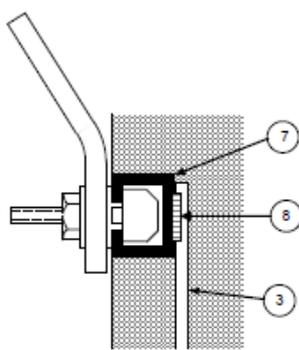


Figura E.7d

**Legenda**

- 1 Conduttore
- 2 Dado saldato al conduttore in acciaio
- 3 Conduttore in acciaio \*
- 4 Fissaggio in materiale non ferroso
- 5 Conduttore cordato in rame
- 6 Protezione dalla corrosione
- 7 Profilato in acciaio a C (barra di montaggio a forma di C)
- 8 Saldatura

\* Il conduttore in acciaio è connesso in più punti mediante morsetti o saldature ai ferri d'armatura.

NOTA La costruzione mostrata nella Fig. E.7c non è generalmente accettata come buona pratica ingegneristica

Figura E.7 – Esempi di punti di connessione ai ferri d'armatura

### 5.3.3 Materiali

I seguenti materiali possono essere usati come conduttori addizionali annegati nel calcestruzzo ai fini della protezione contro il fulmine: acciaio, acciaio ricotto, acciaio zincato, acciaio inossidabile e rame.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

L'impiego dell'acciaio zincato nel calcestruzzo qualche volta non è permesso dal responsabile dei lavori civili. Questo fatto è basato su un fraintendimento. L'acciaio dei ferri è reso passivo dalla presenza del calcestruzzo che ne eleva il potenziale elettrochimico e lo protegge dalla corrosione.

Al fine di evitare confusione tra i diversi tipi di acciaio nel calcestruzzo, è raccomandato, per i conduttori addizionali, l'utilizzo di conduttori tondi lisci di almeno 8 mm di diametro che si differenziano con quelli corrugati dei ferri d'armatura.

### 5.3.4 Corrosione

Se i conduttori addizionali fuoriescono dal calcestruzzo, dovrebbe essere posta una particolare attenzione per evitare la corrosione chimica.

La più semplice misura di protezione consiste nel prevedere un rivestimento di gomma silicica o catrame nel punto d'uscita dalla parete, per esempio per un tratto di 50 mm all'interno ed altrettanti all'esterno della parete stessa (Fig. E.7c).

I conduttori addizionali in rame che fuoriescono dal calcestruzzo non sono a rischio di corrosione se realizzati in conduttore massiccio e sono utilizzati appropriati punti di connessione, guaine di PVC o conduttori isolati (Fig. E.7b). Non sono necessarie misure di protezione dalla corrosione se si utilizzano conduttori in acciaio inossidabile, in accordo con le Tabelle 6 e 7.

In presenza di atmosfere particolarmente aggressive è raccomandato che il conduttore che attraversa la parete sia di acciaio inossidabile

*NOTA L'acciaio zincato fuori dal calcestruzzo in contatto con i ferri d'armatura nel calcestruzzo può causare, in*

*alcune circostanze, danni al calcestruzzo.*

Quando sono utilizzati dadi saldati o pezzi in acciaio ricotto all'esterno della parete, è opportuno che questi siano protetti dalla corrosione. Rondelle autobloccanti dovrebbero essere usate per realizzare il contatto elettrico attraverso il rivestimento protettivo del dado.

### 5.3.5 Giunzioni

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo-Bologna</b>
Messa a terra e protezione scariche Relazione tecnica	19_MTL2T1A1DIELDRBR005-0-1.DOCX

Alcune indagini mostrano come la legatura non sia adatta per le giunzioni interessate dalla corrente di fulmine. Vi è il rischio che il filo della legatura esploda e danneggi il calcestruzzo.

Tuttavia, sulla base di precedenti ricerche si può ritenere che almeno un terzo delle legature realizzati la connessione elettrica così che praticamente tutti i ferri d'armatura sono elettricamente connessi, i rilevati sperimentali eseguiti su strutture in calcestruzzo armato confermano questa conclusione.

Per le connessioni percorse da corrente di fulmine sono quindi preferibili saldature e morsetti a compressione. La legatura è una giunzione adatta solo per conduttori addizionali d'equipotenzializzazione e per connessioni relative all'EMC.

Le connessioni di corpi esterni ai ferri d'armatura dovrebbero essere effettuate mediante saldature o con morsetti a compressione.

Le saldature nel calcestruzzo dovrebbero essere lunghe almeno 30 mm. I ferri che si incrociano dovrebbero essere piegati in modo da risultare paralleli per almeno 50 mm prima del punto di saldatura.

Quando i ferri saldati sono nel calcestruzzo, non è sufficiente saldarli nel punto d'incrocio o per pochi millimetri. Queste giunzioni frequentemente si rompono durante la gettata.

La Fig. E.5 mostra una corretta saldatura ad un ferro d'armatura. Quando non è permessa la saldatura di un conduttore ad un ferro d'armatura, dovrebbero essere usati morsetti a compressione o conduttori addizionali dedicati. Detti conduttori addizionali possono essere di acciaio, di acciaio ricotto, acciaio zincato o rame. I conduttori addizionali dovrebbero essere connessi ad un numero elevato di ferri d'armatura mediante legature o morsetti a compressione al fine di trarre vantaggio degli effetti schermanti dei ferri d'armatura stessi.

*NOTA Quando la saldatura è permessa, possono essere utilizzate sia la saldatura convenzionale che quella*

*esotermica.*