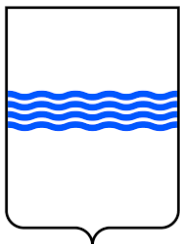


REGIONE BASILICATA

COMUNE DI ALIANO (MT)

Provincia MATERA



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI E DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

**Relazione tecnica  
Impianto di terra Cabina CS**

ELABORATO

**A.9.7**

**PROPONENTE:**



**SKI 04 s.r.l.**

via Caradosso n.9  
20123 - Milano  
P.Iva 11479190966

**PROGETTO E SIA:**



*ATECH srl*

*Via Caduti di Nassirya, 55  
70124- Bari (BA)  
pec: atechsrl@legalmail.it  
Ing. Alessandro Antezza*

**CONSULENZA:**



Via Corsica, 169 - 86039 Termoli (Cb) - Italy  
T.+39 0875751452 - M. +393294130607 - E-Mail: wirestudios[ls@gmail.com]

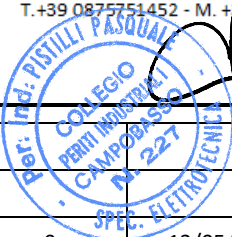
*[Handwritten signature]*



**SOLARITES s.r.l.**

Piazza V.Emanuele II n.14  
12073 - Ceva (CN)

0	13/05/2022	LP	LP	LP	Progetto Definitivo
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE





## Indice

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>2. NORME DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3. CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI 99-2 CEI 99- 3 E CEI 64-14 (SINTETICA DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO)</b> .....	<b>8</b>
<b>4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 30 KV</b> .....	<b>9</b>
<b>4.1. SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI</b>	<b>9</b>
<b>4.2. CONDUTTORI ESPOSTI (DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI)</b>	<b>11</b>
<b>4.3. CALCOLO TEORICO DELLA RESISTENZA DI TERRA</b>	<b>11</b>
<b>5. VERIFICA TEORICA DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 30 KV</b> .....	<b>14</b>
<b>6. CONSIDERAZIONI SULL' IMPIANTO PER GUASTO A TERRA SU LATO BT</b> .....	<b>16</b>
<b>7. COMPONENTI DELL'IMPIANTO DI TERRA</b> .....	<b>21</b>
<b>8. ALLEGATI:</b> .....	<b>23</b>

Regione	<i>Basilicata</i>				
Comune	<i>ALIANO</i>				
Proponente	<i>SKI 04 S.R.L. via Caradosso n.9 Milano 20123 P.Iva 11479190966</i>				
Redazione Progetto elettrico	<i>Wire Studio Srls Via Corsica, 169 86039 – Termoli (Cb)</i>				
Documento	<b>Relazione tecnica Impianto di terra Cabina CS</b>				
Revisione	<i>00</i>				
Emissione	<i>13 maggio 2022</i>				
Redatto	<i>Lino Pistilli</i>	Verificato	<i>A.A.</i>	Approvato	<i>O.T.</i>

Redatto: Gruppo di lavoro	<i>Wire Studio Srls</i>				
Verificato:	<i>Lino Pistilli</i>				
Approvato:	<i>Lino Pistilli</i>				



## **1. PREMESSA**

Wire studio - con sede in via Corsica n° 169 Cap 86039 Termoli (CB) ha realizzato, per conto della Spett.le Società SKY 04 srl con sede in via Caradosso n° 9, le attività di dimensionamento secondo le modalità prescritte dalle norme CEI sottoelencate dell'impianto di terra relativo al parco fotovoltaico sito in agro di Aliano ( Cabina CS)

## 2. NORME DI RIFERIMENTO

Per la verifica sull' impianto in questione, la normativa tecnica di riferimento è di seguito elencata:

CEI 3-27	Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature Indice, sommario e compilazione dei singoli fogli.
CEI EN 60617-2 CEI 3-14	Segni grafici per schemi. Parte 2: Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi ed altri segni di uso generale.
CEI EN 6041-2 CEI 3-50	Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature. Parte 2: Segni originali.
CEI EN 61936-1 CEI 99-2	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
CEI EN 50522 CEI 99-3	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
CEI 11-37	Guida per l'esecuzione di impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria
CEI EN 60364 CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua.
CEI EN 60364/1 CEI 64-8/1	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e definizioni principali.
CEI EN 60364/2 CEI 64-8/2	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 2: Definizioni.



CEI EN 60364/3 CEI 64-8/3	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 3: caratteristiche generali.
CEI EN 60364/4 CEI 64-8 /4	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 4: prescrizioni per la sicurezza.
CEI EN 60364/5 CEI 64-8 /5	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici.
CEI EN 60364/6 CEI 64-8 /6	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua Parte 6: verifiche.

Saranno inoltre rispettate le normative ed i regolamenti previsti dalla Legislazione Italiana per la prevenzione degli infortuni e le Direttive comunitarie.

### **3. CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI 99-2 CEI 99- 3 E CEI 64-14 (SINTETICA DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO)**

L'impianto elettrico in questione è classificabile in relazione al paragrafo 2.1.3c delle norme CEI 11-1 come sistema di seconda categoria (tensione nominale compresa tra 1.000 V e 30.000 V in alternata) ed è così costituito:

L'impianto eolico è costituito da sei aerogeneratori installati nei rispettivi campi eolici.

I generatori eolici costituenti l'impianto sono del tipo tripala da 6600kVA @ 1500 RPM con una tensione di generazione pari a 690V di costruzione Siemens Gamesa

L'energia prodotta da ciascun generatore in bassa tensione viene elevata in media tensione a 30kV mediante un trasformatore posizionato all'interno di ciascuna torre di macchina.

Un cavidotto in media tensione che collega tra loro le varie cabine facenti parte del campo eolico, raccoglie tutta l'energia trasportandola fino alla cabina di raccolta della stazione elettrica Aliano.

Impianto di cogenerazione, composto da 6 aerogeneratori avente potenza elettrica pari a 6600 kW, per una potenza complessiva di 39,6 MW Vedi schema elettrico allegato e disposizione planimetrica aereo generatori.

L'impianto di terra di ogni torre è costituito da corda di rame nuda da 120 mm<sup>2</sup> interrata a 60 cm dal piano di calpestio disposta a 1m di distanza dal basamento di cemento della torre e da una corda di rame nudo da 120mm<sup>2</sup> interrata a 250 cm dal piano di calpestio disposta lungo la circonferenza della torre entrambe le corde sono interconnesse tra di loro tramite giunti a "C", interconnesse con l'armatura tramite saldatura esotermica e interconnesse con 4 dispersori a croce di diametro 18 mm di 1,5 mt di altezza disposti ai 4 angoli della torre.

Le torri sono interconnesse tra di loro tramite corda di rame nuda da 95mm<sup>2</sup> .

Si specifica che la suddetta rete costituisce un unico dispersore di terra, e che lo stesso, è stato dimensionato ed coordinato sia per le correnti di guasto monofasi in media tensione, sia per le correnti di guasto omopolari circolanti sull'impianto esercito in bassa tensione.

Nel nostro caso trovandoci di fronte ad un sistema IT, la rete in media tensione è completamente isolata da terra



## 4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 30 KV

Per un impianto alimentato a 30 kV affinché si possa realizzare il corretto dimensionamento dell'impianto di terra è necessario che l'ente erogatore di energia, nel nostro caso la rete a 30 kV derivata dalla sotto stazione di ALIANO, comunichi all'utente i valori della corrente di guasto monofase in MT ed il tempo necessario per l'eliminazione dello stesso. Si specifica che la rete di terra della cabina CS è isolata dalla rete di terra della sotto stazione, ne consegue che in caso di guasto di una linea all'interno del campo eolico la linea di alimentazione proveniente dalla sotto stazione alimenterà il guasto con la propria corrente capacitiva, il valore della capacità del nostro caso coincide con la corrente di guasto monofase a terra. (Vedi calcolo della correnti di corto circuito elaborato A9.1)

Tensione dichiarata	30 kV+/- 10%
Frequenza nominale	50 HZ
Corrente di Corto circuito trifase	15,12kA
Stato del neutro	isolato
Corrente di guasto bifase a terra	13,09kA
Tempo di eliminazione del guasto	0,5 sec
Corrente di guasto Monofase a terra	72A

### 4.1. Sezione minima dei conduttori

Il sistema di terra è costituito da due tipologie di conduttori:

- conduttori interrati che formano la rete disperdente;
- conduttori di collegamento alla rete interrata.

Il calcolo delle sezioni minime è in accordo alle norme CEI 99-3

Conduttori interrati (dimensionamento dei conduttori che compongono l'anello interrato).

Un'eventuale corrente di guasto portata sulla rete disperdente da un collegamento di terra trova un unico percorso per cui si assume una corrente di guasto omopolare pari al 100 % del valore indicato dall'ente erogatore. La rete interrata è stata dimensionata per sopportare per una corrente di 15,12 KA per 1 secondo.

Applicando la seguente formula avremo:

$$A = \frac{I}{K} \times \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

dove:

$A$  è la sezione in mm<sup>2</sup>

$I$  è la corrente in ampere

$t_f$  è la durata in secondi della corrente di guasto

$K$  è una costante che dipende dal materiale del componente percorso dalla corrente; la Tabella D.1 indica i valori per i materiali più comuni assumendo una temperatura iniziale di 20 °C

$\beta$  è il reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a 0°

$\theta_f$  è la temperatura finale in gradi Celsius

$\theta_i$  è la temperatura iniziale in gradi Celsius. I valori possono essere rilevati dalla IEC 60287-3-1. Se nelle tabelle nazionali non è indicato alcun valore, si dovrebbe adottare, come temperatura del terreno alla profondità di 1 m, quello di 20°C

<b>Materiale</b>	<b><math>\beta</math> (°C)</b>	<b><math>K</math> (<math>A\sqrt{s}/mm^2</math>)</b>
<b>Rame</b>	234.5	226
<b>Alluminio</b>	228	148
<b>Acciaio</b>	202	78

Ipotizzando una temperatura iniziale di 20° e una temperatura finale di 300°, applicando i coefficienti di tabella B-1, si ottiene che la sezione ammessa in relazione alla corrente di guasto bifase a terra che è della durata di 1 secondo, sarà pari a 77,66 mm<sup>2</sup>.

La sopracitata norma, nell'allegato "A", indica che, in caso di utilizzo di conduttori in rame, la sezione minima del dispersore per garantire la resistenza meccanica e la corrosione deve essere uguale o superiore a 25 mm<sup>2</sup>; inoltre, raccomanda che la composizione della corda deve essere realizzata con conduttori di diametro pari a 1,8 mm.

#### **4.2. Conduttori esposti (dimensionamento dei conduttori equipotenziali)**

Per quanto afferisce i conduttori di collegamento alla rete interrata realizzati in PVC, ipotizzando una temperatura iniziale di 20° e una temperatura finale di 160° e applicando i coefficienti di tabella D-1 e i coefficienti della tabella 54B (CEI 64-8/5), si ottiene che la sezione ammessa in relazione alle correnti omopolari indicateci dall'ente distributore sarà pari a 101 mm<sup>2</sup>.

La sopracitata norma, nell'allegato "A" indica che, in caso di utilizzo di conduttori in rame, la sezione minima del dispersore per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione deve essere uguale o superiore a 25 mm<sup>2</sup>.

#### **4.3. Calcolo teorico della resistenza di terra**

Nel nostro caso, il dispersore di terra, è costituito da un anello interrato ad una profondità di 0,5 mt, realizzata come detto con conduttori in rame nudo della sezione di 95 mm<sup>2</sup>. La lunghezza del dispersore orizzontale ' è pari a 6290 mt

L'area su cui sorge il parco fotovoltaico è situata su un terreno agricolo, la rete di terra sarà ad intimo contatto con del terreno. Pertanto, per la realizzazione della rete di terra è opportuno utilizzare della corda di rame nudo, prestando dovuta attenzione alla realizzazione delle giunzioni per le quali è consigliabile l'utilizzo di capicorda e superfici in rame stagnato.

Volendo determinare il valore teorico della resistenza di terra dell'impianto in oggetto, si può asserire che per un dispersore come quello rappresentato in planimetria, la resistenza di terra può essere determinata mediante la seguente formula:



$$R_e = \frac{\rho_E}{\pi L} \times \ln \frac{2L}{d}$$

$\rho_E$  resistività del terreno

$D = \frac{L}{\pi}$  diametro di un cerchio con area pari a quella del dispersore espresso in mt

Nel nostro caso, trovandoci in presenza di terreno di tipo misto, sterrato tipicamente usato come base nelle fondazioni per la sua compattezza, e terriccio, si è assunta una resistività del terreno pari a 100  $\Omega/m$  (allegato k tabella k1 norme CEI 11-1).

$$R_e = \frac{100}{3,14 \times 62900} \times \ln \frac{2 \times 6290}{0,011} = 0,07062 \Omega$$

Calcolo della resistenza teorica dei dispersori verticali:

$$R_e = \frac{\rho_E}{2 \times \pi \times L} \times \ln \frac{4 \times L}{d}$$

Dove:

$\rho_E$  resistività del terreno

$L$  lunghezza del dispersore verticale;

$d$  diametro del dispersore verticale.

Assumendo lo stesso valore di resistività del terreno usato per il calcolo del dispersore orizzontale ad anello e una lunghezza dei dispersori verticali di 1,5 mt con un diametro di 18 mm, avremo:

$$R_e = \frac{100}{2 \times 3,14 \times 1,5} \times \ln \frac{4 \times 1,5}{0,018} = 61,63 \Omega$$

Applicando la nota formula delle resistenze in parallelo avremo che la resistenza totale dell'impianto sarà:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_{v1}} + \frac{1}{R_{v2}} + \frac{1}{R_{v3}} + \frac{1}{R_{v4}} + \frac{1}{R_{v5}} + \frac{1}{R_{v\dots}} + \frac{1}{R_{v24}}} = 0,07061 \Omega$$

## 5. VERIFICA TEORICA DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 30 KV

Il calcolo del valore limite della resistenza di terra sulla parte dell'impianto alimentata a 30 kV, viene determinato in base alla norma CEI 11-1 tabella C-3 di sotto riportata:

TAB C-3:

Tempo di eliminazione del guasto	Tensione di contatto e di passo $U_c$ e $U_p$ in V
$\geq 10$	80
1,1	100
0,72	125
0,64	150
0,49	220
0,39	300
0,29	400
0,2	500
0,14	600
0,08	700
0,04	800

Prendendo come dato di partenza il tempo di eliminazione del guasto monofase verso terra (0,5 sec.), e la corrente di guasto (72 A) di Tab. A, con l'ausilio di tabella C-3, ci calcoliamo per interpolazione la tensione di passo e contatto limite, e di conseguenza, il valore limite della resistenza di terra  $R_{Lim}$  è pari a:

$$R_{Lim} = \frac{V_{Lim}}{I_g} = \frac{220 \text{ V}}{72 \text{ A}} = 3,05 \Omega$$

dove  $V_{Lim}$  è stato ricavato per interpolazione dai valori di tabella C-3 e quindi, assumendo come valore della resistenza totale di terra, il valore di resistenza teorico calcolato  $R_t = 0,07061 \Omega$ , si evince che  $R_t$  risulta inferiore al massimo valore limite ammissibile di  $3,05 \Omega$ . Infatti, si verifica che, nel caso di guasto su lato MT, la resistenza di terra eleverà il potenziale delle masse:

$$V_t = I_g \times R_t$$

al valore:

$$V_t = 72 A \times 0,07061 \Omega = 5,083 V < V_{Lim}$$

dove  $V_{Lim} = 220$  (tensione sicura, che può permanere per un tempo di 0,5 sec.)

Quindi, possiamo asserire che il valore ottenuto dal dimensionamento dell'impianto in oggetto, in base alle condizioni di esercizio della rete in MT a 30 kV, nel caso di guasto monofase verso terra, eleverà il potenziale delle masse ad esso collegato a valore di tensione non pericoloso.

In ogni caso sarà necessario realizzare una misura di passo e contatto all'interno del parco eolico.

## 6. CONSIDERAZIONI SULL' IMPIANTO PER GUASTO A TERRA SU LATO BT

Sul lato BT l'impianto è classificabile come un TN-S. In tale sistema l'anello di guasto è costituito esclusivamente da elementi metallici, abbiamo un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.

In questa tipologia di impianto elettrico, le funzioni di conduttore di protezione e di conduttore di neutro sono svolte da due conduttori distinti.

Come è noto dalle norme CEI 64/8 parte 4 l'impianto di terra ha lo scopo di proteggere le persone contro i contatti indiretti, ovvero contro i contatti con quelle masse metalliche normalmente non in tensione ma che, per un mal funzionamento dell'impianto, possono assumere un potenziale pericoloso.

Lo scopo principale dell'impianto di terra è quello di fare intervenire automaticamente le protezioni per interrompere l'alimentazione al circuito o al componente elettrico che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore a 50 Vc.a. oppure a 120 Vc.c. non ondulata.

Come specificato inoltre nella parte 4 par. 413.1.3 comma 3 delle norme CEI 64/8, le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile, in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro il tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a < U_0$$

dove:

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

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella 41-A delle norme CEI 64-8 in funzione della tensione nominale  $U_0$  oppure in un tempo convenzionale non superiore a 5 s. Se si dispone di un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente nominale  $I_{dn}$ .



$U_0$  è la tensione nominale in c.a., valore efficace fase terra.

In questo caso, il valore della resistenza di terra dell'impianto BT non contribuisce al dimensionamento delle protezioni dai contatti indiretti, dimensionamento che esula dagli scopi di questa relazione.

I conduttori di protezione collegati al centro stella del secondario del trasformatore devono essere dimensionati in modo da sopportare la corrente di guasto presunta fase-terra per un guasto immediatamente a valle dei morsetti del secondario dei trasformatori.

La sezione del conduttore di protezione non deve essere, quindi, mai inferiore al valore determinato dalla formula riportata nel paragrafo 543.1.1 della norma CEI 64/8, di seguito riportata:

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

dove:

$S_p$  è la sezione del conduttore di protezione in mm<sup>2</sup>;

$I$  è il 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);

$k$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dall'isolamento e da altri elementi, oltre che dalla temperatura iniziale e finale, ed è pari a  $\alpha\sqrt{\Delta\theta}$ .

Nell'impianto in esame i conduttori di protezione utilizzati sono costituiti da cavo e conduttori di protezione nudi in contatto con il rivestimento esterno dei cavi,  $K=143$  (rame, CEI tabella 54B).

Come conduttori di protezione saranno utilizzate prevalentemente cavi unipolari e, in alcuni casi, conduttori nudi, così come prescritto nel paragrafo 543.2.1.

La sezione minima del conduttore di protezione con funzioni anche di conduttore di neutro, per quanto riguarda l'alimentazione alle singole utenze è stata scelta in base alla tabella 54F della parte 5 par.543.1.2 della norma CEI 64/8, di seguito riportata;

TAB. 54F

Sezione del conduttore di fase dell'impianto S (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione Sp (mm <sup>2</sup> )
S < 16	Sp = S
16 < S < 35	16
S < 35	S = S/2

Se si applicano i dati di tabella 54F non è necessario effettuare la verifica nel paragrafo 543.1.1 della norma CEI 64/8.

Particolare importanza nella progettazione dell'impianto di terra in oggetto è stata posta nella scelta dei collegamenti equipotenziali.

I conduttori equipotenziali hanno lo scopo di evitare che possano formarsi pericolose differenze di potenziale tra masse metalliche capaci di introdurre un potenziale.

Al commento al paragrafo 547 della norma è infatti specificato che non è necessario collegare gli elementi conduttori che non siano in grado di introdurre un potenziale come per esempio certi serramenti, certe griglie di ventilazione e certe scale metalliche.

Il collegamento dei ferri di armatura nei calcestruzzi può essere limitato a quelli nel calcestruzzo annegato nel terreno.

Come è noto, dalle norme CEI 64/8 parte 5 par.547.1.1 e 547.1.2, i conduttori equipotenziali si dividono in conduttori equipotenziali principali e conduttori equipotenziali secondari.

I conduttori equipotenziali principali collegano tutte le masse estranee al collettore principale di terra. Il paragrafo 571.1.1 delle norme impone che essi abbiano una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata dell'impianto, con un minimo di 6 mm<sup>2</sup>.

I conduttori equipotenziali supplementari, devono collegare tra loro tutte le masse metalliche al conduttore di protezione.

I conduttori equipotenziali supplementari installati nell'impianto, in accordo a quanto affermato nel par. 547.1.2 della norma, hanno sempre una sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse.

Ogni conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa ad una massa estranea ha una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione. Nell'impianto in esame il collegamento equipotenziale supplementare è assicurato da masse estranee di natura permanente, quali carpenterie metalliche, oppure da una loro combinazione con conduttori supplementari.

Nel caso di guasto fase-PE, i conduttori di protezione più sollecitati sono quelli che collegano il centro stella del trasformatore al collettore di terra stesso.

La corrente di guasto subito a valle dei poli in BT del trasformatore ausiliario di sottostazione è pari a 3,57 kA.

Considerando un guasto subito a valle del trasformatore, la sezione minima di tali conduttori sarà:

$$S \text{ (Sezione minima)} = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k} = \frac{\sqrt{3570^2 \times 1}}{143} = 24,96 \text{ mm}^2$$

Mentre la sezione minima del collettore equipotenziale di terra sarà:

$$S \text{ (Sezione minima)} = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k} = \frac{\sqrt{3570^2 \times 1}}{143} = 24,96 \text{ mm}^2$$

Nel nostro caso è stata prevista l'installazione di un conduttore di sezione pari a 95 mm<sup>2</sup> su un collettore principale di sezione rettangolare pari a 100 mm<sup>2</sup> pertanto in ambedue i casi le sezioni risultano essere idonee.

La rete dell'impianto di terra generale è stata realizzata così come rappresentato nella planimetria



Per la realizzazione della rete di terra è stato previsto l'utilizzo di una treccia di rame nudo della sezione di 95 mm<sup>2</sup> interrata così come rappresentato sulla planimetria allegata e successivamente collegata ai vari dispersori.

I dispersori utilizzati sono in tondo di acciaio ramato di diametro pari a 18 mm.

## 7. COMPONENTI DELL'IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà realizzato in conformità alle norme già citate.

Esso sarà composto dai seguenti componenti:

- Dispensori in acciaio ramato diametro 18 mm l = 1,5 mt;
- Conduttori di terra da 95 mm<sup>2</sup> in rame nudo;
- Conduttori di terra da 240 mm<sup>2</sup> in rame ricoperto in PVC;
- Conduttori di terra da 120 mm<sup>2</sup> in rame ricoperto in PVC;
- Conduttori equipotenziali principali;
- Conduttori equipotenziali supplementari;
- Morsetti a compressione per corde di rame nudo;
- Capicorda a compressione.

I dispersori utilizzati nell'impianto sono:

- Dispensori in acciaio ramato diametro 18 mm - L = 1,5 mt;
- Conduttore cordato in rame di sezione 50 mm<sup>2</sup>;
- Dispersori di fatto, eventuali ferri di armatura nel calcestruzzo incorporati nel terreno.

Tali dispersori con le sezioni riportate sono ammessi dalla norma CEI 64/8 parte 5, commento del par. 542.2.3 e 542.2.4.

I conduttori di terra che hanno lo scopo di collegare i collettori di terra principali e secondari ai dispersori ed i dispersori tra loro, e sono di tipo:

- Cavo in rame nudo della sezione di 95 mm<sup>2</sup>;
- Cavo in rame della sezione di 120 mm<sup>2</sup> ricoperto in PVC;
- Conduttori di terra da 50 mm<sup>2</sup> in rame ricoperto in PVC;
- Elementi strutturali metallici inamovibili e masse estranee ammessi dal commento al paragrafo 542.3.1 della succitata norma.

In tale commento è inoltre raccomandato che i conduttori di terra abbiano un percorso breve e non siano sottoposti a sforzi meccanici.

Anche le giunzioni con il dispersore non devono danneggiare né i conduttori di terra né gli elementi del dispersore (per es. i tubi); si raccomanda che esse siano eseguite con saldatura forte od autogena o con appositi manicotti che assicurano il contatto equivalente a quello della saldatura.



## **8. ALLEGATI:**

- Schema unifilare n. A.16.b.7