



COMUNE DI ALTOPASCIO  
PROVINCIA DI LUCCA  
REGIONE TOSCANA

## IMPIANTO AGRIVOLTAICO "RNE13"

Proponente

**RNE13 S.R.L.**

Viale San michele del Carso, 22  
20144 Milano (MI)  
C.F. 12728030961

Progettazione

**SOCIETA' DI PROGETTAZIONE  
GSB CONSULTING SRL**

Via Passo Rolle, 9 – 20134 Milano (MI)  
P.IVA 11882750968



Preparato  
**Irina Giorgi**

Verificato  
**Gianandrea Ing. Bertinazzo**

Approvato  
**Vasco Ing. Piccoli**

## PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

### RNE13 RELAZIONE TECNICA ELETTRICA IMPIANTO DI TERRA

Elaborato N.

**R15**

Data emissione

12/12/24

Nome file

RELAZIONE IMPIANTO DI TERRA

N. Progetto

**RNE13**

Pagina

COVER

00

12/12/24

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI RNE13 S.R.L.. O GNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.  
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF RNE13 S.R.L. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

## Sommario

1	Premessa .....	3
2	Breve descrizione dell'impianto agri-FV in oggetto .....	3
3	Impianto di terra.....	6
3.1	Struttura di Sostegno Moduli FV.....	7
3.2	Moduli FV .....	7
3.3	String box .....	7
3.4	Cabine Elettriche .....	8
3.4.1	Cabina di Trasformazione .....	8
3.4.2	Cabina di Consegna.....	9
3.5	Cavidotto interni al campo.....	9
3.6	Recinzioni e Pali TVCC .....	9
3.7	Cavidotto Utente Esterno al campo.....	10
4	Dimensionamento dell'impianto di Terra .....	11
5	Accorgimenti per limitare i rischi di corrosione .....	12
6	Verifiche dell'impianto di Terra.....	13
7	Sistema di Protezione contro le Scariche Atmosferiche.....	14

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo di fornire una descrizione l'impianto di terra dell'impianto agri-voltaico di potenza nominale pari a 19'972,68 kWp e di potenza di immissione in rete pari a 17'250,00 kW denominato "RNE13".

## 2 Breve descrizione dell'impianto agri-FV in oggetto

L'impianto agrovoltaico e relative opere di connessione alla rete saranno realizzate nel territorio del Comune di Altopascio, provincia di Lucca, e Porcari, provincia di Lucca ed è identificato dalle seguenti coordinate geografiche relative alla posizione baricentrica dell'impianto FV:

- 43.815085°
- 10.644768°

In Figura 1 è riportata la posizione del sito interessato su immagine satellitare, inquadrato prima nel territorio delle Toscana, poi più specificatamente nel territorio comunale di Altopascio e Porcari.



Figura 1: Inquadramento dell'impianto su immagine satellitare

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La potenza nominale complessiva dell'impianto agrovoltaiico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli FV, è pari a 19'972,68 kWp, mentre la potenza in immissione in rete è determinata dalla potenza indicata sul preventivo di connessione, ed è pari a 17'250,00 kW.

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto agrovoltaiico a terra in configurazione lotto di impianti su strutture ad inseguimento solare mono-assiale per un'estensione complessiva di circa 23,8 Ha.

I moduli fotovoltaici, realizzati in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 26 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a doppia fila (configurazione 2-P). I moduli saranno opportunamente innalzati dal livello del terreno e le strutture di sostegno distanziate (pitch pari a 8,5m).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter centralizzati, posizionati direttamente in campo, a ciascuno dei quali saranno collegate fino ad un massimo di 13 cassette di stringa (o "string box"). A sua volta, ogni cassetta di stringa può ricevere in input un massimo di 17 stringhe di moduli fotovoltaici.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di sei cabine di trasformazione (due per ogni lotto di impianto) realizzate tramite soluzione containerizzata, contenenti fondamentalmente l'inverter centralizzato, il trasformatore MT/BT e i quadri elettrici MT e BT.

L'energia generata dall'impianto agrovoltaiico, composto da tre impianti di generazione distinti dal punto di vista elettrico (configurazione "lotto d'impianti" connessi in media tensione), viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 15 kV che confluiscono presso le tre cabine di consegna situate nel comune di Porcari al Foglio 8 p.lla 273, in posizione accessibile dalla viabilità pubblica, presso le quali è ubicato il punto di consegna dell'energia generata alla rete di distribuzione.

Tre elettrodotti interrati in Media Tensione a 15 kV trasporteranno quindi l'energia generata presso la cabina primaria nel comune di Porcari (LU).

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Figura 2: Inquadramento dell'impianto FV e relative opere di connessione su ortofoto

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



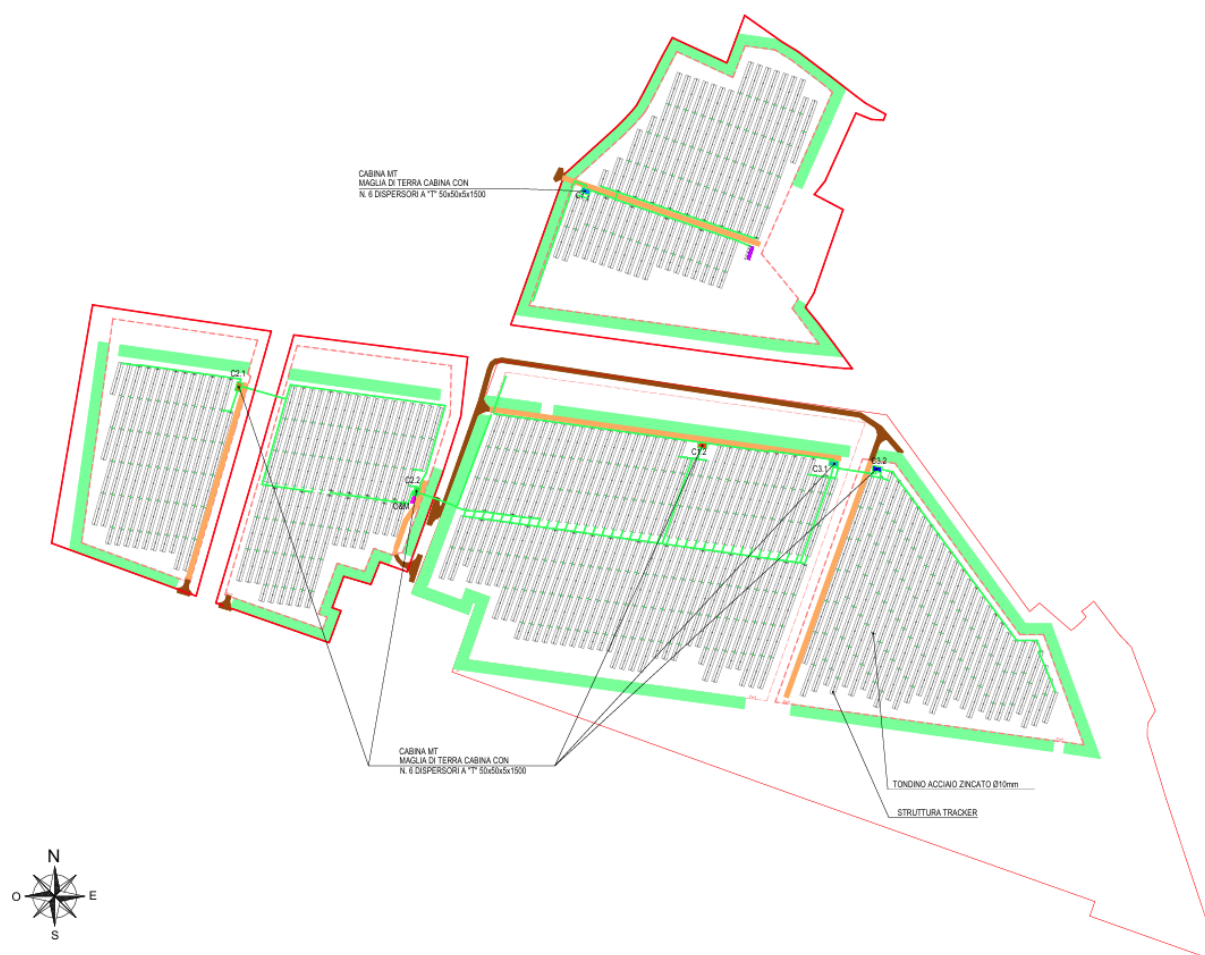
### 3 Impianto di terra

L'impianto di terra di un impianto di generazione agri-voltaico si sviluppa lungo un'area particolarmente estesa e quindi esistono regole precise da seguire per realizzare un'unica rete equipotenziale con la struttura FV, estesa fino alle cabine di trasformazione, alle cabine di consegna e alla cabina primaria Porcari. L'impianto di terra deve essere dimensionato in modo da essere capace di disperdere le correnti di guasto che potrebbero circolare a seguito di un guasto elettrico verso terra.

L'impianto di terra è fondamentalmente costituito da:

- una rete equipotenziale, ovvero un sistema di componenti che vengono collegati tra di loro mediante opportuni conduttori;
- collettori, ovvero dei punti di raccolta delle varie reti equipotenziali;
- dispersori, ovvero un insieme di elementi che saranno fisicamente installati nel terreno e collegati tra di loro tramite la rete equipotenziale/collettori.

Di seguito una rappresentazione della rete di terra dell'impianto RNE13



00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.1 Struttura di Sostegno Moduli FV

La struttura di sostegno dei moduli FV, costituita da inseguitori monoassiali 2P, costituisce un elemento essenziale di rete equipotenziale. È una struttura metallica per cui di per sé ogni palo della struttura di sostegno è equiparabile in linea di principio ad un dispersore di terra. È chiaro che il palo metallico che entra nel terreno è un pessimo dispersore se preso singolarmente, ma visto il numero importante di pali e, noto che la resistenza equivalente a resistenze collegate in parallelo è inferiore alla resistenza minore delle due, la struttura di sostegno è un ottimo dispersore equivalente verso terra.

Sarà necessario che:

- tutte le strutture metalliche di una stessa fila siano collegate tra di loro;
- tutte le strutture metalliche di differenti file siano collegate tra loro.

Il collegamento tra diverse strutture avverrà, su elementi di strutture di una stessa fila, tramite un cavo Giallo-Verde tipo G7 da 1x6 mm<sup>2</sup>.

Ciascuna fila di tracker sarà quindi collegata all'anello di terra perimetrale tramite una bandella in acciaio zincato a caldo 50x6mm.

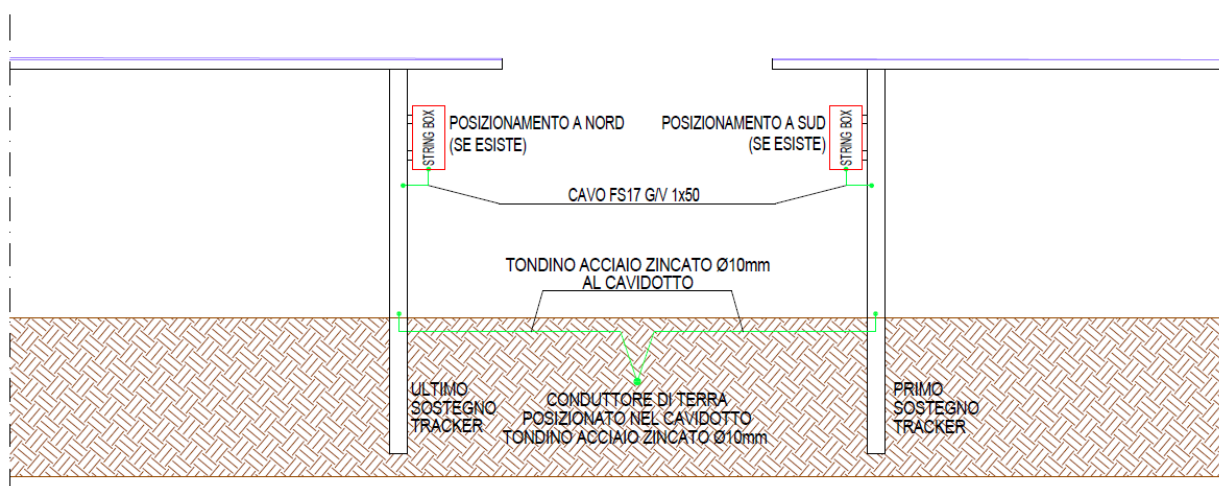


Figura 3 - Dettaglio messa a terra tracker

### 3.2 Moduli FV

I moduli FV saranno collegati alla rete equipotenziale della struttura di sostegno tramite il contatto diretto tra la cornice del modulo stesso e la struttura sulla quale è fissato.

### 3.3 String box

Gli String box sono installati su strutture metalliche e saranno collegati alla rete equipotenziale del campo tramite un cavo Giallo-Verde tipo FS17 da 1x50mm<sup>2</sup>.

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.4 Cabine Elettriche

Le cabine elettriche del campo FV sono fondamentalmente le cabine di trasformazione e la cabina di consegna.

#### 3.4.1 Cabina di Trasformazione

Le cabine elettriche hanno in ingresso i cavi in corrente continua degli string box, e sono in grado di trasformare l'energia elettrica proveniente dagli inverter centralizzati, mediante l'impiego di trasformatori MT/BT, da corrente alternata in Bassa Tensione (600V/655V) a corrente alternata in Media Tensione (15'000V). All'interno della cabina sarà distribuito il sistema di Bassa Tensione per l'alimentazione dei circuiti ausiliari (400V).

I vari sistemi elettrici avranno un unico sistema equipotenziale che raggrupperà i vari livelli in un apposito collettore di terra che verrà collegato con sistema di dispersione.

La cabina elettrica è fornita direttamente dal costruttore con i collegamenti equipotenziali tutti opportunamente dimensionati, sotto la responsabilità del costruttore stesso.

Le cabine di trasformazione saranno circondate da un singolo anello costituito da tondo in acciaio zincato a caldo avente diametro 10 e sezione 78,5 mm<sup>2</sup> e da 6 dispersori in acciaio zincato DR1015 che, opportunamente collegata alla rete equipotenziale in due punti distinti, garantirà la sicurezza dell'operatore considerando le protezioni differenziali a 30mA, per la sezione in Bassa Tensione (sistema TN).

### CABINA TRASFORMAZIONE

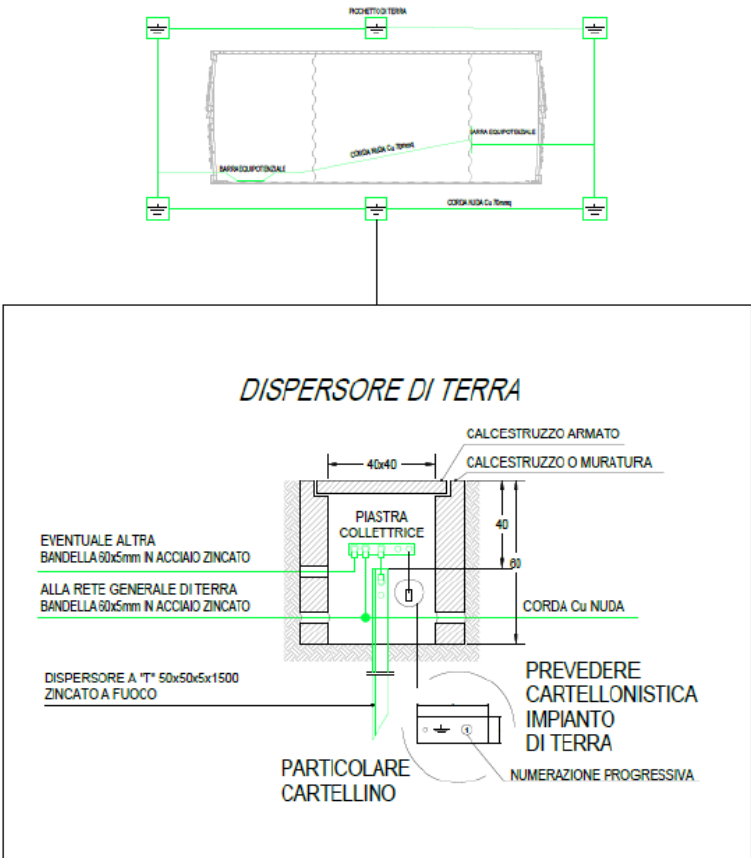


Figura 4: Impianto di Terra cabina di trasformazione

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



### 3.4.2 Cabina di Consegna

Le cabine di consegna hanno in ingresso i cavi in Media Tensione (15'000V) dalla distribuzione interna del campo ed in uscita la connessione con il sistema RTN nazionale – gestito da e-Distribuzione.

Il sistema equipotenziale della cabina di consegna sarà costituito da una corda nuda in rame avente sezione  $35\text{mm}^2$ , posizionata ad 1m dalla sagoma della cabina, da 6 dispersori in acciaio zincato DR1015. Uno di questi dispersori (interno al campo agrovoltaiico) sarà posizionato all'interno di un pozzetto ispezionabile con collettore di terra per opportune verifiche e misure.

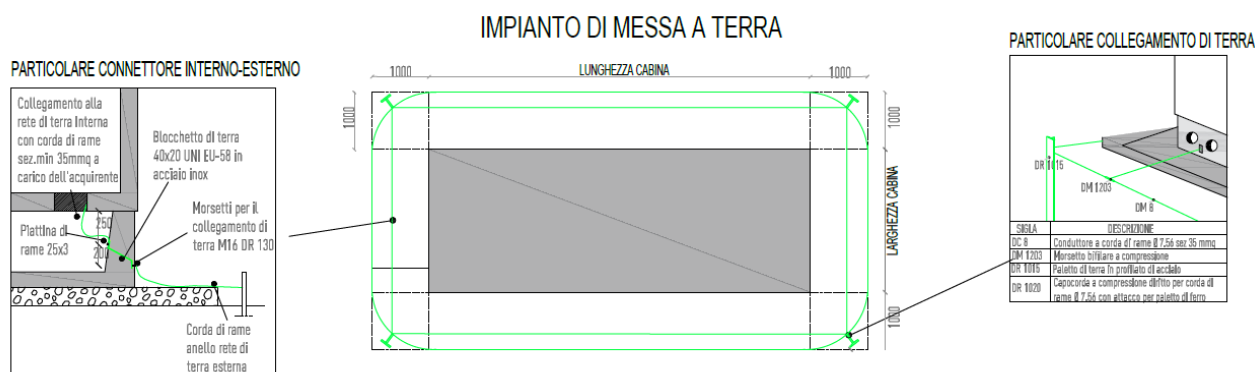


Figura 5: Dettagli impianto di terra cabina di consegna

I vari sistemi equipotenziali interni alla cabina di consegna dovranno convergere al collettore principale, interno alla cabina.

### 3.5 Cavidotto interni al campo

Cavidotti: tutti i cavidotti avranno un cavo/sbarretta che correrà lungo tutto il cavidotto e che dovrà essere di sezione opportune (almeno  $40\text{mm}^2$ ); questi cavi/sbarrette saranno opportunamente collegati agli altri sistemi di terra.

### 3.6 Recinzioni e Pali TVCC

Ogni palo del sistema TVCC sarà alimentato da un cavo elettrico che porterà anche la terra, per cui basterà assicurarsi le varie parti metalliche siano una massa equipotenziale, mediante collegamenti con cavo Giallo-Verde isolato, resistente ai raggi UV, di sezione pari a  $2 \times (1 \times 6) \text{ mm}^2$  -  $2 \times$  poiché dovranno essere garantiti collegamenti ridondanti con percorsi differenti.

In caso di utilizzo di cavi ed apparecchiature a bordo palo in classe II, la messa a terra non sarà obbligatoria (CEI 64-8).

Il cancello ed i pali delle recinzioni in corrispondenza del cancello sono già un sistema di terra: bisognerà garantire l'equipotenzialità tra questi elementi, mediante l'utilizzo del tondino di acciaio della stessa tipologia adottata nel cavidotto o il cavo isolato giallo-verde da  $6\text{mm}^2$ .

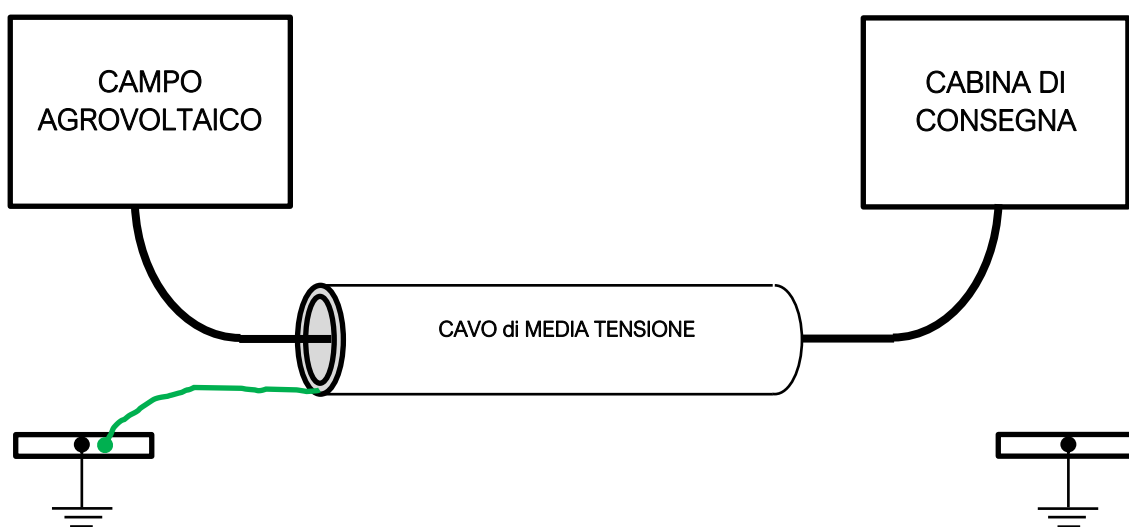
Non sarà necessario collegare la restante parte della recinzione, poiché ogni palo sarà distante più di 2m dall'equipotenziale e costituirà di fatto un sistema di terra parziale.

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.7 Cavidotto Utente Esterno al campo

Se per l'impianto di terra del campo agri-FV, la rete equipotenziale è unica, dal punto di vista elettrico, le cabine di trasformazione sono collegate alle cabine utente e alle cabine di consegna mediante tre elettrodotti in Media Tensione. Questo collegamento non deve comportare un'interazione diretta (by pass) tra punti equipotenziali fisicamente distanti, così da evitare possibili dispersioni indesiderate.

Al fine di evitare questa interazione, sarà necessario connettere lo schermo all'equipotenziale di terra che è lo schermo metallico dei cavi di Media Tensione, in una sola delle estremità, ed in particolare quella di arrivo (più lontana dalla cabina di consegna), mentre la seconda estremità deve rimanere isolata, lasciandola all'interno della guaina del cavo totale, come ben schematizzato in verde nella figura sottostante;



Connessione schermo cavo Media Tensione (verde) tra Campo agri-voltaico e Cabina di Consegna

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 4 Dimensionamento dell'impianto di Terra

Per il corretto dimensionamento dell'impianto di Terra dovrà essere verificate la tenuta al corto circuito (energia passante) per guasto fase-terra, applicando la seguente formula:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_{PE}}$$

dove:

- $I_{CC}$  è la corrente di corto circuito verso terra della tratta in analisi, per cui dovrà essere fatto il calcolo per ogni sezione; per la sezione di Media Tensione, questo valore sarà calcolato in funzione del valore di corto circuito immediatamente a valle dei trasformatori BT/MT nelle cabine di trasformazione;
- $t$  è il tempo di estinzione del guasto, determinato in base al settaggio delle protezioni;
- $K_{PE}$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore, dal materiale isolante e dal tipo di conduttore utilizzato; si consideri che nelle cabine elettriche, il conduttore è di solito nudo ed assume valori pari a: per corda di Rame nuda è 228; per corda di Alluminio nuda è 125; per conduttore di Ferro nudo è 82.

**La verifica della tenuta al corto circuito ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:**

$$S_{\text{tratta}} > S_{PE}$$

Questa verifica verrà fatta per ogni sezione.

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 5 Accorgimenti per limitare i rischi di corrosione

In fase di costruzione possono essere scelti conduttori equipotenziali di materiali diversi, ma bisogna essere particolarmente attenti alle modalità con le quali vengono garantite le continuità elettriche, poiché il contatto diretto tra materiali metallici molto distanti nella scala dei potenziali elettrochimici, come ad esempio tra rame e ferro, può ingenerare dei fenomeni di corrosione.

Una giunzione molto comune negli impianti di terra è quella tra acciaio zincato e rame. Per evitare la corrosione fra zinco e rame si può utilizzare per la giunzione un metallo con potenziale elettrochimico intermedio come il bronzo o l'ottone, oppure utilizzare capocorda stagnati o cadmiati. In ogni caso, per quanto concerne la resistenza meccanica e protezione contro la corrosione, devono essere rispettate le dimensioni minime prescritte dalla Norma CEI EN 50522 e 64-8.

Il tondino di acciaio zincato a caldo può avere un punto debole in corrispondenza del taglio, in quanto nel punto stesso del taglio verrà rimossa la zincatura a taglio: in questo caso si richiede l'utilizzo di barriere fisiche, mediante l'utilizzo di nastature con materiali auto-vulcanizzanti, vernici, resine o catrame, tali da rendere la giunzione impermeabile all'acqua e all'aria.

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 6 Verifiche dell'impianto di Terra

La resistività del terreno di un impianto agrovoltaiico è molto variabile in funzione:

- della conformazione del terreno; data la vastità del presente impianto potrebbero esserci terreni in aree sempre riconducibili a questo impianto, con caratteristiche diverse;
- dalle condizioni ambientali; in funzione del grado di umidità del particolare momento, la resistività tenderà a valori molto alti nelle stagioni secche e a valori bassi nelle stagioni umide.

Vista la tipologia di terreno presente in questo impianto, sarà necessario tener conto anche delle condizioni ambientali nelle misure di verifica dell'impianto di terra.

La verifica dell'impianto di terra verrà fatta:

- mediante la misura della resistenza di terra in ogni cabina elettrica; la prova dovrà essere fatta prima di effettuare il collegamento del suo Sistema di terra con il Sistema generale: solo ad ottenimento dei valori accettabili (tipicamente  $<1,5\Omega$ ) sarà possibile collegare il sistema di terra della cabina con il sistema di terra di campo FV. Qualora i risultati non dovessero essere in linea con le aspettative, sarà necessario aumentare il numero di picchetti;
- mediante la misura della tensione di passo e di contatto, individuando un numero congruo di punti per ogni campo (a seconda dell'estensione del campo FV stesso), ottenendo un valore in accordo con le Norme di Riferimento.

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



## 7 Sistema di Protezione contro le Scariche Atmosferiche

L'installazione dell'impianto agrovoltaiico nell'area, prevedendo mediamente strutture di altezza contenuta e omogenee tra loro, non alterano il profilo verticale dell'area medesima. Ciò significa che le probabilità della fulminazione diretta non è influenzata in modo sensibile. Considerando inoltre che il sito non sarà presidiato, la protezione della fulminazione diretta sarà realizzata soltanto mediante un'adeguata rete di terra che garantirà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiare i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata. In aggiunta, considerata l'estensione dei collegamenti elettrici, tale protezione è rafforzata dall'installazione di idonei SPD (Surge Protective Device – scaricatori di sovratensione).

00	12-12-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione