

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: BAT

COMUNI: SPINAZZOLA

ELABORATO:

IMP

OGGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 99,418 MWP
PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE CALCOLO PRELIMINARE
IMPIANTI**

PROPONENTE:

**FRV ALISEI SOCIETA' A RESPONSABILITA'
LIMITATA**
Via Assarotti,7
10122 Torino (TO)
frvalisei@pec.it

ing. Massimo CANDEO

Ordine Ing. Bari n° 3755
Via Canello Rotto, 3
70125 Bari
m.candeo@pec.it

ing. Gabriele CONVERSANO

Ordine Ing. Bari n° 8884
Via Michele Garruba 3
70122 Bari
gabrieleconversano@pec.it

Collaborazione:

ing. Gianluca Pantile
Ord. Ing.ri Brindisi n° 803

Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Giugno 2021	0	Emissione	Ing. Gabriele Conversano	ing. Massimo Candeo

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

Sommario

1	GENERALITA'	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	SICUREZZA ELETTRICA IMPIANTO	4
3.1	PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI.....	4
3.2	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	4
3.3	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	5
4	PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI	6
4.1	STRUTTURE DA PROTEGGERE.....	6
4.2	CALCOLO DELLE COMPONENTI DI RISCHIO	6
5	DESCRIZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	10
5.1	DISTRIBUZIONE ELETTRICA INTERNA ED ESTERNA IN M.T.	11
5.2	VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE M.T.....	15
5.3	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI	17
5.4	VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA	18
5.5	VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE	18
5.6	CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA U_T	19

1 GENERALITA'

il progetto proposto riguarda un impianto fotovoltaico della potenza nominale in DC di 99,418 MW e potenza in AC di 100 MW, proposto dalla società FRV ALISEI srl ed ubicato in Località Masseria Sorrento in agro del Comune di Spinazzola e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) necessarie per il trasporto dell'energia prodotta.

La cessione dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico alla RTN avverrà con collegamento dello stesso all'ampliamento della Stazione Elettrica Terna di futura realizzazione sita nei pressi di quella esistente di Genzano di Lucania (PZ).

Tale connessione prevede la costruzione di un cavidotto interrato in media tensione che dalle due aree di ubicazione delle centrali fotovoltaiche, giungerà su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Utente 30/150 KV, collegata tramite stallo all'interno del vicino ampliamento della Stazione Elettrica Terna di Genzano di Lucania di futura realizzazione.

La stazione di elevazione 30/150 kV avrà ubicazione in SP79 – Strada Provinciale Marascione-Lamacolma, in un'area nella disponibilità della società proponente.

Tutta l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile sarà trasmessa tramite RTN, secondo condizioni e leggi definite da ARERA (Autorità di Regolazione per l'Energia Reti e Ambiente).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si è fatto riferimento per la progettazione dell'impianto di produzione sono le seguenti, come ad oggi modificate ed integrate:

- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- CEI 20-66: Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ($U_m = 42$ kV) fino a 150 kV ($U_m = 170$ kV);
- CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;

- CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- 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.

3 SICUREZZA ELETTRICA IMPIANTO

3.1 PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI

La protezione dalle sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2, \text{ dove:}$$

I_B = Corrente di impiego del cavo;

I_N = Corrente nominale dell'interruttore;

I_z = Portata del cavo;

I_{cc} = Corrente di corto circuito;

t = tempo di intervento dell'interruttore;

K = Coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo;

S = Sezione del cavo

3.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Le varie sezioni dell'impianto sono composte da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

3.3 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella:

$$Z_s \times I_d \leq U_0$$

Dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello del guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del DDP espresso in Ampere, secondo la CEI 64-8/4; quando il DDP è differenziale, la I_a è la corrente differenziale $I_{\Delta n}$.

U_0 tensione nominale in corrente alternata (valore efficace della tensione fase-terra) espresso in Volt

Tempi max di interruzione per sistemi TN:

$u_0(V)$	Tempo di Interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato CC è flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa. A scop cautelativo ogni inverter sarà munito di un dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

4 PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI

Si valuta il rischio di fulminazione delle strutture facenti parti dell'impianto fotovoltaico in oggetto, con riferimento al rischio di perdita di vita umana. Il calcolo, svolto secondo la norma CEI 81/10, non tiene conto del fatto che l'area in esame, data la sua collocazione, è caratterizzata da una scarsa presenza di persone, che di fatto riduce la probabilità di danno a valori inferiori a quelli risultanti dall'applicazione della suddetta procedura.

4.1 STRUTTURE DA PROTEGGERE

Le strutture da installare all'interno dell'impianto fotovoltaico nel Comune di Spinazzola (BAT) consistono in:

- impianto FV (FV)
- cabina di campo (CC)
- cabina di consegna (CO)

Per tali strutture si è proceduto al calcolo del solo rischio di perdita di vite umane (rischio di tipo 1), come da Norma CEI EN 62305-2.

4.2 CALCOLO DELLE COMPONENTI DI RISCHIO

La valutazione del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2 pone le seguenti definizioni:

Sorgenti di danno

- S1:** fulmine sulla struttura
- S2:** fulmine in prossimità della struttura
- S3:** fulmine sulla linea
- S4:** fulmine in prossimità della linea

Tipo di danno

- D1:** danno ad esseri viventi per elettrocuzione
- D2:** danno materiale
- D3:** guasto di impianti elettrici ed elettronici

Tipo di perdita

- L1:** perdita di vite umane, alla quale è associato il rischio R1

L2: perdita di servizio pubblico, alla quale è associato il rischio R2

L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile, alla quale è associato il rischio R3

L4: perdita economica, alla quale è associato il rischio R4

Nel presente documento si fa riferimento alla sola perdita di vita umane (L1), in quanto le altre non sono di interesse per il caso specifico.

Componenti di rischio

Le singole componenti di rischio definite nella suddetta norma sono le seguenti:

Sorgente S1

RA = componente relativa ai danni ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno alle calate.

RB = componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente.

RC = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S2

RM = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S3

RU = componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuta alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura stessa.

RV = componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso la linea entrante.

RW = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

Sorgente S4

RZ = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La Tabella 2 della Norma, di seguito riportata, associa le componenti di rischio ai rischi relativi a ciascun tipo di perdita.

Sorgente di danno	Fulminazione diretta Della struttura (S1)			Fulminazione in Prossimità della Struttura (S2)	Fulminazione diretta In prossimità di Una linea entrante (S3)	Fulminazione diretta In prossimità di Una linea entrante (S4)		
	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

(1) Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana;

(2) Soltanto in strutture ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali;

Nel caso in esame verrà considerato il solo rischio R1:

$$R_1 = R_A + R_U + R_B + R_V$$

Il calcolo delle componenti di rischio è effettuato con le seguenti formule:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

$$\text{dove: } L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

$$\text{dove: } L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U$$

$$\text{dove: } L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V$$

$$\text{dove: } L_U = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

Con:

N_D = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura

N_L = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea

N_{Dj} = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente

P_A = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminazione sulla struttura)

P_B = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminazione sulla struttura)

P_U = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminazione sul servizio connesso)

P_V = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminazione sul servizio connesso)

L_T = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso

L_F = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso

r_t = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione

r_p = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio

r_f = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio

h_z = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari

n_z = numero delle persone nella zona

n_t = numero di persone nella struttura

t_z = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

5 DESCRIZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico è stato opportunamente suddiviso in n. 16 CAMPI FOTOVOLTAICI in funzione della ubicazione e conformazione dei terreni complessivamente disponibili.

La conversione dalla c.c. in B.T. alla c.a. in B.T. avverrà impiegando inverter di stringa outdoor marca SUNGROW modello SG250HX opportunamente dislocati in campo, ciascuno dei quali riceverà in ingresso un certo numero di stringhe in funzione delle esigenze progettuali con specifico riferimento alle diverse combinazioni e distribuzione delle strutture come da layout di progetto.

La trasformazione dalla B.T. in c.a. a 400 V alla M.T. in c.a. a 30 kV avverrà grazie ad apposite Cabine di Trasformazione del tipo MVS6300-LV prodotte da SUNGROW scelte in maniera tale da bilanciare elettricamente in modo adeguato l'elevazione della tensione dalla B.T. in c.a. a 400 V a valle della conversione c.c./c.a. alla M.T. a 30 kV che risulta essere la tensione di esercizio dell'impianto di produzione.

Ne è risultato il generatore fotovoltaico da 99,418 MWp così distribuito:

Area	CAMPO FV	Potenza nominale CC [kWp]	Potenza nominale AC [kW]	Rapporto CC/AC	Cabina di Trasformazione associata
A	A1	6.458	5.850	1,10	CTA1
A	A2	6.474	5.850	1,11	CTA2
A	A3	6.474	5.850	1,11	CTA3
A	A4	6.224	5.625	1,11	CTA4
A	A5	6.224	5.625	1,11	CTA5
A	A6	6.224	5.625	1,11	CTA6
A	A7	6.224	5.625	1,11	CTA7
B	B1	6.458	5.850	1,10	CTB1
B	B2	6.209	5.625	1,10	CTB2
B	B3	6.443	5.850	1,10	CTB3
B	B4	6.443	5.850	1,10	CTB4
C	C1	6.848	6.300	1,09	CTC1
D	D1	5.741	5.175	1,11	CTD1
D	D2	5.741	5.175	1,11	CTD2
D	D3	5.741	5.175	1,11	CTD3
D	D4	5.491	4.950	1,11	CTD4
		99.418	90.000		

Nella tabella sopra riportata, ogni CAMPO FOTOVOLTAICO individuato è stato associato ad una corrispondente Cabina di Trasformazione del tipo come sopra descritto.

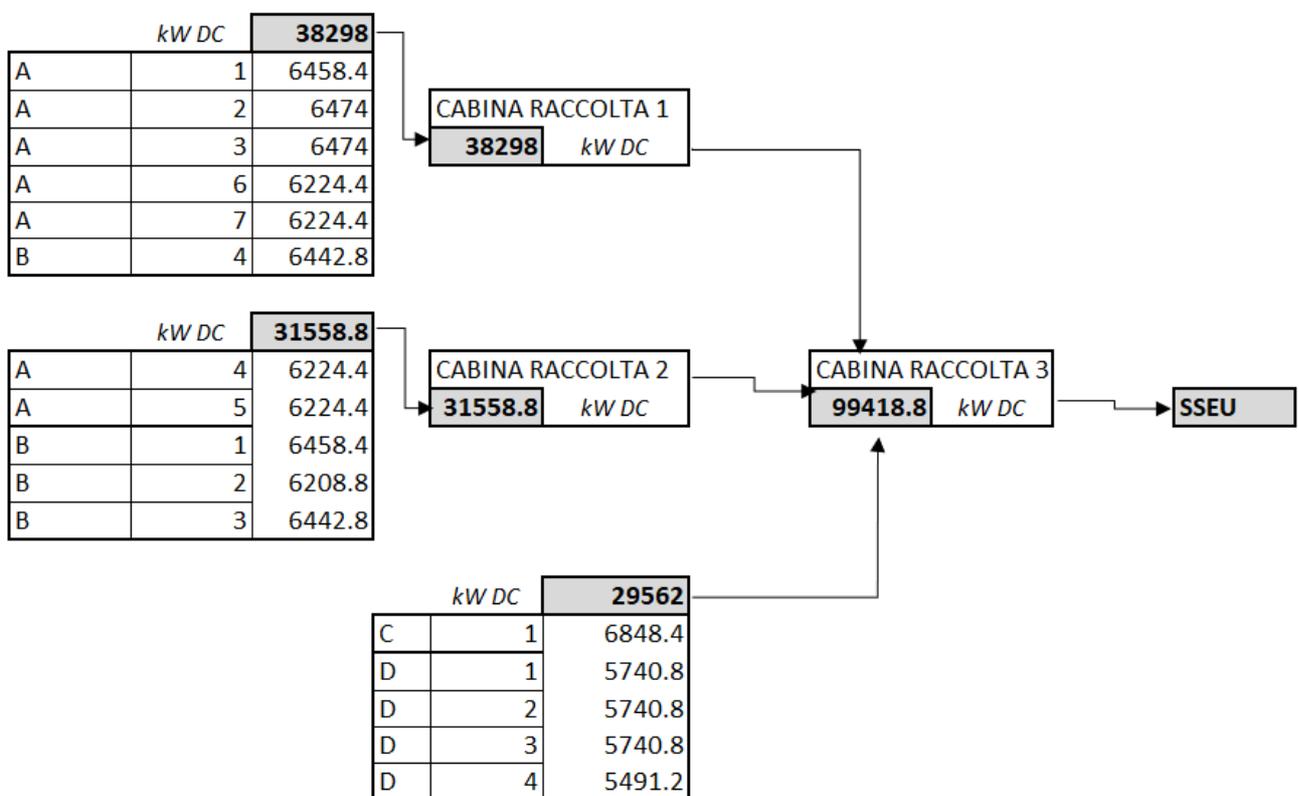
Il valore 99,418 MWp è la potenza nominale (di picco) dell’impianto di produzione, ossia la massima potenza erogabile dall’impianto di produzione all’instaurarsi delle cosiddette Standard Test Conditions (STC) corrispondenti ad una temperatura ambiente di 25 °C e ad un irraggiamento solare di 1.000 W/m².

Tale potenza è stata determinata come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici che si prevede di installare in funzione delle scelte e dei vincoli progettuali.

Durante il funzionamento dell’impianto, la potenza che lo stesso sarà in grado di erogare al netto delle perdite complessive del sistema fotovoltaico, e dunque immettere effettivamente in rete in A.T., sarà sempre inferiore, in qualsiasi condizione di esercizio, alla massima potenza in immissione autorizzata da TERNA S.p.A., pari a 100 MW, e tanto sarà opportunamente disciplinato dal futuro contratto di connessione ed annesso regolamento di esercizio.

5.1 DISTRIBUZIONE ELETTRICA INTERNA ED ESTERNA IN M.T.

Per esigenze di ottimizzazione del progetto elettrico, sono state previste tre Cabine di Raccolta in cui i vari sottocampi fotovoltaici sono collegati come da schema a blocchi seguente



Per esigenze di ottimizzazione del progetto elettrico, sono state previste tre Cabine di Raccolta come di seguito descritto:

- la Cabina di Raccolta 1 (CR1) che raccoglie l'energia prodotta dai CAMPI FOTOVOLTAICI A1, A2, A3, A6, A7, B4 a costituire un GRUPPO DI GENERAZIONE 1 della potenza nominale di 38,298 MWp, fungendo da collettore delle uscite in M.T. provenienti dalle relative Cabine di Trasformazione CTA1, CTA2, CTA3, CTA6, CTA7, CTB4;
- la Cabina di Raccolta 2 (CR2) che raccoglie l'energia prodotta dai CAMPI FOTOVOLTAICI A4, A5, B1, B2, B3 a costituire un GRUPPO DI GENERAZIONE 2 della potenza nominale di 31,559 MWp, fungendo da collettore delle uscite in M.T. provenienti dalle relative Cabine di Trasformazione CTA4, CTA5, CTB1, CTB2, CTB3;
- la Cabina di Raccolta 3 (CR3) che raccoglie:
 - l'energia prodotta dai CAMPI FOTOVOLTAICI C1, D1, D2, D3, D4 a costituire un GRUPPO DI GENERAZIONE 3 della potenza nominale di 29,562 MWp, fungendo da collettore delle uscite in M.T. provenienti dalle relative Cabine di Trasformazione CTC1, CTD1, CTD2, CTD3, CTD4;
 - le uscite in M.T. provenienti dalle Cabine di Raccolta CR1 e CR2.

L'impianto fotovoltaico è stato così scomposto nei tre predetti GRUPPI DI GENERAZIONE, per una potenza nominale complessiva di 99,418 MWp.

Dalla Cabina di Raccolta CR3 parte un Elettrodotto di vettoriamento dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico verso la Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) M.T./A.T..

Come evincesi dagli elaborati grafici di dettaglio, relativamente all'impianto di produzione, sono state progettate le seguenti opere di distribuzione in M.T. e vettoriamento dell'energia verso la SSEU:

- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA1 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto A1 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 1492 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA2 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto A2 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 1205 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA3 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto A3 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 965 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA6 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto A6 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 16 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA7 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto A7 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 687 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTB4 alla Cabina di Raccolta CR1 mediante Elettrodotto B4 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 126 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA4 alla Cabina di Raccolta CR2 mediante Elettrodotto A4 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 1069 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTA5 alla Cabina di Raccolta CR2 mediante Elettrodotto A5 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 1155 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTB1 alla Cabina di Raccolta CR2 mediante Elettrodotto B1 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 1021 metri;

- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTB2 alla Cabina di Raccolta CR2 mediante Elettrodotto B2 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 16 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTB3 alla Cabina di Raccolta CR2 mediante Elettrodotto B3 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 669 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Raccolta CR1 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto 1 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio – 2x(3x1x300 mm²) per una tratta di circa 998 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Raccolta CR2 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto 2 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio – 3x1x500 mm² per una tratta di circa 206 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTC1 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto C1 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 120 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTD1 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto D1 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 196 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTD2 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto D2 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 487 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTD3 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto D3 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 814 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Trasformazione CTD4 alla Cabina di Raccolta CR3 mediante Elettrodotto D4 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 788 metri;
- Collegamento elettrico dalla Cabina di Raccolta CR3 alla SSEU mediante Elettrodotto 3 interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio – 3x(3x1x630) mm² per una tratta di circa 13086 metri.

Il progetto del sistema elettrico a 30 kV è stato elaborato con l'intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di ridurre, nel contempo, le perdite dell'impianto entro valori accettabili.

Come evincesi dagli elaborati grafici di dettaglio, relativamente all'impianto di produzione, sono state progettate le opere di distribuzione in M.T. e vettoriamento dell'energia verso la SSEU le cui sezioni e lunghezze sono dettagliate nella tabella al paragrafo seguente.

Tutti i collegamenti saranno realizzati mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio.

Il progetto del sistema elettrico a 30 kV è stato elaborato con l'intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di ridurre, nel contempo, le perdite dell'impianto entro valori accettabili. Per le condutture in cavo in M.T. a 30 kV, salvo casi di attraversamenti particolari, la posa direttamente interrata avverrà ad una profondità media di 1 metro.

5.2 VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE M.T.

Nella tabella che segue, nella quale I_b è la corrente di impiego della conduttura ed I_z la portata in corrente della conduttura stessa, sono state confrontate, per ogni singola linea, la portata della conduttura calcolata tenendo conto della tipologia di posa, con la corrente di impiego della conduttura stessa. Dai dati riportati nella tabella si evince chiaramente che le condutture sono correttamente dimensionate per sopportare la relativa corrente di impiego.

Elettrodotto	Cavo	Ib [A]	Iz [A]	Verifica Ib<Iz
A1	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
A2	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
A3	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
A6	3x1x95mm ²	115,30	243	ok
A7	3x1x95mm ²	115,30	243	ok
B4	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
1	2x(3x1x300mm ²)	355,2	461	ok
A4	3x1x95mm ²	115,30	243	ok
A5	3x1x95mm ²	115,30	243	ok
B1	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
B2	3x1x95mm ²	115,30	243	ok
B3	3x1x95mm ²	119,91	243	ok
2	3x1x500mm ²	585,82	599	ok
C1	3x1x95mm ²	129,14	243	ok
D1	3x1x95mm ²	106,08	243	ok
D2	3x1x95mm ²	106,08	243	ok
D3	3x1x95mm ²	106,08	243	ok
D4	3x1x95mm ²	101,46	243	ok
3	3x(3x1x630mm ²)	614,93	728	ok

Nella tabella sopra riportata, nella quale I_b è la corrente di impiego della conduttura ed I_z la portata in corrente della conduttura stessa, sono state confrontate, per ogni singola linea, la portata della conduttura calcolata tenendo conto della tipologia di posa, con la corrente di impiego della conduttura stessa. Dai dati riportati nella tabella si evince chiaramente che le condutture sono correttamente dimensionate per sopportare la relativa corrente di impiego.

A seguito del dimensionamento delle linee elettriche, aventi le caratteristiche sopra riportate, è stato possibile calcolare e verificare che la caduta di tensione massima nell'impianto è pari a circa il 2%, ben inferiore quindi al 4% richiesto dalla normativa.

Si precisa che questi dati sono riferiti al funzionamento dell'impianto a piena potenza (potenza nominale), evento che si verifica in pochi giorni dell'anno e di durata piuttosto breve.

In sede di progettazione esecutiva saranno eseguiti i calcoli di dettaglio di "LOAD FLOW" e delle correnti di corto circuito.

5.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

DATI DI PROGETTO

Il nostro sistema M.T. con tensione nominale 30 kV con neutro isolato è caratterizzato da:

- valore della corrente di guasto a terra, calcolato in base alla norma CEI 11-8, pari a 485 A ;
- durata del guasto a terra, da impostare nella programmazione delle protezioni, pari a 0.5 s.

Dai dati iniziali sopra riportati, applicando il metodo di calcolo riportato nell'Allegato A alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), si ottiene:

- Tensione di contatto ammissibile $U_{tp}=220$ V (Tabella B.3);
- Impedenza totale del corpo umano $Z_t=1225$ ohm (Tabella B.2);
- Limite di corrente nel corpo umano $I_b = 267$ mA;
- Fattore cardiaco HF = 1 relativo al contatto mano-piedi;
- Fattore corporeo BF = 0.75 relativo al contatto mano-piedi;
- Impedenza del corpo ZT = 1000 ohm;
- Resistenza aggiuntiva della mano RH = 0 ohm (non considerata);
- Resistenza aggiuntiva dei piedi RF1 = 1000 ohm, relativa a scarpe vecchie ed umide;
- Resistività del terreno prossimo alla superficie $\rho_S = 100$ relativa a terreno vegetale.

Da questi dati, è possibile calcolare una Tensione di contatto ammissibile a vuoto $U_{vTp} = 507$ V.

Si precisa, comunque, che il progetto della rete di terra non può ricondursi alla semplice risoluzione di un problema matematico, a causa dei numerosi e non univocamente determinati parametri da prendere in considerazione, quali ad esempio:

- resistività del terreno non omogenea, né in direzione verticale né in direzione orizzontale;
- presenza di dispersori naturali che alterano in modo non prevedibile il campo elettrico in superficie;
- tipo di pavimentazione e sua finitura;

- umidità del terreno e condizioni ambientali durante le operazioni di verifica strumentale;
- manufatti e reti di terra altrui, nelle immediate vicinanze.

5.4 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA

L'impianto di dispersione di ognuno dei n. 16 CAMPI FOTOVOLTAICI sarà costituito da un anello di terra perimetrale alla relativa Cabina di Trasformazione, ciascuno di forma rettangolare, di dimensioni minime 5,50 x 8 m, realizzato con corda di rame nudo interrata alla profondità di almeno 0,5 m, integrato da n. 6 dispersori verticali di lunghezza pari a 1,5 m cadauno. In analogo modo verranno realizzati gli anelli di terra perimetrali delle due Cabine di Raccolta.

Tali impianti, in condizioni normali di esercizio, saranno collegati tra loro attraverso lo schermo dei cavi M.T., pertanto tali impianti di dispersione verranno considerati in parallelo.

I valori della resistenza di terra associabili ad ognuno dei dispersori sono i seguenti:

- Resistenza del singolo anello perimetrale rettangolare alla Cabina di Trasformazione e/o di Raccolta: 8 Ω ;
- Resistenza di ognuno dei n. 6 picchetti verticali: 33 Ω (questi, messi in parallelo determinano complessivamente una resistenza di terra pari a 5.43 Ω);

Il contributo complessivo dei dispersori, considerati per ognuna delle Cabine, permette di calcolare una resistenza di terra pari a 3.22 Ω .

Considerando che tali impianti risultano collegati in parallelo, la resistenza verso terra complessiva sarà pari a $R_t=3.22/19=0.17 \Omega$.

5.5 VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE

Sezione minima per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione

Il dispersore orizzontale è costituito da corda di rame nudo, per cui ai sensi dell'Allegato C alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) dovrà avere una sezione minima di 25 mm².

Per la protezione contro la corrosione è necessario utilizzare materiali tali che il loro contatto non generi coppie elettrolitiche.

Dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra

Per effettuare il dimensionamento termico del dispersore si utilizza la formula presente nell'Allegato D alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), tenendo presente che secondo quanto riportato nell'art.5.3, è possibile ripartire la corrente di guasto tra diversi elementi del dispersore.

Secondo tali calcoli per disperdere la corrente di guasto è necessaria una corda di sezione circa 2 mm². Le sezioni utilizzate partono da 35 mm² per cui soddisfano entrambe le condizioni con sufficiente margine di sicurezza.

5.6 CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA U_T

Per tale impianto, la tensione totale di terra U_t risulta pari a 82.5 V. Considerando che per tale sistema la tensione massima ammissibile è $U_{tp} = 220$ V, il valore calcolato risulta essere inferiore, pertanto l'impianto di terra e le relative protezioni, risultano essere idonee alla protezione dai contatti indiretti delle persone, ai sensi della normativa vigente.

Resta inteso che una volta realizzato l'impianto, per valutarne l'efficacia, si rende necessaria una misura in campo eseguita da professionista abilitato.