



ENE 002a – Grosseto
 Comune: Grosseto
 Provincia: Grosseto
 Regione: Toscana

Nome Progetto:

ENE 002a - Grosseto
 Progetto di un impianto agrivoltaico sito nel comune di Grosseto in Località
 "Braccagni" di potenza nominale pari a 38.47 MWp in DC

Proponente:

GROSSETO GREEN POWER S.R.L.
 Via Dante, 7
 20123 Milano (MI)
 P.Iva: 12660000964
 PEC: grossetogreenpower@pec.it

Consulenza ambientale e progettazione:

ARCADIS Italia S.r.l.
 Via Monte Rosa, 93
 20149 | Milano (MI)
 P.Iva: 01521770212
 E-mail: info@arcadis.it

PROGETTO DEFINITIVO

Nome documento:

Relazione tecnica elettrica Impianto di Terra

Commessa	Codice elaborato	Nome file
30190245	PRO_REL_14	PRO_REL_14_Impianto di terra.pdf

Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	Dic. 23	Prima Emissione	CR	MA	SDA

Indice

1 INTRODUZIONE	3
1.1 DATI TECNICI	4
1.2 CARATTERISTICHE GENERALI	4
1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
1.4 CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI EN 50522 E CEI 64-14	6
2 VERIFICA TEORICA DELL'IMPIANTO DI TERRA SUL LATO 30 KV	7
3 IMPIANTO DI GUASTO A TERRA BT	8
4 CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO	11
4.1 VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA	11

Elenco Figure

Figura 1 - Inquadramento su ortofoto dell'impianto di progetto (cfr. elaborato PRO_TAV_01)	3
Figura 2 - Dettaglio suddivisione in sottocampi (cfr. elaborato PRO_TAV_10)	4
Figura 3 - Particolare MaT Cabine	10

1 INTRODUZIONE

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale pari a **38.47 MWp** in direct current (DC) da installarsi in territorio ricadente in Regione Toscana, nel comune di Grosseto, località "Braccagni" e del relativo elettrodotto di connessione fino alla rete a 132 kV a SE di Terna di nuova realizzazione.

Il nome del progetto è **ENE 002a - Grosseto**.



Figura 1 - Inquadramento su ortofoto dell'impianto di progetto (cfr. elaborato PRO_TAV_01)

Il Soggetto Responsabile, così come definito, ex art. 2, comma 1, lettera g, del DM 28 luglio 2005 e s.m.i., è la società **Grosseto Green Power S.r.l.**, con sede legale in Milano, Via Dante 7, iscritta al Registro delle Imprese di Milano – Monza – Brianza – Lodi n. REA MI-2676149 Codice Fiscale e Partita IVA n. 12660000964.

L'impianto agrivoltaico in progetto, di potenza complessiva pari a **38.47 MWp**, occuperà una superficie pari a circa 57.25 Ha e sarà connesso alla S.E. di futura realizzazione con relativo elettrodotto di connessione fino alla rete a 132 kV a SE di Terna di nuova realizzazione, di lunghezza pari a **circa 7,4 km**.

I terreni interessati dall'intervento ricadono in "Aree ad esclusiva funzione agricola" nel Regolamento Urbanistico del comune di Grosseto.

1.1 DATI TECNICI

Potenza di picco:	38.47 MWp
N° moduli fotovoltaici	55.748
Tipo strutture di sostegno:	Tracker ad inseguimento monoassiale
Inclinazione piano dei moduli:	Variabile
Angolo di azimuth ° (0°Sud – 90°Est):	0° Sud
Angolo di tilt °:	Variabile
Rete di collegamento:	Media Tensione 30kV
Gestore della rete:	Terna
Coordinate geografiche:	Latitudine: 42.877972°, Longitudine: 11.045689°

1.2 CARATTERISTICHE GENERALI

L'impianto agrivoltaico è suddiviso in 1 campo e 8 sottocampi (afferenti ognuno ad un inverter), all'interno delle quali sono disposti i tracker e le cabine Power skids.



Figura 2 - Dettaglio suddivisione in sottocampi (cfr. elaborato PRO_TAV_10)

Durante il giorno il campo fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'energia prodotta viene inviata ai gruppi di conversione (inverter) che provvedono a trasformare la corrente continua in corrente alternata a 630 V.

L'energia proveniente dal generatore fotovoltaico e dagli Inverter viene inizialmente convogliata nella cabina utente e attraverso i relativi quadri BT, equipaggiati con gli organi di sezionamento, protezione e controllo, e poi trasferita al trasformatore BT/MT (630 V / 30 kV). L'energia convertita in MT a 30 kV, tramite cavidotto interrato, sarà ceduta in rete a 132 kV a SE di Terna di nuova realizzazione.

Si stima che l'energia mediamente prodotta dall'impianto, in condizioni standard, sia pari a **68.791,06 MWh/anno**. In sintesi, l'intero impianto sarà composto da:

- 55.748 moduli FTV in silicio monocristallino bifacciali da 690 Wp;
- 8 inverter di campo e relativa cabina;
- 1 cabina utente MT+BT;
- 1 cabina di consegna;
- cavidotti BT per collegamenti inverter a cabine utente;
- cavidotti MT a 30 kV interni ai campi per collegamento tra cabine di campo;
- cavidotto MT a 30 kV esterno ai campi per collegamento cabina di campo a cabina utente e successivamente a cabina di consegna;
- cavidotti dati per il monitoraggio e controllo impiantistica;
- n.1 cavidotto MT di connessione a 30kV interrato.

1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

CEI 3-27 Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature Indice, sommario e compilazione dei singoli fogli

CEI EN 60617-2 Segni grafici per schemi

CEI 3-14 Parte 2: Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi ed altri segni di uso generale

CEI EN 6041-2 Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature

CEI 3-50 Parte 2: Segni originali

CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

CEI 99-2

CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.

CEI 99-3

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 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua

CEI 64-8

CEI EN 60364/1 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 64-8/1

CEI EN 60364/2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua. Parte 2: Definizioni

CEI 64-8/2

CEI EN 60364/3 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 64-8/3

**CEI EN 60364/4 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 64-8 /4**

**CEI EN 60364/5 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 64-8 /5**

**CEI EN 60364/6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua Parte 6: verifiche
CEI 64-8 /6**

1.4 CLASSIFICAZIONE E VERIFICA DELL'IMPIANTO ELETTRICO IN BASE ALLE NORME CEI EN 50522 E CEI 64-14

L'impianto elettrico in oggetto è classificabile in relazione al paragrafo 22.1 delle norme CEI 64-8/2:

- come sistema di seconda categoria (tensione nominale oltre i 1000 Volt se in corrente alternata o 1500 volt in corrente continua, fino a 30.000 Volt compresi) sulla rete in media tensione a 30 kV nel punto di connessione con la rete di distribuzione TERNA (fino ad arrivo in SEU);
- come sistema di seconda categoria (tensione nominale oltre i 1000 Volt se in corrente alternata o 1500 volt in corrente continua, fino a 30.000 Volt compresi) sulla rete in media tensione a 30 kV distribuita all'interno del parco agrivoltaico;
- come sistema di prima categoria (tensione da oltre 50 Volt fino a 1000 Volt compresi a corrente alternata o da 120 Volt a 1500 Volt in corrente continua) sulla rete in bassa tensione.

2 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 EN 50522 tabella C-3 di sotto riportata:

Tempo di eliminazione del guasto	Tensione di contatto e di passo U _c e U _p in V
>=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 (1 sec.), e la corrente di guasto 134.62 A si ottiene, interpolando tensione di passo e contatto limite, il valore della resistenza di terra R_{lim} che è pari a:

$$R_{Lim} = \frac{V_{Lim}}{I_g} = \frac{110 V}{155,24 A} = 0,7085 \Omega$$

dove V_{Lim} è stato ricavato per interpolazione. Quindi assumendo come valore della resistenza totale di terra, il valore di resistenza teorico calcolato R_t = 0,7085 Ω, si evince che R_t risulta inferiore al massimo valore limite ammissibile di 0,7572 Ω. Infatti, si verifica che, nel caso di guasto lato MT, la resistenza di terra eleverà il potenziale delle masse:

$$V_t = I_g \times R_t$$

al valore:

$$V_t = 155,24 A \times 0,7085 \Omega = 110 V < V_{Lim}$$

dove V_{lim} = 110 (tensione sicura, che può permanere per un tempo di 1 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.

3 IMPIANTO DI GUASTO A TERRA 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. 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:

$$Z_s \times I_a < U_0$$

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.

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).

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

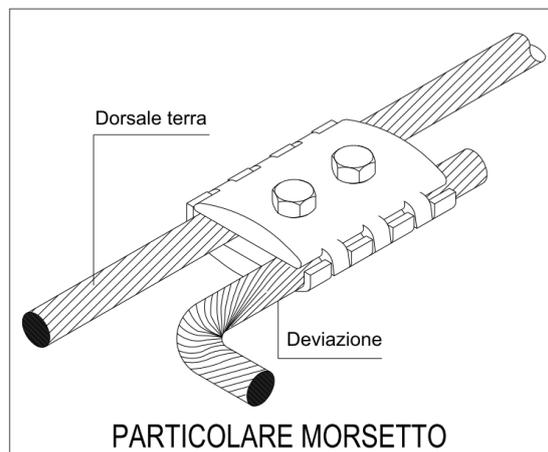
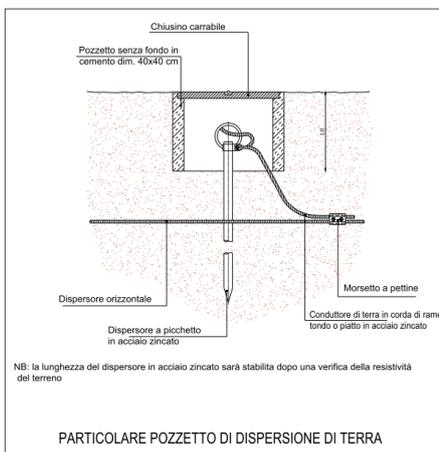
Sezione del conduttore di fase dell'impianto S (mm ²)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione S_p (mm ²)
$S < 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	16
$S < 35$	$S = S/2$

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 mmq.

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.

Di seguito si riportano alcuni estratti dalle tavole di progetto relativamente a quanto calcolato in relazione.



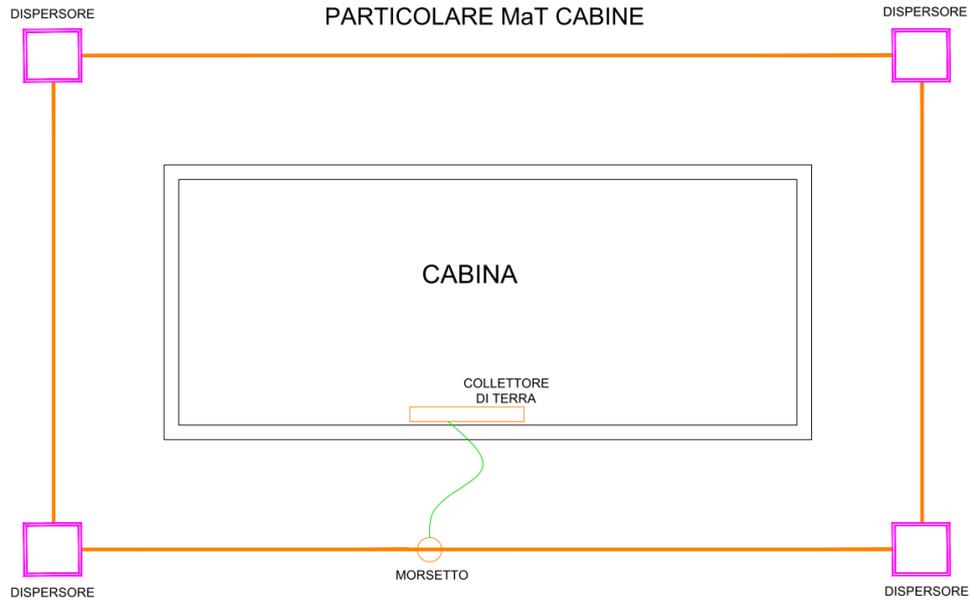


Figura 3 - Particolare MaT Cabine

4 CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

4.1 VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà verificato mediante esami a vista e prove prima della messa in servizio dell'impianto. Pertanto, sarà effettuata la verifica dell'impianto di terra con la produzione della Dichiarazione di Conformità rilasciata dall'installatore della messa in servizio dell'impianto per consegnare copia al Committente.

Le modalità di prova dell'efficienza dell'impianto di terra saranno effettuate con le seguenti verifiche:

- continuità elettrica dell'impianto di terra al partire dal dispersore fino alle masse e masse estranee collegate;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

Le misure saranno effettuate, per quanto possibile, con l'impianto nelle ordinarie condizioni di funzionamento.

Arcadis Italia S.r.l.

via Monte Rosa, 93
20149 Milano (MI)
Italia
+39 02 00624665

<https://www.arcadis.com/it/italy/>

