

**SOGGETTO PROPONENTE:**



**SMARTENERGY2001 S.R.L.**  
Via Statuto, 10  
20121 Milano

**COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ)  
LOC. MERCANTE  
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
COLLEGATO ALLA RTN A 150 kV DI TERNA S.p.A.  
POTENZA DI PICCO 19.98 MWp  
POTENZA DI IMMISSIONE IN RETE: 16.000 kW**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Procedura di Autorizzazione Unica di cui all'art.12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010  
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MISE  
di cui all'art. 31, c.6 del DL 77/21

Serie relazioni specialistiche

**Relazione di calcolo impianti elettrici**

**RS\_004**

**PROGETTAZIONE DELLE OPERE:**



**INGENIUM ENGINEERING SRL**

Via Maitani, 3 - 05018 Orvieto (TR)  
tel. 0763.530340 fax 0763.530344  
e mail: info@ingenium-engineering.com  
pec: info@pec.ingenium-engineering.com  
www.ingenium-engineering.com

Azienda con sistema di gestione qualità ISO 9001:2015  
certificato da Bureau Veritas Italia SpA  
cert. n° IT306096

**Ing. Roberto Lorenzotti (PM)**  
**Arch. Andrea Giuffrida**  
**Arch. Giovanna Corso**  
**Ing. Elena Crespi**

**Con:**



**Energy Cliet Service srl**  
Uffici: Via Enrico Fermi, 52 - 24035 Curno (BG)  
Sede legale: Via Cà, 12B - 24060 Brusaporto (BG)  
Tel. 035.245313



firma / timbro progettista



firma / timbro committente

02							COD. DOCUMENTO
01							IE_326_PD_RS_004
00	sett. 2021	prima emissione	N.C.	A.G.	R.L.		FOGLIO
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO		1 DI 1

E' vietata ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente documento senza la preventiva autorizzazione

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI

### Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	COMPOSIZIONE SOMMARIA E INGEGNERIA DELL'IMPIANTO	4
1.3	MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RTN	5
1.3.1	<i>Razionalizzazione delle infrastrutture elettriche</i>	6
<b>2</b>	<b>SITO DI INSTALLAZIONE</b>	<b>7</b>
2.1	DATI GENERALI	7
2.2	TEMPERATURE	7
2.3	ESPOSIZIONI	8
<b>3</b>	<b>CRITERI GENERALI DI PROGETTO</b>	<b>9</b>
3.1	CRITERIO DI VERIFICA ELETTRICA DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA	9
3.2	SISTEMI DI DISTRIBUZIONE: GENERALITÀ	10
3.2.1	<i>Protezione contro i sovraccarichi</i>	10
3.2.2	<i>Protezione contro i cortocircuiti</i>	11
3.2.3	<i>Protezione delle stringhe da correnti inverse</i>	11
3.2.4	<i>Protezione dei cavi di stringa dalle sovracorrenti</i>	11
3.2.5	<i>Protezione contro i contatti diretti</i>	12
3.2.6	<i>Protezione contro i contatti indiretti</i>	12
3.2.6.1	Sistemi IT – latte c.c.	12
3.2.6.2	Sistemi TN	12
3.3	PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI	13
3.3.1	<i>Fulminazione diretta</i>	14
3.3.2	<i>Fulminazione indiretta</i>	14
3.3.2.1	Protezione lato continua	15
3.3.2.2	Protezione lato alternata	16
3.4	CAVI IN BT	16
3.4.1	<i>Cavi in corrente continua a 1.500 V</i>	16
3.4.2	<i>Cavi in corrente alternata</i>	17
3.4.3	<i>Sezione e portata</i>	17
3.5	DIMENSIONAMENTO IN POTENZA DEL TRASFORMATORE MT/BT:	18
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>	<b>19</b>
4.1	MODULI FOTOVOLTAICI	19
4.2	INVERTER	22
4.2.1	<i>Inverter SUNGROW SG250HX</i>	24
4.3	CONFIGURAZIONE SINGOLI INVERTER	26
4.4	CAMPI FOTOVOLTAICI	27
<b>6</b>	<b>SIMULAZIONE FUNZIONAMENTO IMPIANTO E ENERGIA PRODUCIBILE</b>	<b>28</b>
6.1	METODOLOGIA UTILIZZATA	28



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

6.2	DATI CLIMATICI .....	28
6.2.1	<i>Radiazione solare</i> .....	28
6.3	DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO .....	29
6.4	MODELLIZZAZIONE DEI TRACKER .....	30
6.5	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA SIMULATO E PERDITE .....	31
6.6	DIAGRAMMA RADIAZIONE, PERDITE E ENERGIA NETTA IMMESA IN RETE AL 1° ANNO .....	32
6.7	PRODUZIONE ANNUA ATTESA VITA STIMATA IMPIANTO .....	35
6.8	SIMULAZIONE POTENZA IMMESA IN RETE .....	36
<b>7</b>	<b>CABINE DI CAMPO .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IN MT.....</b>	<b>38</b>
8.1	CAVI DI MT .....	38
8.2	CADUTE DI TENSIONE .....	38
8.3	PERDITA DI POTENZA.....	39
8.4	DESCRIZIONE DEGLI ANELLI DI TRASMISSIONE .....	40
8.4.1	<i>Impianto fotovoltaico</i> .....	40
8.4.2	<i>Cabine MT/BT e cavidotti di alimentazione servizi ausiliari</i> .....	41
8.5	CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO.....	41
8.6	MODALITÀ DI POSA.....	42
8.7	POSA DIRETTAMENTE INTERRATA MECCANIZZATA .....	43
8.8	CRITERI DI POSA ENTRO TUBO PLASTICO .....	43
8.8.1	<i>Collegamenti degli schermi</i> .....	44
8.8.1.1	Two-Point o Solid Bonding.....	44
8.8.1.2	Single Point Bonding.....	45
8.8.1.3	Cross Bonding .....	46
8.9	CRITERI DI PROTEZIONE.....	47
8.9.1	<i>Selettività Logica</i> .....	47
8.9.2	<i>Sistema di distribuzione radiale</i> .....	48
8.9.3	<i>Cavi in parallelo</i> .....	50
8.9.4	<i>Distribuzione in anello</i> .....	51
<b>9</b>	<b>CONDIZIONI GENERALI DI CONNESSIONE ALLA RETE .....</b>	<b>55</b>
9.1	GENERALITÀ.....	55
9.2	LIMITI DI FUNZIONAMENTO DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA.....	55
9.3	CRITERI DI PROTEZIONE E TARATURA DELLA CENTRALE FOTOVOLTAICA .....	56
9.3.1	<i>Protezioni contro i guasti esterni</i> .....	56
9.3.1.1	Protezioni di rete da installare nell'impianto di utenza lato AT.....	56
9.3.1.2	Protezioni della centrale fotovoltaica da installare sui montanti in c.a. a bordo degli inverter .....	57
9.4	PROTEZIONI DI RETE - PROTEZIONE DI INTERFACCIA CEI 0-16 .....	57
9.4.1	<i>Centrale connessa ad Impianto di Consegna in entra esce su linea AT oppure connessa a Stazione o Cabina Primaria adiacente</i> .....	57
9.4.1.1	Protezione di minima tensione rete (27) .....	57
9.4.1.2	Protezione di massima tensione rete (59) .....	58
9.4.1.3	Protezione di massima tensione omopolare rete (59N) .....	58

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

9.4.1.4	Protezione di minima frequenza rete (81<)	58
9.4.1.5	Protezione di massima frequenza rete (81>)	59
9.4.2	<i>Protezioni degli Inverter</i>	59
9.4.2.1	Protezione di minima tensione rete (27)	59
9.4.2.2	Protezione di massima tensione Inverter (59)	59
9.4.2.3	Protezione di minima frequenza rete (81<)	59
9.4.2.4	Protezione di massima frequenza rete (81>)	60
9.5	PROTEZIONI ELETTRICHE CONTRO I GUASTI INTERNI	60
9.5.1	<i>Protezioni di Sottostazione. Linee AT e Trasformatori AT/MT</i>	60
9.6	MONITORAGGIO E SCAMBIO DATI CON IL SISTEMA DI CONTROLLO DI TERNA	61
9.6.1	<i>Teleinformazioni</i>	61
9.6.2	<i>Sistemi di registrazione oscillografica</i>	61
9.7	QUALITÀ DELL'ALIMENTAZIONE DELLA RETE	62
9.8	SISTEMI DI REGOLAZIONE E SERVIZI DI RETE	63
9.8.1	<i>Controllo della produzione</i>	63
9.8.2	<i>Regolazione della Potenza Reattiva</i>	64
9.8.3	<i>Regolazione della Potenza Attiva in funzione della Frequenza</i>	66
9.9	INSERIMENTO GRADUALE DELLA POTENZA IMMESSA IN RETE	67
9.9.1	<i>Insensibilità agli abbassamenti di tensione</i>	68
9.10	SISTEMI DI TELEDISTACCO DELLA PRODUZIONE	69
9.11	CRITERI PER IL COORDINAMENTO DEGLI ISOLAMENTI	71
9.12	CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE	73
9.12.1	<i>Livelli di cortocircuito e correnti di guasto a terra</i>	73
9.12.2	<i>Correnti termiche nominali</i>	73
9.12.3	<i>Nota sull'utilizzo dei TA/TV combinati</i>	74
9.12.4	<i>Sostegni per apparecchiature di stazione e sostegni portale</i>	74
9.12.5	<i>Isolatori portanti e isolatori per linee elettriche aeree</i>	74
9.12.6	<i>Morsetteria</i>	75
9.12.7	<i>Sistema di sbarre e conduttori di collegamento</i>	75
9.13	IMPIANTO DI TERRA	76



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 1 Premessa

### 1.1 Introduzione

La società "SMARTENERGY2001 S.R.L." (di seguito Produttore) ha intenzione di realizzare un impianto fotovoltaico "a terra" di potenza nominale in corrente continua<sup>1</sup> pari a 19.983,60 kWp.

L'impianto sarà da installarsi nel comune di Genzano di Lucania (PZ), località "Mercante", in terreni nella piena disponibilità del soggetto proponente.

Si precisa che la realizzazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili e delle opere ed infrastrutture connesse è da intendersi di interesse pubblico, indifferibile ed urgente ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003.

### 1.2 Composizione sommaria e ingegneria dell'impianto

L'impianto fotovoltaico sarà composto da 32.760 moduli fotovoltaici bifacciali, con potenza unitaria pari a 610 Wp, installati su inseguitori monoassiali i cui pali di sostegno verranno infissi direttamente nel terreno.

I moduli fotovoltaici saranno raggruppati in stringhe da 24 moduli; gruppi di 21 stringhe saranno connessi a un inverter di stringa con potenza nominale di uscita pari a 250 kW. Gli inverter saranno installati e dislocati in campo. Gli inverter, in gruppi variabili da n.8 e da n.9 unità, mediante delle linee in Bassa Tensione (BT) a 800 Vac posate entro tubi corrugati interrati, si attesteranno a un Quadro Generale BT di Campo (QG-BT-C) mediante il quale vengono posti in parallelo per la successiva trasformazione dell'energia prodotta da BT a MT (Media Tensione) a mezzo di un trasformatore MT/bt con tensione primaria pari a 30.000 V e tensione secondaria pari a 800 V; i QG-BT-C e i trasformatori MT/BT sono installati all'interno di Cabine di Campo del tipo monoblocco in calcestruzzo armato vibrato. All'interno delle Cabine di Campo sono installati anche i Quadri in MT necessari per la protezione dei trasformatori e per l'arrivo e la partenza delle linee interrate in MT che costituiscono le linee di alimentazione delle stesse nella modalità "in anello". Sarà presente infine una Cabina di Raccolta Generale a cui confluiscono le linee in MT in arrivo dalle Cabine di Campo; la Cabina MT di Raccolta consiste in un apposito locale all'interno dell'Edificio Comandi all'interno della Sotto Stazione Elettrica di Utenza (SSE) necessaria per l'elevazione dell'energia elettrica prodotta dal livello di Media Tensione a 30 kV al livello in Alta Tensione (AT) a 150 kV per la successiva consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

<sup>1</sup> sommatoria della potenza nominale complessiva dei moduli fotovoltaici da installare



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

L'impianto di generazione, nel suo complesso, è quindi costituito da:

- Moduli fotovoltaici di potenza nominale unitaria di picco pari a 610Wp connessi in serie da 24 pannelli per la formazione di una stringa con potenza totale di 14,64 kWp, per la trasformazione dell'energia solare incidente sul piano dei moduli in corrente elettrica in Corrente Continua (c.c.) a 1.500V;
  - gruppi da 21 stringhe con potenza nominale di picco complessiva pari a 307,44 kWp verranno connessi a un inverter con potenza nominale di uscita pari a 250 kW;
- Inverter Fotovoltaici on-grid:
  - con potenza nominale di uscita pari a 250 kW, conformi CEI 0-16, per la conversione dell'energia da Corrente Continua a 1.500 V a Corrente Alternata (c.c./a.c.) in Bassa Tensione a 800V;
- Cavidotti in A.C. in Bassa Tensione a 800 V per il collegamento degli Inverter a dei quadri di parallelo inverter denominati QG-BT-C, installati all'interno di cabine denominate Cabine di Campo, per la successiva connessione ai trasformatori MT/BT;
- Cabine di Campo, all'interno dei quali sono alloggiati i quadri di parallelo inverter QG-BT-C, i trasformatori MT/BT per la trasformazione da Bassa tensione a 800 V a Media Tensione a 30 kV (BT/MT);
- Cavidotti MT a 30 kV interni all'impianto fotovoltaico, per il collegamento in entra-esce delle Cabine di Campo tra di loro e con la Cabina di Raccolta dell'energia prodotta, coincidente con il locale Quadri MT a 30 kV nella SSE;
- Cabine elettriche di alimentazione dei servizi ausiliari della SSE, delle Cabine di Campo e del Campo Fotovoltaico in generale;
- Sottostazione utente AT/MT 150/30 kV (SSE);
- Impianto di rete per la connessione di proprietà di Terna S.p.A.

### 1.3 Modalità di connessione alla RTN

La richiesta di connessione indirizzata a TERNA, nella titolarità della società proponente, ha codice pratica 202001761. La modalità di connessione alla Rete a 150 kV, così come da STMG ricevuta ed accettata, prevede la connessione dell'impianto allo stallo a 150 kV reso disponibile da Terna a seguito della costruzione di un nuovo centro satellite a 150 kV (SE) necessario per l'ampliamento della sezione a 150 kV dell'esistente SE 380/150kV denominata "Genzano". La nuova SE TERNA verrà realizzata nel Comune di Genzano di Lucania, in stretta adiacenza alla Stazione Elettrica 380/150 kV già esistente. In stretta adiacenza alla SE Terna verrà realizzata dalla società proponente una Sottostazione di trasformazione AT/MT (SSE) necessaria per l'adeguamento della tensione proveniente dal campo fotovoltaico in MT a 30



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

kV alla tensione di connessione AT a 150 kV per la successiva consegna alla RTN dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

### **1.3.1 Razionalizzazione delle infrastrutture elettriche**

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, lo stallo di consegna produttore reso disponibile da Terna verrà condiviso con altri produttori tra i quali è stato già sottoscritto un accordo quadro per la condivisione delle infrastrutture comuni necessarie per la connessione alla RTN dei predetti impianti.

La soluzione adottata sarà conforme ai requisiti richiesti da Terna S.p.A. e dalla Normativa Tecnica del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/eIV99/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV (che consta di un collegamento in tubo rigido o in corda di alluminio) per il collegamento della Sottostazione di Utenza alla sopra citata Sottostazione di Smistamento della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella Sottostazione di Smistamento costituisce impianto di rete per la connessione.

La soluzione adottata sarà conforme ai requisiti richiesti da Terna S.p.A. e dalla Normativa Tecnica del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 2 Sito di installazione

### 2.1 Dati generali

L'impianto verrà installato nel Comune di Genzano di Lucania (PZ).

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Genzano di Lucania (PZ)
Latitudine	40.905211°
Longitudine	16.141399°
Altitudine:	400 m

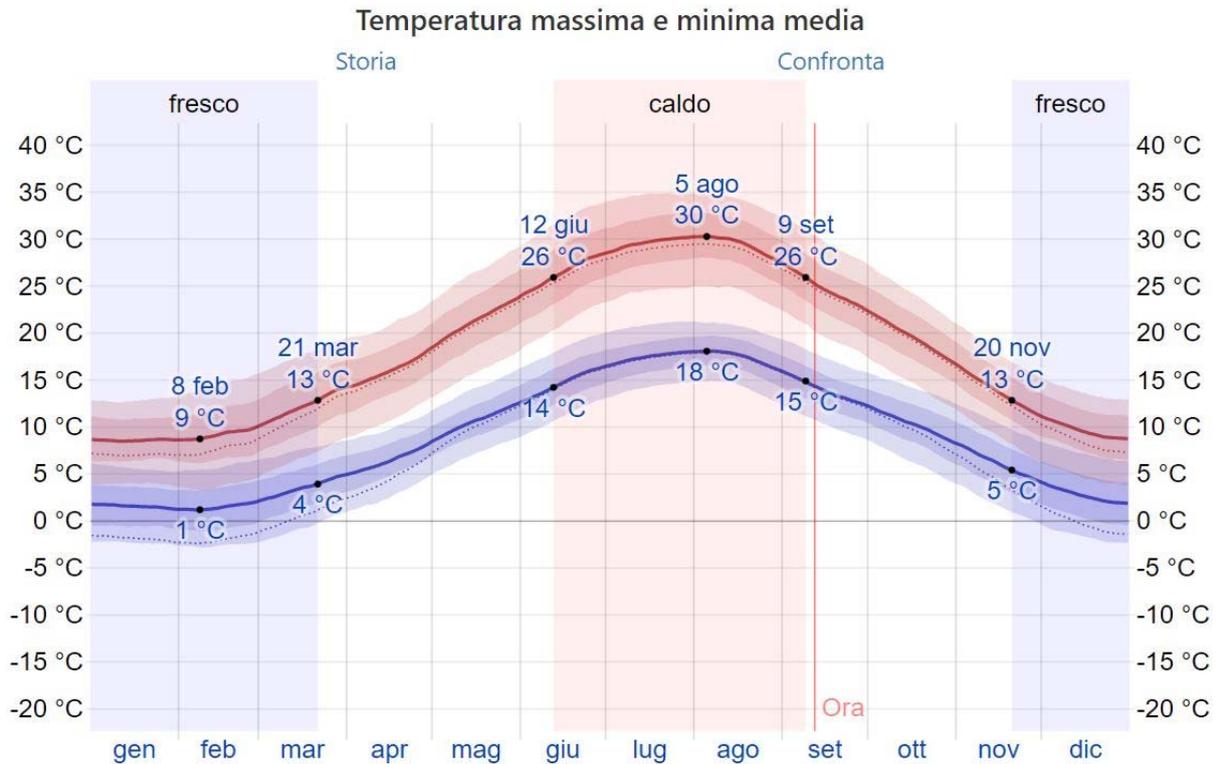
### 2.2 Temperature

Tenere in considerazione i dati climatici del sito di installazione è di particolare importanza nella progettazione di un impianto fotovoltaico, in quanto i parametri di funzionamento dello stesso impianto dipendono dalla temperatura ambiente, come verrà illustrato di seguito in modo dettagliato.

I dati storici di temperatura rilevata nel sito di installazione sono riportati nell'immagine seguente.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo



La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite.

La minima temperatura assoluta raggiunta è pari a -3 °C, mentre la massima è pari a 35 °C circa.

Ai fini del dimensionamento dell'impianto fotovoltaico vengono considerate cautelativamente una temperatura ambiente minima assoluta pari a -10 °C e una temperatura ambiente massima assoluta pari a 40 °C, con temperatura massima di lavoro dei moduli fotovoltaici pari a 75°C.

### 2.3 Esposizioni

L'impianto fotovoltaico è installato a terra, su inseguitori monoassiali con asse longitudinale nord-sud capaci di inseguire la traiettoria del sole variando l'angolo di inclinazione e orientando i moduli verso est e ovest, con un angolo massimo rispetto all'orizzontale pari a 46°.

Ogni inseguitore prevede l'installazione di 24 (2x12), 48 (2x24) o 72 (2x36) moduli.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 3 Criteri generali di progetto

### 3.1 Criterio di verifica elettrica degli impianti fotovoltaici in funzione della temperatura

Per quanto riguarda la tensione in ingresso lato c.c. vanno valutate le condizioni estreme di funzionamento del generatore fotovoltaico, al fine di avere un funzionamento sicuro e produttivo dell'inverter.

Ogni inverter è caratterizzato da un range di tensioni in ingresso di normale funzionamento.

Poiché la tensione in uscita dai pannelli fotovoltaici è funzione della temperatura, occorre verificare che nelle condizioni di esercizio prevedibili l'inverter si trovi a funzionare nell'intervallo di tensione dichiarato dal costruttore. In corrispondenza dei valori minimi della temperatura ambiente considerata (-10 °C) e dei valori massimi (75 °C) devono essere verificate le seguenti disuguaglianze:

#### TENSIONI MPPT

- Tensione nel punto di massima potenza,  $V_m$ , a 75 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ( $V_{mppt\ min}$ ).
- Tensione nel punto di massima potenza,  $V_m$ , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ( $V_{mppt\ max}$ ).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

#### TENSIONE MASSIMA

- Tensione di circuito aperto,  $V_{oc}$ , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

#### TENSIONE MASSIMA MODULO

- Tensione di circuito aperto,  $V_{oc}$ , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

#### CORRENTE MASSIMA

- Corrente massima (corto circuito) generata,  $I_{sc}$ , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

#### DIMENSIONAMENTO

- Dimensionamento in potenza compreso tra il 75 % e 125 %.

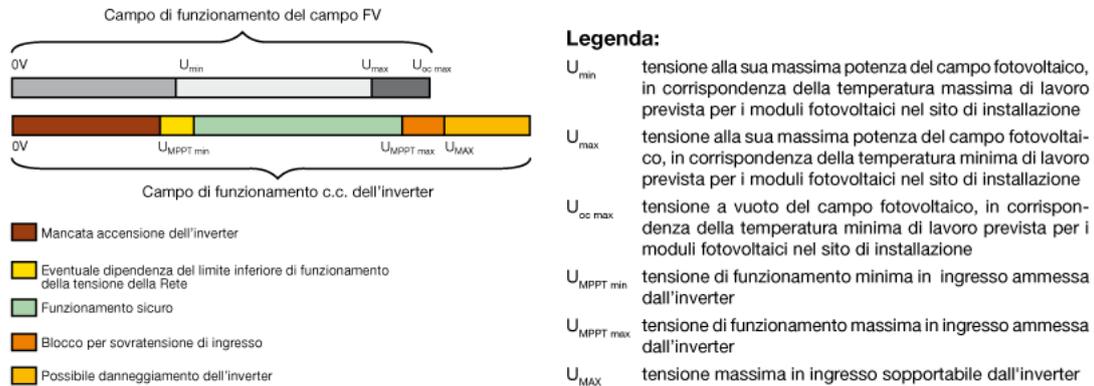
*NOTA: Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).*

Oltre al rispetto delle tre condizioni precedenti sulle tensioni, occorre verificare che la massima corrente del generatore fotovoltaico nel funzionamento al MPP sia inferiore alla massima corrente in ingresso



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

ammissibile dall'inverter. Nella figura di seguito riportata vi è una rappresentazione grafica di accoppiamento tra campo fotovoltaico ed inverter che tiene conto delle disuguaglianze precedenti.



### 3.2 Sistemi di distribuzione: generalità

Il campo fotovoltaico è gestito senza nessun polo a terra (sistema IT).

Il sistema elettrico BT dai gruppi di conversione DC/AC (inverter) ai gruppi di trasformazione BT/MT, così come anche il sistema in BT che alimenta i servizi ausiliari, è di tipo TN-S.

La rete in MT è invece gestita con il neutro isolato, mentre quella AT con neutro direttamente a terra.

#### 3.2.1 Protezione contro i sovraccarichi

Secondo quanto previsto dalla norma CEI 64-8 (art. 712) la protezione contro le sovracorrenti deve essere prevista solo nel caso in cui la portata del cavo sia inferiore a 1,25 volte la corrente di cortocircuito calcolata in qualsiasi punto. La CEI 64-8 prescrive quindi che, se i cavi sono scelti con una portata almeno uguale alla massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe, non è possibile sovraccaricare, e non occorre quindi proteggere contro il sovraccarico, i cavi in questione. Nei casi in cui questa condizione non è verificata, sono previsti idonei dispositivi di protezione; questi sono posti all'origine della linea, e devono soddisfare le seguenti relazioni:

Laddove siano previsti dispositivi di protezione, questi sono posti all'origine della linea, e devono soddisfare le seguenti relazioni:

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
2.  $I_t \leq 1,45 I_z$

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

dove:

$I_b$  = corrente di utilizzo dei carichi/generatori;

$I_n$  = corrente nominale o di regolazione del dispositivo di protezione, posto a monte della linea;

$I_z$  = portata del cavo nelle specifiche condizioni di posa;

$I_f$  = corrente convenzionale di sicuro funzionamento del dispositivo di protezione.

La seconda condizione è automaticamente soddisfatta dall'uso di interruttori automatici costruiti in conformità alle relative normative.

### 3.2.2 Protezione contro i cortocircuiti

Il dispositivo di protezione posto a monte della conduttura deve avere un potere di interruzione superiore al valore massimo della corrente di cortocircuito presunta ( $I_{cc}$ ) nel punto di installazione, in particolare deve soddisfare la relazione, relativa all'energia specifica passante dell'interruttore automatico ( $I^2t$ ) che deve essere minore dell'energia specifica ammissibile del cavo ( $K^2S^2$ ):

$$I^2t < K^2S^2$$

### 3.2.3 Protezione delle stringhe da correnti inverse

In pratica la protezione delle stringhe dalle correnti inverse viene attuata solamente nel caso in cui si abbiano due o più stringhe in parallelo, in quanto di norma la massima corrente inversa sopportabile dai moduli è pari a 2 volte la corrente  $I_{sc}$  che è in grado di generare. Gli inverter previsti nel progetto hanno 6 MPPT (Maximum Power Point Tracker) indipendenti, su ognuno dei quali vengono collegate 2 stringhe in parallelo. Sulla scorta di quanto appena introdotto, non sono previsti fusibili di stringa e queste vengono connesse direttamente agli ingressi dell'inverter.

### 3.2.4 Protezione dei cavi di stringa dalle sovracorrenti

Per quanto riguarda la sezione in continua, nelle condizioni di normale funzionamento ogni modulo eroga una corrente prossima a quella di corto circuito, sicché la corrente d'impiego per il circuito di ciascuna stringa è assunta pari a:

$$I_b = 1,25 I_{sc}$$

dove  $I_{sc}$  è la corrente di corto circuito in condizioni di prova standard e la maggiorazione del 25% tiene conto di valori di irraggiamento superiori a  $1kW/m^2$ .



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Ove siano previste più stringhe in parallelo, il fusibile di protezione dalle correnti inverse è di norma in grado di proteggere anche il cavo, in quanto la portata degli stessi è abbondantemente superiore alla corrente inversa sopportabile dai moduli.

### 3.2.5 Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è assicurata se l'impianto nel suo insieme è realizzato con il grado di protezione IP richiesto.

### 3.2.6 Protezione contro i contatti indiretti

#### 3.2.6.1 Sistemi IT – latto c.c.

In questo tipo di configurazione le parti attive risultano isolate da terra, mentre le masse sono connesse a terra. In questo caso la resistenza  $R_e$  di messa a terra delle masse deve soddisfare la condizione (CEI 64-8):

$$R_e \leq \frac{120}{I_d}$$

dove  $I_d$  è la corrente di primo guasto a terra, non nota a priori ma generalmente molto piccola.

Di conseguenza la resistenza di terra  $R_e$  dell'impianto utilizzatore, dimensionata per correnti di guasto elevate provenienti dalla rete esterna, soddisfa solitamente la disuguaglianza.

Nel caso di doppio guasto a terra, essendo il generatore fotovoltaico un generatore di corrente, la tensione assunta dalle masse interconnesse deve essere inferiore a:

$$I_{cc} \cdot R_{eqp} \leq 120V$$

Dove  $I_{cc}$  è la corrente di corto circuito delle celle interessate, mentre  $R_{eqp}$  è la resistenza del conduttore che collega tra loro le masse affette da guasto. Nei piccoli impianti la disuguaglianza è soddisfatta in quanto la corrente di corto circuito è limitata, e la tensione di contatto nell'eventualità di un secondo guasto a terra non risulta quindi pericolosa. Nei grandi impianti risulta necessario ridurre entro limiti ammissibili la probabilità che si verifichi un secondo guasto a terra, eliminando il primo guasto a terra rilevato dal controllore dell'isolamento (interno all'inverter o esterno).

#### 3.2.6.2 Sistemi TN

In questo tipo di configurazione le parti attive e le masse sono connesse allo stesso impianto di terra.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Nei circuiti terminali in corrente alternata sono utilizzati dispositivi automatici e all'occorrenza differenziali, in modo che sia facilmente soddisfatta la condizione:

$$Z_s \cdot I_a < U_o$$

dove:

*Z<sub>s</sub>: impedenza dell'anello di guasto, che comprende la cabina di trasformazione, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione nel tratto compreso tra il punto di guasto e la cabina;*

*I<sub>a</sub>: corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro i tempi previsti dalla norma in funzione della tensione nominale verso terra del sistema, indicati nella tabella sottostante;*

*U<sub>o</sub>: valore di tensione verso terra del sistema.*

<b>Tempi massimi di interruzione per i sistemi TN</b>	
U <sub>o</sub> [V]	Tempo di interruzione [s]
120	0,8
130	0,4
400	0,2
>400	0,1

### 3.3 Protezione dalle sovratensioni

Gli impianti fotovoltaici, essendo usualmente installati all'esterno degli edifici, possono essere esposti a sovratensioni di origine atmosferica, sia dirette (fulmine che colpisce la struttura) che indirette (fulmine che si abbatte in prossimità della struttura stessa dell'edificio o interessa le linee di energia o di segnale entranti nella struttura) tramite accoppiamento resistivo o induttivo.

L'accoppiamento resistivo si presenta quando un fulmine colpisce la linea elettrica entrante nell'edificio. La corrente di un fulmine, tramite l'impedenza caratteristica della linea, dà origine ad una sovratensione che può superare la tenuta all'impulso delle apparecchiature, con conseguente danneggiamento e pericolo d'incendio.

L'accoppiamento induttivo si verifica perché la corrente del fulmine è impulsiva e genera quindi nello spazio circostante un campo elettromagnetico fortemente variabile. La variazione del campo magnetico genera di conseguenza delle sovratensioni indotte sui circuiti elettrici presenti nelle vicinanze.

Oltre alle sovratensioni di origine atmosferica, l'impianto fotovoltaico può essere esposto a sovratensioni interne di manovra.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

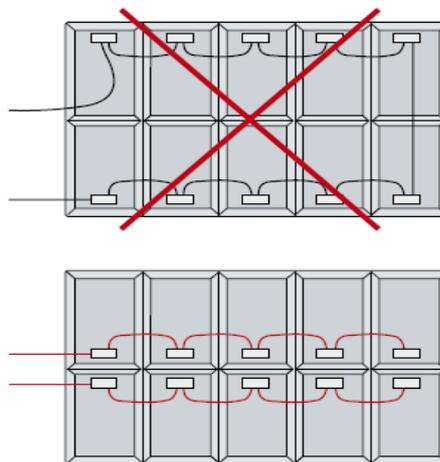
### 3.3.1 Fulminazione diretta

Qualora un impianto PV sia installato sul terreno non si ha il rischio d'incendio per fulminazione diretta e l'unico pericolo per le persone è rappresentato dalle tensioni di passo e di contatto. Quando la resistività superficiale supera i 5 kΩm (es. terreno roccioso, asfaltato di almeno 5 cm di spessore o ricoperto da uno strato di ghiaia di almeno 15 cm) non è necessario adottare alcun provvedimento, dato che le tensioni di contatto e di passo sono trascurabili (CEI 81-10). Se invece il terreno ha una resistività uguale o inferiore a 5 kΩm occorrerebbe teoricamente verificare se sono necessarie delle misure di protezione contro le tensioni di passo e contatto; tuttavia, in tal caso la probabilità di fulminazione è molto piccola, pertanto il problema si presenta solamente per impianti molto estesi.

### 3.3.2 Fulminazione indiretta

Anche nel caso in cui il fulmine non colpisca direttamente la struttura dell'impianto PV, occorre comunque adottare delle misure per attenuare le sovratensioni indotte da un'eventuale fulminazione indiretta quali:

- la schermatura dei circuiti per ridurre il campo magnetico all'interno dell'involucro con conseguente riduzione delle sovratensioni indotte;
- la riduzione dell'area della spira del circuito indotto, collegando in modo opportuno i moduli tra loro (fig. seguente), intrecciando i conduttori ed avvicinando il più possibile il conduttore attivo al PE.



Le sovratensioni che, seppur limitate, possono generarsi devono essere scaricate verso terra mediante SPD (Surge Protective Device) per proteggere le apparecchiature.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Gli SPD sono di fatto dei dispositivi ad impedenza variabile in funzione della tensione applicata: alla tensione nominale dell'impianto presentano un'impedenza molto elevata, mentre in presenza di una sovratensione riducono la loro impedenza, derivando la corrente associata alla sovratensione e mantenendo quest'ultima entro determinati valori. A seconda delle modalità di funzionamento gli SPD si distinguono in:

- SPD a commutazione, quali spinterometri o diodi controllati, quando la tensione supera un determinato valore riducono istantaneamente la loro impedenza e quindi la tensione ai loro capi;
- SPD a limitazione, quali varistori o diodi Zener, presentano un'impedenza decrescente gradualmente all'aumentare della tensione ai loro capi;
- SPD combinati che comprendono i due precedenti collegati in serie o parallelo.

### 3.3.2.1 Protezione lato continua

Nella protezione lato continua è bene impiegare SPD a varistori o SPD combinati.

Gli inverter hanno in genere una protezione interna contro le sovratensioni, ma se si aggiungono SPD ai morsetti dell'inverter si migliora la protezione dello stesso e si evita che l'intervento delle protezioni interne metta fuori servizio l'inverter, con cessazione della produzione energetica e necessità d'intervento di personale specializzato.

Tali SPD devono avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo 2
- Tensione massima di esercizio continuativo  $U_c > 1.25 U_{oc}$
- Livello di protezione  $U_{prot} < U_{inv}$
- Corrente nominale di scarica  $I_n = 20 \text{ kA}$
- Protezione termica con capacità di estinzione del corto circuito a fine vita
- Tenuta alla corrente di corto circuito  $I_{scwpv}$  superiore alla corrente di corto circuito nel punto di installazione oppure coordinamento con un'idonea protezione di back-up.

In assenza di una normativa internazionale specifica per la protezione dalle sovratensioni in impianti fotovoltaici, si raccomanda l'installazione di SPD testati secondo la guida UTE C 61-740-51.

Con  $U_{prot}$  si indica la somma del livello di protezione dello scaricatore  $U_p$  e della caduta di tensione dei collegamenti, che si può assumere pari a  $1 \text{ kV/m}$ .



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Poiché i moduli delle stringhe hanno in genere una tensione di tenuta all'impulso maggiore di quella dell'inverter, gli SPD posti a protezione dell'inverter consentono generalmente di proteggere anche i moduli, purché la distanza tra moduli ed inverter sia inferiore a 10 metri.

### 3.3.2.2 Protezione lato alternata

Un impianto fotovoltaico connesso alla rete e soggetto a sovratensioni anche sul lato corrente alternata, le quali possono essere sia di origine atmosferica che provenienti dalla rete. Occorre pertanto installare immediatamente a valle dell'inverter un SPD idoneo.

Tale SPD dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo 2
- Tensione massima di esercizio continuativo  $U_c > 1.1 U_0$
- Livello di protezione  $U_{prot} < U_{inv}$
- Corrente nominale di scarica  $I_n = 20 \text{ kA}$
- Protezione termica con capacità di estinzione del corto circuito a fine vita e coordinamento con un'idonea protezione di back-up.

### 3.4 Cavi in BT

Anzitutto i cavi devono avere una tensione nominale adeguata a quella dell'impianto. In corrente continua, la tensione d'impianto non deve superare del 150% la tensione nominale dei cavi che si riferisce al loro impiego in c.a. (in c.a. la tensione d'impianto non deve superare la tensione nominale dei cavi).

corrente alternata [V]	corrente continua [V]
300/500	450/750
450/750	675/1125
600/1000	900/1500

Le condutture sul lato c.c. dell'impianto devono avere un isolamento doppio o rinforzato (classe II) in modo da ridurre il rischio di guasti a terra ed i cortocircuiti (CEI 64-8).

#### 3.4.1 Cavi in correnti continua a 1.500 V

I cavi utilizzati in un impianto fotovoltaico devono essere in grado di sopportare, per la durata di vita dell'impianto stesso (25/30 anni), severe condizioni ambientali in termini di elevata temperatura, precipitazioni atmosferiche e radiazioni ultraviolette.

I cavi sul lato c.c. solitamente sono cavi solari (o di stringa) che collegano tra loro i moduli e la stringa al primo quadro di sottocampo o direttamente all'inverter;

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

I cavi che collegano tra loro i moduli sono installati nella parte posteriore dei moduli stessi, laddove la temperatura può raggiungere i 70-80°C. Tali cavi devono quindi essere in grado di sopportare elevate temperature e resistere ai raggi ultravioletti, se installati a vista. Pertanto si usano cavi particolari, denominati in gergo come “cavi solari”, usualmente unipolari con isolamento e guaina in gomma, tipo H1Z2Z2-K tensione nominale 1,5 kV, con temperatura massima di normale di funzionamento pari a 90°C e con vita utile di 20.000 ore con funzionamento continuativo a 120 °C.

### 3.4.2 Cavi in corrente alternata

I cavi posti sul lato in corrente alternata a 800V, a valle degli inverter fino al collegamento del quadro di parallelo inverter installato nelle Cabine di Campo, vengono installati all’interno di tubazioni interrato.

Tali cavi, se posati all’esterno, devono essere protetti dalla radiazione solare in tubi o canali ed essere comunque con guaina per uso esterno. Se invece sono posati all’interno di edifici valgono le regole usuali degli impianti elettrici.

Verranno utilizzati cavi tipo ARG16R16 o AFG16R16, con conduttore in alluminio rigido (ARG16R16) o in alluminio flessibile (AFG16R16), adatti per funzionamento in sistemi 0,6/1kV, quindi adatti al sistema fotovoltaico in esame funzionante a una tensione in corrente alternata di 0,465/0,8 kV.

### 3.4.3 Sezione e portata

La sezione di un cavo deve essere tale per cui:

- la sua portata  $I_z$  non sia inferiore alla corrente d’impiego  $I_b$ ;
- la caduta di tensione ai suoi capi sia entro i limiti imposti.

Nelle condizioni di normale funzionamento ogni modulo eroga una corrente prossima a quella di corto circuito, sicché la corrente d’impiego per il circuito di stringa è assunta pari a:

$$I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$$

dove  $I_{sc}$  è la corrente di corto circuito in condizioni di prova standard e la maggiorazione del 25% tiene conto di valori di irraggiamento superiori a 1kW/m<sup>2</sup>.

La portata  $I_z$  dei cavi deve tenere in considerazione i coefficienti riduttivi associati alle specifiche condizioni di installazione, caso per caso.

La scelta del tipo e della sezione del conduttore quindi si basa sulle seguenti considerazioni tecnico/economiche:

- tensione nominale di esercizio;

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

- corrente assorbita dal carico;
- condizioni di posa;
- limitazione delle perdite di energia;
- contenimento della caduta di tensione entro un determinato limite percentuale rispetto al valore nominale.

Nelle linee derivate in cui è diminuita la sezione, se non è previsto un dispositivo automatico, la sezione è coordinata con la protezione a monte.

Verranno utilizzati cavi a doppio isolamento; all'ingresso dei conduttori nei quadri elettrici, nelle cassette di derivazione e nelle canaline portatavi, sono previsti dei pressavi di idonee dimensioni in modo da garantire il grado IP richiesto ed impedire il danneggiamento della guaina esterna del cavo stesso.

### 3.5 Dimensionamento in potenza del trasformatore MT/BT:

Dette:

- $A_n$  = potenza apparente nominale (in kVA) del trasformatore,
- $vcc\%$  = tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore,
- $P_{totinv}$  = potenza nominale totale degli inverter connessi sull'avvolgimento di bassa tensione (in kW)

il dimensionamento del trasformatore può essere effettuato secondo le due opzioni di seguito elencate:

- $A_n = 1,25 \times P_{totinv}$  se  $vcc\% = 6\%$

oppure:

- $A_n = 1 \times P_{totinv}$  se  $vcc\% = 4\%$

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 4 Descrizione dell'Impianto Fotovoltaico

### 4.1 Moduli fotovoltaici

Il modulo fotovoltaico scelto è in silicio monocristallino tipo JINKO SOLAR modello TIGER PRO BIFACIAL JKM610N – 78HL4-BDVV, con potenza nominale di picco STC pari a 610Wp e con tolleranza positiva fino al +3%. I moduli sono del tipo “bifacciali”, cioè in grado di convertire in energia elettrica anche la radiazione solare riflessa dall'ambiente circostante e incidente sul retro dei moduli.

Per la realizzazione dell'impianto è previsto l'utilizzo complessivo di 32.760 pannelli.

In fase esecutiva potranno essere utilizzati moduli di costruttore diverso ma che manterranno le caratteristiche peculiari di seguito riportate.

I moduli presentano delle caratteristiche innovative, quali l'utilizzo delle mezze celle in luogo delle celle intere, la cui modalità di stringatura permette di ridurre le perdite per ombreggiamento; le mezze celle sono inoltre assemblate con la tecnologia TR che permette di eliminare gli spazi vuoti tra le celle del modulo, aumentandone la superficie captante in grado di convertire la radiazione incidente in energia elettrica e quindi il rendimento complessivo del modulo.

Il modulo è realizzato inoltre con celle multi bus bar, ciascuno delle quali è interessata da una minore intensità di corrente con conseguente minore perdita per effetto Joule e minore perdite derivanti da eventuali microcracks che potrebbero verificarsi in fase di trasporto e/o installazione.

I moduli presentano un bassissimo degrado per invecchiamento (-0,40% anno) per effetto del quale la garanzia sulla produzione rilasciata dal produttore vede un rendimento sull'energia prodotta pari all'87,4% al 30° anno di funzionamento.

I moduli, inoltre, hanno una garanzia sui difetti di fabbricazione pari a ben 12 anni.

I dati tecnici nominali di picco riportati nel seguito sono da intendersi riferiti alle condizioni STC (Standard Test Conditions) secondo le quali si ha temperatura della cella pari a 25°C, irraggiamento solare pari a 1kW/m<sup>2</sup>, Air Mass 1,5.

Nello stesso datasheet sono riportati *i dati di funzionamento NOCT* corrispondenti a situazioni tipiche del mondo reale, ovvero con il modulo funzionante alla temperatura operativa prevista di 45 °C, irraggiamento di 800 W/m<sup>2</sup>, temperatura ambientale di 20 °C e una velocità del vento 1 m/s, nelle quali il modulo eroga una potenza di picco pari a 455Wp.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

www.jinkosolar.com



# Tiger Pro N-type

## 78HL4-BDV

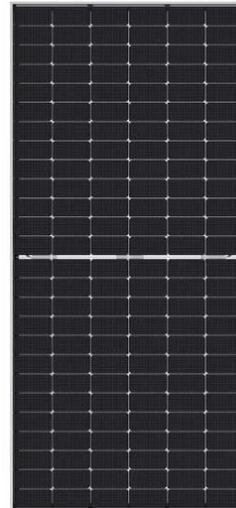
### 590-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

#### N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)  
 ISO9001:2015: Quality Management System  
 ISO14001:2015: Environment Management System  
 ISO45001:2018  
 Occupational health and safety management systems



## Key Features



#### SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



#### Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



#### Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



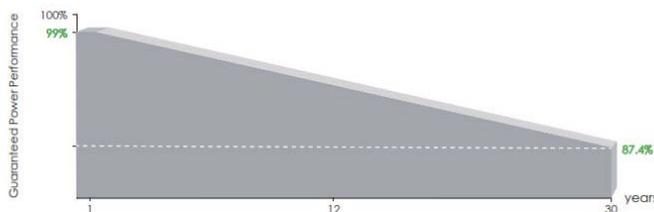
#### Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



POSITIVE QUALITY™  
 Continuous Quality Assurance

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



**12** Year Product Warranty

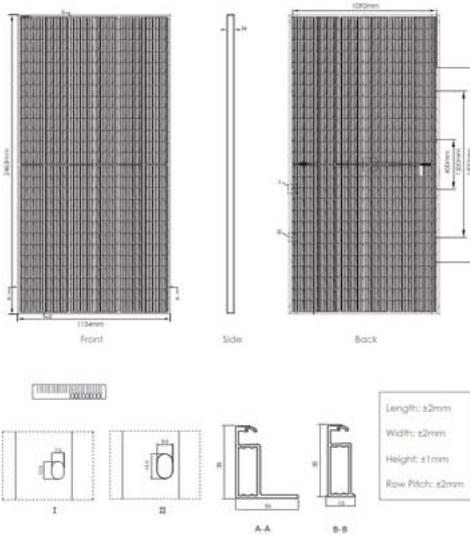
**30** Year Linear Power Warranty

**0.40%** Annual Degradation Over 30 years

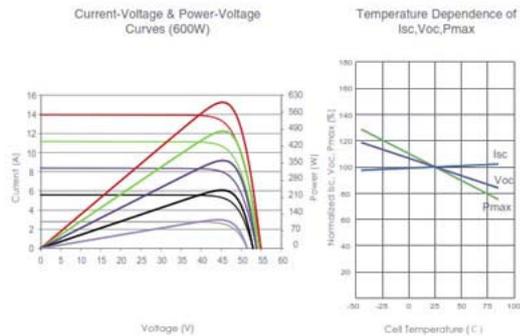


REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

### Engineering Drawings



### Electrical Performance & Temperature Dependence



### Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2465x1134x35mm (97.05x44.65x1.38 inch)
Weight	34.0kg (74.96 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

### Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )  
 31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM590N-78HL4-8DV		JKM595N-78HL4-8DV		JKM600N-78HL4-8DV		JKM605N-78HL4-8DV		JKM610N-78HL4-8DV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	590Wp	440Wp	595Wp	444Wp	600Wp	447Wp	605Wp	451Wp	610Wp	455Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.32V	41.98V	45.42V	42.09V	45.53V	42.20V	45.63V	43.32V	45.73V	42.43V
Maximum Power Current (Imp)	13.02A	10.48A	13.10A	10.54A	13.18A	10.60A	13.26A	10.66A	13.34A	10.72A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.63V	51.56V	54.73V	51.66V	54.84V	51.76V	54.94V	51.86V	55.04V	51.95V
Short-circuit Current (Isc)	13.79A	11.14A	13.87A	11.20A	13.95A	11.27A	14.03A	11.33A	14.11A	11.40A
Module Efficiency STC (%)	21.11%		21.29%		21.46%		21.64%		21.82%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

### BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp
5%	Maximum Power (Pmax)	620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.16%	22.35%	22.54%	22.73%	22.91%
15%	Maximum Power (Pmax)	679Wp	684Wp	690Wp	696Wp	702Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.27%	24.48%	24.68%	24.89%	25.10%
25%	Maximum Power (Pmax)	767Wp	774Wp	780Wp	787Wp	793Wp
	Module Efficiency STC (%)	27.44%	27.67%	27.90%	28.14%	28.37%

\*STC: ☀ Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> 📱 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5  
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m<sup>2</sup> 📱 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

I moduli fotovoltaici vengono connessi in serie da 24 pannelli formando una stringa di potenza totale pari a 14,64 kWp riferita alle condizioni STC, mentre se si prendono come riferimento le condizioni NOCT si ha una potenza totale di stringa pari a 10,92 kWp.

#### 4.2 Inverter

Gli inverter costituiscono i gruppi di conversione e l'insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza in corrente continua generata dal generatore fotovoltaico alla rete pubblica in corrente alternata a 50 Hz, in conformità ai requisiti normativi dettati in modo particolare dalla CEI 0-16, tecnici e di sicurezza applicabili. In fase esecutiva potranno essere utilizzati inverter di costruttore diverso a quello indicato ma che manterranno le caratteristiche peculiari di seguito riportate.

Gli inverter selezionati sono prodotti da SUNGROW, modello SG250HX; in totale verranno installati n. 65 inverter.

Il rendimento massimo degli inverter è pari al 99,0%, mentre l'efficienza europea pesata è del 98,8%.

Ogni inverter è dotato di ben 12 MPPT (inseguitori di massima potenza); a ciascun MPPT sono connesse al massimo solo 2 stringhe, massimizzando quindi la produzione di impianto in quanto viene ottimizzata la curva di produzione di limitati blocchi di stringhe; essendo connesse in parallelo al massimo due stringhe, non è necessaria la protezione delle stringhe dalle correnti inverse: gli inverter presentano un design "fuse-free" che elimina la perdita di produzione per eventuale fusione dei fusibili sul lato in corrente continua ed eliminando la necessità di installare ulteriori quadri di parallelo stringhe. Gli inverter integrano e/o sono già predisposti inoltre di funzioni avanzate, quali il monitoraggio di ogni singola stringa e l'analisi diagnostica remota della Curva I-V che altrimenti andrebbe effettuata in campo con strumentazione specifica, riducendo così i tempi e i costi di rilevamento e di riparazione dei guasti.

Gli inverter lavorano con una tensione massima di sistema lato corrente continua pari a 1.500Vcc, offrendo quindi la possibilità di creare delle stringhe composte da un numero maggiore di moduli e riducendo quindi significativamente il numero complessivo dei cavi di stringa a parità di potenza installata, riducendo non solo i costi di installazione, ma anche la corrente in gioco e le relative perdite per effetto Joule, massimizzando la producibilità globale dell'impianto.

Gli inverter presentano una tensione di uscita di 800Vac in luogo della tensione normalmente utilizzata di 400Vac; ciò riduce la corrente in gioco nell'impianto a parità di potenza erogata. Ciò ha molteplici vantaggi, tra i quali l'utilizzo di cavi di sezione ridotta che vedono quindi l'utilizzo di una minore quantità di materia



---

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

prima, minori perdite di trasmissione e utilizzo di interruttori aventi minore corrente nominale, con dimensioni ridotte e quindi minore necessità di spazio per i quadri elettrici e quindi per le cabine elettriche.

Un'efficienza massima del 99%, che unita alla dotazione di 12 diversi inseguitori di massima potenza, design "Fuse-free", funzionalità avanzate quali la diagnosi delle curve I-V, il funzionamento fino a 1.500Vcc e tensione di uscita a 800V ac, garantiscono la massima produzione di energia nelle più svariate condizioni di carico.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

#### 4.2.1 Inverter SUNGROW SG250HX

# SG250HX

Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System



#### HIGH YIELD

- 12 MPPTs with max. efficiency 99%
- 30A MPPT compatible with 500Wp+ module
- Built-in Anti-PID and PID recovery function

#### LOW COST

- Compatible with Al and Cu AC cables
- DC 2 in 1 connection enabled
- Power line communication (PLC)
- Q at night function

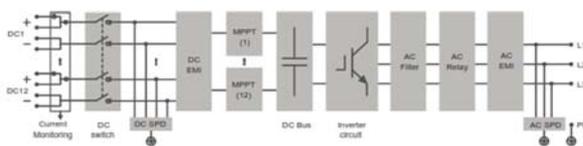
#### SMART O&M

- Touch free commissioning and remote firmware upgrade
- Smart IV Curve diagnosis\*
- Fuse free design with smart string current monitoring

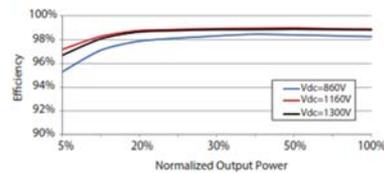
#### PROVEN SAFETY

- IP66 and C5 anti-corrosion
- Type II SPD for both DC and AC
- Compliant with global safety and grid code

#### CIRCUIT DIAGRAM



#### EFFICIENCY CURVE



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Type designation	SG250HX
<b>Input (DC)</b>	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 500 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	30 A * 12
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
<b>Output (AC)</b>	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
<b>Protection</b>	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
<b>General Data</b>	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	99kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	5000 m (> 4000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+App
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm <sup>2</sup> , optional 10mm <sup>2</sup> )
AC connection type	OT/DT terminal (Max. 300 mm <sup>2</sup> )
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

\*: Only compatible with Sungrow logger and iSolarCloud



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 4.3 Configurazione singoli Inverter

I moduli fotovoltaici vengono connessi in serie da 24 pannelli fino a formare una stringa. Gruppi di 21 stringhe vengono poi connessi a un singolo inverter. Ogni sottocampo fotovoltaico, inteso come gruppo di moduli sotteso a un singolo inverter, è composto da n° 504 moduli del tipo Silicio monocristallino con potenza unitaria di picco pari a 610 Wp.

Ogni inverter vede quindi connessa una potenza totale di 307,44 kWp in condizioni STC e di 229,32 kWp in condizioni NOCT.

Progetto

#### GENZANO 3 -JINKO BIFACIAL 610WP



1 x SG250HX

Potenza AC totale  
250,00 kVA

Rapporto DC/AC totale  
1,23

Potenza CC totale  
307,44 kWp

Fattore potenza PF  
1,00

MPPT	Array FV	Numeri stringa	ISC max	V DC min	Max. Voc
A	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
B	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
C	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
D	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
E	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
F	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
G	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
H	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
I	Array FV	2 x 24	28,83 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
J	Array FV	1 x 24	14,41 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
K	Array FV	1 x 24	14,41 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓
L	Array FV	1 x 24	14,41 A ✓	1,25 kV ✓	1,45 kV ✓

Nota1: Utilizzare i connettori MC4 se la tensione massima di ingresso non supera i 1.000 V. Utilizzare i connettori MC4-Evo2 se la tensione massima di ingresso supera i 1.000 V. Per acquistare i terminali MC4-Evo2 DC, contattare SUNGROW.

Nota2: Quando si scelgono 3 stringhe per 1 MPPT, la terza stringa deve essere collegata con un connettore ad Y esterno (protetto da fusibili) - non fornito da Sungrow.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione integrati nell'inverter con indicazione di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

#### 4.4 Campi fotovoltaici

L'impianto nel suo complesso prevede l'installazione di n. 32.760 moduli da 610Wp connessi a n.65 inverter da 250 kW per una potenza totale installata lato corrente continua di 19.983,60 kWp e potenza nominale di uscita degli inverter pari a 16.250 kW.

Le macro-aree effettivamente interessate dall'installazione dei moduli fotovoltaici e delle opere connesse, sono riassunte nella tabella seguente:

Denominazione sottocampo	Inseguitori 2x12 moduli	Inseguitori 2x24 moduli	Inseguitori 2x36 moduli	Moduli totali	Potenza unitaria dei moduli [Wp]	Potenza Sottocampo [kWp]	Inverter totali 250 kW	Potenza complessiva inverter [kW]
A1	8	14	44	4.032	610	2.459,52	8	2.000
A2	7	7	49	4.032	610	2.459,52	8	2.000
A3	8	14	44	4.032	610	2.459,52	8	2.000
B1	10	10	46	4.032	610	2.459,52	8	2.000
B2	10	7	55	4.536	610	2.766,96	9	2.250
B3	5	2	53	4.032	610	2.459,52	8	2.000
B4	4	1	54	4.032	610	2.459,52	8	2.000
B5	2	14	46	4.032	610	2.459,52	8	2.000
<b>SOMMANO</b>	<b>54</b>	<b>69</b>	<b>391</b>	<b>32.760</b>		<b>19.983,60</b>	<b>65</b>	<b>16.250</b>

Ogni area è asservita a diverse cabine di Campo, ognuna equipaggiata con un trasformatore MT/BT avente potenza correlata al numero degli inverter ad essa connessa, ovvero in un range di potenza che va da 2.000 kVA fino a 2.500 kVA. Nello specifico si ha quanto riassunto nella seguente tabella:

Sottocampo	Denominazione Cabina	Potenza inverter connessi [kW]	Potenza del Trasformatore MT/BT [kVA]
A	A1	2.000	2.500
	A2	2.000	2.500
	A3	2.000	2.500
B	B1	2.000	2.500
	B2	2.250	2.500
	B3	2.000	2.500
	B4	2.000	2.500
	B5	2.000	2.500
<b>Sommano</b>		<b>16.250</b>	

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 6 Simulazione funzionamento impianto e energia producibile

### 6.1 Metodologia utilizzata

Mediante il software PVSYST V. 7.25 è stato modellizzato l'impianto così come descritto in precedenza. Mediante tale modello sono state perciò condotte delle simulazioni che hanno dato come risultato le condizioni di funzionamento del sistema utilizzando come dato di ingresso non solo la composizione dell'impianto, ma anche i dati meteorologici del sito ricavati su database Meteonorm.

### 6.2 Dati climatici

I dati climatici per il sito di installazione sono stati ricavati dal database Meteonorm.

METEONORM è un database di informazioni meteorologiche e procedure di calcolo, con dati sempre aggiornati, per ogni località del mondo. È indispensabile per la progettazione di impianti solari.

Meteonorm rende disponibili oltre 30 parametri meteorologici e le relative serie storiche, tra cui:

- radiazione globale
- temperatura
- umidità
- precipitazioni
- velocità e direzione del vento
- durata dell'irraggiamento solare
- Calcolo dell'alba e del tramonto di ogni giorno
- Intervallo di tempo pari ad un minuto per i parametri relativi alla radiazione
- Calcolo della radiazione per superfici inclinate
- Generazione maggiorata di umidità e di temperatura per il calcolo nelle simulazioni

#### 6.2.1 Radiazione solare

I dati risultanti dal database Meteonorm e utilizzati per la simulazione di producibilità sono riportati nella schermata seguente:



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

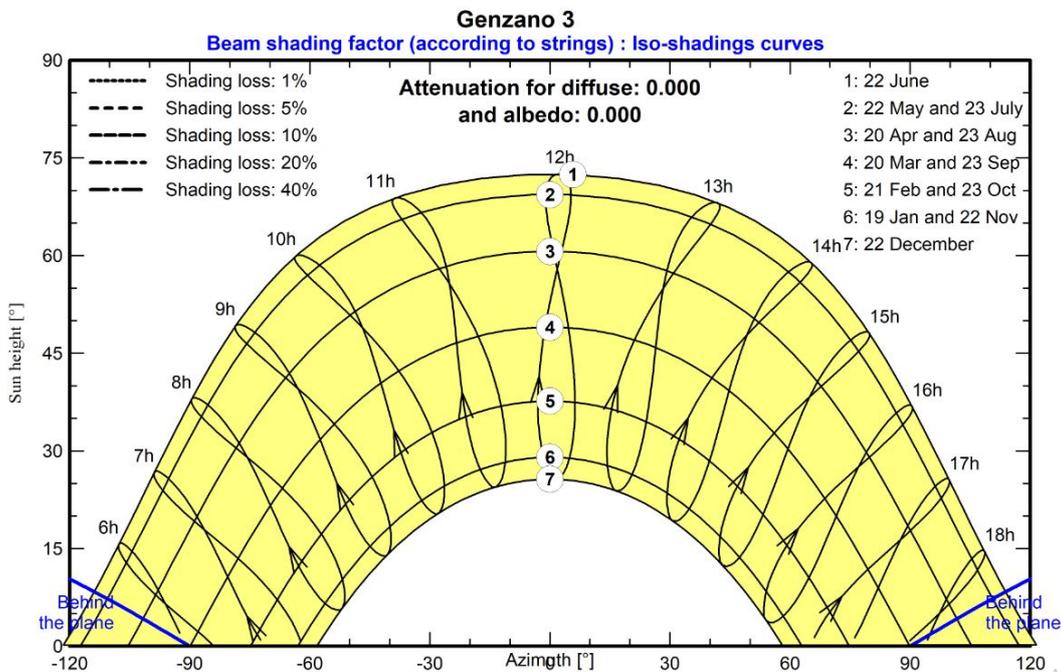
Site **Genzano 3 - loc. Mercante (Italy)**

Data source **Meteonorm 8.0 (1986-2005), Sat=100%**

	<b>Global horizontal irradiation</b>	<b>Horizontal diffuse irradiation</b>	<b>Temperature</b>	<b>Wind Velocity</b>	<b>Linke turbidity</b>	<b>Relative humidity</b>
	kWh/m <sup>2</sup> /mth	kWh/m <sup>2</sup> /mth	°C	m/s	[-]	%
January	52.1	23.2	6.2	4.00	2.857	81.5
February	67.9	37.4	6.6	4.60	3.100	80.1
March	121.3	49.6	9.4	4.60	3.562	76.4
April	145.1	77.2	12.4	4.31	4.200	75.4
May	185.8	86.0	17.0	3.90	4.085	70.1
June	195.4	87.7	21.7	3.80	3.788	64.6
July	205.9	81.5	24.9	3.90	3.696	57.4
August	185.2	69.4	24.7	3.70	3.692	62.9
September	132.5	51.2	19.5	3.70	3.691	73.3
October	96.7	39.3	15.9	3.50	3.375	80.2
November	56.9	29.0	11.5	4.10	3.146	84.7
December	44.6	22.9	7.6	4.00	2.917	82.7
<b>Year</b>	<b>1489.4</b>	<b>654.4</b>	<b>14.8</b>	<b>4.0</b>	<b>3.509</b>	<b>74.1</b>
	Paste	Paste	Paste	Paste		

**Global horizontal irradiation year-to-year variability 4.8%**

### 6.3 Diagramma di ombreggiamento



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

## 6.4 Modellizzazione dei tracker

Field type: Tracking, horizontal axis N-S

**Axis and limiting angles**

Axis Tilt: 0.0 °

Axis azimuth: 0.0 °

Phi min.: -46.0 °

Phi max.: 46.0 °

Central gap: 0 cm

**Axis Tilt 0°**

**Axis azimuth 0°**

**Special Behaviors**

Backtracking ?

Irradiance optimization ?

**Backtracking parameters**  
These values are defined in the 3D shadings scene

Pitch: 8.00 m

Collector width: 4.95 m

Left inactive band: 0.00 m

Right inactive band: 0.00 m

GCR (frame): 61.9%

**Rotating phi limits -46°/46°**

Facing Axis azimuth = 0°

*Parametri dei tracker inseriti all'interno del software di simulazione*

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

## 6.5 Caratteristiche del sistema simulato e perdite

General parameters			
<b>Grid-Connected System</b>		<b>Trackers single array, with backtracking</b>	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Backtracking strategy</b>	
<b>Orientation</b>		<b>Nb. of trackers</b>	693 units
Tracking plane, horizontal N-S axis		<b>Single array</b>	
Axis azimuth	0 °	<b>Sizes</b>	
		Tracker Spacing	8.00 m
		Collector width	4.95 m
		Ground Cov. Ratio (GCR)	61.9 %
		Phi min / max.	-/+ 60.0 °
		<b>Backtracking limit angle</b>	
		Phi limits	+/- 51.6 °
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	
Free Horizon		According to strings	
		Electrical effect	30 %
		<b>User's needs</b>	
		Unlimited load (grid)	
<b>Bifacial system</b>			
Model	2D Calculation		
	unlimited trackers		
<b>Bifacial model geometry</b>		<b>Bifacial model definitions</b>	
Tracker Spacing	8.00 m	Ground albedo	0.50
Tracker width	4.95 m	Bifaciality factor	90 %
GCR	61.9 %	Rear shading factor	0.0 %
Axis height above ground	2.30 m	Rear mismatch loss	0.0 %
		Module transparency	0.0 %

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Jinkosolar	Manufacturer	Sungrow
Model	JKM610N-78HL4-BDV_GNZ3	Model	SG250-CX
	(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)
Unit Nom. Power	610 Wp	Unit Nom. Power	250 kWac
Number of PV modules	32760 units	Number of inverters	65 units
Nominal (STC)	19.98 MWp	Total power	16250 kWac
Modules	1365 Strings x 24 In series	Operating voltage	500-1300 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.23
Pmpp	18.49 MWp		
U mpp	1003 V		
I mpp	18428 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	19984 kWp	Total power	16250 kWac
Total	32760 modules	Nb. of inverters	65 units
Module area	91574 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.23
Cell area	84375 m <sup>2</sup>		

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

## 6.6 Diagramma radiazione, perdite e energia netta immessa in rete al 1° anno



**PVsyst V7.2.5**  
 VC3, Simulation date:  
 14/09/21 09:20  
 with v7.2.5

Project: Genzano 3  
 Variant: Moduli bifacciali Jinko 610Wp - 65 inverter

ENERGY CLIET SERVICE SRL (Italy)

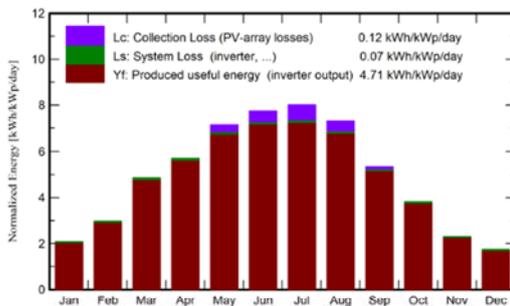
### Main results

#### System Production

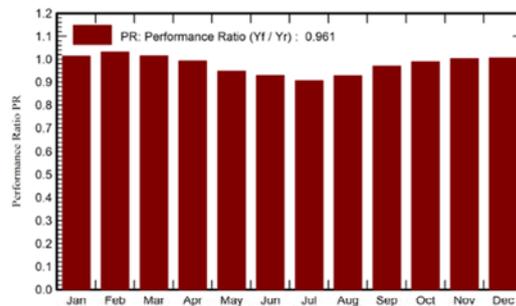
Produced Energy 34345 MWh/year

Specific production 1719 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR 96.12 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
<b>January</b>	52.1	23.25	6.17	62.7	59.4	1291	1271	1.014
<b>February</b>	67.9	37.45	6.57	79.7	76.1	1665	1641	1.030
<b>March</b>	121.3	49.57	9.36	146.7	142.0	3015	2973	1.014
<b>April</b>	145.1	77.23	12.36	170.2	165.0	3423	3376	0.992
<b>May</b>	185.8	86.00	16.97	221.4	215.3	4252	4195	0.948
<b>June</b>	195.4	87.67	21.70	232.3	226.3	4369	4311	0.929
<b>July</b>	205.9	81.52	24.93	248.5	242.3	4562	4501	0.906
<b>August</b>	185.2	69.42	24.67	226.8	221.5	4264	4206	0.928
<b>September</b>	132.5	51.22	19.50	160.4	155.6	3150	3106	0.969
<b>October</b>	96.7	39.28	15.89	118.2	113.8	2370	2336	0.989
<b>November</b>	56.9	29.03	11.52	68.0	64.4	1385	1364	1.003
<b>December</b>	44.6	22.94	7.61	53.1	49.7	1084	1066	1.005
<b>Year</b>	1489.1	654.58	14.82	1788.0	1731.2	34831	34345	0.961

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo



**PVsyst V7.2.5**  
VC0, Simulation date:  
13/09/21 11:10  
with v7.2.5

### Project: Genzano 3

Variant: New simulation variant

ENERGY CLIET SERVICE SRL (Italy)

#### Main results

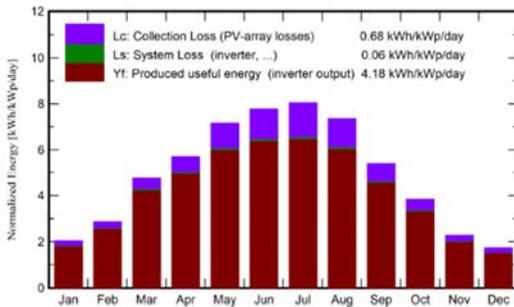
##### System Production

Produced Energy 29691 MWh/year

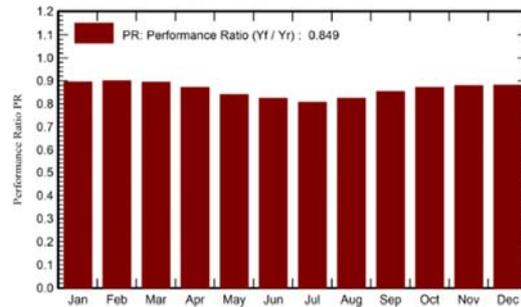
Specific production  
Performance Ratio PR

1526 kWh/kWp/year  
84.92 %

##### Normalized productions (per installed kWp)



##### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	ratio
January	52.1	23.25	6.17	63.1	59.4	1119	1100	0.895
February	67.9	37.45	6.57	80.1	75.8	1425	1403	0.900
March	121.3	49.57	9.36	147.4	141.9	2600	2563	0.894
April	145.1	77.23	12.36	171.0	164.5	2939	2898	0.871
May	185.8	86.00	16.97	222.2	214.8	3686	3635	0.841
June	195.4	87.67	21.70	233.3	226.0	3791	3740	0.824
July	205.9	81.52	24.93	249.6	242.1	3973	3919	0.807
August	185.2	69.42	24.67	228.0	221.4	3706	3654	0.824
September	132.5	51.22	19.50	161.3	155.7	2715	2676	0.853
October	96.7	39.28	15.89	118.9	113.9	2046	2016	0.871
November	56.9	29.03	11.52	68.4	64.2	1189	1170	0.879
December	44.6	22.94	7.61	53.4	49.6	932	916	0.881
Year	1489.1	654.58	14.82	1796.7	1729.4	30121	29691	0.849

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

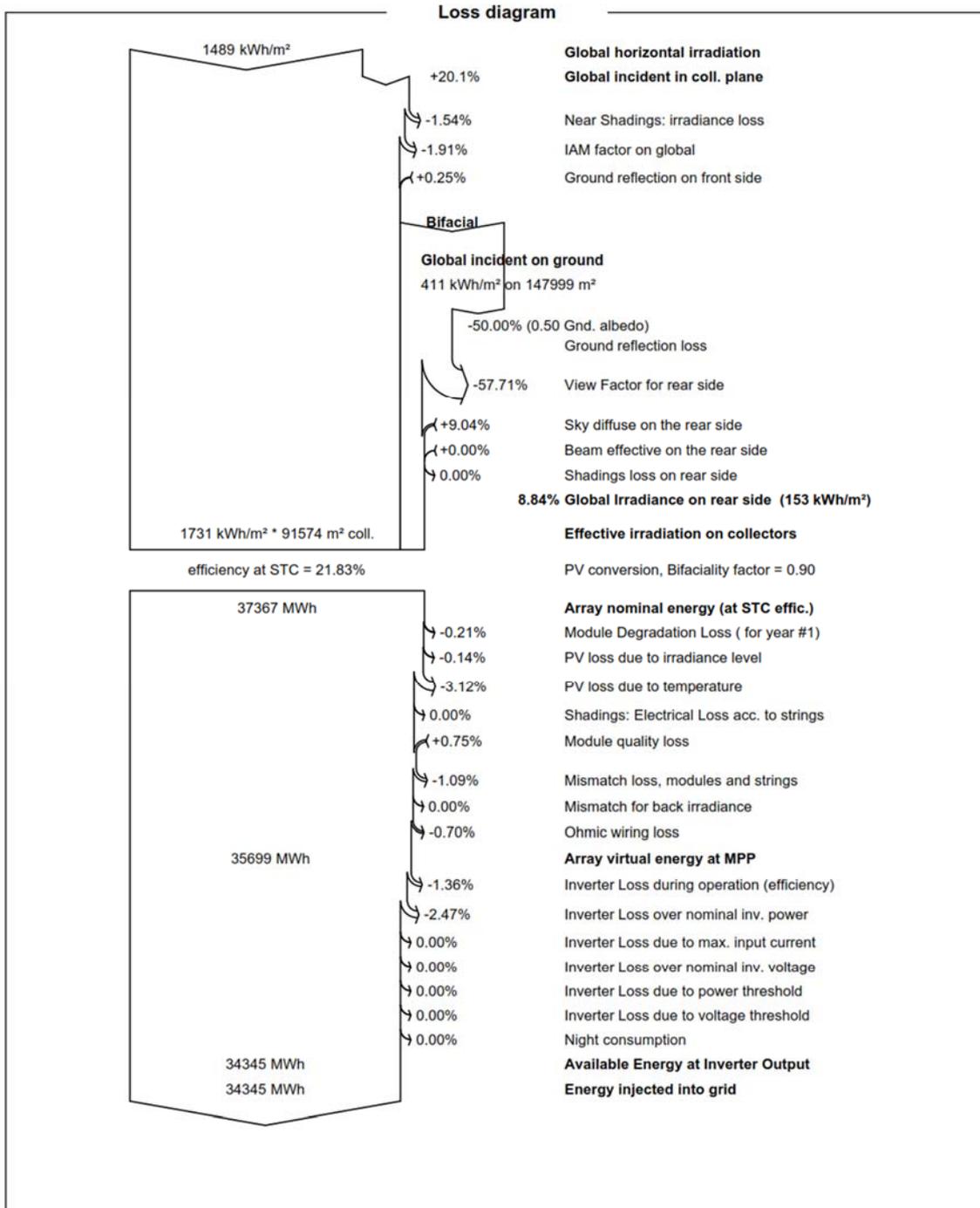


**PVsyst V7.2.5**  
 VC3, Simulation date:  
 14/09/21 09:20  
 with v7.2.5

**Project: Genzano 3**

Variant: Moduli bifacciali Jinko 610Wp - 65 inverter

ENERGY CLIET SERVICE SRL (Italy)

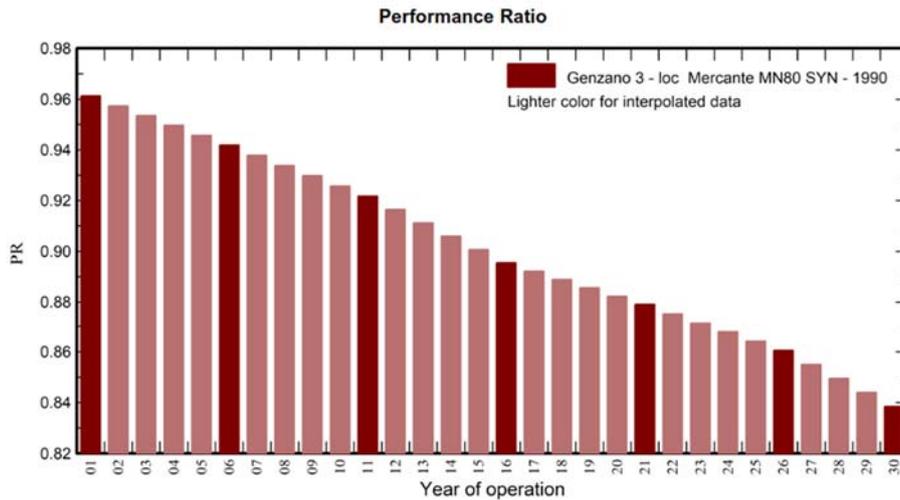


REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

### 6.7 Produzione annua attesa vita stimata impianto

Mediante software di simulazione PVSYS v. 7.25, è stata proiettata la producibilità annua dell'impianto durante l'intero arco di vita di progetto, considerando il normale degrado annuo di performance dei moduli secondo quanto garantito dal produttore.

I risultati ottenuti sono riportati di seguito.



#### Aging Tool

##### Aging Parameters

Time span of simulation 30 years

##### Module average degradation

Loss factor 0.4 %/year

##### Mismatch due to degradation

Imp RMS dispersion 0.3 %/year

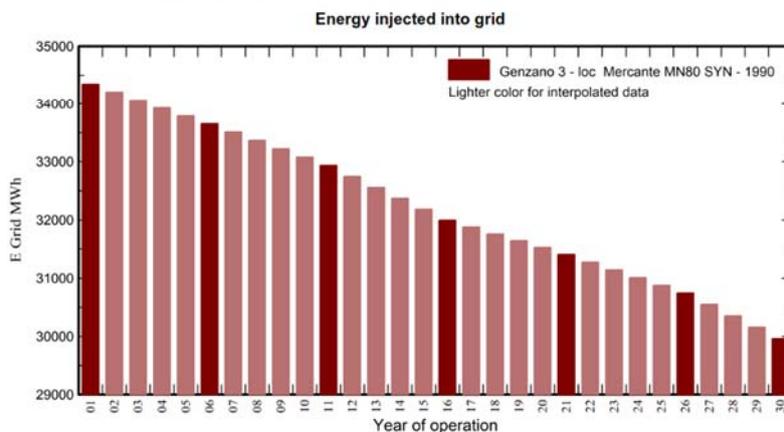
Vmp RMS dispersion 0.3 %/year

##### Meteo used in the simulation

##### #1 Genzano 3 - loc Mercante MN80 SYN

Years 1990 (reference year)

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

Aging Tool			
<b>Aging Parameters</b>			
Time span of simulation	30 years		
<b>Module average degradation</b>			
Loss factor	0.4 %/year		
<b>Mismatch due to degradation</b>			
		Imp RMS dispersion	0.3 %/year
		Vmp RMS dispersion	0.3 %/year
<b>Meteo used in the simulation</b>			
<b>#1 Genzano 3 - loc Mercante MN80 SYN</b>			
Years	1990 (reference year)		
Years simulated	1,6,11,16,21,26,30		
Genzano 3 - loc Mercante MN80 SYN			
Year	E Grid MWh	PR	PR loss %
1	34345	0.961	0%
2	34207	0.957	-0.4%
3	34069	0.953	-0.8%
4	33930	0.95	-1.2%
5	33792	0.946	-1.6%
6	33654	0.942	-2%
7	33510	0.938	-2.4%
8	33366	0.934	-2.8%
9	33223	0.93	-3.3%
10	33079	0.926	-3.7%
11	32935	0.922	-4.1%
12	32747	0.916	-4.7%
13	32559	0.911	-5.2%
14	32371	0.906	-5.7%
15	32183	0.901	-6.3%
16	31994	0.895	-6.8%
17	31877	0.892	-7.2%
18	31760	0.889	-7.5%
19	31642	0.886	-7.9%
20	31525	0.882	-8.2%
21	31408	0.879	-8.6%
22	31275	0.875	-8.9%
23	31143	0.872	-9.3%
24	31010	0.868	-9.7%
25	30878	0.864	-10.1%
26	30745	0.86	-10.5%
27	30549	0.855	-11.1%
28	30353	0.849	-11.6%
29	30157	0.844	-12.2%
30	29961	0.839	-12.8%

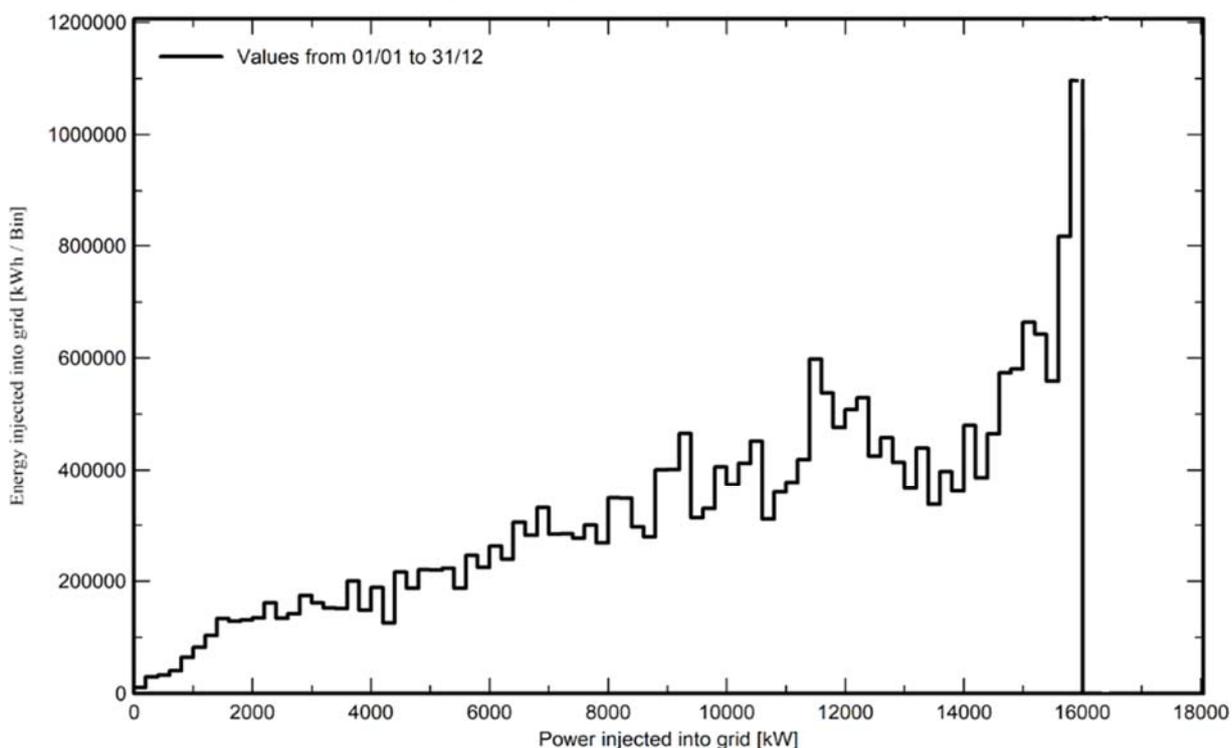
## 6.8 Simulazione potenza immessa in rete

Dai risultati ottenuti dalla simulazione effettuata, si evince che la potenza in immissione richiesta è congrua con la potenza pari a 16MW dichiarata in fase di richiesta di connessione alla RTN Terna.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

**System Output Power Distribution**



## 7 Cabine di Campo

Il riepilogo delle Cabine di campo da realizzare, come sintetizzato in precedenza, è sintetizzato nella seguente tabella.

Sottocampo	Denominazione Cabina	Potenza inverter connessi [kW]	Potenza del Trasformatore MT/BT [kVA]
A	A1	2.000	2.500
	A2	2.000	2.500
	A3	2.000	2.500
B	B1	2.000	2.500
	B2	2.250	2.500
	B3	2.000	2.500
	B4	2.000	2.500
	B5	2.000	2.500
<b>Sommano</b>		<b>16.250</b>	

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

I trasformatori utilizzati hanno isolamento in resina. Essi avranno rapporto di trasformazione 30/0,8 kV e apparterranno tutti al gruppo vettoriale Dyn11, ovvero con primario a triangolo e secondario a stella con neutro accessibile. Le tensioni di corto circuito saranno pari al 4% per trasformatori fino a 500 kVA, pari al 6% per le potenze superiori.

I trasformatori saranno dotati di sensori PT100 inglobati negli avvolgimenti di bassa tensione; tali sonde termometriche verranno connesse a una centralina che controllerà il funzionamento degli estrattori e, con superamento di soglie di temperatura massime sopportabili dalle macchine, al distacco dell'alimentazione lato MT e l'invio di segnalazione di allarme al sistema di supervisione centrale.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al Disciplinare degli elementi tecnici.

## 8 Sistema di distribuzione in MT

### 8.1 Cavi di MT

Gli elettrodotti MT 30 kV che hanno il compito di collegare le Cabine di Campo con la SSE e quindi di convogliare a quest'ultima l'energia prodotta dall'impianto, saranno realizzati con cavi ad elica visibile con isolamento estruso, tipo ARE4H1RX o avente caratteristiche similari, con conduttore in alluminio e tensione nominale di isolamento 18/30 kV; i cavi previsti sono conformi alla norma IEC 60502-2.

Ogni terna è costituita dalla riunione di tre cavi unipolari cordati fra loro a elica, con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (E4), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

Le terne di cavi saranno infilate singolarmente in tubazioni corrugate in PVC di diametro 200 mm.

### 8.2 Cadute di tensione

La verifica della caduta di tensione nelle reti MT in cavo, sia per la loro limitata lunghezza che per i bassi valori di impedenza specifica, non è in genere determinante nella scelta delle sezioni. In genere risulta assai più determinante la verifica della portata. Di seguito si riporta la formula per il calcolo della caduta di tensione:



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot (R_l \cos \varphi + X_l \sin \varphi)$$

Dove:

- $I_b$  = corrente di impiego della linea espressa in A;
- $R_l$  = Resistenza alla temperatura di funzionamento della linea in  $\Omega/km$
- $X_l$  = Reattanza della linea in  $\Omega/km$
- L = Lunghezza della linea in [km]

Generalmente il valore di caduta di tensione percentuale deve mantenersi nel 4%.

### 8.3 Perdita di potenza

La perdita di potenza nelle reti MT in cavo, viene calcolata con la formula:

$$\Delta P = 3 \cdot R_l \cdot L \cdot I_b^2$$

Dove:

- $I_b$  = corrente di impiego della linea espressa in A;
- $R_l$  = Resistenza alla temperatura di funzionamento della linea in  $\Omega/km$
- L = Lunghezza della linea in [km]



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 8.4 Descrizione degli anelli di trasmissione

### 8.4.1 Impianto fotovoltaico

Le cabine di campo sono connesse con la SSE mediante delle reti in MT in cavo interrato con tensione 30 kV gestite ad anello eventualmente aperto. In condizioni di emergenza, perciò, si possono avere 2 distribuzioni di tipo “radiale semplice”. Al fine di realizzare la funzione di “soccorso alimentazioni”, ogni tronco di MT è quindi dimensionato per poter trasportare l’intera corrente prodotta dalla totalità del campo associato. L’ipotesi peggiore si ha quando il guasto interessa il tronco dell’anello che connette la cabina più lontana alla SSE, ovvero sul tronco di richiusura dell’anello che vede la realizzazione di un sistema di distribuzione radiale di lunghezza massima interessato dalla massima corrente producibile.

La portata al limite termico indicata di seguito e desunta dalla relativa tabella fornita dal produttore per la posa interrata a trifoglio in tubo, considera un fattore di declassamento di progetto pari a 0,6.

Gli anelli che perciò verranno realizzati sono sintetizzati nella tabella seguente.

Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT	Potenza totale inverter sottesi [kW]	Den. Tronco MT	Corrente in assetto normale [A]	Lunghezza linea in assetto normale [m]	Corrente massima in emergenza [A]	Lunghezza max distr. radiale emergenza {L tot. cavi anello} [m]	Sezione dei conduttori dei cavi in mmq (Iz)
A1	2.500	8.000	Tronco 1	154	6.350	313	6.702	300 (371)
A2	2.500							
A3	2.500							
B1	2.500							
B2	2.500	8.250	Tronco 2	159	6.110	131	6.702	300 (371)
B3	2.500							
B4	2.500							
B5	2.500							

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

#### **8.4.2 Cabine MT/BT e cavidotti di alimentazione servizi ausiliari**

Ogni cabina di campo, in locale separato, ospiterà inoltre le apparecchiature MT/BT necessarie per l'alimentazione dei servizi ausiliari dei sottocampi ad esse sottesi.

I circuiti di alimentazione MT dedicati all'alimentazione dei servizi ausiliari seguono gli stessi criteri sopra riportati e meglio descritti nel seguito.

#### **8.5 Criteri per l'individuazione del tracciato**

La progettazione delle linee in cavo sotterraneo deve essere improntata a criteri di sicurezza, sia per quanto attiene le modalità di realizzazione sia per quanto concerne la compatibilità in esercizio con le opere interferite. La progettazione deve altresì mirare all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in particolare considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione. In base alle disposizioni di legge in materia di affidamento di lavori in appalto, è fatto obbligo commissionare l'esecuzione dei lavori solamente a fronte dell'autorizzazione all'esecuzione degli scavi.

Le distanze di sicurezza da mantenere nei riguardi delle opere interferite, sono desunte dalle norme CEI e dalle norme di legge. Si dovrà privilegiare, nei limiti del possibile, il percorso delle strade pubbliche o aperte al pubblico.

Per definire dettagliatamente il tracciato occorre:

- rilevare, interpellando i proprietari interessati, la posizione degli altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: tubazioni di gas, acquedotti, cavi elettrici o telefonici, fognature ecc.;
- eseguire se necessario anche operazioni di sondaggio del terreno, praticando alcuni scavi ad intervalli opportuni e possibilmente in coincidenza dei punti di derivazione o giunzione;
- verificare la transitabilità dei macchinari.

Le occupazioni longitudinali devono essere di norma realizzate nelle fasce di pertinenza stradale, al di fuori della carreggiata, e possibilmente alla massima distanza dal margine della stessa.

Nella scelta del tracciato di progetto degli elettrodotti si è prediletta la posa su terreni nella disponibilità del proponente, minimizzando le interferenze con manufatti e/o viabilità esistenti.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 8.6 Modalità di posa

La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17.

Riguardo la profondità di posa, si hanno quindi questi possibili scenari di installazione:

- min. 0,6 m (su terreno privato);
- min. 0,8 m (su terreno pubblico);
- min. 1 m fino a 1.4 m. (su strada pubblica).

Ogni singola terna verrà installata all'interno di un corrugato di protezione; le due tubazioni saranno nello stesso scavo la cui sezione tipica è rappresentata nelle tavole allegate al progetto.

Le tubazioni saranno opportunamente segnalate nello scavo con nastro monitore riportante la dicitura "Cavi elettrici", posato ad almeno 20 cm dal punto superiore del corrugato di protezione.

I giunti saranno adatti al tipo di cavo e di schermo.

È sempre preferibile ridurre al minimo il numero delle giunzioni, solitamente punti deboli delle condutture. A tale scopo è necessario scegliere bobine con avvolta la pezzatura di cavo massima praticabile ed effettuando accuratamente i piani di gestione delle bobine.

Il giunto va adagiato sul fondo dello scavo in modo da avere nel piano di posa un supporto continuo per la sua intera lunghezza quindi va ricoperto di uno strato di sabbia del tipo a bassa resistività, verificata previa misura, aggiungendo altro materiale simile fino a sovrastarne la sommità di almeno 10 cm. Il giunto deve essere contornato completamente, sui fianchi laterali e superiormente, da un cassonetto di mattoni e sabbia del tipo indicato. I tipi di giunti che si consiglia di utilizzare sono quelli di tipo autorestringente. Essi, a fronte di un costo superiore, sono più semplici e rapidi da posare e non hanno parti da termo restringere richiedendo l'uso di cannello di riscaldamento. Sono migliorativi anche dal punto di vista tecnico in quanto seguono meglio le espansioni e contrazioni di natura termica dei cavi. Nelle cabine di partenza/arrivo i cavi saranno terminati con terminali unipolari per interno adatti alla tensione di esercizio di 30 kV ed al tipo di cavo indicato.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 8.7 *Posa direttamente interrata meccanizzata*

La posa del cavo avviene mediante un'apposita macchina che esegue contemporaneamente lo scavo ed il successivo reinterro. Le macchine per la posa meccanizzata possono essere classificate, in base alle modalità di lavoro dell'utensile che utilizzano; in due sistemi:

- taglio del terreno, senza asportazione di materiale (Aratro);
- esecuzione di una trincea di larghezza e profondità uniformi e predeterminate, con asportazione di materiale e contemporaneo riempimento dello scavo (Macchina a catena).

Per poter praticare la posa meccanizzata devono essere verificati:

- transitabilità della macchina: il tracciato deve consentire il passaggio della macchina di posa con cingoli (larghezza d'ingombro massima di 3 m) oltre all'escavatore, alla pala-ruspa e all'autocarro con porta bobina per lo stendimento del cavo sul terreno;
- la natura del terreno: le macchine di posa più comuni sono in grado di operare su terreni di qualsiasi natura e compatti (riconducibili al tipo "roccia tenera") e, per la sola macchina a catena, anche su strade "bianche" o asfaltate; l'esperienza maturata ha evidenziato alcune difficoltà nella posa con macchina a catena in terreni argillosi particolarmente bagnati, in presenza di falda acquifera.

In linea generale questa soluzione riesce più conveniente, rispetto a quelle di tipo tradizionale, nei terreni agricoli nei quali generalmente il tracciato determina un numero modesto di interferenze. Per altri terreni, a parità di numero di interferenze, risulta in genere più conveniente la posa tradizionale.

Di conseguenza occorre preliminarmente verificare che il tracciato deve:

- presentare un limitato numero di interferenze nel sottosuolo al fine di contenere il più possibile le operazioni preparatorie per il transito della macchina stessa;
- interessare aree rurali, sia di pianura che di collina o montagna (pendenza < 30%);
- caratterizzarsi per una ridotta tortuosità; infatti in prossimità di un angolo di deviazione del tracciato particolarmente accentuato il cavo deve essere posato secondo la tecnica tradizionale.

### 8.8 *Criteri di posa entro tubo plastico*

Questo tipo di posa deve ritenersi la soluzione da privilegiare nella generalità dei casi.

Rispetto alla soluzione della posa direttamente interrata tradizionale, pur determinando una riduzione della portata del cavo, facilita l'ottenimento delle autorizzazioni allo scavo su suolo pubblico, in particolare per le



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

restrizioni introdotte dal Nuovo Codice della Strada, in applicazione del quale gli Enti proprietari tendono a non autorizzare scavi a cielo aperto di lunghezza rilevante. In ogni caso il diametro interno del tubo e relativi accessori (curve, manicotti, ecc.) non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo ovvero il diametro

ciroscritto del fascio di cavi (Norma CEI 11-17).

### 8.8.1 Collegamenti degli schermi

Il collegamento degli schermi è un fattore molto importante che determina la capacità di trasporto di una linea. Gli schermi possono essere connessi a terra secondo diverse modalità come illustrato di seguito.

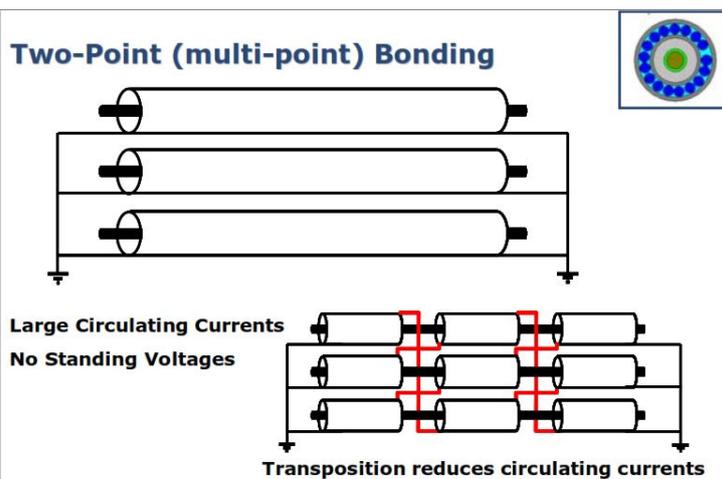
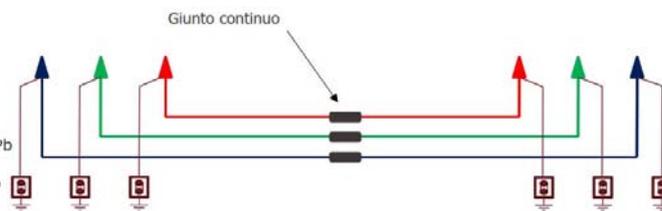
#### 8.8.1.1 Two-Point o Solid Bonding

Gli schermi vengono connessi ad entrambe le estremità, oppure eventualmente a distanze regolari lungo il cavidotto realizzando diverse sezioni di messa a terra degli schermi. La corrente circolante nel conduttore principale genera un campo magnetico che si concatena alla guaina metallica.

### Solid Bonding

Generalmente utilizzato per correnti fino a 500 A

- Formazione a trifoglio chiuso
- Perdite nelle guaine 5-40% delle perdite nel conduttore
- Perdite nelle guaine di Al > delle perdite nelle guaine di Pb
- Livello di manutenzione basso



La tensione indotta risultante genera una corrente di circolazione, causando perdite per effetto Joule:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

$$Wg = Rg \times Ig^2 \qquad Ig = \frac{Vg}{Zg}$$

**Contro:**

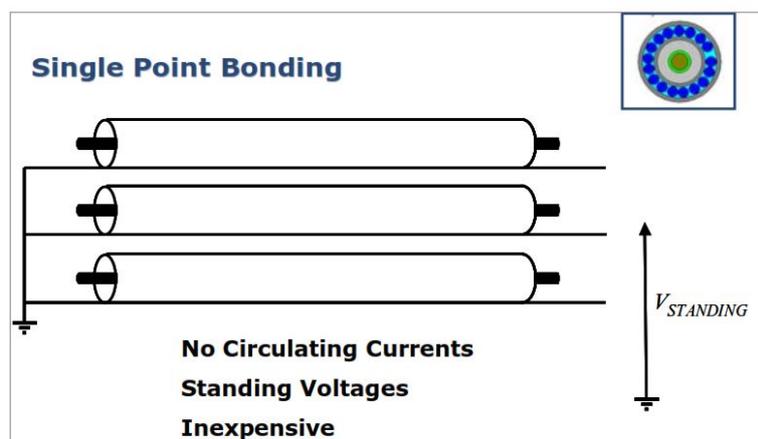
- soprattutto per le linee con elevata lunghezza, negli schermi insorgono delle correnti indotte che causano un surriscaldamento il cavo, limitando la capacità di trasporto dei conduttori e dell'elettrodotto;
- Perdite negli schermi in un range dal 5 al 40% delle perdite che si generano nel conduttore;

**Pro:**

- Livello di manutenzione basso.

**8.8.1.2 Single Point Bonding**

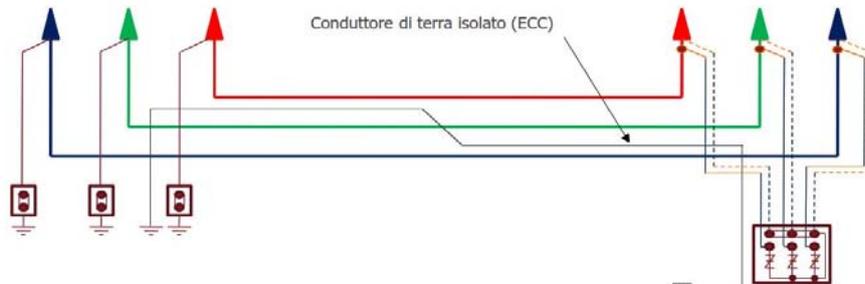
In questa modalità, lo schermo viene connesso a terra ad una sola estremità. All'estremità non connessa a terra si genera una tensione indotta, che per lunghezze significative del cavidotto può raggiungere valori elevati che possono comportare rischi di elettrocuzione. Qualora risulti necessario impedire il trasferimento di potenziali di terra pericolosi da un capo all'altro di un cavo, deve essere interrotta la continuità metallica dello schermo. Ciò si realizza mantenendo scollegato dall'impianto di terra locale un estremo dello schermo in corrispondenza del terminale, ovvero mediante l'esecuzione di appositi giunti di interruzione dello schermo. La presenza di giunti d'isolamento dello schermo di un cavo MT ovvero del collegamento a terra di una sola estremità dello stesso, deve essere segnalata in corrispondenza di entrambe le terminazioni mediante l'apposizione di cartelli sul cavo. Lo schermo viene connesso a terra mediante scaricatori di sovratensione.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

## Single Point Bonding

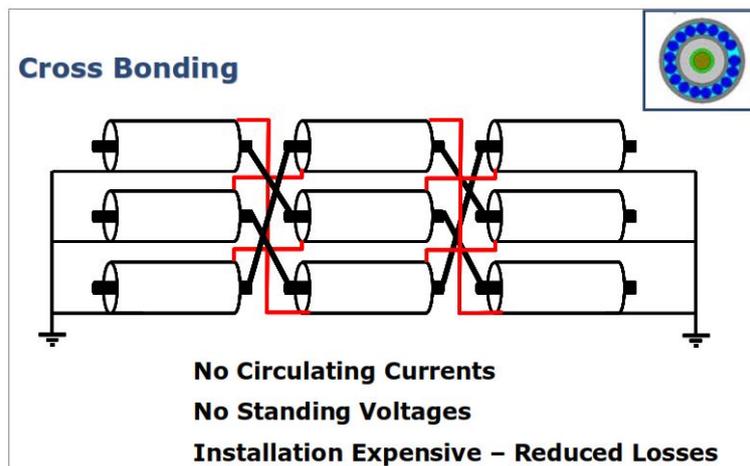
Generalmente utilizzato per correnti > 500 A



- Necessità di un conduttore di terra isolato (profondità di penetrazione)  $D_e := 660 \sqrt{\frac{P_c}{I}} \cdot 10^3$
- Perdite nelle guaine metalliche virtualmente nulle (solo perdite per correnti parassite)
- Manutenzione richiesta (scaricatori di tensione e guaina esterna)

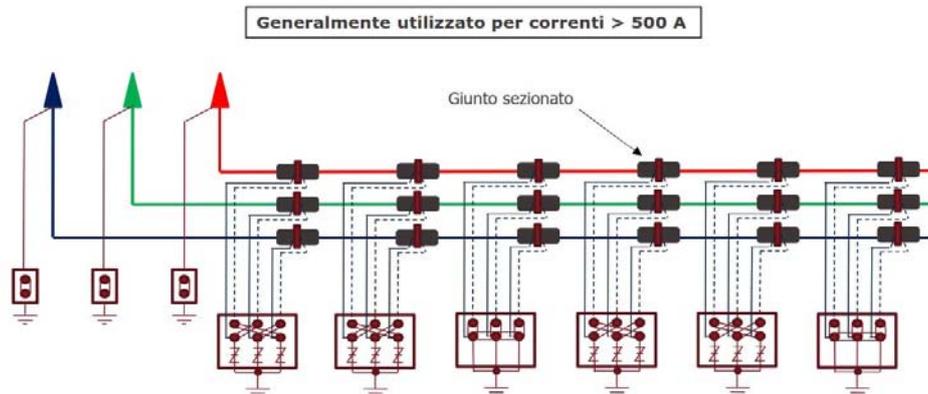
### 8.8.1.3 Cross Bonding

In questa modalità, gli schermi vengono trasposti a intervalli regolari lungo la lunghezza dell'elettrodotto mediante l'utilizzo di apposite cassette di trasposizione degli schermi. Nel caso di creazione di sezioni di lunghezza non omogenea si forma una corrente di circolazione negli schermi che comporta delle perdite per effetto Joule, anche se sensibilmente ridotte rispetto a quelle che si hanno nel collegamento degli schermi ad entrambe le estremità.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## Cross Bonding



- Tensione indotta inferiore per formazione a trifoglio anziché in piano
- Perdite nelle guaine metalliche virtualmente nulle per circuito bilanciato (solo perdite per correnti parassite). Perdite da valutare per circuiti sbilanciati (variazioni di spaziatura e di lunghezza)
- Manutenzione richiesta (scaricatori di tensione e guaina esterna)

## 8.9 Criteri di protezione

### 8.9.1 Selettività Logica

Il sistema di protezione sul livello MT vede l'applicazione della selettività logica, la quale permette di ottenere la selettività ottimale tra più protezioni e, inoltre, di ridurre considerevolmente il ritardo di intervento degli interruttori situati più vicino alla sorgente di guasto.

Quando si verifica un guasto in un impianto radiale, la corrente di guasto percorre il circuito situato tra la sorgente e il punto di guasto stesso:

- le protezioni a monte del punto di guasto sono sollecitate;
- le protezioni a valle del punto di guasto non sono sollecitate;
- solo la prima protezione a monte del guasto deve intervenire.

Ad ogni interruttore è associata una protezione in grado di emettere e ricevere un ordine di attesa logica.

Quando una protezione è sollecitata da una corrente di guasto:

- emette un ordine di attesa logica verso le protezioni poste a monte;
- provoca l'intervento dell'interruttore associato se non riceve ordine di attesa logica dalle protezioni poste a valle.

Questo è possibile in quanto i sistemi di protezione associati agli interruttori di protezione sono in grado di scambiarsi delle informazioni che vengono gestite a livello centrale tramite sistemi a microprocessore, con

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

conseguente invio dei comandi di apertura e chiusura delle varie apparecchiature. Ad ogni interruttore è associata infatti una protezione in grado di emettere e ricevere un ordine di attesa logica.

La funzione "attesa logica" corrisponde ad un incremento della temporizzazione della protezione a monte. Per motivi di sicurezza, la durata dell'attesa logica deve essere limitata e ciò permette alla protezione a monte di intervenire in soccorso della protezione a valle non funzionante (intervento di ricalzo). A questo proposito oltre alla temporizzazione di intervento T1 sono normalmente previste altre due temporizzazioni:

- T2: il ritardo T2 è quello massimo di presa in conto dell'attività logica da parte della protezione a monte (N+1) in caso di intervento della protezione a valle;
- T3 è il tempo di permanenza dell'ordine di attesa logica dopo l'emissione del comando di apertura dell'interruttore associato.

Questo procedimento di selettività è molto sicuro: un mancato funzionamento non può, in alcun caso, estendersi all'insieme dell'impianto. Inoltre, essendo il sistema indipendente dal numero di livelli protetti, la progettazione degli impianti è effettuata in funzione dei bisogni reali dell'utilizzatore e non in funzione delle esigenze del distributore. Di realizzazione poco complessa, la selettività logica si adatta senza difficoltà tanto alle installazioni in corso di progettazione che a quelle già esistenti. In effetti essa permette successive estensioni senza modificare le regolazioni già adottate e necessita di un semplice cavetto di collegamento tramite doppino tra quadro a valle e quadro a monte per trasmettere le informazioni logiche.

Il vantaggio più importante della selettività logica, rimane comunque quello di permettere di ottenere tempi di intervento non cumulati sull'insieme dell'impianto, dalle partenze principali della bassa tensione fino all'alta tensione. Per comprendere nel dettaglio le varie logiche di funzionamento possibili, si rimanda alla specifica letteratura di settore. Di seguito vengono riportate in maniera sintetica le logiche generali utilizzate nell'impianto.

### **8.9.2 Sistema di distribuzione radiale**

Oltre alla selettività di intervento delle protezioni, che è la funzione principale del sistema, la rapidità di intervento ottenuta mediante la selettività logica permette di ridurre le esigenze di tenuta al corto-circuito dei conduttori, delle apparecchiature, dei trasformatori di corrente, ecc. in termini economicamente apprezzabili.

La figura seguente descrive in maniera semplificata una distribuzione radiale (si è rappresentato un solo interruttore per quadro).

Nel caso esemplificativo riportato, in caso di guasto al punto A:



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

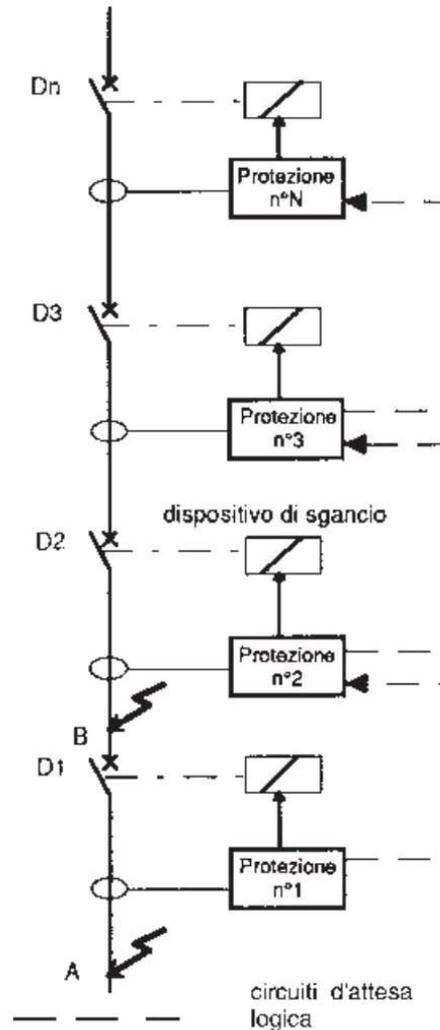
- le protezioni in D1, D2, D3...DN sono sollecitate;
- la protezione in D1 emette un ordine di attesa logica verso monte e un ordine di apertura all'interruttore D1;
- le protezioni in D2, D3...DN emettono un ordine di attesa logica da valle verso monte e ricevono un ordine di attesa logica che impedisce loro di impartire l'ordine di apertura agli interruttori associati (il ragionamento si interrompe quando la protezione DN ha una regolazione tale per cui la corrente di guasto non raggiunge la sua soglia di intervento  $I_r$ ).
- L'interruttore D1 elimina il guasto in A nell'intervallo di tempo che comprende la temporizzazione (ritardo) della protezione in D1, oltre al tempo di apertura della protezione D1 e al tempo di inerzia della protezione in D1.

Nel caso esemplificativo riportato, in caso di guasto al punto B:

- la protezione in D1 non è sollecitata;
- le protezioni in D2, D3...DN sono sollecitate ed emettono un ordine di attesa logica verso monte;
- Solo la protezione D2 non riceve alcun ordine di attesa logica ed emette un ordine di apertura.
- L'interruttore in D2 elimina il guasto in B



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo



**Schema di selettività logica per la protezione di sistemi radiali semplici**

### 8.9.3 Cavi in parallelo

Lo schema della figura seguente rappresenta due cabine connesse da due cavi in parallelo.

Se si manifesta un corto-circuito al punto A, è necessario che si aprano gli interruttori in D2 e D4, e loro soltanto, in modo da isolare il cavo guasto e continuare ad alimentare la cabina.

Per questo gli ordini di attesa logica scambiati dalle protezioni sono orientati per mezzo di relé direzionali.

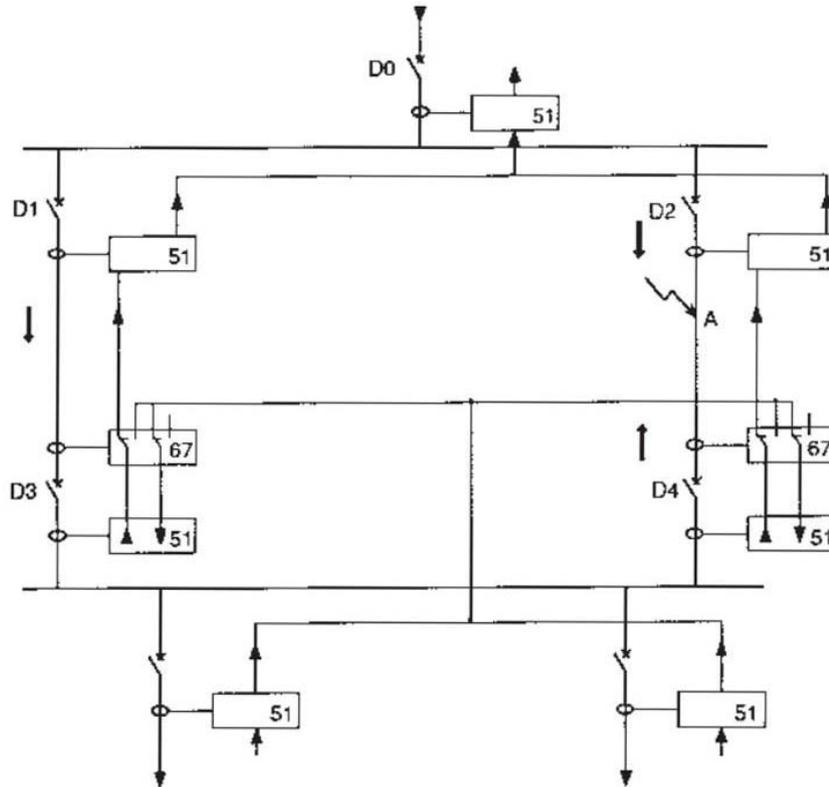
La denominazione relé direzionale può indicare:

- sia una protezione elettronica a tecnologia statica analogica, in grado di realizzare la selettività logica
- sia una funzione programmata in una protezione a tecnologia numerica a microprocessore.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

L'esame dello schema mostra che le protezioni associate agli interruttori da D0 a D4 vedono tutte il guasto: esse emettono dunque un ordine di attesa logica.

Dal momento che il relé direzionale associato a D4 ha commutato, gli ordini di attesa logica sono trasmessi in modo che solo gli interruttori in D2 e D4 intervengano.



**Schema di selettività logica per la protezione di cavi in parallelo**

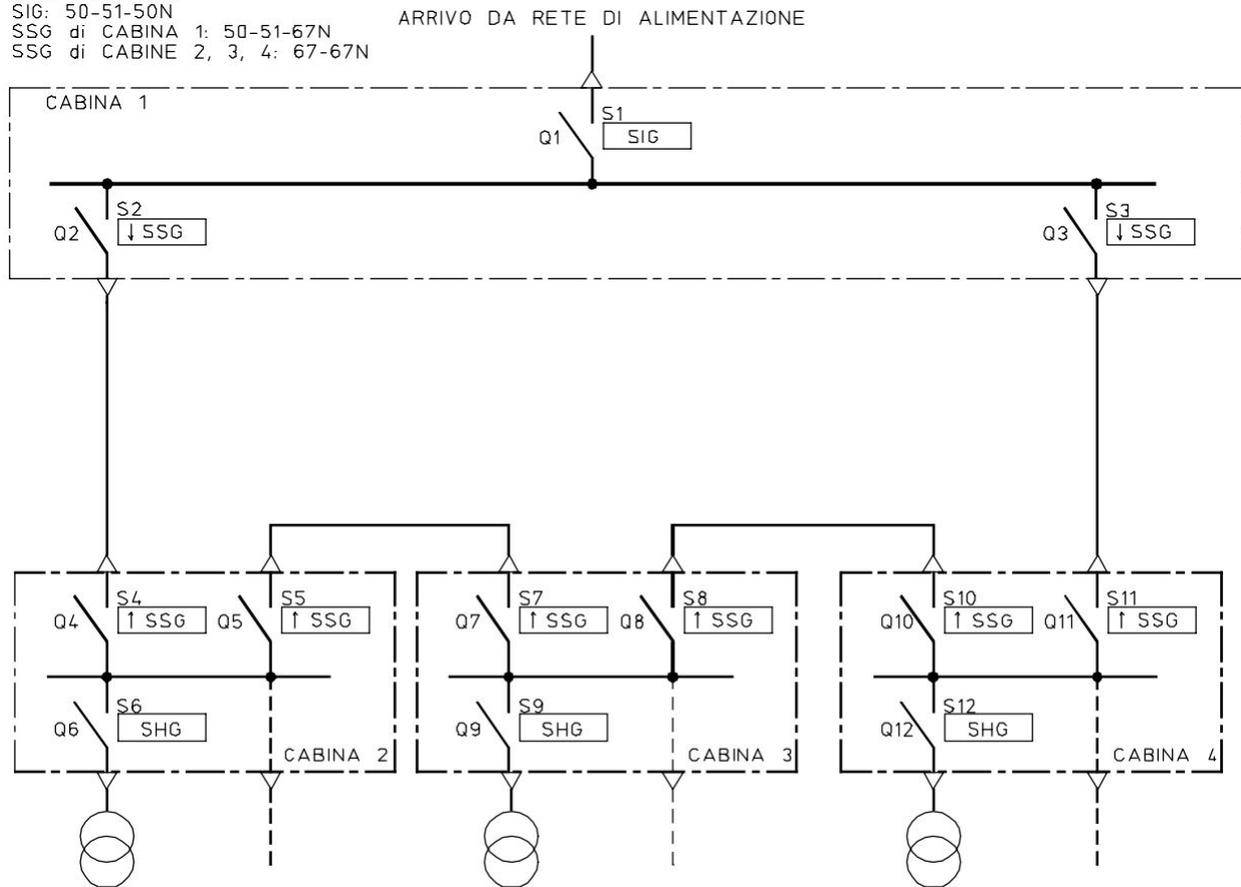
#### 8.9.4 Distribuzione in anello

Lo schema seguente descrive invece il principio di utilizzazione del sistema di selettività logica nel caso di distribuzione in anello utilizzando dei relé direzionali.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

**FUNZIONI DI PROTEZIONE**

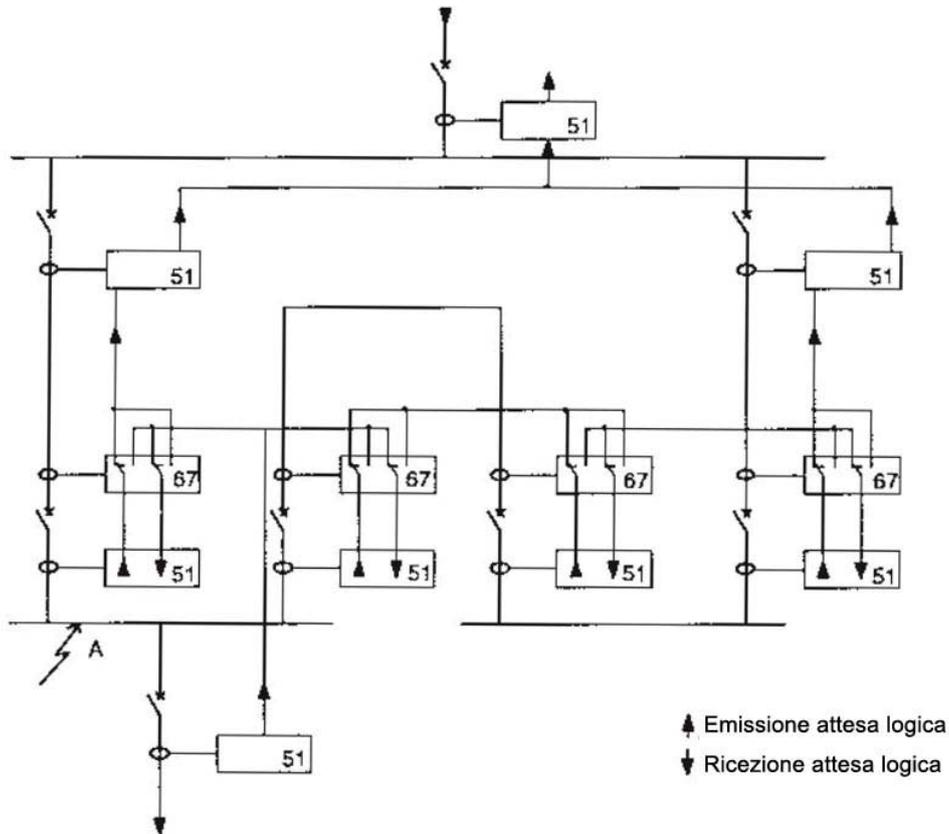
SHG: 50-51-50N  
 SIG: 50-51-50N  
 SSG di CABINA 1: 50-51-67N  
 SSG di CABINE 2, 3, 4: 67-67N



**Schema unifilare di principio per la protezione di reti in anello**



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

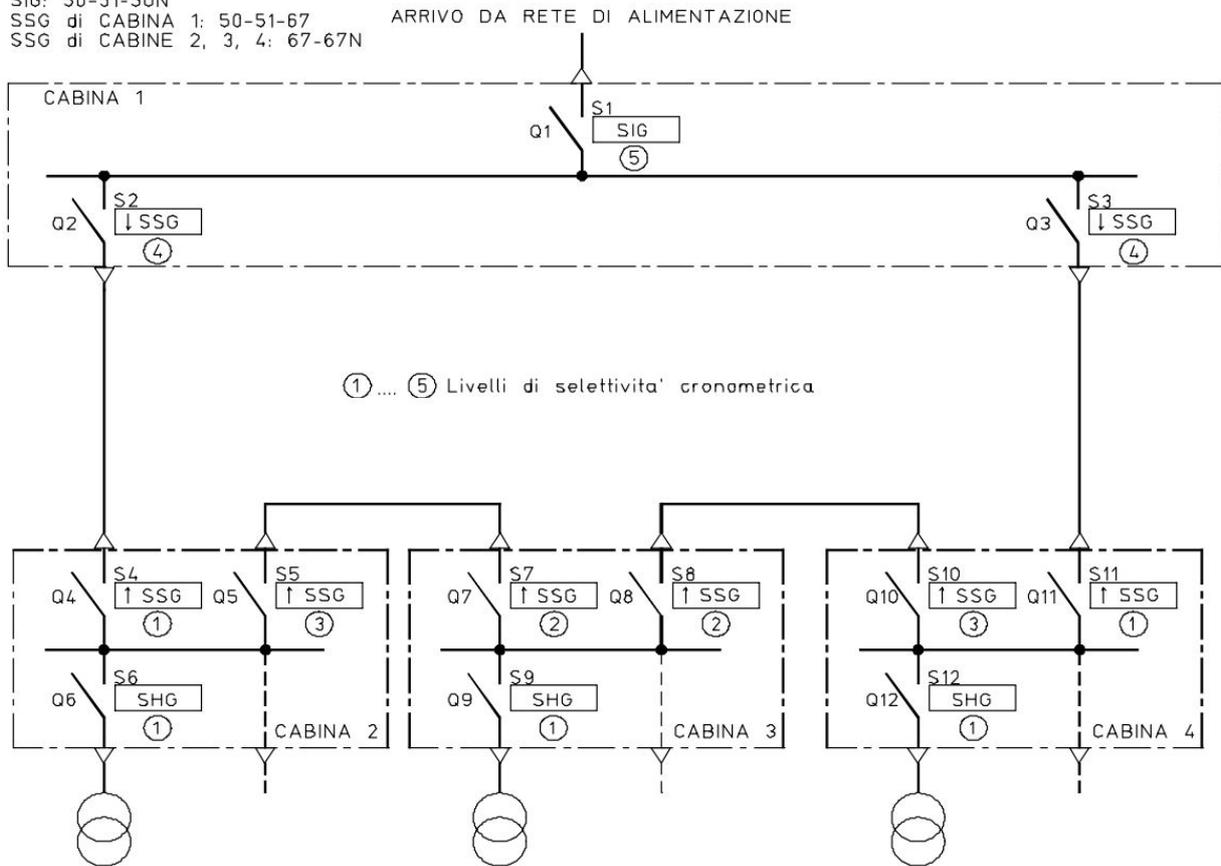


**Schema di selettività logica per la protezione di cavi in anello**

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo

**FUNZIONI DI PROTEZIONE**

SHG: 50-51-50N  
 SIG: 50-51-50N  
 SSG di CABINA 1: 50-51-67  
 SSG di CABINE 2, 3, 4: 67-67N



**Schema di selettività cronometrica per la protezione di cavi in anello**



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 9 Condizioni Generali di Connessione alla Rete

### 9.1 Generalità

L'Utente dovrà inoltre aver cura di verificare, già in fase di progettazione, che non vi siano scambi di potenza reattiva con la rete ad impianto fermo. Qualora non si verificasse ciò, la Centrale dovrà essere dotata di idonei apparati di compensazione necessari a garantire uno scambio di potenza reattiva nel punto di consegna con fattore di potenza ( $\cos\phi$ ) pari a 1: come già specificato in precedenza, è previsto il collegamento sulla sbarra MT di opportuni sistemi di rifasamento dei trafo AT/MT.

Ai fini di quanto regolamentato all'interno del Codice di Rete in materia di gestione del sistema elettrico, la connessione alla rete presuppone alcuni adempimenti da parte dell'Utente che in particolare è tenuto a:

- sottoscrivere gli opportuni Regolamenti di Esercizio che contengono tra l'altro le relazioni funzionali con il Gestore ed altri eventuali soggetti coinvolti;
- effettuare le manovre sull'impianto di sua competenza ed eseguire in tempo reale gli ordini impartiti dal Gestore ai fini della sicurezza del sistema elettrico, mediante un sistema di teleconduzione ovvero tramite il presidio degli impianti attivo 24 ore al giorno; in particolare l'Utente deve disporre di personale autorizzato sempre rintracciabile;
- effettuare tutte le azioni necessarie affinché il proprio impianto sia integrato nei processi di controllo (in tempo reale e in tempo differito) e di conduzione della RTN.

In particolare l'Utente deve rendere disponibili al Gestore le telemisure ed i telesegnali di impianto necessari per il controllo della rete.

### 9.2 Limiti di funzionamento della centrale fotovoltaica

La centrale fotovoltaica ed i relativi macchinari ed apparecchiature devono essere progettati, costruiti ed eserciti per restare in parallelo anche in condizioni di emergenza e di ripristino di rete.

In particolare la Centrale, in ogni condizione di carico, deve essere in grado di rimanere in parallelo alla rete AT, continuando a garantire i servizi di rete richiesti, per valori di tensione nel punto di consegna, compresi nel seguente intervallo

$$85\% V_n \leq V \leq 115\% V_n$$

o come diversamente specificato da TERNA.

Riguardo all'esercizio in parallelo con la rete AT in funzione della frequenza, la Centrale dovrà rimanere connessa alla rete per un tempo indefinito, per valori di frequenza compresi nel seguente intervallo:



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

$$47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,5 \text{ Hz}$$

o come diversamente specificato da TERNA.

### 9.3 Criteri di protezione e taratura della centrale fotovoltaica

Il sistema di protezione della Centrale include gli apparati di norma dedicati alla protezione degli impianti e della rete sia per i guasti interni sia per i guasti esterni all'impianto di produzione. La taratura delle protezioni contro i suddetti guasti prevede un coordinamento con le altre protezioni di rete e deve essere tale da garantire il funzionamento dell'impianto nei limiti di funzionamento previsti. L'Utente è tenuto ad impostare le tarature delle protezioni contro i guasti esterni come definite dal Gestore. Per quanto riguarda invece le tarature delle protezioni contro i guasti interni, l'Utente è tenuto a concordarle con il Gestore preliminarmente all'entrata in servizio della Centrale.

La Centrale deve essere in grado di rimanere connessa alla rete in occasione di guasti esterni all'impianto ad eccezione dei casi in cui la selezione del guasto comporti la perdita della connessione (ad esempio per collegamenti in antenna, derivazioni a "T" rigido, ecc.).

Poiché la Centrale fotovoltaica non ha parti rotanti esposte a rischio di danno in caso di chiusura delle reti fuori sincronismo, agli inverter della Centrale è richiesto di tollerare richiuse automatiche di tipo asincrono senza subire danneggiamento alcuno; a tal fine è ammessa una protezione di inverter che garantisca comunque la selettività e l'insensibilità rispetto ai guasti ed ai disturbi esterni all'impianto.

#### 9.3.1 Protezioni contro i guasti esterni

##### 9.3.1.1 Protezioni di rete da installare nell'impianto di utenza lato AT

PROTEZIONE	CAMPI DI REGOLAZIONE	
	Soglia	Ritardo
Massima tensione a 2 soglie (59)	$1 \div 1,5 V_N$	$0 \div 10 \text{ s}$
Minima tensione (27)	$0,3 \div 1 V_N$	$0 \div 10 \text{ s}$
Massima frequenza a 2 soglie (81>)	$50 \div 53 \text{ Hz}$	$0 \div 10 \text{ s}$
Minima frequenza a 2 soglie (81<)	$45 \div 50 \text{ Hz}$	$0 \div 10 \text{ s}$
Massima tensione omopolare a 2 soglie (59N)	$0,05 \div 1 V_{OMAX}$	$0 \div 10 \text{ s}$



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 9.3.1.2 Protezioni della centrale fotovoltaica da installare sui montanti in c.a. a bordo degli inverter

PROTEZIONE	CAMPI DI REGOLAZIONE	
	Soglia	Ritardo
Massima tensione a 2 soglie (59)	$1 \div 1,3 V_N$	$0 \div 10 \text{ s}$
Minima tensione (27)	$0,3 \div 1 V_N$	$0 \div 10 \text{ s}$
Massima frequenza a 2 soglie (81>)	$50 \div 53 \text{ Hz}$	$0 \div 10 \text{ s}$
Minima frequenza a 2 soglie (81<)	$45 \div 50 \text{ Hz}$	$0 \div 10 \text{ s}$

## 9.4 Protezioni di rete - Protezione di Interfaccia CEI 0-16

Il sistema di Protezione di Interfaccia CEI 0-16 funzionerà sulla base delle misure effettuate sul sistema AT mediante i TV installati sullo stallo di arrivo linea nella Sottostazione di Utente.

**Eventuali anomalie provocheranno il distacco dell'impianto di Produzione mediante l'apertura degli interruttori di AT.**

Per tale motivo, i servizi ausiliari della SSE e del Campo Fotovoltaico verranno alimentati da apposita fornitura in MT, in quanto lo scatto della protezione di interfaccia provocherebbe la disinserzione dei Trasformatori AT/MT e la conseguente disalimentazione di tutte le utenze a valle nonché l'automatico inserimento del G.E. di emergenza.

Dal momento in cui un trasformatore AT/MT è asservito a due distinti impianti di produzione di due soggetti diversi, sarà possibile implementare il comando del sistema di protezione di interfaccia di ciascun impianto sulle proprie apparecchiature di MT.

Di seguito si riportano le tipologie di protezione sensibili ai guasti esterni con i relativi campi di regolazione, da installare sui montanti dell'impianto d'utenza.

### 9.4.1 Centrale connessa ad Impianto di Consegna in entrata esce su linea AT oppure connessa a Stazione o Cabina Primaria adiacente

Per la taratura dei relè installati nella sezione AT della stazione di trasformazione sono indicati i seguenti valori di regolazione indicativi.

**Fanno sempre fede le tarature comunicate da Terna.**

#### 9.4.1.1 Protezione di minima tensione rete (27)

La protezione è dedicata al rilievo dei guasti fase-fase.

- Alimentazione: Tensioni concatenate di rete
- Soglia di intervento: Tensione pari a 80% di  $V_{NR}$  dove  $V_{NR}$  è la tensione nominale della rete

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

- Ritardo: 2,0 s per le Centrali connesse alla rete a 132-150 kV
- Azione: Scatto del trasformatore elevatore MT/AT lato AT

#### 9.4.1.2 *Protezione di massima tensione rete (59)*

La protezione è dedicata al rilievo delle situazioni di sovratensione.

- Alimentazione: Tensioni concatenate di rete
- 1ª soglia di intervento: Tensione pari a 115% di  $V_{nR}$  dove  $V_{nR}$  è la tensione nominale della rete
- Ritardo 1ª soglia: 1,0 s
- 2ª soglia di intervento: Tensione pari a 120% di  $V_{nR}$
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Scatto del trasformatore elevatore MT/AT lato AT

#### 9.4.1.3 *Protezione di massima tensione omopolare rete (59N)*

La protezione è dedicata al rilievo dei guasti fase-terra.

- Alimentazione: Tensioni residua di rete
- 1ª soglia di intervento: Tensione pari a 10% di  $V_{RES MAX}$  dove  $V_{RES MAX} = 3V_0$  è la tensione residua riscontrabile nella rete AT per corto circuito monofase a terra
- Ritardo 1ª soglia: 2,0 s per le Centrali connesse alla rete a 132-150 kV
- 2ª soglia di intervento: Tensione pari a 70% di  $V_{RES MAX}$
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Scatto del trasformatore elevatore MT/AT lato AT

#### 9.4.1.4 *Protezione di minima frequenza rete (81<)*

La protezione è dedicata al rilievo delle situazioni di sottofrequenza.

- Alimentazione: Tensioni concatenate di rete
- 1ª soglia di intervento: Frequenza pari a 47,5 Hz
- Ritardo 1ª soglia: 4,0 s
- 2ª soglia di intervento: Frequenza pari a 46,5 Hz
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Scatto del trasformatore elevatore MT/AT lato AT

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

#### 9.4.1.5 *Protezione di massima frequenza rete (81>)*

La protezione è dedicata al rilievo delle situazioni di sovralfrequenza.

- Alimentazione: Tensioni concatenate di rete
- 1ª soglia di intervento: Frequenza pari a 51,5 Hz
- Ritardo 1ª soglia: 1,0 s
- 2ª soglia di intervento: Frequenza pari a 52,5 Hz
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Scatto del trasformatore elevatore MT/AT lato AT

#### 9.4.2 *Protezioni degli Inverter*

Gli inverter che si sono arrestati in seguito all'intervento delle protezioni dovranno riavviarsi automaticamente al ristabilirsi delle condizioni normali di rete.

##### 9.4.2.1 *Protezione di minima tensione rete (27)*

È richiesto che gli inverter siano in grado di rimanere connessi alla rete, in caso di guasti esterni, nella zona di distacco non ammesso indicata nel grafico *Caratteristica tensione-durata riferita al punto di connessione*, in ausilio alla logica di insensibilità agli abbassamenti di tensione.

- Alimentazione: Tensioni concatenate (preferibilmente) oppure tensioni stellate
- Soglia di intervento: Tensione pari a 80% di  $V_{nl}$  dove  $V_{nl}$  è la tensione nominale dell'inverter
- Ritardo: 2,0 s per le Centrali connesse alla rete a 132-150 kV
- Azione: Arresto inverter (arresto elettronico) con o senza apertura del contattore interno

##### 9.4.2.2 *Protezione di massima tensione Inverter (59)*

- Alimentazione: Tensioni concatenate (preferibilmente) oppure tensioni stellate
- 1ª soglia di intervento: Tensione pari a 115% di  $V_{nl}$  dove  $V_{nl}$  è la tensione nominale dell'inverter
- Ritardo 1ª soglia: 1,0 s
- 2ª soglia di intervento: Tensione pari a 120% di  $V_{nl}$
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Arresto inverter (arresto elettronico) con o senza apertura del contattore interno

##### 9.4.2.3 *Protezione di minima frequenza rete (81<)*

La protezione è dedicata al rilievo delle situazioni di sottofrequenza.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

- Alimentazione: Tensioni concatenate (preferibilmente) oppure tensioni stellate
- 1ª soglia di intervento: Frequenza pari a 47,5 Hz
- Ritardo 1ª soglia: 4,0 s
- 2ª soglia di intervento: Frequenza pari a 46,5 Hz
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Arresto inverter (arresto elettronico) con o senza apertura del contattore interno

#### 9.4.2.4 *Protezione di massima frequenza rete (81>)*

La protezione è dedicata al rilievo delle situazioni di sovralfrequenza.

- Alimentazione: Tensioni concatenate (preferibilmente) oppure tensioni stellate
- 1ª soglia di intervento: Frequenza pari a 51,5 Hz
- Ritardo 1ª soglia: 1,0 s
- 2ª soglia di intervento: Frequenza pari a 52,5 Hz
- Ritardo 2ª soglia: 0,1 s
- Azione: Arresto inverter (arresto elettronico) con o senza apertura del contattore interno

### 9.5 *Protezioni elettriche contro i guasti interni*

#### 9.5.1 *Protezioni di Sottostazione. Linee AT e Trasformatori AT/MT*

Le protezioni minime che devono essere previste per il trasformatore elevatore MT/AT contro i guasti interni all'impianto sono le seguenti:

- Massima Corrente di fase del trasformatore (lato AT)
- Differenziale di trasformatore
- Massima Corrente di fase del trasformatore (lato MT)

Le azioni determinate dall'intervento di tali protezioni sono l'apertura ed il blocco degli interruttori AT ed MT del trasformatore elevatore.

Esse si aggiungono alle protezioni previste a bordo del trasformatore (buchholz, livello olio, massima temperatura...) i cui livelli d'intervento nonché i relativi comandi sono decisi dal costruttore della macchina e/o dall' esercente.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 9.6 Monitoraggio e scambio dati con il sistema di controllo di Terna

L'impianto dell'Utente deve essere integrato nei processi di controllo sia in tempo reale sia in tempo differito per consentire:

- nel primo caso, attraverso la visibilità di telemisure e telesegnali, l'attuazione da parte del Gestore di tutte le azioni necessarie alla salvaguardia del sistema elettrico;
- nel secondo caso, attraverso i sistemi di monitoraggio, le analisi dei guasti compresa la verifica del corretto funzionamento delle protezioni e del comportamento atteso della Centrale durante le perturbazioni di rete.

### 9.6.1 Teleinformazioni

L'invio delle teleinformazioni che devono pervenire al sistema di controllo del Gestore è necessario per integrare l'impianto nei processi di controllo. Il perimetro dei dati e la modalità con cui queste informazioni devono essere acquisite dal sistema del Gestore sono riportati nell'Allegato A6 al Codice di Rete Terna denominato "CRITERI DI TELECONTROLLO E DI ACQUISIZIONE DATI", mentre i criteri di connessione allo stesso sono riportati NELL'Allegato A69 al Codice di Rete Terna denominato "CRITERI DI CONNESSIONE DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE AL SISTEMA DI DIFESA DI TERNA", ai quali si rimanda.

In particolare, per il solo perimetro di acquisizione dei dati, si fa riferimento a quanto specificatamente previsto nell'Allegato A6 al Codice di Rete Terna per gli impianti eolici e/o fotovoltaici.

**Il Gestore richiede inoltre all'Utente la disponibilità delle seguenti ulteriori informazioni:**

- Irraggiamento [ $W/m^2$ ]
- Irraggiamento piano orizzontale [ $W/m^2$ ]
- Temperatura moduli [ $^{\circ}C$ ]
- Temperatura ambiente [ $^{\circ}C$ ]

### 9.6.2 Sistemi di registrazione oscilloperturbografica

La funzione di monitoraggio con l'installazione nell'impianto di utenza di sistemi di registrazione oscilloperturbografica si applica a tutti gli impianti di produzione di taglia non inferiore a 50 MW in conformità e secondo le specifiche indicate nel documento di prescrizioni tecniche di Terna denominato "Specifiche per i sistemi di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV". In particolare, è prescritta la registrazione delle tensioni e delle correnti più prossime al punto di connessione



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

alla rete e l'acquisizione dei segnali relativi alle protezioni per guasti interni ed esterni all'impianto dell'Utente.

Il Gestore si riserva di richiedere il monitoraggio anche ad impianti di taglia inferiore, qualora rivestano particolare importanza ovvero in base alla loro connessione. Per tutti gli impianti è comunque richiesto l'impiego di apparati di protezione dotati di sistemi di oscillografia interni in grado di registrare perturbazioni di durata pari al massimo tempo di intervento dei relè e di restituire le registrazioni effettuate in formato COMTRADE.

La prescrizione relativa agli oscillografi interni alle protezioni è obbligatoria per le protezioni installate nella sezione AT mentre per quelle della sezione MT è solo raccomandata.

### 9.7 Qualità dell'alimentazione della Rete

L'inverter per impianti fotovoltaici può essere assimilato ad un generatore di corrente realizzato con dispositivi a semiconduttori che commutano ad alta frequenza. Per tale motivo possono essere causa di interferenza e/o disturbo alle utenze.

Nel rispetto della qualità dell'alimentazione prevista dal Codice di Rete, la Centrale deve garantire che il massimo livello di distorsione armonica totale (THD) nel punto di connessione della Centrale non superi i seguenti valori:

$$\leq 3\% \text{ per la rete } 150\text{-}132 \text{ kV}$$

In considerazione della possibile diffusione localizzata di impianti dotati di inverter, il Gestore si riserva di concordare con l'Utente l'utilizzo di ulteriori sistemi per compensare la distorsione di tensione prodotta al fine di garantire gli standard qualitativi dell'alimentazione elettrica. Inoltre il Gestore si riserva di chiedere, qualora l'impianto non sia in produzione e sia causa di degradi della rete, la disconnessione temporanea fino al momento in cui l'impianto sarà in grado di produrre. **A tale scopo è necessario che l'Utente sia in grado di garantire l'alimentazione dei propri servizi essenziali da una fonte secondaria, oltre a quella in AT.**

Sempre ai fini della qualità dell'alimentazione dei carichi, il funzionamento dell'impianto in rete isolata dovrà essere concordato con il Gestore; pertanto, qualora l'impianto sia dotato di sistemi dedicati ad evitare il funzionamento in isola, questi dovranno essere opportunamente coordinati con l'insensibilità agli abbassamenti di tensione descritta al paragrafo specifico del presente documento.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 9.8 Sistemi di Regolazione e Servizi di Rete

I servizi di rete richiesti agli impianti fotovoltaici possono essere classificati in servizi di regolazione in condizioni di rete ordinarie e servizi di rete in condizioni eccezionali, vale a dire prescrizioni circa il comportamento degli impianti in presenza di perturbazioni di rete.

Fanno parte della prima categoria i seguenti servizi:

- Controllo della produzione
- Teledistacco (nel funzionamento in modalità lenta per la risoluzione delle congestioni)
- Regolazione della potenza reattiva

Fanno parte della seconda categoria i seguenti servizi:

- Insensibilità agli abbassamenti di tensione
- Regolazione della potenza attiva
- Teledistacco (utilizzato in modalità rapida come sistema di difesa)

Nei paragrafi successivi sono descritti nel dettaglio i singoli requisiti.

### 9.8.1 Controllo della produzione

I grandi impianti FV devono partecipare alla gestione della rete e fornire in maniera sempre maggiore i cosiddetti servizi di rete. L'impianto deve essere perciò in grado di funzionare a potenza ridotta. Al solo fine di garantire la sicurezza della rete il Gestore può, nei casi sotto indicati, richiedere una limitazione temporanea della produzione, compreso l'annullamento dell'immissione in rete. A tale scopo è necessario che la riduzione, attuata dall'Utente e sotto la sua responsabilità, avvenga senza ritardi ed in tempi brevi, ovvero entro un massimo di 15 minuti.

Le cause della limitazione della produzione dovute a motivi di sicurezza si possono, a titolo esemplificativo e non esaustivo, così riassumere:

- Congestione di rete in atto e/o rischio di sovraccarico
- Rischi potenziali di instabilità del sistema elettrico
- Rischio che si verifichi un regime di sovralfrequenza tale per cui venga minacciata la stabilità del sistema elettrico.

La limitazione deve essere attuata dall'Utente da remoto e deve essere possibile in ogni condizione di esercizio dell'impianto, a partire da qualsiasi punto di funzionamento, nel rispetto del valore di potenza massima imposta dal Gestore.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Deve essere possibile ridurre la produzione secondo dei gradini di ampiezza almeno pari al 10% della potenza installata, ovvero a gradini di almeno 5 MW.

L'ordine di riduzione da parte del Gestore verrà inviato attraverso via telematica o per il tramite di procedure che garantiscano la tracciabilità della richiesta. Sarà poi l'Utente ad eseguire l'ordine.

Infine, è possibile l'invio diretto da parte del Gestore di un telesegnale (setpoint) che impone all'impianto il valore massimo di potenza immessa in rete. Tale modalità non è obbligatoria ma può essere prevista in accordo con l'Utente.

A tal proposito possono essere installata dall'utente opportune interfacce in grado di impartire ordini di produzione direttamente agli inverter, in particolare:

- Gestione delle Produzione;
- Regolazione automatica della potenza attiva e della frequenza;
- Tenuta statica della tensione mediante potenza reattiva;
- Supporto di rete dinamico.

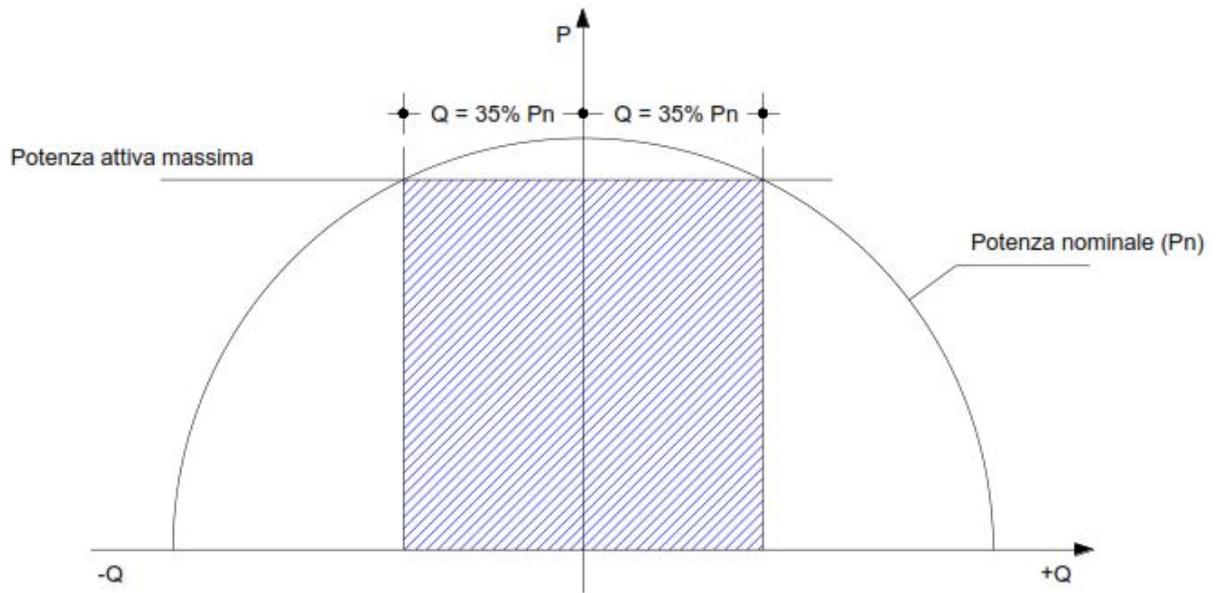
### **9.8.2 Regolazione della Potenza Reattiva**

La Centrale in parallelo con la rete deve essere in grado di partecipare al controllo della tensione del sistema elettrico. Tale controllo deve essere realizzato in funzione del segnale di tensione prelevato dai TV installati nella sezione AT dell'impianto di utenza. Il valore di tensione di riferimento sarà comunicato dal Gestore e dovrà essere modificato dall'Utente, se necessario, in tempo reale (logica locale); inoltre il sistema di controllo della Centrale deve essere predisposto affinché la potenza reattiva scambiata dall'impianto sia modulabile mediante un telesegnale di regolazione inviato da un centro remoto del Gestore (logica centralizzata).

La massima capacità di erogazione o assorbimento di potenza reattiva da parte della Centrale deve essere sempre pari ad almeno il 35% della Potenza nominale dei convertitori dell'impianto fotovoltaico lato corrente alternata secondo la caratteristica rappresentata in figura seguente. La Centrale deve essere in grado di variare in maniera continuativa la potenza reattiva all'interno dell'area di colore blu, a seconda delle necessità della rete.

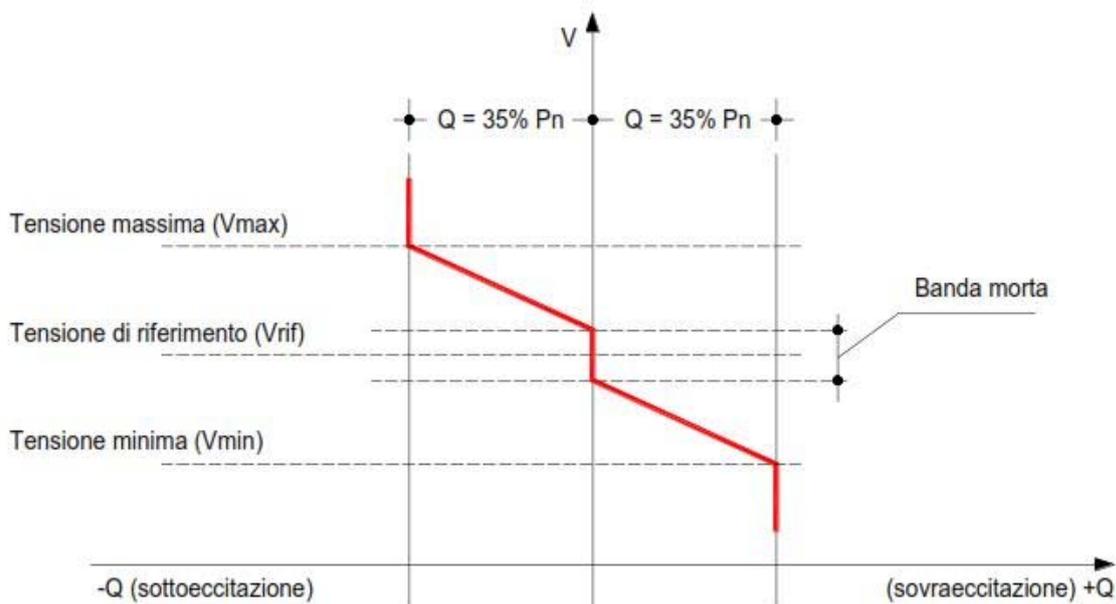


REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo



**Caratteristica di prestazione dell' Inverter**

L'erogazione o l'assorbimento di potenza reattiva dovrà avvenire secondo la curva caratteristica  $Q=f(V)$  rappresentata in figura seguente.



**Curva caratteristica  $Q=f(V)$**

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

La curva caratteristica è definita dai seguenti parametri:

- Tensione di riferimento ( $V_{rif}$ ) regolabile almeno tra il 90% e il 110% della tensione nominale
- Tensione massima ( $V_{max}$ ) regolabile almeno tra il 100% e il 110% della  $V_{rif}$
- Tensione minima ( $V_{min}$ ) regolabile almeno tra il 90% e il 100% della  $V_{rif}$
- Banda morta regolabile da 0 (zero) ad almeno il  $\pm 2\%$  della  $V_{rif}$
- Potenza reattiva massima  $\pm Q$  pari ad almeno il 35% della Potenza nominale dei convertitori dell'impianto fotovoltaico lato corrente alternata

La regolazione della potenza reattiva scambiata tra la Centrale e la rete deve essere attivabile su indicazione del Gestore anche in condizioni di produzione di potenza attiva nulla (ad esempio in orario notturno), agendo direttamente sugli inverter.

### **9.8.3 Regolazione della Potenza Attiva in funzione della Frequenza**

Il presente servizio è necessario ai fini del controllo della frequenza del sistema elettrico. In considerazione dei tempi di risposta necessari al contenimento del degrado di frequenza, le azioni descritte non possono essere effettuate manualmente dall'operatore ma devono essere attuate da sistemi automatici che monitorano la frequenza di rete.

In particolare, durante un transitorio di frequenza, la Centrale deve essere in grado di:

- a. non ridurre la potenza immessa in rete nei limiti previsti, per frequenze comprese tra 47,5 Hz e 50,3 Hz, salvo che per motivi legati alla disponibilità della fonte primaria;
- b. ridurre la potenza immessa in rete in funzione dell'entità di errore di frequenza positivo per frequenze comprese tra 50,3 Hz e 51,5 Hz, secondo uno statismo compreso tra il 2% e il 5%; di norma verrà impostato un valore pari al 2,4%;
- c. non riconnettersi alla rete e non aumentare il livello di produzione minimo raggiunto in caso di ridiscesa della frequenza dopo un aumento della stessa oltre il valore di 50,3 Hz (a meno che la frequenza non si attesti per almeno 5 minuti primi ad un valore minore o uguale a 50,05 Hz), salvo diversa indicazione da parte del Gestore.

In relazione al punto b) ed in considerazione delle caratteristiche tecniche delle Centrali fotovoltaiche, la riduzione della potenza immessa in rete al variare in aumento della frequenza deve avvenire in modo lineare e con tempi inferiori a 2 s.

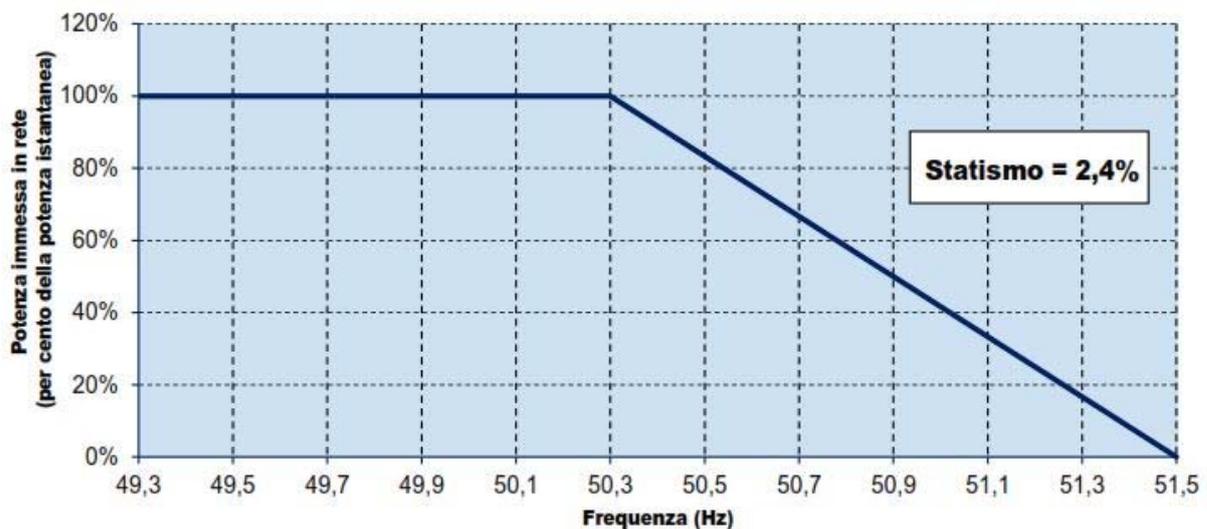


REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

In relazione al punto c), al ritorno della frequenza di rete al valore nominale, l'aumento del livello di produzione deve avvenire comunque in maniera graduale secondo i criteri esposti al paragrafo "Inserimento graduale della potenza immessa in rete".

La banda morta del regolatore deve essere di valore non superiore a 50 mHz.

Occorre quindi che la Centrale sia dotata di un sistema di regolazione automatica della potenza immessa in rete in funzione del valore della frequenza, compatibilmente con le potenzialità correnti della fonte primaria. La relazione tra potenza e frequenza è rappresentata dalla caratteristica di figura seguente in cui la variazione di potenza segue uno statismo del 2,4% (annullamento dell'intera potenza prodotta per una variazione di frequenza di 1,2 Hz a partire da 50,3 Hz).



**Regolazione della potenza attiva immessa in rete in funzione della frequenza**

### 9.9 Inserimento graduale della potenza immessa in rete

In presenza di condizioni meteorologiche idonee la Centrale fotovoltaica deve sincronizzarsi con la rete aumentando la potenza immessa gradualmente.

Per garantire l'inserimento graduale della potenza immessa in rete deve essere rispettato un gradiente positivo massimo non superiore al 20% al minuto della potenza erogabile dal campo fotovoltaico.

L'entrata in servizio della Centrale fotovoltaica con immissione di potenza deve essere comunque condizionata ad una frequenza di rete non inferiore a 49,9 Hz e non superiore a 50,1 Hz.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 9.9.1 *Insensibilità agli abbassamenti di tensione*

Il presente requisito rappresenta una necessità non solo per il sistema elettrico ma determina un beneficio anche alla Centrale poiché, in caso di perturbazioni che coinvolgano la rete afferente all'impianto, si richiede che lo stesso non debba disconnettersi istantaneamente durante l'abbassamento di tensione conseguente ad un cortocircuito esterno. La Centrale pertanto deve essere in grado di rimanere connessa alla rete AT a seguito di un qualsiasi tipo di guasto, monofase e polifase (con e senza terra), secondo le ampiezze della tensione ed i tempi indicati nella curva di figura seguente. In particolare deve essere garantita la connessione alla rete nella zona al di sopra e lungo i punti della caratteristica (V-t) indicata, dove V è la tensione concatenata nel punto di connessione.

Tali valori sono indicati in percentuale della tensione nominale.

La logica di funzionamento deve essere del tipo "1 su 3", ovvero è sufficiente che sia rilevato l'abbassamento di una sola delle tre tensioni per garantire il comportamento previsto dalla curva di figura seguente.

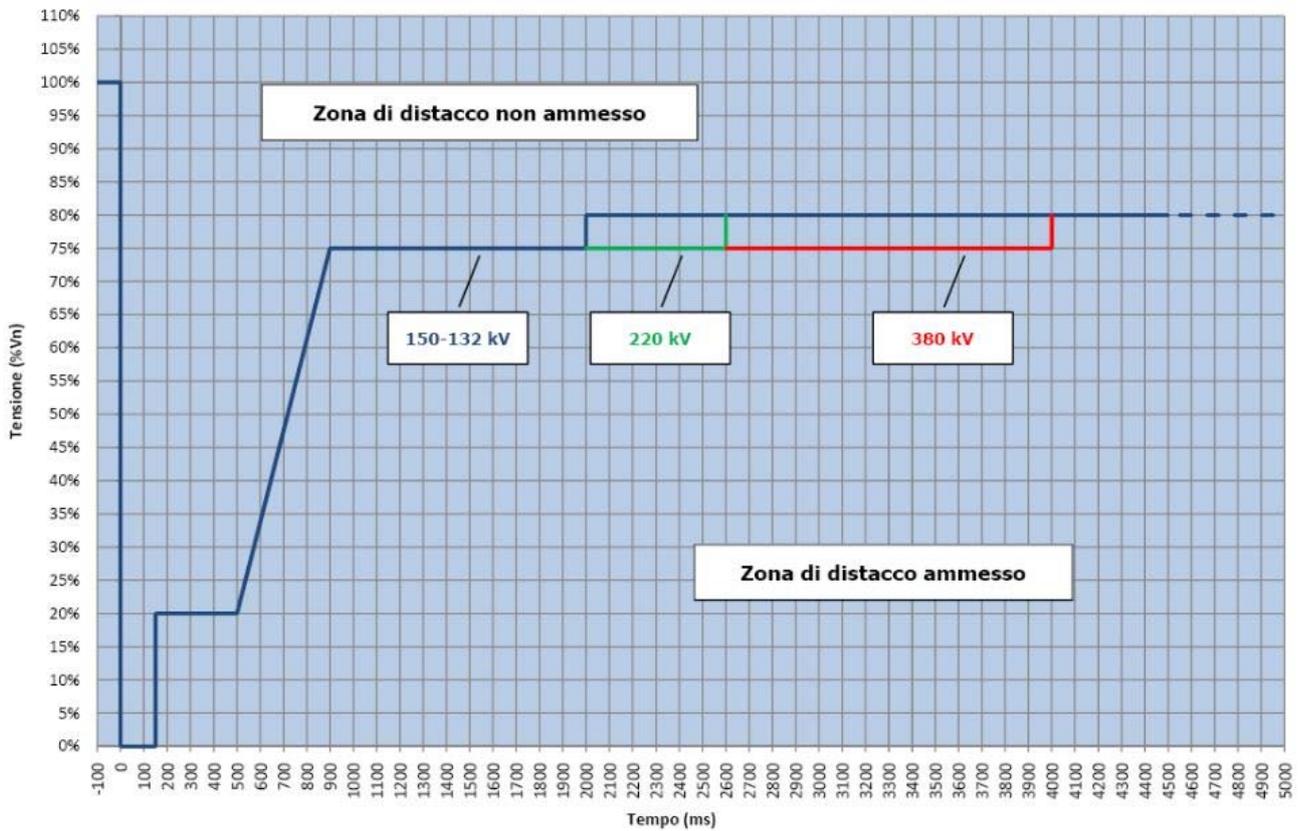
Per Centrali fotovoltaiche inserite in sistemi di autoproduzione sono ammesse curve caratteristiche diverse a condizione che venga comunque garantito il superamento di un abbassamento con tensione nulla per almeno 150 ms.

Nell'intervallo di durata dell'abbassamento di tensione la Centrale dovrà rimanere connessa alla rete anche se non garantirà il valore di potenza immessa nell'istante immediatamente precedente al guasto.

Al ristabilirsi delle normali condizioni di funzionamento la potenza immessa in rete dovrà tornare ad un valore prossimo a quello precedente il guasto, compatibilmente con la disponibilità della fonte primaria ed in un tempo non superiore a 200 ms.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo



**Caratteristica tensione-durata riferita al punto di connessione**

### 9.10 Sistemi di teledistacco della produzione

I sistemi di teledistacco consentono la riduzione parziale, compreso l'annullamento completo della produzione per mezzo di un telesegnale inviato da un centro remoto del Gestore.

I dispositivi di teledistacco sono necessari a fronteggiare due tipologie di criticità: il sovraccarico dei collegamenti della rete ed i transitori di frequenza.

Si distinguono pertanto due modalità di funzionamento dell'apparato: una modalità lenta ed una modalità rapida.

Per una descrizione più dettagliata delle due modalità indicate si rimanda a quanto riportato nel documento Terna "Modalità di utilizzo del teledistacco per impianti eolici" precisando che il teledistacco lento viene adottato per gestire tempestivamente il verificarsi dei sovraccarichi di rete.

Tutti gli impianti si devono dotare di Unità Periferiche dei sistemi di Difesa e Monitoraggio (UPDM), atte ad eseguire le funzioni di distacco automatico, telescatto, monitoraggio segnali e misure e, in genere, tutte le attività sugli impianti che permettono il controllo in emergenza del sistema elettrico (vedi I Documenti

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Terna: *“Specifica per unità periferica dei sistemi di difesa e monitoraggio” e “Modalità di utilizzo del teledistacco per impianti eolici”*: logica centralizzata.

Il sistema, la cui installazione ed il mantenimento in perfetta efficienza dell’apparato sono a cura dell’Utente, deve essere in grado di interfacciarsi con i sistemi di controllo del Gestore e pertanto deve appartenere alla classe delle UPDM descritta nel documento Terna *“Specifica per unità periferica dei sistemi di difesa e monitoraggio”*. Pertanto sarà a cura dell’Utente anche la predisposizione dei necessari canali di comunicazione per la trasmissione dati tra l’apparato UPDM e detti sistemi di controllo.

In parallelo al sistema di difesa basato sulle UPDM il Gestore potrà richiedere l’attuazione di una logica di difesa locale basata sull’utilizzo delle protezioni di impianto come i relè di frequenza che in modo automatico distaccano in successione i vari sottocampi fotovoltaici (distacco parzializzato) o al limite l’intera Centrale, a seconda delle esigenze di sicurezza del sistema elettrico in dipendenza delle caratteristiche di impianto.

Il distacco per massima frequenza può essere alternativo alla UPDM, sempre che l’area in cui è inserita la Centrale fotovoltaica non sia soggetta a telescatto: in questo caso l’UPDM è obbligatoria.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 9.11 Criteri per il coordinamento degli isolamenti

I livelli per il coordinamento dell'isolamento a cui risulta necessario attenersi sono qui di seguito riportati:

Tensione nominale del sistema:	150 kV
Tensione massima per gli elementi del sistema:	170 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Tensione di tenuta a frequenza industriale:	325 kV
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1.2/50 $\mu$ s:	750 kV
Distanza di guardia "d <sub>g</sub> "	1670 mm
Distanza di vincolo verticale "d <sub>vv</sub> "	3920 mm
Distanza di vincolo orizzontale "d <sub>vo</sub> "	2920 mm

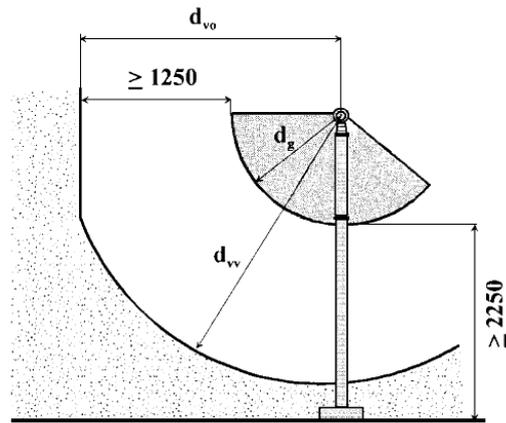
La zona di guardia indica lo spazio attorno ad un elemento di impianto in tensione entro il quale non è ammessa la presenza di persone o di oggetti mobili estranei all'impianto che siano collegati o accessibili a persone (ad es.: scale, attrezzi, veicoli, materiali vari).

La distanza di guardia è la minima distanza fra un elemento attivo e la superficie che delimita la zona di guardia attorno a tale elemento.

La distanza di vincolo è invece la minima distanza che deve esistere fra un elemento attivo e la superficie accessibile all'operatore sulla quale questi deve stare almeno con entrambi i piedi perché l'operatore stesso e gli oggetti mobili ad esso collegati, in assenza di limitazioni materiali, non entrino nella zona di guardia.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
 Progetto Definitivo



$d_g$  = distanza di guardia

$d_{vv}$  = distanza di vincolo verticale  
 (distanza di circolazione)

$d_{vo}$  = distanza di vincolo orizzontale

Zona a distanza di vincolo

Zona di guardia

Rappresentazione della distanza di guardia e delle distanze di vincolo (distanze in mm)

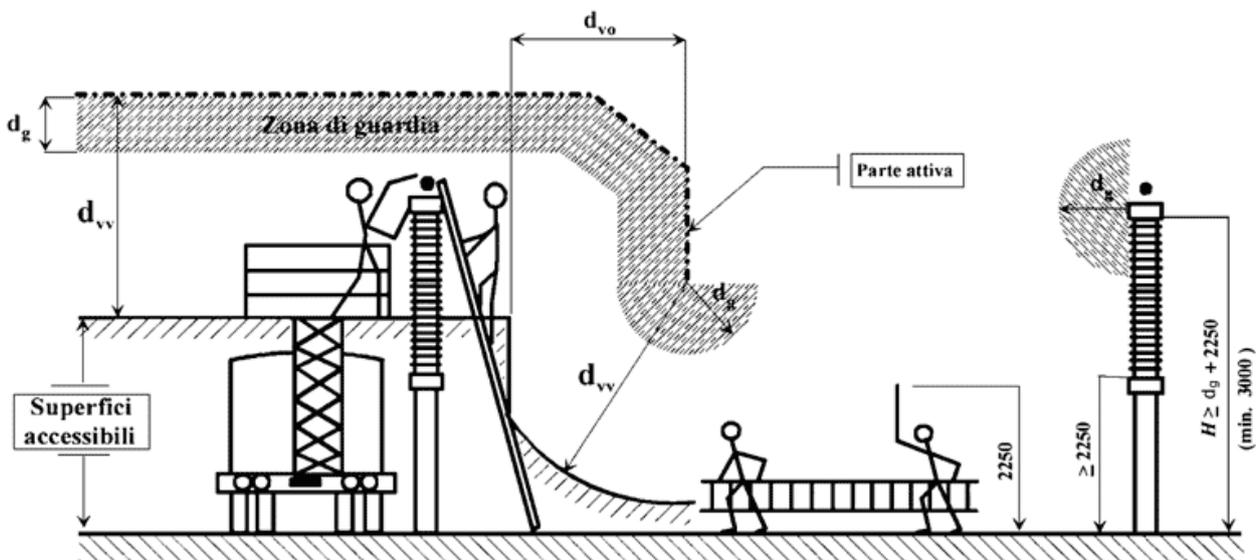


Illustrazione della zona di guardia  $d_g$ , della distanza di vincolo verticale  $d_{vv}$  e della  
 distanza di vincolo orizzontale  $d_{vo}$  (distanze in mm)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

## 9.12 Caratteristiche delle Apparecchiature

### 9.12.1 Livelli di cortocircuito e correnti di guasto a terra

Gli impianti devono essere progettati, costruiti ed installati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di corto circuito in conformità a quanto indicato nei paragrafi 3.1.4 e 3.2.6 della Norma CEI 11-1.

La durata nominale di corto circuito trifase prevista è di 1 s.

Per il dimensionamento degli isolatori passanti degli autotrasformatori, si deve tenere presente che la durata nominale di corto circuito prevista è di 2 s. (art. 4.3 Norma CEI EN 60137).

Di seguito si riportano i valori previsti, per le diverse sezioni di impianto, delle correnti nominali di corto circuito trifase, in base ai quali saranno dimensionati i componenti ed il macchinario AT:

Valore efficace della corrente di cortocircuito trifase Icc (kA)	40 kA
--	-------

In aggiunta, in considerazione delle definizioni della Norma CEI 11-1 e ss.mm.ii, della CEI 99-3 e della CEI 99-4, considerando il tempo di eliminazione di un ipotetico guasto a terra pari a 0,5 s, si riportano di seguito i valori previsti per le suddette correnti di guasto a terra:

Valore efficace della corrente di guasto a terra I <sub>g</sub> (kA)	40 kA
--	-------

### 9.12.2 Correnti termiche nominali

Le stazioni elettriche devono essere dimensionate almeno per i seguenti valori di correnti termiche nominali:

Stallo linea	1250 A
Sbarre	2000 A
Stallo di parallelo sbarre	2000 A

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

### 9.12.3 Nota sull'utilizzo dei TA/TV combinati

L'eventuale utilizzo di trasformatori di corrente (TA) combinati con trasformatori di tensione (TV) deve essere preventivamente concordato con TERNA.

Non sono al momento ammessi TA/TV combinati destinati alle misure fiscali e/o commerciali.

### 9.12.4 Sostegni per apparecchiature di stazione e sostegni portale

I sostegni saranno del tipo tubolare per le apparecchiature e per gli isolatori portanti.

L'altezza dei sostegni dovrà essere determinata in base a quanto indicato alla sezione "Disposizione elettromeccanica" del presente documento e nella tavola "IE\_036\_PD\_PT\_003\_pianta elettromeccanica PTO" allegata al progetto.

### 9.12.5 Isolatori portanti e isolatori per linee elettriche aeree

Gli isolatori utilizzati per le sbarre, per i sezionatori (isolatori portanti e di manovra) e per i colonnini portanti rompitratta dovranno essere realizzati in porcellana in modo conforme alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168.

Tutti gli isolatori, nel loro dimensionamento, dovranno comunque rispettare quanto indicato nel presente documento, alla voce "Criteri di coordinamento dell'isolamento".

L'altezza degli isolatori da terra dovrà essere determinata in base a quanto prescritto alla sezione "Disposizione elettromeccanica" del presente documento.

Per gli isolamenti superficiali degli isolatori portanti, delle apparecchiature e degli isolatori passanti dei trasformatori si raccomanda un valore di salinità di tenuta pari ai valori che seguono:

Installazione in atmosfera normale	14 g/l
Installazione in atmosfera inquinata	56 g/l

La classificazione dell'ambiente di installazione può essere dedotta dalle seguenti indicazioni, riferite agli isolamenti superficiali delle catene di isolatori a cappa e perno delle linee elettriche, per i quali si raccomandano i valori di salinità di tenuta riportati nella seguente tabella.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

Livello di inquinamento	Definizione	Massima salinità di tenuta [g/l]
Nulla o leggero	<ul style="list-style-type: none"> <li>zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti;</li> <li>zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti;</li> <li>zone agricole;</li> <li>zone montagnose.</li> </ul> Tali zone distano almeno 10-20 Km dal mare e non sono direttamente esposte a venti marini	10
Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti;</li> <li>zona ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e a venti;</li> <li>zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri).</li> </ul>	40
Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento, produttori sostanze inquinanti;</li> <li>zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte.</li> </ul>	160
Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi;</li> <li>zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti;</li> <li>zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione.</li> </ul>	Per tale livello di inquinamento non viene indicato un livello di salinità di tenuta; occorre ricorrere a soluzioni particolari quali l'ingrassaggio, il lavaggio periodico, ecc..

### 9.12.6 Morsetteria

La morsetteria AT di stazione comprende tutti i pezzi adottati per le connessioni delle sbarre, tra le apparecchiature e tra apparecchiature e sbarre. Dovranno essere previsti giunti di dilatazione termica per consentire la dilatazione delle sbarre. La morsetteria utilizzata dovrà essere di tipo monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inox. Nell'accoppiamento eventuale alluminio-rame si utilizzerà pasta antiossidante per impedire la corrosione galvanica tra i due metalli.

### 9.12.7 Sistema di sbarre e conduttori di collegamento

Il sistema di sbarre è realizzato di norma con profilo tubolare in lega di alluminio.

I collegamenti al di sotto delle sbarre sono di norma realizzati in profilo tubolare, mentre i collegamenti tra le apparecchiature sono realizzati in corda. Le giunzioni lungo il sistema di sbarre dovranno consentire le normali espansioni e contrazioni dei tubi, previste con il variare della temperatura; i morsetti destinati allo

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

scopo non dovranno trasmettere, durante le oscillazioni dei tubi, alcun momento sugli isolatori portanti del sistema di sbarre. Nella tabella a seguire sono elencati i diametri normalmente usati per le sbarre ed i collegamenti delle stazioni elettriche.

SBARRE	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRO ESTERNO
86 mm	100 mm
COLLEGAMENTI SOTTO LE SBARRE	
86 mm	100 mm

COLLEGAMENTI DI STALLO TRA LE APPARECCHIATURE	
Stallo linea	1 corda di alluminio da 36 mm
Stallo parallelo e trasformatore	2 corde di alluminio da 36 mm

### 9.13 Impianto di terra

L'impianto di terra deve essere rispondente alle prescrizioni del Cap. 9 della Norma CEI 11-1 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37: di seguito vengono illustrati alcuni aspetti generici, cui è consigliabile attenersi.

La maglia di terra delle stazioni elettriche esistenti della RTN è di norma realizzata con conduttori di rame nudi di adeguata sezione, dimensionati termicamente secondo le indicazioni riguardo le correnti di guasto monofase a terra precedentemente indicate, interrati ad una profondità di almeno 0,70 metri.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale (portali, TA, TV, scaricatori) le dimensioni della maglia di terra devono essere opportunamente diminuite.

Precauzioni particolari devono essere prese qualora i conduttori in rame possano venire a contatto con strutture d'acciaio.

Con riferimento alla Guida CEI 11-37, le funi di guardia di tutte le linee aeree e le corde di rame che corrono parallelamente a tutte le linee interrate facenti capo alla stazione devono poter essere collegate alla rete di



---

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE  
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac  
Progetto Definitivo

terra; progettualmente è pertanto possibile considerare il contributo delle stesse, allo smaltimento delle correnti di guasto, fermo restando le verifiche delle tensioni di passo e contatto, che dovranno essere estese anche nel terreno limitrofo ai tralicci di arrivo delle linee in stazione elettrica.

Qualora, per la realizzazione della stazione elettrica siano previste opere di riempimento con terreno (per esempio per operare livellamenti), sarebbe opportuno che la misura della resistività del terreno stesso avvenisse dopo le suddette opere di riempimento; qualora ciò non fosse possibile, si dovrebbe comunque tenere sempre conto, in sede di calcolo, del fatto che la resistività del terreno di riempimento può essere diversa da quella locale, misurata preliminarmente.

Qualora la stazione elettrica risulti essere realizzata nelle immediate vicinanze dell'impianto/i del Gestore di Rete ad esso collegato (come succede, per esempio, nei casi in cui la stazione elettrica e il suddetto impianto/i risultano essere confinanti, separati da opportune delimitazioni), i rispettivi impianti di terra devono essere tra loro collegati elettricamente.

Nel progetto dell'impianto di terra si dovrà infine tenere conto del fatto che dovrà essere realizzata la maglia di terra anche nelle aree destinate alle espansioni future d'impianto, qualora richieste.

