

**COMUNE DI ASCOLI SATRIANO**  
Provincia di Foggia  
Regione Puglia

Nome Progetto / Project Name

Progetto per la realizzazione di un nuovo impianto AGRI-VOLTAICA e delle relative opere di connessione alla rete di distribuzione AT in località Salvetera nel comune di Ascoli Satriano della potenza nominale di picco in DC pari a 60,152 MWp (potenza in immissione pari a 59,665 MWac) denominata "Salvetera"

committente

Solar Century FV GC 3 s.r.l.



**Statkraft**

P.O. Box 200 Lilleaker - NO-0216 Oslo, Norway

Titolo documento /Document title

**WHXFHS4 – Calcoli Preliminari**

Sottotitolo documento /Document subtitle

**Calcoli elettrico preliminari impianto fotovoltaico**

N.	Data Revisione	Descrizione revisione	Preparato	Vagliato	Approvato
03	10/2022	Revisione per MiTEC	SUNNERG DEVL.	SUNNERG DEVL.	STATKRAFT
00	11/2020	Prima emissione	SUNNERG DEVL.	SUNNERG DEVL.	STATKRAFT

Consulenza / Advice



**SUNNERG**

Progettista / Planner

Ing. Massimiliano ceconi  
SUNNERG DEVELOPMENT s.r.l.  
Via San Pietro all'Orto, 10 - 20121 (MI)  
P. IVA 11085630967  
PEC sunnergdevelopment@legalmail.it

**Documento Numero**

Commessa	Origine	Tipo documento	N. Progressivo	Revisione

Fase di progetto

## Sommario

---

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DEFINIZIONI .....</b>	<b>8</b>
3.1	DATI DI PROGETTO .....	10
<b>4</b>	<b>CONSIDERAZIONE TECNICHE GENERALI.....</b>	<b>13</b>
4.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....	13
4.2	DESCRIZIONE TECNICA DELLA MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RETE .....	14
4.3	DESCRIZIONE DEGLI INSEGUITORI SOLARI.....	15
4.4	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MODULI.....	15
4.5	CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI INVERTER.....	16
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO ELETTRICO .....</b>	<b>17</b>
5.1	PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE.....	17
5.2	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO SUL LATO CORRENTE CONTINUA .....	18
5.3	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO SUL LATO CORRENTE ALTERNATA .....	19
5.4	CADUTA DI TENSIONE.....	19
5.5	IMPIANTO DI TERRA .....	19
5.6	SEZIONE DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE .....	20
5.7	MISURE DI PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI .....	21
5.8	MISURE DI PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI .....	2
5.9	QUADRI DI BASSA TENSIONE IN CORRENTE ALTERNATA.....	3
5.10	QUADRI DI MEDIA TENSIONE IN CORRENTE ALTERNATA .....	3
<b>6</b>	<b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE.....</b>	<b>4</b>
6.1	FULMINAZIONE DIRETTA.....	4
6.2	FULMINAZIONE INDIRETTA .....	45



## **1    PREMESSA**

---

Il presente documento costituisce la relazione tecnica (parte elettrica) del progetto preliminare dell'impianto fotovoltaico di potenza 60.152,88 kWp connesso in antenna su un futuro stallo a 150 kV della Stazione Elettrica (di seguito SE) di Smistamento a 150 kV della Rete di Trasmissione Nazionale (di seguito RTN) denominata "Camerelle".

L'impianto sarà collegato alla SE tramite una linea in Media Tensione (di seguito MT) interrata mediante la quale tutta l'energia elettrica prodotta sarà immessa in rete.

Una volta realizzato, l'impianto consentirà di conseguire i seguenti risultati:

- immissione nella rete dell'energia prodotta tramite fonti rinnovabili quali l'energia solare;
- impatto ambientale locale nullo, in relazione alla totale assenza di emissioni inquinanti e di rumore contribuendo così alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti in accordo con quanto ratificato a livello nazionale all'interno del Protocollo di Kyoto;
- l'impianto fotovoltaico consente di risparmiare 0,4 kg di CO<sub>2</sub> per ogni kWh prodotto se confrontato con un moderno impianto a ciclo combinato funzionante a gas metano, per arrivare a 0,78 kg di CO<sub>2</sub>/kWh prodotto se il confronto viene fatto con un impianto termoelettrico tradizionale a olio combustibile e 0,95 kg di CO<sub>2</sub>/kWh prodotto nel caso di impianti di produzione alimentati a carbone.

## **2    NORME DI RIFERIMENTO**

---

Gli impianti fotovoltaici e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica e le prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVF ove richiesto.

#### Normativa generale:

- **Legge 1 marzo 1968, n. 186:** disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione e impianti elettrici ed elettronici.
- **Legge 9 gennaio 1991, n. 10:** norma per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- **Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79:** attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica.
- **Direttiva CE 27 settembre 2001, n. 77:** sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato dell'elettricità (2001/77/CE).
- **Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003:** attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- **Decreto Ministero delle Attività Produttive, 20 luglio 2004:** nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164.
- **Legge 23 agosto 2004, n. 239:** riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.
- **Decreto 37/08 – sicurezza degli impianti elettrici;**
- **Decreto 81/08 – Testo unico per la sicurezza.**

#### Norme Tecniche:

- **CEI 64-8:** impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua, con particolare riferimento alla parte 7 sezione 712.
- **CEI 0-16:** Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- **CEI 11-20:** impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- **CEI EN 60904-1(CEI 82-1):** dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione – corrente.
- **CEI EN 60904-2 (CEI 82-2):** dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

- **CEI EN 60904-3 (CEI 82-3):** dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- **CEI EN 61727 (CEI 82-9):** sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete.
- **CEI EN 61215 (CEI 82-8):** moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- **CEI EN 50380 (CEI 82-22):** fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.
- **CEI 82-25:** guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.
- **CEI 82-25:** variante 1 edizione Ottobre 2011.
- **CEI EN 62093 (CEI 82-24):** componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.
- **CEI EN 31936-1 (Classificazione CEI 99-2):** Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- **CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31):** compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $I_n = 16$  A per fase).
- **CEI EN 60439 (CEI 17-13):** apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

Serie composta da:

- **CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1):** apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS).
- **CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2):** prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- **CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3):** prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD).
- **CEI EN 60445 (CEI 16-2):** principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- **CEI EN 60529 (CEI 70-1):** gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- **CEI EN 60099-1 (CEI 37-1):** scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri

- **CEI 20-19:** cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- **CEI 20-20:** cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- **CEI 20-91:** Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- **CEI EN 62305 (CEI 81-10):** protezione contro i fulmini.

Serie composta da:

- **CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1):** principi generali.
- **CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2):** valutazione del rischio.
- **CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3):** danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- **CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4):** impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.
- **UNI 10349:** riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- **CEI EN 61724 (CEI 82-15):** rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.
- **CEI 13-4:** sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.
- **CEI EN 62053-21 (CEI 13-43):** apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).
- **EN 50470-1 ed EN 50470-3** in corso di recepimento nazionale presso CEI.
- **CEI EN 62053-23 (CEI 13-45):** apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).
- **CEI 64-8, parte 7, sezione 712:** sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione.
- **“Guida per l’installazione degli impianti fotovoltaici – Edizione Anno 2012” ai sensi del D.P.R. n.151 del 1 agosto 2011.**

Delibere AEEG:

- **Delibera n. 88/07** – modificata con Delibera ARG/elt 150/08 Disposizioni in materia di misura dell’energia elettrica prodotta da impianti di generazione.
- **Delibera n. 99/08** - Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA)

- **Delibera n. 90/07** – modificata con Delibera ARG/elt 161/08 Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 05 Maggio 2011, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

### 3 DEFINIZIONI

---

Si riportano qui di seguito le definizioni utilizzate nel presente documento.

- **Sistema di conversione dell'energia:** complesso delle apparecchiature destinate alla trasformazione dell'energia fornita dalla fonte primaria in energia elettrica consegnata alla rete. Si distinguono in:
  - a) sistemi di conversione idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale in assenza di alimentazione della rete pubblica stessa (generatori sincroni, asincroni autoeccitati, dispositivi di conversione statica che si comportano come generatori di tensione);
  - b) sistemi di conversione non idonei a sostenere la tensione e la frequenza entro il campo nominale (generatori asincroni non autoeccitati e dispositivi di conversione statica che si comportano come generatori di corrente).
- **Impianto fotovoltaico:** sistema statico di conversione dell'energia, comprendente i pannelli fotovoltaici che trasformano direttamente l'energia solare in energia elettrica in corrente continua, un eventuale sistema di accumulo, ed un convertitore c.c./c.a. (inverter).
- **Sistema statico di continuità (UPS):** insieme di convertitori, interruttori e dispositivi per l'accumulo di energia (ad es. batterie) che costituiscono un sistema di alimentazione in grado di mantenere la continuità della potenza al carico, in caso di mancanza di alimentazione alla rete di pubblica distribuzione.
- **Dispositivo della rete pubblica:** dispositivo installato all'origine della linea della rete pubblica costituito da un interruttore automatico dotato di protezione magnetotermica.



- **Dispositivo generale:** dispositivo installato all'origine della rete del Cliente produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica del Distributore.

Locale. Il dispositivo, in condizioni di "aperto", esclude l'intera rete del Cliente produttore dalla rete pubblica.

- **Dispositivo di interfaccia:** dispositivo installato nel punto di collegamento della rete in isola alla restante parte della rete del Cliente produttore sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia. L'apertura del dispositivo d'interfaccia assicura la separazione dei gruppi di produzione dalla rete pubblica.
- **Dispositivo del generatore:** dispositivo installato a valle dei terminali di ciascun generatore. Il dispositivo del generatore è tale da escludere il generatore/impianto fotovoltaico in condizioni di "aperto".
- **Rete in isola:** rete di distribuzione del Cliente produttore o parte di questa che può lavorare separatamente dal resto della rete.
- **Rete di Trasmissione Nazionale (RTN):** l'insieme delle centrali di trasformazione e delle linee elettriche di tutta Italia.
- **Stazione Elettrica (SE) di smistamento:** complesso di apparecchiature in Altissima tensione, Alta Tensione e Media Tensione, connesso alla RTN, in prossimità degli impianti di produzione.

**Altre definizioni usate nel testo:**

- **Cella fotovoltaica:** dispositivo che provvede alla trasformazione dell'energia solare direttamente in energia elettrica.
- **Modulo fotovoltaico:** insieme di celle fotovoltaiche assemblate in un idoneo supporto e opportunamente collegate elettricamente, per raggiungere la tensione, la corrente e la potenza desiderata.
- **Stringa fotovoltaica:** insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie per raggiungere la tensione e la potenza desiderata.
- **Generatore FV:** insieme di stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo per raggiungere la potenza desiderata.
- **Inverter:** dispositivo che provvede alla trasformazione dell'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata.
- **Interfaccia rete:** dispositivo che provvede all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore e, quindi, alla rete elettrica locale.
- **Potenza di picco Wp:** potenza generata da un dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa o generatore)

in condizioni di prova definite “standard” (STC) che risultano le seguenti: Air Mass = 1.5, irraggiamento solare sul piano dei moduli pari a 1 kW/m<sup>2</sup>, temperatura di lavoro della cella fotovoltaica pari a 25°C.

- **Gestore della rete:** è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell’energia elettrica ai clienti utilizzatori (esempio AEM, ENEL, ACEA).

### 3.1 Dati di progetto

I dati riportati nel seguito risultano strutturati e suddivisi secondo quanto riportato nella Guida CEI 0-2

#### Modulo 1 – Dati di progetto di carattere generale

Pos	Dati	Valori stabiliti	Note
1.1	Scopo del lavoro	Realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla RTN	
1.2	Vincoli da rispettare	Connessione alla SE di smistamento	

#### Modulo 2 – Dati di progetto relativi alle influenze esterne

Pos	Dati	Valori stabiliti	Note
2.1	Località	Ascoli Satriano (FG)	
2.2	Temperature di riferimento		
	Minima	0 °C	
	Massima	35 °C	

2.3	Formazione di condensa	Possibile	
2.4	Altitudine (casa comunale)	Circa 365 metri s.l.m.	
2.5	Latitudine	41°09'45,16" N	
2.6	Longitudine	15°37'11,73" E	
2.7	Presenza di corpi solidi estranei	NO	Usuale protezione quadri da insetti ed utensili.
	Presenza di polvere	Possibile	Gli inverter sono installati sui pali degli inseguitori
2.8	Presenza di liquidi Tipo di liquido	NO	Dati relativi al posizionamento delle apparecchiature elettriche
	Possibilità di stillicidio	NO	
	Esposizione alla pioggia	SI	(convertitori) installati sulle strutture degli inseguitori
	Esposizione agli spruzzi	NO	
	Possibilità di getti d'acqua	NO	
2.9	Ventilazione dei locali naturale	SI	
2.10	Effetti sismici	Non applicabile	
2.11	Livelli massimi di rumore	NO	
2.12	Condizioni ambientali speciali	NO	Alcune aree presentano vincoli idrogeologico e archeologico come segnate in planimetria.

### Modulo 3 – Dati di progetto relativi alla rete di collegamento

Pos	Dati	Valori stabiliti	Note
3.1	Tipo di intervento richiesto  - Nuovo impianto	Si	
3.2	Dati del collegamento elettrico di  Descrizione della rete collegamento  Tensione Nominale (Un)  Punto di consegna  Stato del neutro	Collegamento impianto alla RTN  150 kV  Stallo posizionato nella SE di smistamento denominata "Camerelle"  Connesso a terra (sistema TNS)	

### Modulo 4 – Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

Pos	Dati	Valori Stabiliti	Note
4.1	Caratteristiche area di installazione	Circa 85 ettari di terreno suddiviso in 3 aree separate.	
4.2	Posizione inverter	Ancorati su strutture separate apposite a sostenerli	

## 4 CONSIDERAZIONE TECNICHE GENERALI

---

### 4.1 Descrizione generale dell'impianto

L'impianto fotovoltaico di potenza di picco di 60.152,88 kWp sarà connesso in parallelo alla RTN in alta tensione presso la SE di smistamento denominata "Camerelle".

I moduli fotovoltaici saranno fissati, per mezzo di appositi morsetti, alle strutture degli inseguitori solari. In questo modo sarà possibile eseguire il montaggio e lo smontaggio di ciascun modulo fotovoltaico, indipendentemente dalla presenza o meno dei moduli contigui.

L'impianto solare fotovoltaico sarà realizzato come indicato sugli schemi elettrici facenti parte del progetto, secondo le Norme tecniche, CEI 64-8, Guida CEI 82-25, CEI 0-16.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito essenzialmente dalle seguenti apparecchiature:

- n° 113.496 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino marca JA SOLAR modello JAM72S30 530M/R, di potenza di picco pari a 530 Wp ciascuno. Classe di reazione al fuoco 1.
- n° 266 gruppi di conversione dell'energia elettrica (inverter di stringa) marca HUAWEI tipo SUN 2000 – 185KTL – H1 trifase, installati all'esterno sui pali prospicienti le strade interne all'impianto;
- n° 1.729 inseguitori solari (tracker) mono assiali, marca SOLTEC, modello SF7, con differenti configurazioni: 2x12 moduli, 2x24 moduli, 2x36 moduli, così da poter ospitare rispettivamente una, due o tre stringhe;
- n° 19 cabine di trasformazione, distribuite nelle diverse aree su cui insiste l'impianto ed aventi al loro interno quadri di Bassa Tensione (BT), scomparti di Media Tensione (MT), trasformatore MT/BT, UPS, trasformatore servizi ausiliari, sistema di trasmissione dati;
- n° 1 cabina di distribuzione, alla quale afferiranno le linee di MT in arrivo dalle cabine di trasformazione;
- n° 1 cabina di consegna impianto, che collegherà la cabina di distribuzione alla SE di smistamento;
- n° 1 cabina monitoraggio e controllo (control room).

Il lato in corrente continua dell'impianto fotovoltaico dovrà essere realizzato come un sistema IT isolato rispetto al potenziale del terreno mediante componenti in classe di isolamento II (doppio isolamento) senza alcun polo connesso a terra.

Ciascun inverter dovrà essere dotato del dispositivo di controllo di isolamento sul lato DC.

#### **4.2 Descrizione tecnica della modalità di connessione alla rete**

L'impianto è costituito da stringhe di 24 moduli (collegati in serie) e connesse ai rispettivi inverter (massimo 18 stringhe per inverter).

Ciascun inverter sarà collegato alla rispettiva cabina di trasformazione, nello specifico al Quadro Elettrico di BT (QEBT), come indicato sugli schemi elettrici facenti parte del progetto, in modo da realizzare un impianto fotovoltaico con connessione alla rete in modalità trifase. I collegamenti tra i moduli fotovoltaici e tra gli stessi e l'inverter saranno realizzati con conduttori e tubazioni che garantiscano nel tempo una adeguata protezione contro gli agenti atmosferici, in particolare pioggia e raggi solari. In particolare, i cavi solari che dovranno essere posati tra due inseguitori paralleli, al fine di connettere le stringhe ai relativi inverter, saranno ubicati all'interno di tubi corrugati interrati con resistenza non inferiore a 450 N, mentre i cavi che collegheranno gli inverter ai QEBT saranno posati direttamente interrati, con le modalità di posa previste dalle norme vigenti.

Tutte le masse facenti parte di apparecchiature di classe I, quali gli involucri metallici degli inverter e dei quadri elettrici, saranno collegate all'impianto di terra, con un conduttore PE di rame isolato in colore giallo-verde di sezione pari alla metà del conduttore di fase per sezioni superiori ai 16 mm<sup>2</sup> o uguale alla sezione del conduttore di fase per sezioni inferiori ai 16 mm<sup>2</sup>, con un minimo di 2,5 mm<sup>2</sup> quando protetto meccanicamente o 4 mm<sup>2</sup> se non risulta protetto meccanicamente. Il collegamento dei limitatori di sovratensione SPD al nodo equipotenziale e da questo all'impianto di terra dovrà essere realizzato mediante un conduttore di protezione PE di rame isolato in colore giallo-verde di sezione 6 mm<sup>2</sup> fino ad un massimo di 16 mm<sup>2</sup>.

Tutte le strutture metalliche saranno collegate all'impianto di terra in quanto potrebbero essere sottoposte a tensioni pericolose dovute sia alla presenza degli inverter, installati sulle strutture, che ai motori degli inseguitori solari.

Si ricorda che la messa a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, può servire per garantire il tempestivo intervento del dispositivo di controllo dell'isolamento lato corrente continua, in particolare nel caso di impianti su tetti costituiti da guaine in materiale isolante.

I collegamenti in serie dei moduli fotovoltaici saranno realizzati mediante i cavi pre-cablati in fabbrica dal costruttore dei moduli fotovoltaici stessi.

I terminali di ognuna delle stringhe saranno collegati direttamente agli inverter tramite idonei cavi posati a vista lungo le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici e, ove fosse necessario, all'interno di tubazioni corrugate per gli attraversamenti.

#### **4.3 Descrizione degli inseguitori solari**

I moduli saranno installati su degli inseguitori solari aventi un unico asse di rotazione (nord – sud) e

seguiranno l'andamento di pendenza nord - sud del terreno.

Le strutture costituenti gli inseguitori ed i supporti dei moduli fotovoltaici sono realizzati in materiale idoneo per garantire un'elevata resistenza contro la corrosione e gli agenti atmosferici, come garantito dal costruttore.

Gli inseguitori che saranno installati avranno 3 differenti lunghezze e saranno in grado di ospitare rispettivamente: 24 moduli (2x12 – una stringa), 48 moduli (2x24 – due stringhe), 72 moduli (2x36 – tre stringhe). In funzione della lunghezza dell'inseguitore cambierà anche il numero dei pali battuti che lo sosterranno.

La rotazione della struttura rispetto allo zenith è di +/- 43°. Questa rotazione è generata da un motore autoalimentato posizionato nel palo centrale dell'inseguitore.

Il posizionamento degli inseguitori e la massima rotazione di cui sopra garantiranno la minimizzazione dell'ombreggiamento in funzione delle aree disponibili; inoltre, con un interasse di 8,85 metri, sarà garantito il passaggio del personale e dei mezzi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto.

#### **4.4 Caratteristiche tecniche dei moduli**

- Marca: JA SOLAR
- Modello: JAM72S30 530M/R
- Tipo: in silicio monocristallino
- Potenza di picco: 530 Wp
- Tolleranza rispetto alla Pmax: 0 Wp / +5Wp
- Tensione al punto di massima potenza: 41,84 V
- Corrente al punto di massima potenza: 12,67 A
- Tensione a vuoto: 49,65 V
- Corrente di corto circuito: 13,43 A

- Tensione massima del sistema: 1.500 V
- Classe di isolamento: II
- Certificazione secondo IEC 61215
- Peso: 28,5 kg
- Dimensioni: 2,267 x 1,123 x 0,040 m
- Classe di reazione al fuoco 1

#### 4.5 Caratteristiche tecniche degli inverter

- Marca: HUAWEI
- Modello: SUN2000 – 185KTL – H1
- Tensione massima in Corrente Continua (DC): 1.500 V
- Corrente massima in DC: 26 A
- Corrente di cortocircuito massima in DC: 40 A
- Tensione di avvio inverter: 550 V
- Range di tensione in DC: 500 ÷ 1.500 V
- Numero di ingressi: 18
- Numero di MPPT: 9
- Potenza nominale in Corrente Alternata (AC): 175 kW (a 40° C)
- Potenza massima in AC: 185 kW ( $\cos \varphi = 1$ )
- Tensione nominale d'uscita: 800 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente nominale in AC: 126,3 A
- Corrente massima in AC: 134,9 A
- Efficienza massima: 99,03%
- Efficienza europea: 98,69%



- Dimensioni: 1.035 x 700 x 365 mm
- Peso: 84 kg
- Grado di protezione: IP66

## 5 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO ELETTRICO

---

### 5.1 Portata dei cavi in regime permanente

La Norma CEI 64.8 all'articolo 433.2 impone per il coordinamento cavo-protezione le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego della linea;
- $I_n$  è la corrente nominale dell'interruttore;
- $I_z$  è la portata del cavo;
- $I_f$  è la corrente di sicuro intervento dell'apparecchiatura di protezione entro il tempo convenzionale.

E' da notare che in caso di apparecchi di protezione conformi alla Norma CEI 23-3, se è verificata la relazione  $I_n \leq I_z$  è automaticamente verificata anche la relazione  $I_f \leq 1,45 I_z$ . Tale norma impone infatti per gli interruttori automatici ad uso domestico e similare  $I_f = 1,45 I_n$ .

Detta condizione vale anche per gli interruttori conformi alla norma CEI EN 60947-2 per i quali  $I_f \leq 1,3 I_z$ .

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle

sovracorrenti e del corto circuito,  $I_b$  risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco, mentre  $I_b$  e  $I_f$  possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

La portata dei cavi è calcolata secondo quanto previsto dai seguenti documenti normativi:

CEI-UNEL 35024/1: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

Per quanto riguarda la scelta delle tipologie di cavi si terrà conto delle prescrizioni inerenti la regolamentazione di tutti i prodotti fabbricati per essere installati in modo permanente negli edifici e nelle altre opere di ingegneria civile, come da CPR EU 305/11, da D. Lgs. 106/2017 e s.m.

CEI-UNEL 35026: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

Per quanto concerne i vai di media tensione si procederà come indicato al paragrafo precedente, ma sarà vincolante la verifica della tenuta alle correnti di corto circuito; tale requisito potrebbe portare ad un aumento di sezione dei cavi.

Verrà verificato che sia soddisfatta la seguente relazione:

$$S_{PE} > \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove

- I è la corrente di corto circuito;
- K: è una costante caratteristica del cavo (coefficiente di densità al corto circuito) pari a 143 per XLPE/EPR, 115 per PVC;
- $I^2 \cdot t$  come segue:
  - per gli interruttori con relè di protezione indiretto è calcolata come segue:  
 $I^2 \cdot t = I_{cmax}^2$ , dove t = massimo tempo di intervento del relè di protezione (che include il tempo di apertura dell'interruttore)
  - per gli interruttori con relè di tipo diretto  $I^2 \cdot t$  è ottenuto dalla propria curva di intervento.

In ogni caso, le connessioni in MT tra le cabine elettriche saranno realizzate con cavo ARP1H5(AR)E unipolare.

## **5.2 Protezione contro le correnti di sovraccarico sul lato corrente continua**

In conformità alla norma CEI 64-8 paragrafo 712.433.1, la protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sui cavi delle stringhe PV e dei pannelli PV quando la portata dei cavi sia eguale o

superiore a 1,25 volte ISC STC in qualsiasi punto.

### **5.3 Protezione contro le correnti di cortocircuito sul lato corrente alternata**

In conformità alla norma CEI 64-8 paragrafo 712.434.1: Il cavo di alimentazione PV sul lato c.a. deve essere protetto contro i cortocircuiti mediante un dispositivo di protezione contro i cortocircuiti installato nel punto di connessione al circuito dell'impianto elettrico.

Gli interruttori magnetotermici, installati nei quadri elettrici in corrente alternata all'uscita di ciascun inverter, garantiscono la protezione contro il cortocircuito in qualsiasi punto dell'impianto fotovoltaico lato corrente alternata di bassa tensione.

Il potere di interruzione di ciascun dispositivo (massima corrente che l'interruttore può interrompere) deve comunque essere superiore alla corrente di corto circuito massima (all'inizio della linea).

Gli interruttori saranno installati in modo da garantire una selettività verticale delle protezioni magnetotermiche.

### **5.4 Caduta di tensione**

La caduta di tensione sul lato corrente continua dovrà essere mantenuta al di sotto del 1,5% della tensione nominale.

A tal proposito la norma CEI 64-8 raccomanda all'art. 525 di limitare la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto e qualunque apparecchio utilizzatore al di sotto del 4% della tensione nominale dell'impianto. Le sezioni dei cavi in corrente alternata saranno calcolare in modo tale che la caduta di tensione dai quadri BT, posizionati nelle cabine di trasformazione, agli inverter non superi il suddetto valore.

### **5.5 Impianto di terra**

L'impianto di terra dovrà essere unico per tutto l'impianto e sarà realizzato secondo la Norma CEI 64-8/5 e la Guida CEI 99-2 e 99-3.

I conduttori dell'impianto di terra saranno, a meno che diversamente indicato, in corda di rame elettrolitico o in alluminio (a seconda della funzionalità) nelle sezioni indicate sui disegni e comunque non inferiori ai limiti stabiliti dalle Norme CEI e dalla legislazione vigente in materia.

Le giunzioni tra le corde di rame saranno realizzate come in figura C.2.2 a pagina 53 della Guida CEI 64-

12. I giunti fra le corde saranno effettuati con morsetti di tipo a C a compressione o con morsetti a ragno a seconda dei materiali da connettere serrati secondo le indicazioni del costruttore.

In ogni area dell'impianto sarà creato un anello di corda nuda di alluminio al quale saranno collegate tutte le strutture degli inseguitori.

Intorno ad ogni cabina sarà realizzato un anello di corda nuda che sarà collegato all'impianto di terra unico.

Inoltre, ogni inverter sarà connesso al conduttore di protezione (PE) che sarà collegato al nodo equipotenziale nella rispettiva cabina di trasformazione.

Tutte le masse e le masse estranee presenti nelle cabine e nell'impianto saranno collegate all'impianto di terra come previsto dalle norme vigenti.

Dovranno essere connessi all'impianto di terra tutte le masse e le eventuali masse estranee.

Il sistema in corrente continua a monte dell'inverter è di tipo IT . La particolare configurazione di questo sistema fa sì che in caso di singolo guasto a terra la corrente di guasto sia fortemente limitata dall'impedenza capacitiva verso terra della linea e non richieda quindi di essere interrotta tempestivamente.

È obbligatorio limitare la tensione di contatto: il primo guasto a terra sarà segnalato dal sistema di monitoraggio isolamento equipaggiato sull'inverter.

## 5.6 Sezione dei conduttori di protezione

Il conduttore di protezione è percorso dalla corrente solo in caso di guasto.

La sezione del cavo di protezione SPE deve quindi essere calcolata tramite la formula:

$$K^2 \cdot S_{PE}^2 > I^2 \cdot t \rightarrow S_{PE} > \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

Dove:

- K è un coefficiente pari a 143 per i cavi in EPR e 115 per i cavi in PVC;
- $I^2 \cdot t$  è l'energia specifica passante del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

In alternativa si deve seguire l'indicazione della seguente tabella:

Sezione di fase $S_f$ [mm <sup>2</sup> ]	Sezione minima del conduttore di protezione.
$\leq 16$	$S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$> 35$	$S_f/2$

La sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della condotta di alimentazione deve essere, in ogni caso, non inferiore a:

- 2,5 mm<sup>2</sup> quando prevista protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> quando non prevista protezione meccanica.

### 5.7 Misure di protezione dai contatti diretti

Secondo quanto previsto dalla norma CEI 64-8 parte 4, la protezione contro i contatti diretti in ambienti ordinari deve essere ottenuto tramite:

- isolamento destinato ad impedire qualsiasi contatto con parti attive e che possa essere rimosso tramite distruzione. Questo tipo di protezione verrà utilizzata per i cavidotti;
- involucri e barriere destinato ad impedire contatto con parti attive, che siano in grado di assicurare un grado di protezione IP2X o IPXXB per le superfici verticali e IP4X o IPXXD per le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri a portata di mano. Barriere ed involucri potranno essere rimossi solo tramite l'impiego di attrezzi. Questo tipo di protezione verrà utilizzata per quadri elettrici, scatole di derivazione e componenti quali prese di corrente, corpi illuminanti e interruttori.

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è in bassa tensione. La protezione contro i contatti diretti è dunque assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto corrugato o interrato con posa idonea allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in tubi o canali. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, ne' risultano ubicati in luoghi ove sussistano rischi di danneggiamento.

Dal punto di vista della sicurezza, occorre tenere conto che il generatore fotovoltaico è una fonte energetica non interrompibile, data l'impossibilità pratica di porre il sistema fuori tensione alla presenza di luce solare. Questo costituisce elemento di attenzione sia in fase di costruzione del generatore fotovoltaico, sia in occasione della sua manutenzione, sia ancora in caso di intervento delle protezioni

che, comandando i dispositivi di apertura lato corrente continua, determinano l'innalzamento della tensione del generatore fotovoltaico e il mantenimento di eventuali archi elettrici che si fossero creati sui circuiti in corrente continua.

Tale pericolo sarà segnalato con opportuna segnaletica apposta in corrispondenza dei dispositivi elettromeccanici soggetti a manutenzione.



### 5.8 Misure di protezione dai contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà realizzata in conformità a quanto riportato nella norma CEI 64- 8 ed. VI parte 712 dove viene raccomandato l'impiego dei componenti in classe II sul lato corrente continua.

Sul lato corrente alternata la protezione delle persone contro i contatti indiretti sarà realizzata tramite l'interruzione automatica dell'alimentazione.

Il costruttore degli inverter senza trasformatore a 50 Hz incorporato, dovrà assicurare l'impossibilità di riportare sul lato corrente alternata le correnti di guasto a terra che avvengano sul lato corrente continua. In alternativa si dovrà provvedere all'installazione di un differenziale di tipo B.

La protezione contro i contatti indiretti in un sistema TN-S (tutte le masse collegate al conduttore di protezione PE) è assicurata dal fatto che ogni singolo guasto (ipotizzato come un guasto franco a terra) crea un cortocircuito che viene percepito dalla protezione magnetotermica.

Per la parte in alta tensione la relazione da verificare in questo caso è:

$$U_E = R_E \times I_F \leq U_{TP}$$

dove

$R_E$  è la resistenza di terra,

$U_E$  è la tensione totale di terra,

$U_{TP}$  è la tensione di contatto ammissibile

$I_F$  è la corrente di guasto a terra lato alta tensione (dato fornito dall'ente distributore).

La tensione totale di terra  $U_E$  e le tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$ , noto il tempo di eliminazione del guasto  $t_F$  (dato fornito dall'ente distributore) devono essere scelte fra quelle indicate nelle tabelle di riferimento ossia tra 10 e 0,2 (s)

Qualora non fosse possibile garantire il coordinamento dell'impianto di cantiere con le protezioni dell'ente distributore è possibile adottare altre soluzioni proposte dalle Norme CEI 11-1. Per quanto riguarda la parte dell'impianto a bassa tensione occorre verificare il coordinamento dei dispositivi di protezione così come indicato nella Norma CEI 64-8 art. 481.3.

### **5.9 Quadri di bassa tensione in corrente alternata**

Come già detto, per ciascuna cabina di trasformazione sarà previsto un quadro di bassa tensione al quale saranno collegati tutti gli inverter.

Per ogni cabina di trasformazione è prevista l'installazione di un trasformatore (30 kVA – 800/400 V) il quale alimenterà:

- **quadro servizi ausiliari**;
- **UPS** (gruppi di continuità per i servizi essenziali di impianto – asservito anche alle apparecchiature alla cabina di consegna – ed in ciascuna cabina di trasformazione).

### **5.10 Quadri di media tensione in corrente alternata**

La distribuzione delle linee in media tensione all'interno dell'impianto fotovoltaico è gestita in modo radiale su 4 rami che si dipartono dalla cabina di distribuzione.

Visto il numero di cabine di trasformazione in campo, ci saranno cabine di testa che avranno un solo scomparto di arrivo della linea in MT ed altre che ne avranno due per l'entra – esci.

Nella cabina di distribuzione arriveranno 4 linee in MT ed una linea che la collegherà alla cabina di consegna impianto.

Tutti i dispositivi di protezione e sezionamento degli scomparti MT nelle suddette cabine saranno progettati ed installati secondo quanto previsto dall'ultima edizione della CEI 0-16.



## 6 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

---

### 6.1 Fulminazione diretta

La norma CEI 81-10 prevede la valutazione del rischio contro le scariche atmosferiche.

Per il rischio R1 riferito alla possibile perdita di vite umane nell'impianto fotovoltaico, vista l'assenza di personale all'interno dell'impianto durante il normale funzionamento (a meno di casi particolari per quanto concerne la manutenzione ordinaria ed in casi ancora più rari per quella straordinaria) tenuto conto che tutte le strutture metalliche sono connesse allo stesso impianto di terra, che l'estensione dell'impianto costituisce una superficie molto ampia che non tende a generare potenziali elettrici di picco (vedi caso si antenne o strutture metalliche alte e singole) e che saranno installati degli scaricatori di sovratensione dimensionati

per il caso specifico, tale rischio dovrà risultare essere contenuto al di sotto di quanto previsto dalle norme vigenti.

Per quanto concerne le perdite economiche rischio R4, tenuto conto di quanto suddetto, non è necessario procedere alla protezione dei moduli fotovoltaici mediante l'installazione di un impianto di captazione dei fulmini LPS ma risulta assolutamente conveniente, in caso di una copertura assoluta, stipulare un'apposita polizza assicurativa per la protezione contro gli eventi atmosferici, in particolare da fulminazione diretta, dalla grandine, dalle alluvioni, dalle trombe d'aria ecc.

### 6.2 Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto fotovoltaico può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di danneggiare potenzialmente gli inverter, i diodi di by-pass all'interno dei moduli fotovoltaici ed il sistema elettronico di monitoraggio delle prestazioni energetiche.

Pertanto a protezione dei moduli fotovoltaici dovranno essere installati degli idonei scaricatori di sovratensione SPD in classe II secondo la norma EN 61643. A protezione dei convertitori statici (inverter) dovranno essere installati degli idonei scaricatori di sovratensione SPD secondo la norma EN 61643, sia sul lato corrente continua che sul lato corrente alternata.