

**TITOLO INIZIATIVA**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "BERNARDELLO", DI POTENZA DI GENERAZIONE PARI A 26,1702 MW<sub>p</sub> E POTENZA NOMINALE PARI A 26,0748 MW, POSIZIONATO A TERRA, SITO IN C.DA PALMERI NEI COMUNI DI RAMACCA E BELPASSO (CT)

**SOCIETÀ PROPONENTE****TIMBRO E FIRMA**

CHUB 1 S.R.L.  
VIA TRENTO, 17  
95030 NICOLOSI (CT)

**SOCIETÀ PROGETTAZIONE****TIMBRO E FIRMA TECNICO ABILITATO****E-PRIMA**

E-PRIMA S.R.L.  
Via Manganelli 20/g  
95030 Nicolosi (ct)  
tel: 095914116 - cell: 3339533392

**TITOLO DOCUMENTO**

RELAZIONE TECNICA GENERALE

**FORMATO**

A4

**SCALA****FOGLIO****CODICE IDENTIFICATIVO ELABORATO**

15-PD.15

**LIVELLO DI PROGETTAZIONE**

PROGETTO DEFINITIVO

00	26/10/2023	RELAZIONE TECNICA	ING. G. VICINO	ING. G. VICINO	ING. G. VICINO
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	VALIDATO

## **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZZAZIONE ED INQUADRAMENTO CATATALE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETIA DELL'IMPIANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>CONNESSIONE ALLA RTN .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
7.1	MODULI FOTOVOLTAICI.....	7
7.2	INSEGUITORI MONOASSIALI .....	9
7.3	CONVERSIONE STATICA CC/CA – INVERTER DI STRINGA .....	9
7.4	CABINE ELETTRICHE .....	10
7.5	CABINE DI TRASFORMAZIONE.....	11
7.6	CABINA DI SMISTAMENTO .....	12
7.7	CAVI ELETTRICI.....	12
<b>8</b>	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO – CARATTERISTICHE DEI DETTAGLIO.....</b>	<b>13</b>
8.1	POTENZA DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	13
8.2	POTENZA NOMINALE.....	13
8.3	STRUTTURE PORTA MODULI .....	13
8.4	DEFINIZIONE DEI SOTTOCAMPI .....	14
8.5	CONFIGURAZIONE INVERTER.....	14
8.6	TRASFORMATORI.....	15
<b>9</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ .....</b>	<b>16</b>
9.1	EFFETTO FOTOVOLTAICO .....	16
9.2	PRODUCIBILITÀ SPECIFICA.....	17
<b>10</b>	<b>MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA.....</b>	<b>19</b>
10.1	PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI .....	19
10.2	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI .....	20
10.3	PROTEZIONE COMBINATA DAI CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI.....	20
10.4	PROTEZIONE DEI CIRCUITI DALLE SOVRACORRENTI E SEZIONAMENTO .....	20
10.5	IMPIANTO DI MESSA A TERRA.....	20
<b>11</b>	<b>COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA.....</b>	<b>21</b>
<b>12</b>	<b>VERIFICHE TECNICO – FUNZIONALI (COLLAUDO) .....</b>	<b>21</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 - INQUADRAMENTO AREA DI IMPIANTO SU ORTOFOTO.....	3
FIGURA 2 - INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO SU FOGLIO DI MAPPA N.154 .....	4
FIGURA 3 - INQUADRAMENTO SU STRALCIO CATASTALE FG.154 COMUNE DI RAMACCA .....	4
FIGURA 4 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE MODULO BiKu7 CS7N-670MB.....	7
FIGURA 5 - CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE MODULO BiKu7 CS7N-670MB .....	8
FIGURA 6 - CURVE CARATTERISTICHE I-V MODULO BiKu7 CS7N-670MB .....	8
FIGURA 7 - CELLA FOTOVOLTAICA IN SICILIO MONOCRISTALLINO.....	16
FIGURA 8 - CELLA FOTOVOLTAICA IN SILICIO MONOCRISTALLINO. SINGOLE CELLE FOTOVOLTAICHE (1) CONNESSE IN SERIE FORMANO UN MODULO FOTOVOLTAICO (2). PIÙ MODULI ASSEMBLATI REALIZZANO UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO (3) .....	17
FIGURA 9 - COMPARAZIONE VALORI DI IRRAGGIAMENTO GLOBALE PVGIS (SINISTRA)-METEONORM (DESTRA) .....	18
FIGURA 10 - RISULTATI VARIANTE DI SIMULAZIONE PVGIS .....	18
FIGURA 11 - RISULTATI VARIANTE DI SIMULAZIONE METEONORM .....	19

## **1      PREMESSA**

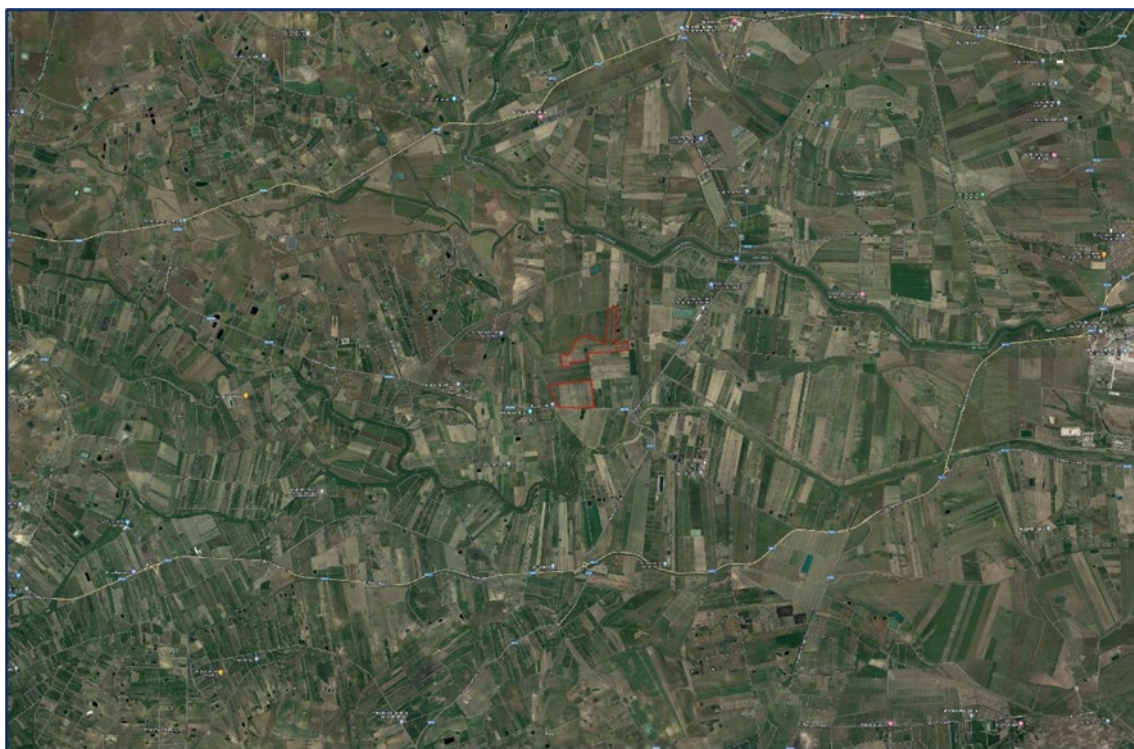
La presente relazione si pone l'obiettivo di definire gli aspetti tecnici relativi all'impianto agrovoltaiico denominato "Bernardello" di potenza di generazione pari a 26,1702 MWdc e potenza nominale pari a 26,0748 MWac, da installare nei Comuni di Ramacca e Belpasso (CT).

Verranno forniti tutti i documenti e gli elementi atti a rappresentare la rispondenza del progetto definitivo alle finalità dell'intervento.

## **2      LOCALIZZAZIONE ED INQUADRAMENTO CATALE**

L'area di intervento ricade interamente nella Provincia di Catania, tra i Comuni di Ramacca e Belpasso, fuori dal centro abitato ed in una vasta zona a conduzione principalmente agricola. Ha un'estensione totale di 46,45 ha ed è caratterizzata da un'orografia pressoché pianeggiante.

Dal punto di vista geografica, l'intera area può essere individuata dalle seguenti coordinate WGS84: Lat. 37.41°N; Long. 14.83°E; 37 m s.l.m.



*Figura 1 - Inquadramento area di impianto su ortofoto*

Catastalmente l'area di progetto ricade all'interno delle seguenti particelle, censite al N.C.T (Nuovo Catasto Terreni) del Comune di Ramacca (CT):

- Fg. 154 part.lla: 32, 111, 160, 177, 178, 179, 181, 187, 188, 242, 243, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 361, 362, 363, 364, 367, 705.

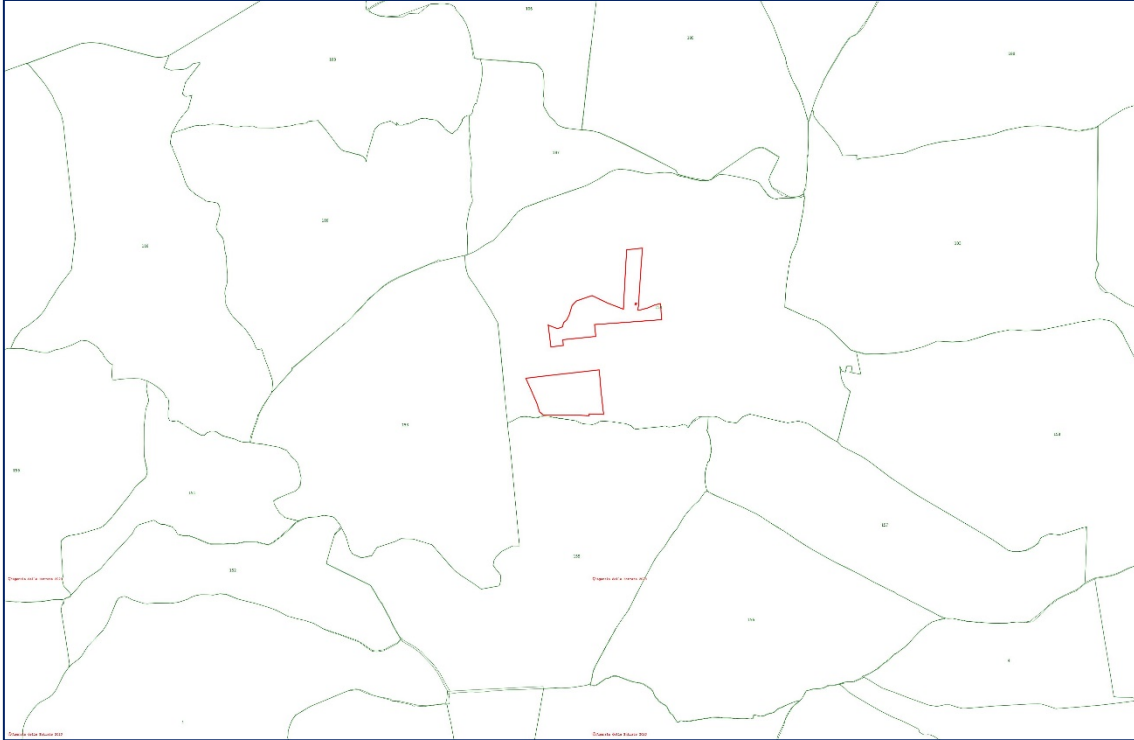


**E-PRIMA**

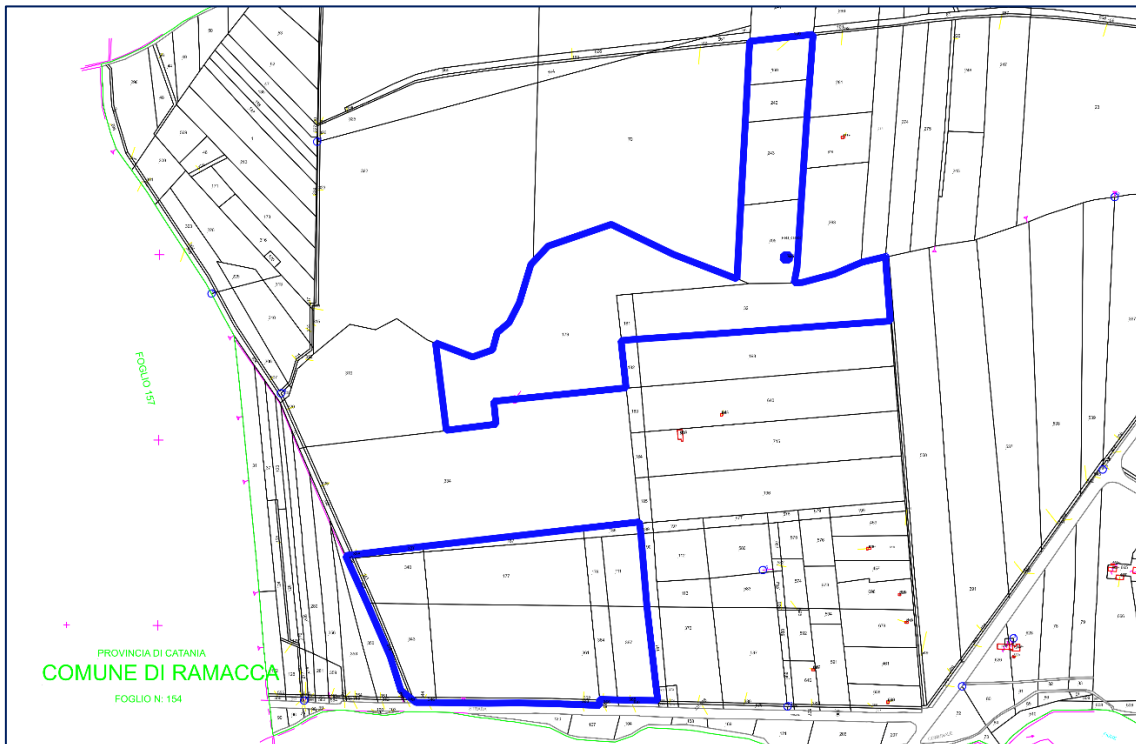
<b>CODICE ELABORATO</b>	15-PD.15
<b>REVISIONE N.</b>	00
<b>DATA REVISIONE</b>	26/10/2023
<b>PAGINA</b>	4 di 21

**RELAZIONE TECNICA GENERALE**

Si riporta di seguito inquadramento catastale dell'area di intervento ed evidenza del foglio n.154 del Comune di Ramacca (CT).



*Figura 2 - Inquadramento area di intervento su foglio di mappa n.154*



*Figura 3 - Inquadramento su stralcio catastale fg.154 Comune di Ramacca*

### **3 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO**

Nella tabella in calce si riportano le caratteristiche generali dell'opera.

<b>Tipologia modulo fotovoltaico</b>	CSI Solar BiHiKu7 da 670 W
<b>Numero moduli fotovoltaici</b>	39060
<b>Potenza modulo fotovoltaico [W]</b>	670 W
<b>Potenza generatore fotovoltaico [kW<sub>dc</sub>]</b>	26170,20 kW <sub>dc</sub>
<b>Potenza nominale</b>	26,0748 kW
<b>Tipologia inverter</b>	Huawei SUN2000 215KTL
<b>Numero inverter</b>	138
<b>Soluzione di connessione</b>	150 kV

L'impianto verrà realizzato mediante posa in opera di inseguitori monoassiali di tipo 1p, modello *iTracker WL* del costruttore *Soltigua Solar Tracking* o similari. È stata ipotizzato l'utilizzo in configurazione 28 MF e 42 MF.

Gli stessi, al fine di ottimizzare la dislocazione del generatore fotovoltaico, verranno installati con un valore di azimut rispetto alla direzione del Sud pari a circa 5°.

La potenza totale del generatore fotovoltaico così disposto è pari a 26170,20 kW<sub>dc</sub> ed è caratterizzato da un valore di producibilità media (al 1° anno) pari a 1804 kWh/kW<sub>p</sub>/anno (per maggiore dettaglio circa la metodologia seguita per il calcolo del valore della producibilità specifica si rimanda all'elaborato "16-PD.16\_Relazione analisi di producibilità" che costituisce parte integrante della presente relazione tecnica).

### **4 CONNESSIONE ALLA RTN**

Come da STMG , cod. pratica 202203577, l'impianto sarà allacciato in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV, da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Chiamamonte Gulfi - Paternò".

La futura stazione elettrica della RTN è localizzata alle seguenti coordinate geografiche: Lat. 37.415 °N; Long. 14.853 °E.

### **5 CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI**

Il presente progetto definitivo nasce a valle di verifiche progettuali inerenti la fattibilità dell'intervento dal punto di vista tecnico-economico.

I criteri seguiti per la progettazione dell'impianto e delle strutture sono in linea con gli usuali criteri di buona tecnica e di regola dell'arte applicati conformemente alle normative obbligatori vigenti.

In particolare, la progettazione è stata condotta conformemente alle disposizioni del D.M. 05/05/2011 e s.m.i. "Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica solare, in attuazione dell'articolo 7 del D.Lgs. del

29/12/2003, n. 387” come integrate dalle deliberazioni *dell’Autorità per l’Energia elettrica e il Gas*.

## **6      NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L’impianto agrovoltaico e i relativi componenti rispettano, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle norme tecniche si seguite elencate.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete e le delibere *dell’Autorità per l’Energia elettrica e il Gas*, riportanti disposizioni applicative per la connessione ed esercizio di impianto fotovoltaici collegati alla rete elettrica pubblica.

Si precisa che l’elenco sotto riportato non è da intendersi esaustivo; ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili ove di pertinenza.

➤ **Norme CEI:**

- CEI 64-8: impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 64-8 parte 7, sezione 712: i sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione;
- CEI 11-20;V1: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- 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 82-25: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione;
- CEI EN 60439-1 (CEI 17-13): apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 138305 (CEI 81-10): protezione contro i fulmini;
- CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349: riscaldamento e raffrescamento degli edifici; dati climatici;
- CEI 13-4: sistemi di misura dell’energia elettrica – composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 138053-21 (CEI 13-43): apparati per la misura dell’energia elettrica (c.a.);

- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo.

## 7 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI

L'impianto fotovoltaico è sostanzialmente un impianto elettrico, collegato alla rete di distribuzione locale.

Questo tipo di impianti, come previsto dallo stesso D.M. 5-5-2011 e s.m.i., presentano un alto livello di regolamentazione tecnica obbligatoria, sia a riguardo dell'architettura della progettazione (documenti obbligatori, caratteristiche del progetto, ecc.), sia a riguardo dei materiali da utilizzare (compatibilità elettrica ed elettromagnetica, marchi di qualità, prestazioni, ecc.).

Le scelte dei materiali impiegati, quindi, sono correlati a questo quadro normativo obbligatorio che può essere considerato "standardizzato", il quale di per sé garantisce un'elevata qualità costruttiva e prestazionale dei materiali utilizzati.

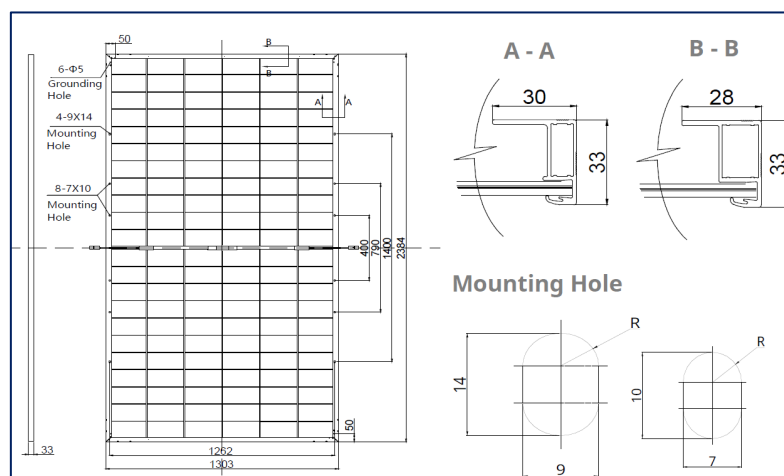
### 7.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici presenti oggi sul mercato possono essere distinti in:

- Moduli in silicio policristallino;
- Moduli in silicio monocristallino;

Il modulo fotovoltaico scelto è un modulo in silicio monocristallino modello BiHiKu7 CS7N-670MB del produttore Canadian Solar, con potenza massima pari a 670 W<sub>p</sub>, tensione di circuito aperto (V<sub>OC</sub>) pari a 45,8 V e corrente di cortocircuito (I<sub>SC</sub>) pari a 17,32 A.

La superficie complessiva occupata dai 39060 moduli fotovoltaici è 121.334 m<sup>2</sup>, pari al prodotto del numero di moduli per la superficie del singolo modulo al netto delle tolleranze di installazione sulle strutture. Si riportano nella figura in calce le caratteristiche elettriche e meccaniche del modulo.



**Figura 4 - Caratteristiche geometriche modulo BiKu7 CS7N-670MB**





E-PRIMA

CODICE ELABORATO 15-PD.15

REVISIONE N. 00

DATA REVISIONE 26/10/2023

PAGINA 8 di 21

RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELECTRICAL DATA | STC\*

Table with 8 columns: Model, Nominal Max. Power (Pmax), Opt. Voltage (Vmp), Opt. Current (Imp), Open Circuit Voltage (Voc), Short Circuit Current (Isc), Module Efficiency. Rows include models like CS7N-640MB-AG, CS7N-645MB-AG, etc., with bifacial gain data.

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.
\*\* Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition.

ELECTRICAL DATA

Operating Temperature -40°C ~ +85°C
Max. System Voltage 1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)
Module Fire Performance TYPE 29 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating 35 A
Application Classification Class A
Power Tolerance 0 ~ +10 W
Power Bifaciality\* 70 %

\* Power Bifaciality = Pmax\_back / Pmax\_front, both Pmax\_back and Pmax\_front are tested under STC, Bifaciality Tolerance: ± 5 %

ELECTRICAL DATA | NMOT\*

Table with 8 columns: Model, Nominal Max. Power (Pmax), Opt. Voltage (Vmp), Opt. Current (Imp), Open Circuit Voltage (Voc), Short Circuit Current (Isc), Module Efficiency. Rows include models like CS7N-640MB-AG, CS7N-645MB-AG, etc.

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification Data
Cell Type Mono-crystalline
Cell Arrangement 132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions 2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in)
Weight 37.8 kg (83.3 lbs)
Front Glass 2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass 2.0 mm heat strengthened glass
Frame Anodized aluminium alloy
J-Box IP68, 3 bypass diodes
Cable 4.0 mm² (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length 410 mm (16.1 in) (+) / 250 mm (9.8 in) (-) or customized length\*
Connector T6 or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
Per Pallet 33 pieces
Per Container (40' HQ) 594 pieces or 495 pieces (only for US & Canada)

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification Data
Temperature Coefficient (Pmax) -0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc) -0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc) 0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature 41 ± 3°C

Figura 5 - Caratteristiche elettriche e meccaniche modulo BiKu7 CS7N-670MB

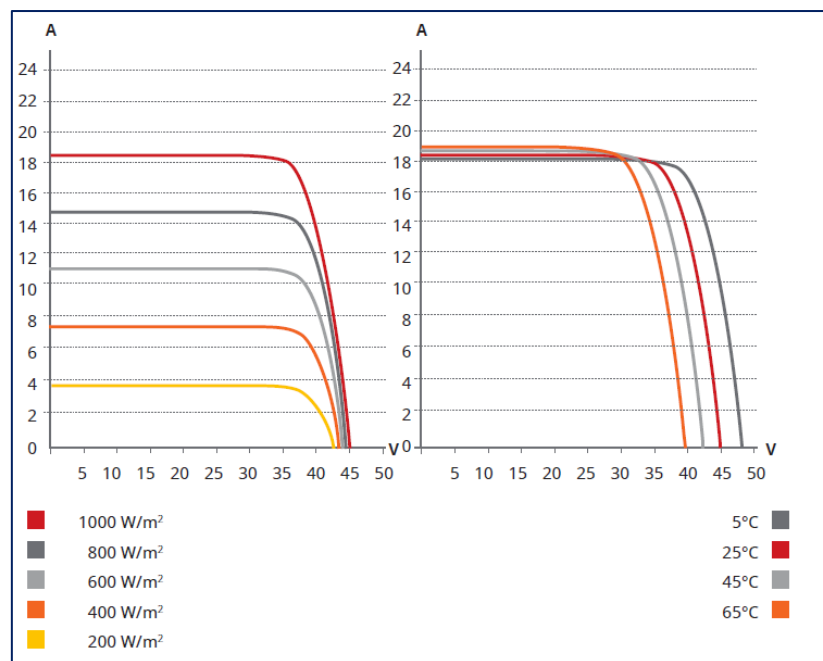


Figura 6 - Curve caratteristiche I-V modulo BiKu7 CS7N-670MB

## 7.2 Inseguitori monoassiali

I moduli fotovoltaici sono fissati sul terreno per mezzo di apposite strutture denominate inseguitori monoassiali, ossia dei dispositivi che attraverso opportuni movimenti meccanici, riescono ad “inseguire” lo spostamento apparente del sole nel cielo.



Lo scopo principale di un inseguitore è quello di massimizzare l'efficienza del dispositivo ospitato a bordo.

Per la progettazione sono stati ipotizzati inseguitori monoassiali a singola vela, assimilabili alla tipologia *iTracker WL* del costruttore *Soltigua Solar Tracking*.

Tali inseguitori sono caratterizzati da una rilevante adattabilità alle caratteristiche orografiche del sito di installazione; consentono infatti di gestire pendenze che arrivano sino a valori del 15% in direzione longitudinale ai pali di fondazione (Nord-Sud).

Le caratteristiche dei materiali che costituiscono le diverse parti meccaniche, garantiscono un'elevata resistenza agli agenti esterni quali ad esempio alte e basse temperature, piogge ed agenti corrosivi.

Per maggiori dettagli circa le caratteristiche delle strutture ad inseguimento considerate in progettazione si vede l'elaborato “27-PD.27\_Datasheet main equipment”.

## 7.3 Conversione statica CC/CA – Inverter di stringa

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n. 138 inverter del produttore “HUAWEI” modello “SUN2000-215KTL” di potenza nominale lato alternata di 200 kW.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- Ingresso lato CC da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni

delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico;

- Conformità marchio CE;
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione per esterno (IP65);
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;
- Efficienza massima >90 % al 70% della potenza nominale;

#### **DATI COSTRUTTIVI**

Costruttore	Huawei
Modello	Huawei SUN2000 215KTL-H3
Numero di MPPT indipendenti	3
Numero di ingressi	14

#### **CARATTERISTICHE ELETTRICHE LATO DC**

Massima corrente per MPPT	100 A/100 A/100 A
Corrente massima di corto circuito per MPPT	115 A
Tensione massima in ingresso	1500 V
Range di tensione operativa MPPT	500 V - 1500 V
Tensione nominale in ingresso	1080 V

#### **CARATTERISTICHE ELETTRICHE LATO AC**

Potenza nominale in uscita	200 kW @40°C
Tensione nominale in uscita	800 V
Corrente nominale in uscita	114.4 A
Corrente massima in uscita	155.2 A
Frequenza in uscita	50 Hz
Rendimento massimo	99,00 %
Rendimento Europeo	98,80 %

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

Sono stati verificati al tal proposito i valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e di esercizio) relativamente la compatibilità tra generatore fotovoltaico e gruppo di conversione.

## **7.4 Cabine elettriche**

Si prevede l'utilizzo di n.2 cabine di smistamento ove afferiranno, per la messa in parallelo, gli elettrodotti uscenti dai vari sottocampi, definiti dalle n. 16 cabine di trasformazione disposte nel campo agrovoltaico.

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in c.a.v. prodotte ai sensi del DM 14/01/2008 e della Legge 5/11/71 n° 1086 art.9 – D.M. 3/12/87 n°39

I passaggi previsti per il transito delle persone saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca, che fungerà da vano per i cavi, e che sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dai trasformatori e dai quadri sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura o di tipo eolico.

Per ogni cabina elettrica sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 35 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza 2,5 m.

L'anello di terra di ogni cabina sarà collegato tramite morsetti bifilari alla dorsale di terra del campo fotovoltaico costituita da cavo in acciaio zincato.

## **7.5 Cabine di trasformazione**

Le cabine elettriche di trasformazione saranno così equipaggiate:

- n.1 quadro BT per la protezione lato bassa tensione che include il sistema di protezione di interfaccia e il relativo DDI oltre che il ricalzo per la mancata apertura;
- n.1 trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari dell'inverter;
- n.1 trasformatore di potenza con rapporto di trasformazione 800V/30.000V per la connessione in media tensione;
- n.1 quadro MT.

Le taglie dei trasformatori di ogni sottocampo sono mostrate nell'apposito paragrafo.

Le varie uscite degli inverter saranno collegate in parallelo all'interno di un quadro di parallelo BT (QPBT), installato presso ciascuna delle cabine elettriche di trasformazione. Il quadro sarà conforme alla norma CEI EN 60439-1 per linee di potenza idoneo a contenere:

- il dispositivo di parallelo quadro, di tipo scatolato, con funzione di protezione da sovracorrenti e sezionamento della linea in bassa tensione a valle del trasformatore BT/MT;
- la centralina termometrica del trasformatore BT/MT.

Sarà inoltre installato un quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari (QSA) e un gruppo di continuità UPS. Il quadro dei servizi ausiliari conterrà i dispositivi di protezione e sezionamento di tipo modulare per la protezione e sezionamento delle linee di alimentazione dei servizi ausiliari (condizionatori, illuminazione, circuiti prese, circuiti ausiliari quadri elettrici, ecc...), nonché dell'UPS.

Il QPBT sarà costituito delle seguenti parti da valle a monte:

- Dispositivi del generatore fotovoltaico: sono gli interruttori del quadro che collegano il QPCA alle uscite degli inverter. Sono interruttori automatici con sganciatori magneto-termici e protezione differenziale che intervengono per guasto interno al sistema fotovoltaico. L'interruttore interviene su tutte le fasi interessate e sul neutro; L'uscita del quadro QPBT sarà connessa tramite l'interruttore BT di alimentazione del QPCA al primario del trasformatore MT/BT.  
Il trasformatore sarà trifase con gli avvolgimenti inglobati sotto vuoto in resina epossidica e con raffreddamento in aria naturale. Il trasformatore deve essere progettato e costruito per rispondere alle Norme CEI Italiane ed IEC internazionali in vigore alla data della sua costruzione.

## **7.6 Cabina di smistamento**

Si prevede l'utilizzo di n.2 cabine di smistamento ove afferiranno, per la messa in parallelo, gli elettrodotti uscenti dai vari sottocampi.

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in c.a.v. prodotte ai sensi del DM 14/01/2008 e della Legge 5/11/71 n° 1086 art.9 - D.M. 3/12/87 n°39

I passaggi previsti per il transito delle persone saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca, che fungerà da vano per i cavi, e che sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dai quadri sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura o di tipo eolico.

Per ogni cabina elettrica sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 35 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza 1,5 m.

## **7.7 Cavi elettrici**

Saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

- cavo "solar" tipo H1Z2Z2-K, unipolare, resistente all'ozono e ai raggi UV, conforme alle Norme IMQ CPT065 / CEI 20-35 / 20-37P2 / EN 60332-1-2 / EN 50267-1-2 / EN 50267-2-2. Saranno utilizzati per l'inter-connesione dei moduli fotovoltaici e per il collegamento delle stringhe ai quadri di campo;
- cavo unipolare tipo ARE4R 0,6/1 kV o multipolare tipo ARE4(O)R 0,6/1 kV, o equivalenti, adatti per pose in ambienti interni o esterni anche bagnati. Saranno utilizzati per pose prevalentemente in tubazioni interrate e/o per condutture in esterno;

- cavo unipolare tipo ARE4R 0,6/1 kV o equivalente. Saranno utilizzati prevalentemente per i cablaggi all'interno dei quadri elettrici in bassa tensione e per realizzare le condutture elettriche in bassa tensione entro tubi in aria in interni;
- cavo unipolare tipo ARE4R 0,6/1 kV, o equivalente per collegamenti equipotenziali ai fini della messa a terra di sicurezza;
- cavi unipolari, per posa interrata, con Conduttore a corda rotonda compatta alluminio, isolati con mescola estrusa di polietilene reticolato (XLPE), tipo ARE4H5E 18/30 kV per i collegamenti dei circuiti a 30 kV;

La scelta delle sezioni dei cavi sarà effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 2%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. Particolare attenzione va riservata alla scelta delle sezioni dei cavi dei circuiti afferenti ai gruppi di misura dell'energia prodotta al fine di rendere trascurabili le perdite energetiche per effetto joule sugli stessi.

## **8 IMPIANTO AGROVOLTAICO – CARATTERISTICHE DEI DETTAGLIO**

### **8.1 Potenza del generatore fotovoltaico**

L'impianto agrovoltaiico in oggetto avrà una potenza di generazione installata pari a 26,1702 MWp ottenuta come il prodotto tra il numero di moduli installati e la potenza nominale di ciascun modulo. Ovvero:

- Il numero di moduli installati è pari a 39060;
- La potenza nominale del modulo agrovoltaiico prescelto è pari a 670 W<sub>p</sub>;
- La potenza di picco sarà pertanto pari a:  $(0,670 \times 39060)/1000 = 26,1702 \text{ MW}_p$

### **8.2 Potenza nominale**

La potenza nominale è definita come la minore tra la potenza nominale di ciascun inverter e la relativa potenza di generazione installata.

- Il numero degli inverter installati è pari a 138;
- La potenza nominale dell'inverter prescelto è pari a 200 W;
- La potenza nominale totale in uscita degli inverter sarà pari a: 26,0748 MW
- La potenza di generazione installata è pari a 26,1702 MWp
- La potenza nominale sarà pertanto pari a 26,0748 MW

### **8.3 Strutture porta moduli**

I moduli fotovoltaici verranno installati su:

- n. 834 inseguitori monoassiali (tracker) da 42 moduli fotovoltaici ciascuno;

- n. 144 inseguitori monoassiali (tracker) da 28 moduli fotovoltaici ciascuno; per un totale di 39060 moduli fotovoltaici.

L'impianto sarà pertanto composto complessivamente da 1395 stringhe fotovoltaiche da 28 moduli ciascuna.

Tipologia di struttura	N. di strutture	N. di moduli	Potenza di gen [kW <sub>dc</sub> ]
Tracker da 42 MF	834	35028	23468,76
Tracker da 28 MF	144	4032	2701,44

#### 8.4 Definizione dei sottocampi

L'impianto è stato suddiviso in 16 sottocampi, in funzione delle potenze installate. Di seguito si riportano le tabelle riepilogative delle potenze per ogni sottocampo.

Sottocampo	N. stringe per sottocampo	N. di moduli	Potenza di gen [kW <sub>dc</sub> ]
1	81	2268	1519,56
2	71	1988	1331,96
3	82	2296	1538,32
4	72	2016	1350,72
5	61	1708	1144,36
6	61	1708	1144,36
7	100	2800	1876
8	90	2520	1688,4
9	112	3136	2101,12
10	101	2828	1894,76
11	100	2800	1876
12	100	2800	1876
13	91	2548	1707,16
14	91	2548	1707,16
15	91	2548	1707,16
16	91	2548	1707,16

#### 8.5 Configurazione inverter

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n.138 inverter modello Huawei SUN2000-215KTL di potenza attiva nominale lato alternata pari a 200 kW. Sono state previste due tipologie di configurazione elettrica degli inverter, di seguito esplicitate:

- Configurazione composta da n.11 stringhe da 28 MF (206,36 kW<sub>dc</sub>)
- Configurazione composta da m.10 stringhe da 28 MF (187,6 kW<sub>dc</sub>)

In calce la configurazione di ciascun inverter e delle stringhe ad essi afferenti con la disposizione per ciascun sottocampo.

Sottocampo	Inv. con 11 stringhe	Inv. con 10 stringhe	Potenza nominale [kW <sub>ac</sub> ]
1	1	7	1513,2
2	1	6	1325,6
3	2	6	1525,6
4	2	5	1338
5	1	5	1138
6	1	5	1138
7	0	10	1876
8	0	9	1688,4
9	2	9	2088,4
10	1	9	1888,4
11	0	10	1876
12	0	10	1876
13	1	8	1700,8
14	1	8	1700,8
15	1	8	1700,8
16	1	8	1700,8

## 8.6 Trasformatori

La tensione nominale d'uscita degli inverter Huawei SUN2000-215KTL, pari a 800 V, verrà innalzata a 30 kV all'interno delle cabine di trasformazione. Ogni cabina di trasformazione sarà in grado di gestire la potenza ad essa confluyente.

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in c.a.v. ed avranno dimensioni 10 m x 2,5 m x 2,80 m.

Nello specifico saranno realizzate n.16 cabine di trasformazione, tutte dotate di trafi DYn11, 0,8/30 kV con taglie definite come in tabella:

Sottocampo	Potenza TRAFI [kVA]
1	2000
2	1600
3	2000
4	1600
5	1600
6	1600
7	2500
8	2000
9	2500
10	2500
11	2500
12	2500
13	2000



14	2000
15	2000
16	2000

## **9 DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ**

### **9.1 Effetto fotovoltaico**

Un impianto fotovoltaico è composto in larga parte da pannelli fotovoltaici, chiamati anche moduli fotovoltaici. Un pannello (o “modulo”) non è nient’altro che una struttura in grado di catturare la luce solare e di trasformarla in corrente elettrica alternata che poi viene utilizzata per gli scopi più comuni, come, ad esempio, la luce che abbiamo nelle nostre case. Gli impianti fotovoltaici si basano su un principio, storicamente e scientificamente conosciuto con il nome di effetto fotovoltaico, parola derivante dal greco che unisce i termini ‘luce’ e ‘volt’, l’unità di misura della tensione elettrica. Facciamo un breve excursus.

La tecnologia fotovoltaica (FV) consente di trasformare direttamente l’energia della radiazione

solare in energia elettrica, con un’efficienza globale tra il 16% e il 22% per una singola cella fotovoltaica monocristallina.



*Figura 7 - Cella fotovoltaica in silicio monocristallino*

Questi dispositivi sono fabbricati a partire da materiali semiconduttori, come il silicio (Si), l’arsenurio di gallio (GaAs) e il solfato di rame (Cu<sub>2</sub>S). In una cella fotovoltaica, i fotoni della luce solare incidente spezzano i legami degli elettroni del semiconduttore, consentendo così agli elettroni di muoversi liberamente nel semiconduttore. Le posizioni lasciate libere dagli elettroni agiscono come cariche positive e prendono il nome di “lacune”.

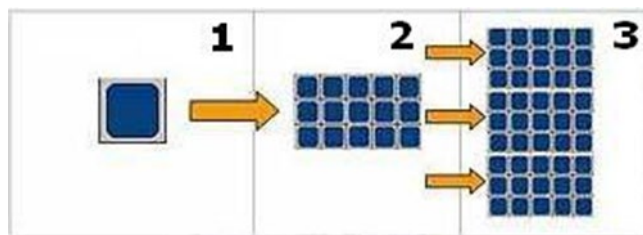
Le celle fotovoltaiche consistono generalmente in due regioni sottili, una sopra l’altra, ognuna dotata di impurità aggiunte appositamente chiamate droganti. Il risultato è che una regione è di “tipo n”, avendo un eccesso di elettroni (negativi), mentre l’altra è di “tipo p”, avendo un eccesso di lacune positive.

Questa struttura a 2 regioni, chiamata giunzione p-n, produce un campo elettrico interno.

Quando i fotoni creano elettroni liberi e lacune in prossimità della giunzione p-n, il campo elettrico interno li fa muovere in direzioni opposte; gli elettroni si muovono verso il lato n e le lacune si muovono verso il lato p. Viene quindi generata una tensione (forza elettromotrice, f.e.m.) fra le regioni p ed n, con il lato p positivo ed il lato n negativo. Se tramite di fili si collegano il lato p ed il lato n ad un "carico", per esempio una lampadina, vi è una tensione ai capi del carico e una corrente elettrica scorre sul carico.

Il silicio in forma cristallina è il materiale maggiormente utilizzato per la fabbricazione di celle fotovoltaiche, che tipicamente hanno dimensioni di 12 cm x 12 cm. Le celle vengono assemblate in modo da ottenere moduli fotovoltaici di circa mezzo metro quadrato di superficie (Vedi **Figura 8**).

Celle di altro tipo sono quelle in silicio policristallino e amorfo che hanno un rendimento inferiore, e quelle con più di due giunzioni che possono avere un rendimento superiore, ma sono molto care. Al momento uno sforzo considerevole viene impiegato per sviluppare celle plastiche con polimeri che dovrebbero avere un basso costo, ma anche una bassa efficienza.



*Figura 8 - Cella fotovoltaica in silicio monocristallino. Singole celle fotovoltaiche (1) connesse in serie formano un modulo fotovoltaico (2). Più moduli assemblati realizzano un impianto fotovoltaico (3)*

## 9.2 Producibilità specifica

Il calcolo del valore di producibilità specifica dell'impianto in progettazione è stato elaborato tramite software PVsyst.

Il modello di calcolo tiene in considerazione i parametri tecnici ed elettrici dell'impianto tipo e ne valuta il rendimento simulandone il funzionamento relativamente ad un anno ideale.

Per la simulazione rispetto ad un periodo temporale, il software necessita di una serie di dati meteorologici, sulla base dei quali elabora il dato di producibilità.

L'impianto in progetto è stato simulato con n. 2 data base meteo ovvero PVGIS e Meteonorm; questa scelta è stata fatta in quanto i dati PVGIS, a differenza di quelli Meteonorm, risultano essere dati satellitari disponibili per diverse aree del globo sia mensili che orari. I dati Meteonorm invece, sono dati reali misurati sulla superficie terrestre in diversi punti ma, sono disponibili come medie mensili. Il software costruisce "sinteticamente" i valori orari a partire da quelli mensili mediante algoritmi di distribuzione statistica.

Mediamente i valori di irraggiamento globale orizzontale per un dato punto geografico disponibili all'interno del data base PVGIS sono più alti rispetto a quelli disponibili all'interno della banca dati Meteonorm.



E-PRIMA

<b>CODICE ELABORATO</b>	15-PD.15
<b>REVISIONE N.</b>	00
<b>DATA REVISIONE</b>	26/10/2023
<b>PAGINA</b>	18 di 21

**RELAZIONE TECNICA GENERALE**

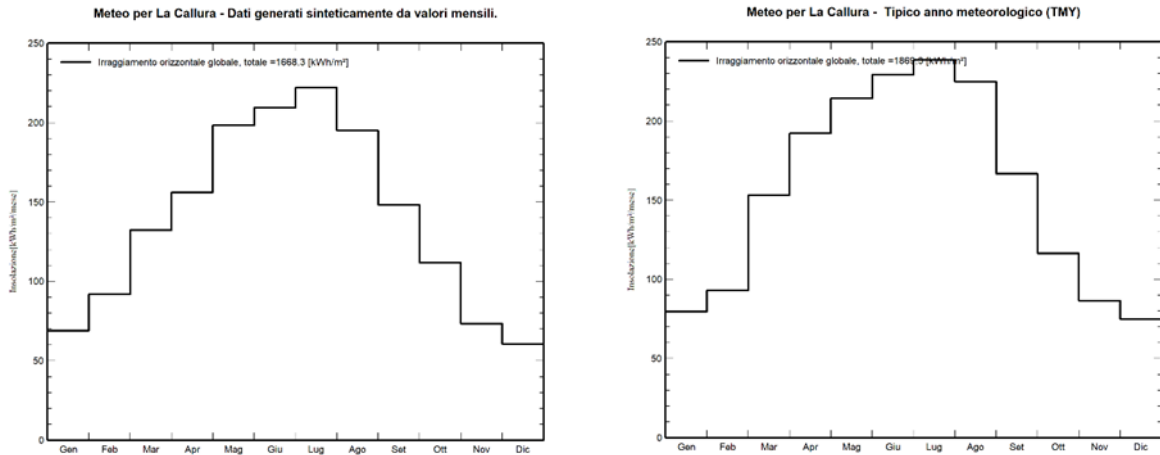


Figura 9 - Comparazione valori di irraggiamento globale PVGIS (sinistra)-Meteonorm (destra)

Nel caso in esame, si è scelto di effettuare due varianti di simulazione, una con dati Meteonorm e una con dati PVGIS; al fine di restituire un valore di producibilità che sia rispondente il più possibile a valori attesi e potenzialmente reali, si considera come valore di producibilità atteso dall’impianto in progettazione il valore medio tra i due parametri generati dalle simulazioni, ovvero si considera un valore pari a **1804 kWh/kWp/anno**.

Project summary			
<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>	<b>Project settings</b>	
La Callura	Latitude 37.41 °N	Albedo	0.20
Italia	Longitude 14.83 °E		
	Altitude 32 m		
	Time zone UTC+1		
<b>Meteo data</b>			
La Callura			
PVGIS api TMY			
System summary			
<b>Grid-Connected System</b>	<b>Tracking system</b>		<b>Near Shadings</b>
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Tracking algorithm</b>		According to strings : Fast (table)
Orientation	Astronomic calculation		Electrical effect 100 %
Tracking plane, tilted axis	Wind Speed threshold	0 m/s	Diffuse shading Automatic
Avg axis tilt -0.2 °	Wind stow position	0 °	
Avg axis azim. -5 °			
<b>System information</b>		<b>Inverters</b>	
<b>PV Array</b>		Nb. of units	138 units
Nb. of modules	39060 units	Pnom total	27.60 MWac
Pnom total	26.17 MWp	Grid power limit	26.00 MWac
		Grid lim. Pnom ratio	1.007
<b>User's needs</b>			
Unlimited load (grid)			
Results summary			
Produced Energy	50039046 kWh/year	Specific production	1912 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 73.69 %
Apparent energy	55879939 kVAh/year		

Figura 10 - Risultati variante di simulazione PVGIS



<b>CODICE ELABORATO</b>	15-PD.15
<b>REVISIONE N.</b>	00
<b>DATA REVISIONE</b>	26/10/2023
<b>PAGINA</b>	19 di 21

## RELAZIONE TECNICA GENERALE

Project summary					
<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>		<b>Project settings</b>		
La Callura	Latitude	37.41 °N	Albedo	0.20	
Italia	Longitude	14.83 °E			
	Altitude	32 m			
	Time zone	UTC+1			
<b>Meteo data</b>					
La Callura					
Meteonorm 8.1 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico					
System summary					
<b>Grid-Connected System</b>	<b>Tracking system</b>		<b>Near Shadings</b>		
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Tracking algorithm</b>		According to strings : Fast (table)		
<b>Orientation</b>	Astronomic calculation		Electrical effect	100 %	
Tracking plane, tilted axis	Wind Speed threshold	0 m/s	Diffuse shading	Automatic	
Avg axis tilt	Wind stow position	0 °			
Avg axis azim.					
<b>System information</b>		<b>Inverters</b>			
<b>PV Array</b>		Nb. of units	138 units		
Nb. of modules	39060 units	Pnom total	27.60 MWac		
Pnom total	26.17 MWp	Grid power limit	26.00 MWac		
		Grid lim. Pnom ratio	1.007		
<b>User's needs</b>					
Unlimited load (grid)					
Results summary					
Produced Energy	44416541 kWh/year	Specific production	1697 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	75.82 %
Apparent energy	49587376 kVAh/year				

Figura 11 - Risultati variante di simulazione Meteonorm

Sopra sono stati riportati i due specchietti riassuntivi con i valori calcolati nelle due simulazioni; per ulteriori dettagli e per la visione dei report completi si rimanda ad apposito elaborato tecnico "17-PD.17\_Relazione analisi di producibilità".

## 10 MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

L'impianto in oggetto e tutte le parti che lo costituiscono sono progettati e realizzati in modo tale da assicurare, nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previste, la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nonché garantire il loro corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi adottate le seguenti misure di protezione:

- protezione relative ai contatti diretti e indiretti;
- protezione relativa alle sovracorrenti;
- protezione relativa alle sovratensioni.

### 10.1 Protezione dai contatti diretti

La protezione contro i pericoli derivanti da contatti con parti ordinariamente in tensione è realizzata conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8 mediante opportuno isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, termiche, elettriche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio e mediante l'utilizzo di involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle

superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova).

A tal fine saranno impiegati cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante e/o cavi a doppio isolamento; le connessioni verranno realizzate all'interno di apposite cassette con coperchio apribile esclusivamente mediante attrezzo.

## **10.2 Protezione dai contatti indiretti**

La protezione contro i pericoli derivanti dal contatto con parti conduttrici normalmente non in tensione ma che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale è realizzata, sul lato a 800 Vac dell'impianto gestito come sistema TN-S, conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8 mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione impiegando interruttori magnetotermici e, all'occorrenza differenziali, inoltre essa è coordinata con l'impianto di terra, in modo da soddisfare le condizioni prescritta della stessa Norma CEI 64-8.

## **10.3 Protezione combinata dai contatti diretti e indiretti**

Per quanto riguarda i circuiti di comando e segnalazione che collegano fra loro i vari quadri elettrici dell'impianto, verrà adottata una protezione combinata contro i pericoli derivanti dai contatti diretti con parti normalmente in tensione o indiretti con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, da realizzare mediante sistema a bassissima tensione di sicurezza (SELV) conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8.

## **10.4 Protezione dei circuiti dalle sovracorrenti e sezionamento**

La protezione delle linee dagli effetti delle è realizzata mediante dispositivi di interruzione (interuttori magnetotermici o fusibili) installati a monte di ciascuna condotta ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, conformemente alle disposizioni della Norma CEI 64-8, in relazione alle portate dei cavi come indicate dalle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei cavi in regime permanente.

Per il sezionamento dei circuiti verranno impiegati dispositivi omnipolari. Tutti i quadri saranno dotati di interruttori generali omnipolari che rendano possibile il sezionamento completo delle sezioni.

## **10.5 Impianto di messa a terra**

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un impianto di messa a terra, per la protezione dai contatti indiretti coordinato con le caratteristiche di intervento degli interruttori automatici magnetotermici differenziali. L'impianto sarà inoltre dotato di maglia di terra e collegamenti equipotenziali per la connessione delle masse alla stessa.

La configurazione geometrica e il dimensionamento dei conduttori della maglia di terra sarà determinata conformemente alle disposizioni della Norma CEI 11-37 e CEI 11-1 al fine di evitare che le tensioni di contatto e di passo superino i massimi valori ammissibili determinati in base ai valori della corrente di guasto e del tempo di eliminazione in media tensione.

## **11 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA**

Ai fini della protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti, sono state effettuate le necessarie valutazioni dei livelli dell'induzione magnetica generati dall'impianto in oggetto.

Le suddette valutazioni, effettuate conformemente alle disposizioni della legge quadro del 22 febbraio 2001 n. 36 e del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003, hanno condotto alla conclusione che le installazioni previste rispettano i limiti di legge con ampi margini di sicurezza e forniscono le necessarie garanzie sulla tutela della salute umana.

## **12 VERIFICHE TECNICO – FUNZIONALI (COLLAUDO)**

Al termine dei lavori saranno effettuati tutte le verifiche tecnico-funzionali, in particolare:

- prova di continuità elettrica e connessione dei moduli;
- efficacia messa a terra di masse e scaricatori;
- misura resistenza di isolamento dei circuiti elettrici e delle masse;
- prove di corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dai gruppi di conversione (accensione spegnimento, mancanza rete).