

Impianto di produzione di energia elettrica agrivoltaico di potenza nominale pari a 71,05 MWp situato nei Comuni di Troia (FG), Lucera (FG) e Biccari (FG) e relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Troia (FG), in provincia di Foggia

STIMA DI PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO

Nov. 2023	00	Richiesta A.U.	PASQUALE IORIO	PATRIZIA RUBERTO	DOMENICO ANTONIO NUZZOLO
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente <p style="text-align: center;">H004_FV_BGR_00089</p>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  <p>sede legale e operativa San Martino Sannita (BN) Loc. Chianarile snc Area Industriale sede operativa Lucera (FG) via A. La Cava 114 P.IVA 01465940623 Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873</p> <p>Il Progettista Dott. Ing. Domenico Antonio NUZZOLO</p> 			ID Documento Appaltatore <p style="text-align: center;">SEZIONE 8 00089_Stima di producibilità dell'impianto</p>		



ID Documento Committente
H004_FV_BGR_00089

Pagina
2 / 31

Numero
Revisione

00

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 3 / 31
		Numero Revisione
		00

Sommario

1	Premessa.....	5
2	Definizioni	6
3	Nominativa e documentazione di riferimento.....	15
4	Descrizione dell'impianto	16
4.1	Caratteristiche tecniche del generatore fotovoltaico	17
5	Dati climatici dell'impianto	25
6	Fattori di perdita dell'impianto	27
7	Report di producibilità totale	29
8	Conclusioni	31

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 4 / 31
		Numero Revisione
		00

Indice delle figure

Figura 1: Caratteristiche moduli fotovoltaici di progetto.....	18
Figura 2: Tipico string BOX	19
Figura 3: Caratteristiche sistema inverter/trasformatore di progetto	23
Figura 3: Insolazione mensile da dati meteo per Troia.....	25
Figura 3: Energia incidente sul piano dei collettori	26
Figura 3: Diagramma iso-ombre	28
Figura 3: Risultati dettagliati della simulazione	29
Figura 3: Diagramma a fiume delle perdite	30
Figura 3: Emissioni di CO2 evitate nel tempo	31

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 5 / 31
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 71,05 MWp, da installarsi in provincia di Foggia, nei territori comunali di Troia, Lucera e Biccari. Proponente dell’iniziativa è la società Iren Green Generation Tech s.r.l.

L’impianto consta di sedici campi che si sviluppano nella parte settentrionale del territorio di Troia, interessando anche le zone immediatamente limitrofe di Biccari e Lucera. Gli stessi sono collegati a mezzo di un cavidotto MT interrato che si diparte dalla cabina di raccolta presente all’interno del Campo 14 e che arriva fino alla stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di utenza sita alla località “Monsignore” del comune di Troia. In particolare, per la connessione alla rete RTN sarà realizzato il prolungamento del sistema sbarre in AT 150 kV, all’interno dell’esistente stazione elettrica condivisa e di trasformazione.

La presente relazione descrive, nel dettaglio, la stima di producibilità del suddetto impianto.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 6 / 31
		Numero Revisione
		00

2 Definizioni

- **Angolo di inclinazione (o di tilt)**

Angolo di inclinazione β del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836).

- **Angolo di orientazione (o di azimut)**

L'angolo di orientazione γ del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al meridiano corrispondente. In pratica, esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso Sud (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso Nord (per i siti nell'emisfero meridionale). Valori positivi dell'angolo di azimut indicano un orientamento verso ovest e valori negativi indicano un orientamento verso est (CEI EN 61194).
NOTA 1 *L'angolo di azimut γ è misurato a partire da NORD nell'emisfero meridionale e a partire da SUD nell'emisfero settentrionale.*

NOTA 2 *Valori negativi dell'angolo di azimut indicano un orientamento verso EST e valori positivi un orientamento verso OVEST.*

- **Cavo di stringa FV**

Cavo che collega moduli FV per costituire una stringa FV (CEI 64-8/7par 712.3.8).

- **Cella fotovoltaica**

Dispositivo fondamentale che manifesta l'effetto fotovoltaico, cioè che genera una tensione elettrica in c.c. quando è sottoposto ad assorbimento di fotoni della radiazione solare. Si tratta sostanzialmente di un diodo a semiconduttore di grande area, che, esposto alla luce e chiuso su un carico elettrico, si comporta come un generatore di potenza elettrica la cui corrente di corto circuito assume un valore proporzionale alla radiazione incidente su di esso.

- **Condizioni di Prova Standard o normalizzate (STC)**

Le Condizioni di Prova Standard o normalizzate (STC – Standard Test Conditions) di un qualsiasi dispositivo FV consistono in (CEI EN 60904-3):

- Temperatura di giunzione di cella: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 7 / 31
		Numero Revisione
		00

- Irraggiamento sul piano del dispositivo: 000 W/m², con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).

- **Corrente massima in condizioni di prova normalizzate ($I_{m,STC}$)**

Corrente ai terminali di un dispositivo fotovoltaico, nel punto di massima potenza, in condizioni di prova normalizzate.

- **Corrente di corto circuito in condizioni di prova normalizzate ($I_{sc,STC}$)**

Corrente ai terminali in corto circuito di un dispositivo fotovoltaico, in condizioni di prova normalizzate.

- **Diodo di bypass**

Diodo connesso in anti-parallelo a un adeguato numero di celle fotovoltaiche, nella direzione della corrente diretta, al fine di permettere alla corrente del modulo di bypassare le celle eventualmente in ombra, prevenendo quindi riscaldamenti localizzati (hot-spot) che potrebbero danneggiare il modulo.

- **Dispositivo del generatore**

Dispositivo installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione (CEI 11-20).

- **Dispositivo di interfaccia**

Dispositivo installato nel punto di collegamento della rete di utente in isola alla restante parte di rete del produttore, sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia (CEI 11-20); esso separa l'impianto di produzione dalla rete di utente non in isola e quindi dalla rete del Distributore; esso comprende un organo di interruzione, sul quale agisce la protezione di interfaccia.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 8 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Dispositivo fotovoltaico**

Componente che manifesta l'effetto fotovoltaico. Esempi di dispositivi FV sono: celle, moduli, pannelli, stringhe o l'intero generatore FV.

- **Dispositivo generale**

Dispositivo installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica (CEI 11-20).

- **Effetto fotovoltaico**

Fenomeno di conversione diretta della radiazione elettromagnetica (generalmente nel campo della luce visibile e, in particolare, della radiazione solare) in energia elettrica, senza trasformazione intermedia in energia termica. La conversione avviene mediante formazione di coppie elettrone-lacuna all'interno di semiconduttori particolari, le quali determinano la creazione di una differenza di potenziale e la conseguente circolazione di corrente nel caso di collegamento ad un circuito elettrico esterno.

- **Efficienza nominale di un generatore fotovoltaico**

Rapporto fra la potenza nominale del generatore e l'irraggiamento solare incidente sull'area totale dei moduli, in STC. Numericamente, detta efficienza può essere approssimativamente ottenuta mediante rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kWp) e la relativa superficie (espressa in m²), intesa come somma dell'area dei moduli.

- **Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico**

Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard (1 000 W/m²) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice.

- **Efficienza operativa media di un generatore fotovoltaico**

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.c. dal generatore fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 9 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Efficienza operativa media di un impianto fotovoltaico**

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.a. dall'impianto fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

- **Energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico**

L'energia elettrica (espressa in kWh) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

- **Generatore fotovoltaico**

Vedi Campo fotovoltaico.

- **Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata**

Insieme di inverter installati in un impianto fotovoltaico impiegati per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dalle varie sezioni che costituiscono il generatore fotovoltaico.

- **Impianto (o Sistema) fotovoltaico**

Insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell'effetto fotovoltaico. Esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici (Campo fotovoltaico) e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.

- **Impianto (o Sistema) fotovoltaico collegato alla rete del distributore**

Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) quando è collegato alla rete del distributore (indicato anche come "impianto grid-connected").

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 10 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Impianto (o Sistema) fotovoltaico isolato dalla rete del distributore**

Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) solo se isolato dalla rete del distributore. In funzione dell'utilizzo, esso può essere dotato di accumulo elettrochimico e di inverter in grado di sostenere una rete di utente o una rete elettrica locale.

- **Inseguitore della massima potenza (MPPT)**

Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza. Esso può essere realizzato anche con un gruppo di conversione statico separato dall'inverter, soprattutto negli impianti non collegati ad un sistema in c.a.

- **Inverter (o convertitore di potenza c.c./c.a.)**

Apparecchiatura, tipicamente statica, impiegata per la conversione in corrente alternata monofase o trifase della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico.

- **Irraggiamento solare**

Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare (CEI EN 60904-3). E' espresso in W/m².

- **Modulo fotovoltaico**

Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3).

- **Modulo fotovoltaico in c.a.**

Modulo fotovoltaico con inverter integrato; la sua uscita è solo in corrente alternata.

- **Pannello fotovoltaico**

Gruppo di moduli preassemblati, fissati meccanicamente insieme e collegati elettricamente. Vedi Fig. C.6. In pratica è un insieme di moduli fotovoltaici e di altri necessari accessori collegati tra di loro meccanicamente ed elettricamente.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 11 / 31
		Numero Revisione
		00

NOTA. *Il termine pannello è a volte utilizzato impropriamente come sinonimo di modulo.*

- **Perdite per disaccoppiamento (o per mismatch)**

Differenza fra la potenza totale dei dispositivi fotovoltaici connessi in serie o in parallelo e la somma delle potenze di ciascun dispositivo, misurate separatamente nelle stesse condizioni. Deriva dalla differenza fra le caratteristiche tensione-corrente dei singoli dispositivi e viene misurata in W o in percentuale rispetto alla somma delle potenze (da IEC/TS 61836).

- **Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un generatore fotovoltaico**

Potenza elettrica (espressa in Wp), determinata dalla somma delle singole potenze nominali massime o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC).

- **Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un impianto fotovoltaico**

Per prassi consolidata, coincide con la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del suo generatore fotovoltaico.

- **Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un modulo fotovoltaico**

Potenza elettrica (espressa in Wp) del modulo, misurata in Condizioni di Prova Standard (STC).

- **Potenza effettiva di un generatore fotovoltaico**

Potenza di picco del generatore fotovoltaico (espressa in Wp), misurata ai morsetti in corrente continua dello stesso e riportata alle Condizioni di Prova Standard (STC) secondo definite procedure (CEI EN 61829).

- **Potenza prodotta da un impianto fotovoltaico**

Potenza di un impianto fotovoltaico (espressa in kW) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 12 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Quadro elettrico di giunzione del generatore FV**

Quadro elettrico nel quale tutte le stringhe FV sono collegate elettricamente ed in cui possono essere situati dispositivi di protezione, se necessario.

- **Radiazione solare**

Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m²), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3).

- **Scatola di giunzione del modulo FV**

Involucro, posizionato sul retro del modulo, nel quale sono effettuate le connessioni elettriche del modulo ed in cui sono posizionati i diodi di bypass. A tale scatola di giunzione sono connessi i cavi di collegamento agli altri moduli o ai quadri elettrici di parallelo (CEI 64-8/7 par. 712.3.5).

NOTA I moduli senza cornice (laminati) in alcuni casi non sono dotati di scatola di giunzione come sopra descritta, ma sono adottate differenti soluzioni realizzative.

- **Schiera fotovoltaica**

Complesso, integrato meccanicamente e collegato elettricamente, di moduli, pannelli e delle relative strutture di supporto.

NOTA. La schiera fotovoltaica non include le fondazioni, i dispositivi di inseguimento, il controllo della temperatura e altri componenti simili.

- **Separazione semplice**

La separazione tra circuiti o tra un circuito e la terra mediante isolamento principale (CEI 64-8/7 par. 712.3.20).

- **Sistema fotovoltaico**

Vedi Impianto fotovoltaico.

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 13 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Solarimetro**

Strumento utilizzato per la misura dell'irraggiamento su un piano di captazione, basato su sensori al Silicio. È usualmente utilizzato nei sistemi di monitoraggio di impianti fotovoltaici. È spesso preferito al Piranometro poiché rispetto a quest'ultimo presenta un costo più contenuto e il vantaggio di non richiedere frequenti tarature.

- **Sezione di impianto fotovoltaico**

Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso.

- **Stringa fotovoltaica**

Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie.

NOTA. *Il numero dei moduli collegati viene scelto in base alla tensione d'uscita desiderata.*

- **Temperatura nominale di una cella fotovoltaica (NOCT)**

Temperatura media di equilibrio di giunzione di una cella solare all'interno di un modulo posto nelle condizioni di riferimento (irraggiamento = 800 W/m², temperatura ambiente = 20 °C, velocità del vento = 1 m/s), elettricamente a circuito aperto ed installato su un telaio in modo tale che a mezzogiorno solare i raggi incidano normalmente sulla sua superficie esposta.

- **Tensione nominale di un dispositivo fotovoltaico:**

È la tensione al punto di massima potenza, come imposto dalla funzione MPPT dell'inverter a cui è collegato il dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa, generatore, ...).

- **Tensione a vuoto in condizioni di prova normalizzate (VOC,STC)**

Tensione a circuito aperto di un dispositivo fotovoltaico, misurata in condizioni di prova normalizzate (STC).

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 14 / 31
		Numero Revisione
		00

- **Tensione massima di sistema ammessa dal modulo fotovoltaico**

Tensione massima ammessa per il sistema in cui il modulo fotovoltaico viene inserito, come dichiarata dal costruttore (CEI EN 50380) e normalmente certificata nel corso delle prove di qualifica secondo la norma CEI EN 61215 o CEI EN 61646, sottoponendo il modulo alla prova di isolamento.

NOTA. *Il valore usuale della tensione massima ammessa è attualmente compreso fra 600 V e 1000 V.*

- **Tensione massima di un generatore FV ($V_{m,max}$)**

Tensione massima che potrebbe raggiungere un generatore fotovoltaico. È data dalla somma delle tensioni a vuoto (V_{oc}) dei moduli fotovoltaici collegati tra loro in serie (stringhe) alla temperatura ambiente minima considerata nel progetto.

- **Tensione massima di un dispositivo fotovoltaico in condizioni di prova normalizzate ($V_{m,STC}$)**

Tensione ai terminali di un dispositivo fotovoltaico, nel punto di massima potenza, in condizioni di prova normalizzate (STC).

NOTA *Tale tensione è ottenuta, al variare dell'irraggiamento solare e della temperatura del dispositivo fotovoltaico mediante un inseguitore di massima potenza, in genere inserito nell'inverter.*

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 15 / 31
		Numero Revisione
		00

3 Nominativa e documentazione di riferimento

Vengono di seguito elencati come esempio, alcuni riferimenti normativi relativi ad apparecchiature e componenti d'impianto:

- CEI 82-25 “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione”;
- 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 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 62305 (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 62053-21 (CEI 13-43): “Apparati per la misura dell’energia elettrica (c.a.)”

La documentazione progettuale di riferimento è la seguente:

- H004_FVBGR_00001 - Relazione tecnica;
- H004_FVBGR_00050 - Layout di progetto su carta tecnica regionale (C.T.R.) – Quadro 1;
- H004_FVBGR_00050 - Layout di progetto su carta tecnica regionale (C.T.R.) – Quadro 2;
- H004_FVBGR_00050 - Layout di progetto su carta tecnica regionale (C.T.R.) – Quadro 3;
- H004_FVBGR_00050 - Layout di progetto su carta tecnica regionale (C.T.R.) – Quadro 4;

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 16 / 31
		Numero Revisione
		00

4 Descrizione dell'impianto

L'impianto fotovoltaico di progetto ha una potenza nominale di 71,05 MWp ed è costituito da 116.472 moduli in silicio monocristallino ognuno di potenza pari a 610 Wp.

Dal punto di vista elettrico più moduli fotovoltaici vengono collegati in serie a formare una stringa e più stringhe vengono collegate in parallelo tramite quadri di parallelo DC (denominati "string box"). Ogni stringa di moduli fotovoltaici è montata su una struttura metallica a inseguimento monoassiale (tracker) ancorata al terreno.

L'energia prodotta e convogliata attraverso cavi DC dalle string box ad un gruppo di conversione (dette Power Station), costituito da un inverter e da un trasformatore elevatore.

In particolare, i moduli sono collegati tra loro in modo da costituire:

- 380 strutture tracker 1x12;
- 4663 strutture tracker 1x24.

L'impianto consta di 16 campi che si sviluppano nella parte settentrionale del territorio di Troia, interessando anche le zone immediatamente limitrofe di Biccari e Lucera. Gli stessi sono collegati a mezzo di un cavidotto MT interrato che si diparte dalla cabina di raccolta presente all'interno del Campo 14 e che arriva fino alla stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di utenza sita alla località "Monsignore" del comune di Troia. In particolare, per la connessione alla rete RTN sarà realizzato il prolungamento del sistema sbarre in AT 150 kV, all'interno dell'esistente stazione elettrica condivisa e di trasformazione.

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti opere ed infrastrutture:

- **Opere civili:** installazione delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici; realizzazione della viabilità interna al campo fotovoltaico; realizzazione della recinzione perimetrale al campo fotovoltaico; realizzazione degli scavi per la posa dei cavi elettrici; realizzazione delle cabine di campo, delle cabine per i servizi ausiliari, delle cabine di raccolta e della stazione elettrica;
- **Opere impiantistiche:** installazione dei moduli fotovoltaici collegati in stringhe; installazione degli inverter; installazione dei trasformatori all'interno delle cabine di campo;

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 17 / 31
		Numero Revisione
		00

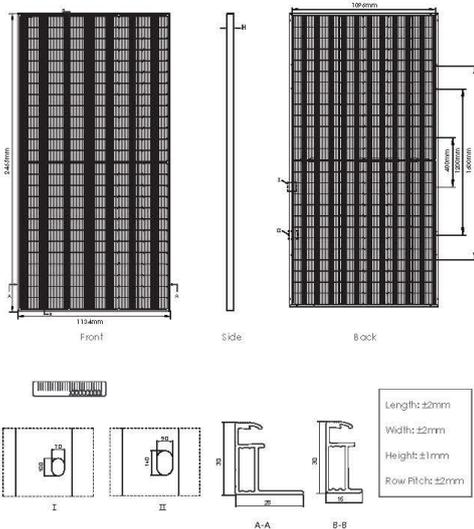
installazione delle apparecchiature e realizzazione dei collegamenti all'interno delle cabine di raccolta e delle cabine di consegna; esecuzione dei collegamenti elettrici, tramite cavidotti interrati, tra i moduli fotovoltaici, le cabine di campo, le cabine di raccolta, la stazione elettrica; realizzazione degli impianti di terra dei gruppi di campo, delle cabine di campo, della cabina di raccolta e della stazione elettrica.

4.1 Caratteristiche tecniche del generatore fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico è composto complessivamente da 116.472 moduli fotovoltaici di potenza nominale pari a 610 Wp bifacciali in silicio monocristallino con vetro temperato, resine EVA, strati impermeabili e cornice in alluminio.

La tipologia specifica sarà definita in fase esecutiva, inoltre, le caratteristiche preliminari dei moduli utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportate nella seguente figura.

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2445x1134x30mm (97.05x44.65x1.18 inch)
Weight	34.6kg (76.38 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 ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 576pcs/ 40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM590N-78HL4-BDV		JKM595N-78HL4-BDV		JKM600N-78HL4-BDV		JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	590Wp	444Wp	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.91V	41.89V	45.08V	42.00V	45.25V	42.12V	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.59A	13.20A	10.65A	13.26A	10.71A	13.32A	10.77A	13.38A	10.83A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.76V	52.02V	54.90V	52.15V	55.03V	52.27V	55.17V	52.41V	55.31V	52.54V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.79A	11.13A	13.87A	11.20A	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A
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	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM590N-78HL4-BDV	JKM595N-78HL4-BDV	JKM600N-78HL4-BDV	JKM605N-78HL4-BDV	JKM610N-78HL4-BDV
5%	Maximum Power (Pmax)	620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.116%	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)	738Wp	744Wp	750Wp	756Wp	763Wp
	Module Efficiency STC (%)	26.38%	26.61%	26.83%	27.05%	27.28%

Figura 1: Caratteristiche moduli fotovoltaici di progetto

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 19 / 31
		Numero Revisione
		00

Nella parte posteriore di ogni modulo sono collocate le scatole di giunzione per il collegamento dei moduli al resto dell'impianto. Tali scatole, che hanno grado di protezione meccanica IP55, sono dotate di diodi di by-pass per evitare il flusso di corrente in direzione inversa (ad esempio in caso di ombreggiamento dei moduli) e conseguenti fenomeni di hotspot che potrebbero danneggiare i moduli stessi. I moduli sono marcati CE e sono certificati in classe di isolamento II e rispondenti alla norma CEI 82-25.

I moduli fotovoltaici sono collegati tra loro in serie attraverso dei connettori di tipo maschio-femmina (tipo MC4 e/o MC3), formando delle stringhe. Ogni stringa è formata da 24 moduli, per un totale di 5.043 stringhe per l'intero l'impianto fotovoltaico.

Le diverse stringhe sono raggruppate e connesse in parallelo alle string boxes (quadri di parallelo DC), a loro volta collegate agli inverter tramite cavi DC. Le string boxes sono installate all'esterno, sotto le vele e il loro involucro garantirà lunga durata e massima sicurezza. Le String Boxes con 16, 24 o 32 ingressi di stringa sono dotati di 2 uscite per i cavi per ciascun polo e comprendono un campo di tenuta da 17 a 38,5 millimetri. Possono essere utilizzati cavi con sezioni da 70 a 240 mm².



Figura 2: Tipico string BOX

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 20 / 31
		Numero Revisione
		00

La potenza complessiva nominale risulta essere di 71,05 MWp potenza nominale di picco, mentre lato corrente alternata la potenza risulta essere 71 MW.

Ogni gruppo di conversione è composto da un solo inverter e da un trasformatore BT/MT. I gruppi inverter hanno la funzione di riportare la potenza generata in corrente continua dai moduli fotovoltaici alla frequenza di rete, mentre il trasformatore provvede ad innalzare la tensione al livello della rete interna dell'impianto (30 kV).

I componenti del gruppo di conversione sono selezionati sulla base delle seguenti caratteristiche principali:

- Conformità alle normative europee di sicurezza;
- Funzionamento automatico, e quindi semplicità di uso e di installazione;
- Sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT (maximum power point tracking) integrata;
- Elevato rendimento globale;
- Massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete integrato;
- Forma d'onda d'uscita perfettamente sinusoidale.

Nello specifico gli inverter e trasformatori possono essere alloggiati a seconda delle esigenze di trasporto e dalle disponibilità di mercato in:

- Esterni (outdoor) e/o in container aperti;
- Interni (indoor) in cabine prefabbricate e/o in container chiusi;
- Una via di mezzo ai punti precedenti, ad esempio inverter outdoor mentre trasformatori e locali quadri in locali chiusi (cabine e/o container).

La tipologia specifica del gruppo di conversione sarà definita in fase di progettazione esecutiva, scegliendo tra i vari produttori di inverter e/o gruppi di conversione.

Il gruppo di conversione (chiamato anche power station) individuato in questa fase preliminare di progettazione, prevede l'utilizzo di 15 inverter da 4,2 MW con annessi trasformatori elevatori da 4,2 MVA e 2 inverter da 4,0 MW con annessi trasformatori elevatori da 4,0 MVA, inclusivi di

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 21 / 31
		Numero Revisione
		00

compartimenti MT e BT alloggiati in un container, con porzioni di pannelli laterali aperti e/o tettoie apribili, per favorire la circolazione dell'area.

Il trasformatore elevatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, rele Buchholtz., inoltre; il quadro MT, composto da 2 o 3 scomparti, a seconda che avvenga un entra-esce verso un'altra Power Station o meno (Cella MT arrivo, partenza e trasformatore).

All'interno del gruppo di conversione sono installate le seguenti apparecchiature di bassa tensione: Quadro BT per alimentazioni ausiliarie (F.M., illuminazione, ausiliari quadri, ecc), pannello contatori per la misura dell'energia attiva prodotta a valle della sezione inverter; UPS per alimentazioni ausiliarie degli inverter e delle apparecchiature di monitoraggio d'impianto alloggiato nella cabina inverter; trasformatore di tensione per i servizi ausiliari.

Tale soluzione è compatta, versatile ed efficiente, che ben si presta per il luogo di installazione e la configurazione dell'impianto.

Le caratteristiche preliminari del sistema inverter/trasformatore trifase utilizzato nella definizione del progetto sono riportate nella seguente figura.

Dati tecnici	Sunny Central 4000 UP	Sunny Central 4200 UP
Lato CC		
Range di tensione V_{CC} (a 25 °C / a 50 °C)	da 880 a 1325 V / 1100 V	da 921 a 1325 V / 1050 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, Start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max. $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max. $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettoria con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per FV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm ²	
Zone Monitoring integrato	o	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
Lato CA		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4000 kVA ¹²⁾ / 3600 kVA	4200 kVA ¹²⁾ / 3780 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A68) (a 35 °C / a 50 °C) ¹⁴⁾	3600 kW ¹²⁾ / 3240 kW	3780 kW ¹²⁾ / 3402 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3200 kW ¹²⁾ / 2880 kW	3360 kW ¹²⁾ / 3024 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	< 3 % alla potenza nominale
Tensione nominale CA / Range di tensione CA ¹⁸⁾	600 V / 480 V a 720 V	630 V / 504 V a 756 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti ¹⁹⁾	> 2	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile ^{8) 10)}	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Grado di rendimento europeo		
Efficienza max ²⁾ / efficienza efficienza ²⁾ / efficienza CEC ³⁾	98,8 % / 98,6 % / 98,5 %	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carica CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore di potenza CA	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni, tipo I e II	
Protezione da sovratensioni CA (opzionale)	Scaricatore di sovratensioni, classe I e II	
Protezione antifulmine (secondo IEC 62305-1)	Classe di protezione antifulmine III	
Monitoraggio dispersione a terra / Monitoraggio dispersione a terra remoto	o / o	
Monitoraggio dell'isolamento	o	
Classe di protezione del sistema elettronico / canale d'aria / campo di collegamento (secondo IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	2815 / 2318 / 1588 mm (110,8 / 91,3 / 62,5 pollici)	
Peso	< 3700 kg / < 8158 lb	
Autoconsumo (max. ⁴⁾ / carico parziale ⁵⁾ / medio ⁶⁾)	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Autoconsumo (stand-by)	< 370 W	
Alimentazione ausiliaria	Trasformatore integrato da 8,4 kVA	
Range di temperature di funzionamento (opzionale) ⁸⁾	(-40 °C) -25 a 60 °C / (-40 °F) -13 °F a 140 °F	
Rumorosità ⁷⁾	65,0 dB(A)	
Range di temperature (stand-by)	-40 °C a 60 °C / -40 °F a 140 °F	
Range di temperature (in magazzino)	-40 °C a 70 °C / -40 °F a 158 °F	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (condensante / non condensante)	95% a 100% (2 mesi/anno) / 0% a 95%	
Altitudine operativa massima s.l.m. ⁹⁾ 1000 m / 2000 m ¹¹⁾ / 3000 m ¹¹⁾	● / o / o ● / o / -	
Fabbisogno d'aria fresca	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Capocorda a ogni ingresso (senza fusibile)	
Collegamento CA	sistema di sbarre (3 sbarre collettive, una per ciascuna fase)	
Comunicazione	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Farbe involucro / Dach	RAL 9016 / RAL 7004	
Approvvigionamento per utilizzatori esterni	o (2,5 kVA)	
rispetta le norme e direttive	AR-N 41 10, AR-N 4120 ¹³⁾ , Arrêté du 23/04/08, CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, IEEE1547, UL 840 Cat. IV	
Norme CEM	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Rispetta direttive e standard di qualità	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Dotazione di serie o Opzionale - Non disponibile		
Denominazione del tipo	SC 4000 UP	SC 4200 UP

Dati tecnici	Sunny Central 4400 UP	Sunny Central 4600 UP
Lato CC		
Range di tensione V_{CC} (a 25 °C / a 50 °C)	da 962 a 1325 V / 1050 V	da 1003 a 1325 V / 1050 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, start}$	934 V / 1112 V	976 V / 1153 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettoria con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per FV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm ²	
Zone Monitoring integrato	o	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
Lato CA		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4400 kVA ¹²⁾ / 3960 kVA	4600 kVA ¹²⁾ / 4140 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A68) (a 35 °C/a.50 °C) ¹⁴⁾	3960 kW ¹²⁾ / 3564 kW	4140 kW ¹²⁾ / 3726 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3520 kW ¹²⁾ / 3168 kW	3680 kW ¹²⁾ / 3312 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	< 3 % alla potenza nominale
Tensione nominale CA / Range di tensione CA ¹⁸⁾	660 V / 528 V a 759 V	690 V / 552 V a 759 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti ¹⁹⁾	> 2	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile ^{8) 10)}	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Grado di rendimento europeo		
Efficienza max ²⁾ / efficienza europea ²⁾ / efficienza CEC ³⁾	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %	98,9 % / 98,7 % / 98,5 %
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carica CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore di potenza CA	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni, tipo I e II	
Protezione da sovratensioni CA (opzionale)	Scaricatore di sovratensioni, classe I e II	
Protezione antifulmine (secondo IEC 62305-1)	Classe di protezione antifulmine III	
Monitoraggio dispersione a terra / Monitoraggio dispersione a terra remoto	o / o	
Monitoraggio dell'isolamento	o	
Classe di protezione del sistema elettronico / canale d'aria / campo di collegamento (secondo IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	2815 / 2318 / 1588 mm (110,8 / 91,3 / 62,5 pollici)	
Peso	< 3700 kg / < 8158 lb	
Autoconsumo (max. ⁴⁾ / carico parziale ⁵⁾ / medio ⁶⁾)	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Autoconsumo (stand-by)	< 370 W	
Alimentazione ausiliaria	Trasformatore integrato da 8,4 kVA	
Range di temperature di funzionamento (opzionale) ⁸⁾	(-40 °C) -25 a 60 °C / (-40 °F) -13 °F a 140 °F	
Rumorosità ⁷⁾	65,0 dB(A)	
Range di temperature (stand-by)	-40 °C a 60 °C / -40 °F a 140 °F	
Range di temperature (in magazzino)	-40 °C a 70 °C / -40 °F a 158 °F	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (condensante / non condensante)	95% a 100% (2 mesi/anno) / 0% a 95%	
Altitudine operativa massima s.l.m. ⁹⁾ 1000 m / 2000 m ¹¹⁾ / 3000 m ¹¹⁾	o / o / -	
Fabbisogno d'aria fresca	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Capocorda a ogni ingresso (senza fusibile)	
Collegamento CA	sistema di sbarre (3 sbarre collettive, una per ciascuna fase)	
Comunicazione	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Farbe involucro / Dach	RAL 9016 / RAL 7004	
Approvvigionamento per utilizzatori esterni	o (2,5 kVA)	
rispetta le norme e direttive	AR-N 41 10, AR-N 4120 ¹³⁾ , Arrêté du 23/04/08, CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, IEC 61000-6-2, UL 840 Cat. IV	
Norme CEM	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Rispetta direttive e standard di qualità	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Dotazione di serie o Opzionale - Non disponibile		
Denominazione del tipo	SC 4400 UP	SC 4600 UP

Figura 3: Caratteristiche sistema inverter/trasformatore di progetto

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 24 / 31
		Numero Revisione
		00

Gli inverter come descritto precedente sono del tipo centralizzato da 4,6 MW e potranno essere installati sia all'interno di cabine/container o esterni.

Gli inverter sono dotati di idonei dispositivi atti a sezionare e proteggere il lato in corrente alternata, alloggiati in un'apposita sezione dei quadri inverter.

L'inverter è marcato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.

5 Dati climatici dell'impianto

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di METEONORM® che è una fonte meteorologica comunemente usata per località internazionali. Tale fonte meteorologica satellitare fornisce una metodologia uniforme per il calcolo dell'irradiamento. Di seguito si riporta l'insolazione mensile e l'energia incidente sui collettori.

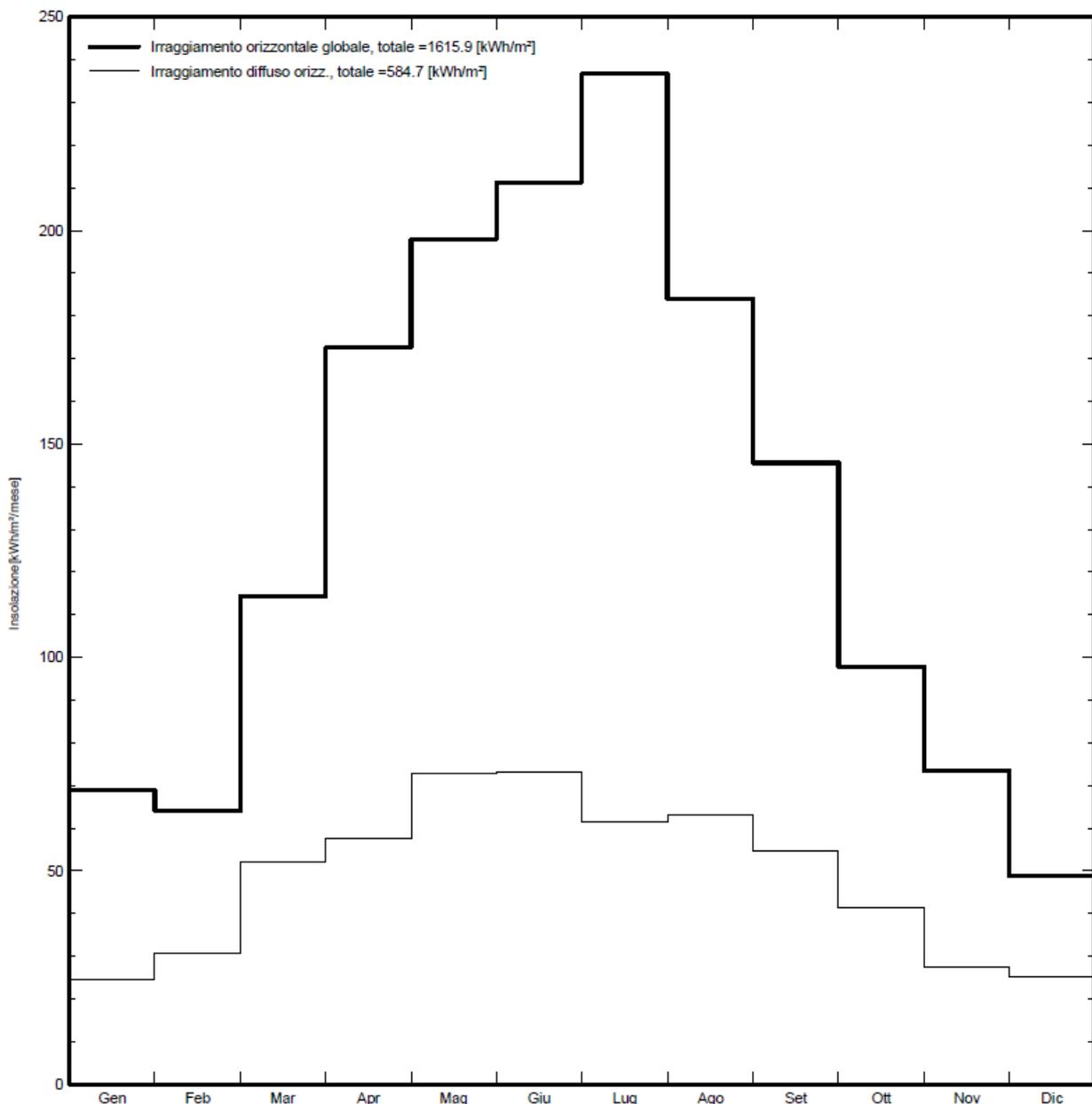


Figura 4: Insolazione mensile da dati meteo per Troia

Energia incidente di riferimento su piano collettori

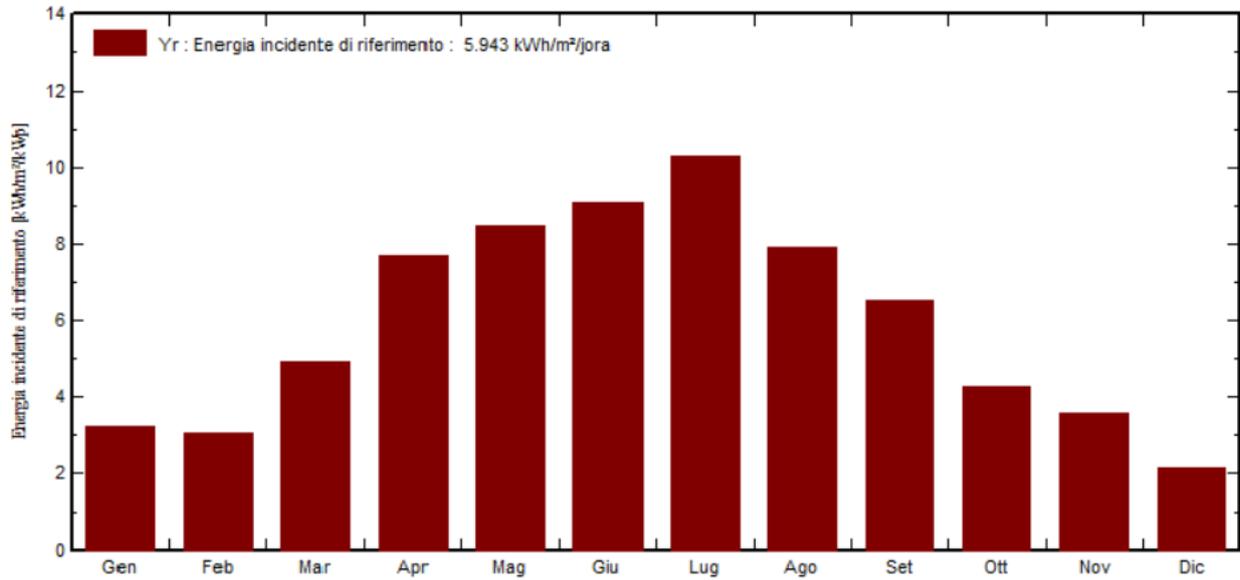


Figura 5: Energia incidente sul piano dei collettori

	ID Documento Committente H004_FV_BGR_00089	Pagina 27 / 31
		Numero Revisione
		00

6 Fattori di perdita dell'impianto

Per il calcolo della stima di producibilità, si è tenuto conto dei seguenti fattori di perdita:

- Perdita per ombre vicine che sono funzione della geometria di disposizione del campo fotovoltaico e degli ostacoli all'orizzonte.
- Perdite dovute all'angolo di incidenza, ovvero tra la direzione dei raggi solari e la normale alla superficie del modulo fotovoltaico.
- Perdite per conversione fotovoltaica legata al rendimento dei singoli moduli fotovoltaici.
- Perdita a causa del livello d'irraggiamento solare.
- Perdita a causa della temperatura dei moduli fotovoltaici.
- Perdita dovute alla qualità del modulo fotovoltaico.
- Perdite di mismatching dovute all'accoppiamento non ottimale fra le stringhe.
- Perdite ohmiche di cablaggio dovute alle sezioni e alla lunghezza dei cavi elettrici e al loro cablaggio, ossia dovute al loro allacciamento e collegamento.
- Perdita dovuta all'efficienza dell'inverter in funzione, ovvero, la percentuale di energia disponibile in corrente continua che viene immessa in rete in corrente alternata.
- Perdite sugli inverter per:
 - o superamento della potenza massima (P_{max}), della massima corrente in ingresso, della tensione massima (V_{max});
 - o non raggiungimento della potenza minima (P_{min}), della tensione minima (V_{min});
 - o Consumi notturni.

Di seguito si riporta il diagramma delle perdite dovute all'ombreggiamento tra le strutture.

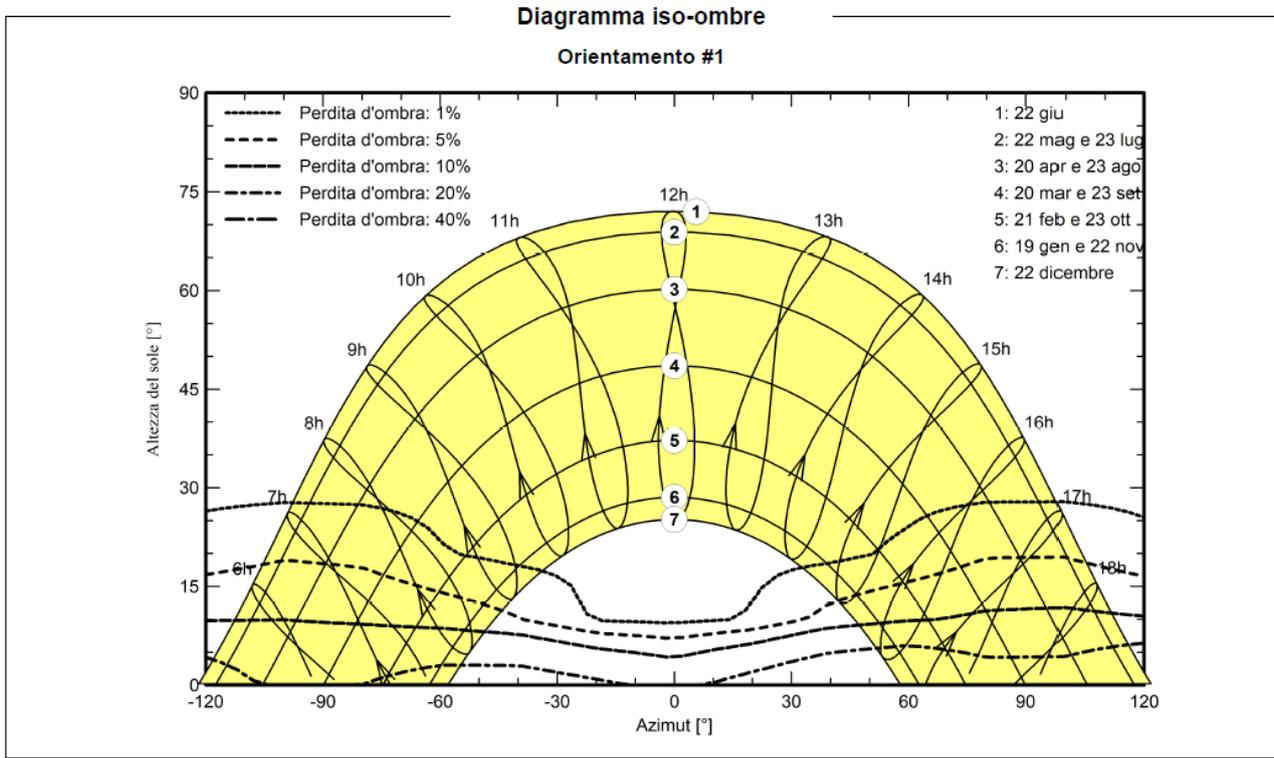


Figura 6: Diagramma iso-ombre

7 Report di producibilità totale

La stima di producibilità dell'impianto è stata eseguita con il software PVsyst, il quale consente la valutazione della produzione di energia attesa su base mensile, la valutazione delle perdite che interessano i singoli moduli e l'energia complessivamente immessa in rete al netto delle perdite.

Nelle seguenti figure e tabelle sono rappresentati i risultati della simulazione su base mensile.

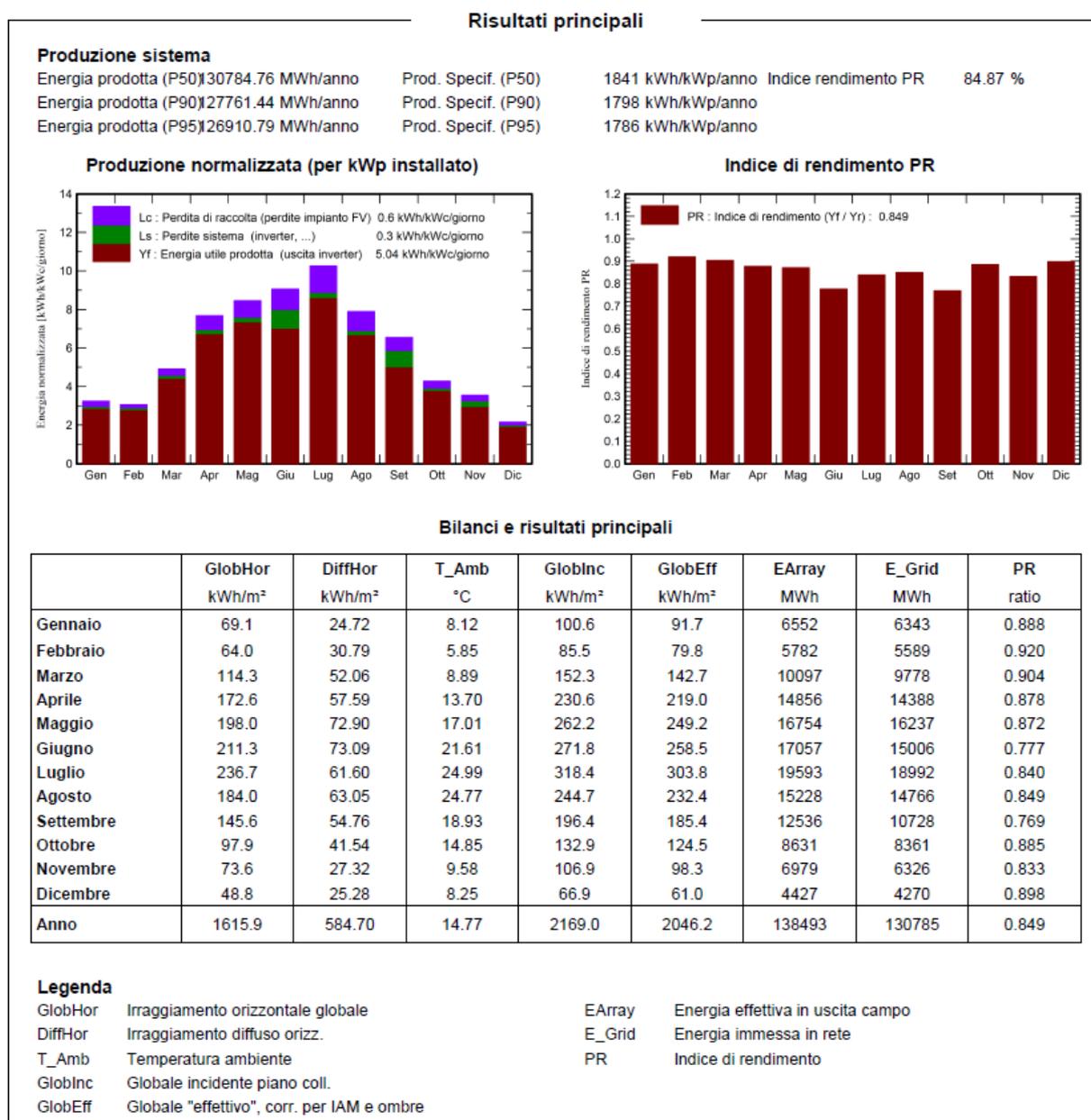


Figura 7: Risultati dettagliati della simulazione

Nella figura a seguire viene riportato invece il diagramma dettagliato delle perdite.

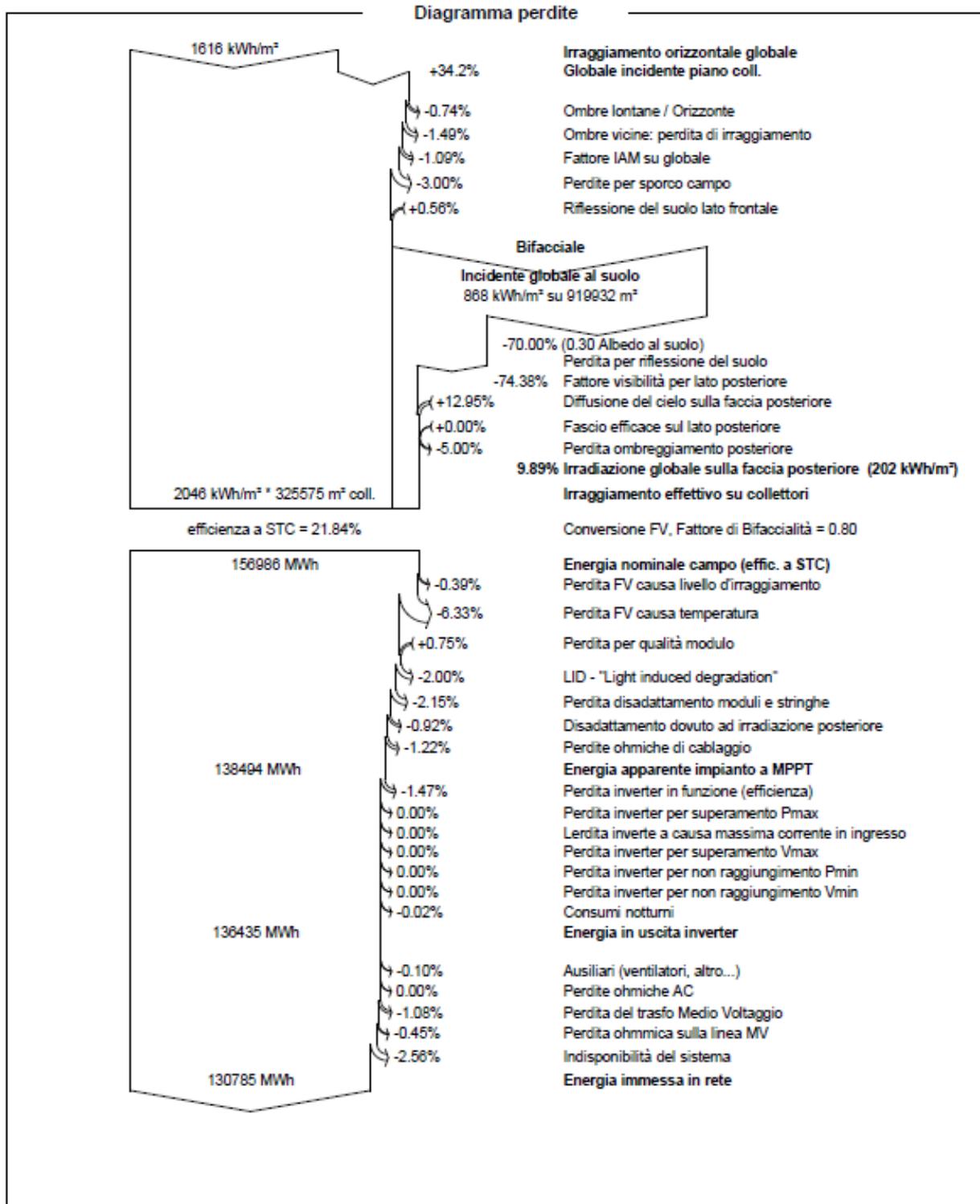


Figura 8: Diagramma a fiume delle perdite

8 Conclusioni

L'impianto fotovoltaico di progetto ha una potenza complessiva di picco installata pari a **71,05 MWp** per una produzione di **130,785 GWh annui**, corrispondente a **1841 ore** di funzionamento equivalenti annue.

Considerando un ciclo di vita di trent'anni dei pannelli fotovoltaici ed utilizzando i dati messi a disposizione da IEA List, si stima che 'impianto fotovoltaico permetterà un risparmio di circa **2.589.538,3 tonnellate di anidride carbonica** durante il corso della sua vita utile, stimata essere di 30 anni (riferimento figura 11).

CO₂ Evitata: Emissioni vs. Tempo

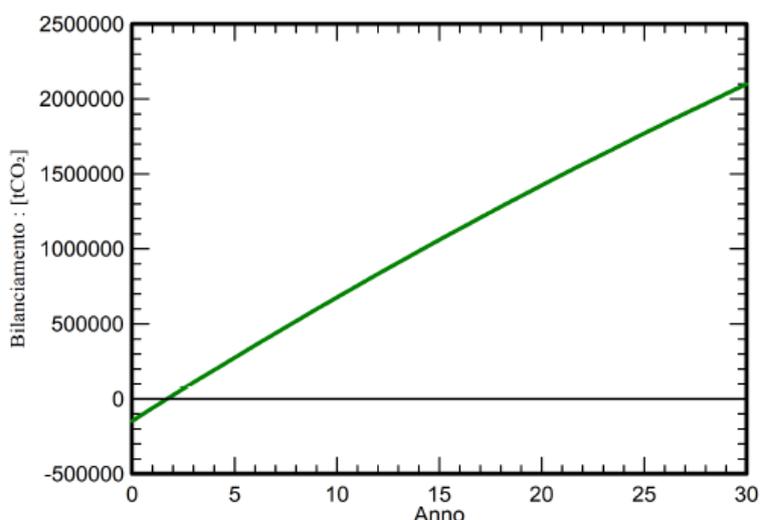


Figura 9: Emissioni di CO₂ evitate nel tempo

Mentre in tabella, si riporta l'emissione generate per la realizzazione dell'impianto.

<i>Elemento</i>	LCE <i>Life Cycle Emission</i>	Quantità	SubTotale [kgCO₂]
<i>Moduli</i>	1.713 kgCO ₂ /kWp	71.048 kWp	121.685.194
<i>Inverter</i>	436 kgCO ₂ /unità	27 unità	7.414
<i>Altre parti di impianto</i>	4,40 kgCO ₂ /kg	5.823.600 kg	25.636.652
TOTALE			147.329.260