

Greendream1 S.r.l.

Impianto agro-fotovoltaico “Spiriti-Raso” da 79.209,15 kWp (65.000 kW in immissione), opere connesse ed infrastrutture indispensabili per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale Comuni di Ramacca e Belpasso (CT)

Progetto Definitivo

All. H - Rapporto di producibilità energetica



Professionista incaricato:

Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n.1220

Rev.0 - Luglio 2021

wood.

INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	3
2.	DEFINIZIONI	3
3.	DATI DI PROGETTO	5
4.	SITO DI INSTALLAZIONE	5
4.1	Radiazione solare media annua	5
4.2	Caratteristiche elettriche del modulo fotovoltaico	7
4.3	Caratteristiche gruppo di conversione cc/ca (inverter) e trasformatore elevatore	8
4.4	Dimensionamento elettrico del sistema	9
4.5	Dimensionamento meccanico del sistema.....	10
4.6	CALCOLO DELLE PRESTAZIONI E DELLA PRODUCIBILITÀ ATTESA	11

ELENCO ALLEGATI

Num.	Oggetto
01	Rapporto di calcolo PVSYST

Questo documento è di proprietà di Greendream1 S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Greendream1 S.r.l.

1. OGGETTO E SCOPO

La presente relazione si configura come la relazione di calcolo delle prestazioni e della producibilità attesa dell'impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale (inseguitore di rollio), della potenza nominale fotovoltaico da 79.209,15 kWp (65.000 kW in immissione) che la società Greendream1 S.r.l. intende realizzare nel Comune di Ramacca e Belpasso (CT), in località Spiriti-Raso, delle dorsali di collegamento in MT dell'Impianto medesimo, che si sviluppano prevalentemente nel Comune di Ramacca e in piccola parte nel Comune di Belpasso, e dell'Impianto di Utenza costituito dalla Stazione Utente 150/30 kV e dallo Stallo Condiviso e dell'Impianto di Rete.

2. DEFINIZIONI

Si riportano di seguito le definizioni di alcuni termini correntemente utilizzati per gli impianti fotovoltaici ed, in particolare, la terminologia utilizzata nelle procedure di calcolo delle prestazioni degli stessi:

- Angolo di inclinazione (o di tilt): Angolo di inclinazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836)
- Angolo di orientazione (o di azimut): L'angolo di orientazione α del piano del modulo 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)
- Campo fotovoltaico/generatore fotovoltaico: Insieme di tutte le schiere fotovoltaiche di un sistema dato (CEI EN 61277)
- Condizioni di Prova Standard o normalizzate (STC): Le Condizioni di Prova Standard o normalizzate (STC – Standard Test Conditions) di un qualsiasi dispositivo FV senza concentrazione solare, secondo la Norma CEI EN 60904-4 (par. A.1.2), nonché la Norma CEI EN 61215 par. 10.6.1 e la Norma CEI EN 61646 par. 10.6.1, consistono in:
 - o Temperatura di giunzione di cella: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
 - o Irraggiamento sul piano del dispositivo: $1\ 000\ \text{W/m}^2$
 - o Distribuzione spettrale di riferimento: AM 1,5 secondo la Norma CEI EN 60904-3
- 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
- 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
- Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico: Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard ($1000\ \text{W/m}^2$) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice
- Energia elettrica immessa in rete da un impianto fotovoltaico: Energia elettrica (espressa in kWh) misurata al punto di connessione con la rete del Gestore
- 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 ad inseguimento solare: Impianto (o Sistema) fotovoltaico i cui moduli, con o senza concentrazione solare, sono installati su strutture di sostegno ad inseguimento solare. Il tipo di inseguimento solare può essere basato su un asse o su due assi di rotazione

- Indice di Rendimento PR (o efficienza operativa media) dell'impianto fotovoltaico: Il rapporto tra la resa energetica dell'impianto fotovoltaico (energia prodotta dall'impianto normalizzata secondo la potenza nominale dell'impianto fotovoltaico stesso) e la resa energetica incidente sulla superficie dei moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (energia solare, normalizzata secondo il valore di irraggiamento standard 1000 W/m²)
- Inseguitore della massima potenza (MPPT): Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza
- 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). È espresso in W/m²
- Modulo fotovoltaico: Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3)
- MPPT: Maximum Power Point Tracker. Vedi Inseguitore della massima potenza
- 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 immessa in rete da un impianto fotovoltaico: Potenza elettrica (espressa in kW) misurata al punto di connessione con la rete di distribuzione o trasmissione
- 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)
- Punto di connessione: Il punto sulla rete di trasmissione del Gestore (TSO o Transmission System Operator) al quale, in relazione a parametri riguardanti la qualità del servizio elettrico che deve essere reso o richiesto, è connesso l'impianto dell'Utente
- Punto di misura: Il punto in cui è misurata l'energia elettrica immessa e/o prelevata dalla rete
- Radiazione solare: Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m²), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3)
- Schiera fotovoltaica: Complesso, integrato meccanicamente e collegato elettricamente, di moduli, pannelli e delle relative strutture di supporto
- Soggetto responsabile: la Società "Wood Solare Italia S.r.l."
- STC: Standard Test Condition – vedi Condizioni di Prova Standard o normalizzate
- Stringa fotovoltaica: Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie
- Tensione alla massima potenza di un dispositivo fotovoltaico in condizioni di prova normalizzate (V_{m,STC}): Tensione ai terminali di un dispositivo fotovoltaico, nel punto di massima potenza (MPP), in condizioni di prova normalizzate (STC)
- Tensione a vuoto in condizioni di prova normalizzate (V_{OC,STC}): Tensione a circuito aperto di un dispositivo fotovoltaico, misurata in condizioni di prova normalizzate (STC)
- Tensione massima di sistema ammessa dal modulo fotovoltaico: La tensione massima di sistema (maximum system voltage) ammessa dal modulo fotovoltaico è la tensione massima di sistema indicata dal costruttore del modulo, come riportato sulla targhetta del modulo stesso (vedi CEI EN 50380, CEI EN 61215 e CEI EN 61646). Questo valore viene

verificato nel corso della prova di isolamento per la qualifica del progetto e l'omologazione di tipo del modulo, secondo la Norma CEI EN 61215 o CEI EN 61646

3. DATI DI PROGETTO

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico è stato effettuato sulla base di:

- disponibilità della fonte solare nel sito previsto per l'installazione;
- disponibilità di area sufficiente per installare l'impianto fotovoltaico.

4. SITO DI INSTALLAZIONE

Il lotto di terreno su cui sarà realizzato l'impianto fotovoltaico ubicato nel comune di Ramacca (CT) in località Spirti-Raso e più precisamente in una zona situata a latitudine 37.45° N, longitudine 17.45° E; l'elevazione media del sito risulta essere intorno ai 106 m s.l.m.

Il terreno si presenta libero da ostacoli e pianeggiante.

4.1 Radiazione solare media annua

4.1.1 Atlante solare

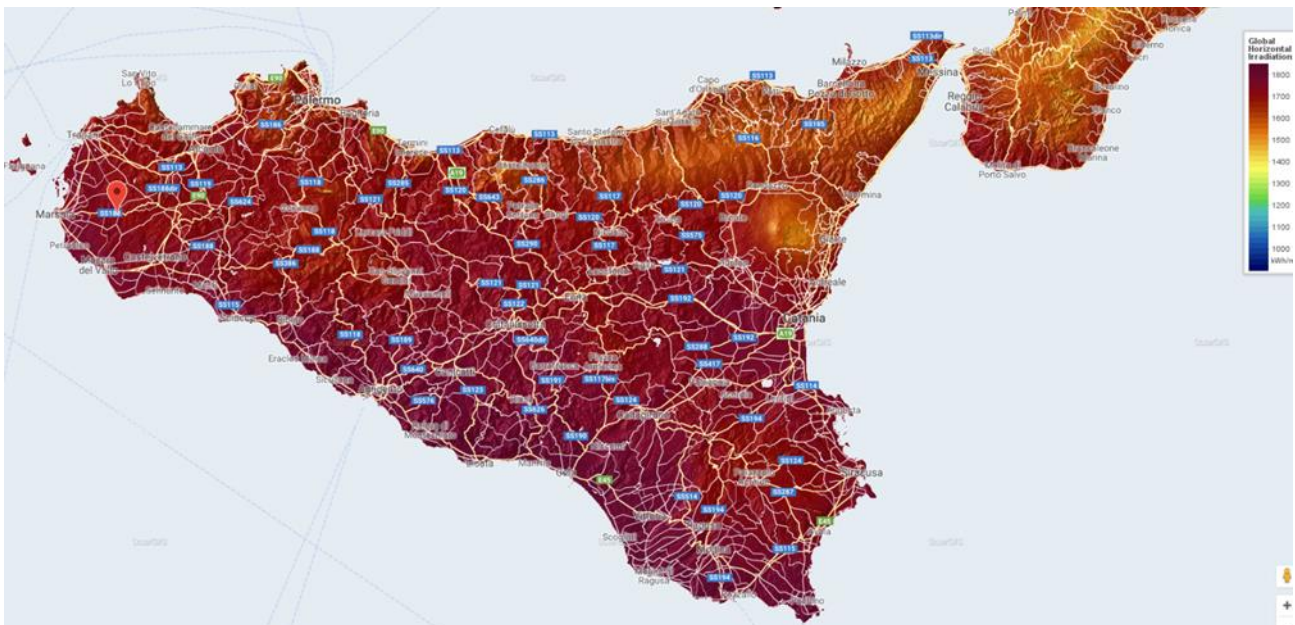


Figura 1: Atlante solare Sicilia

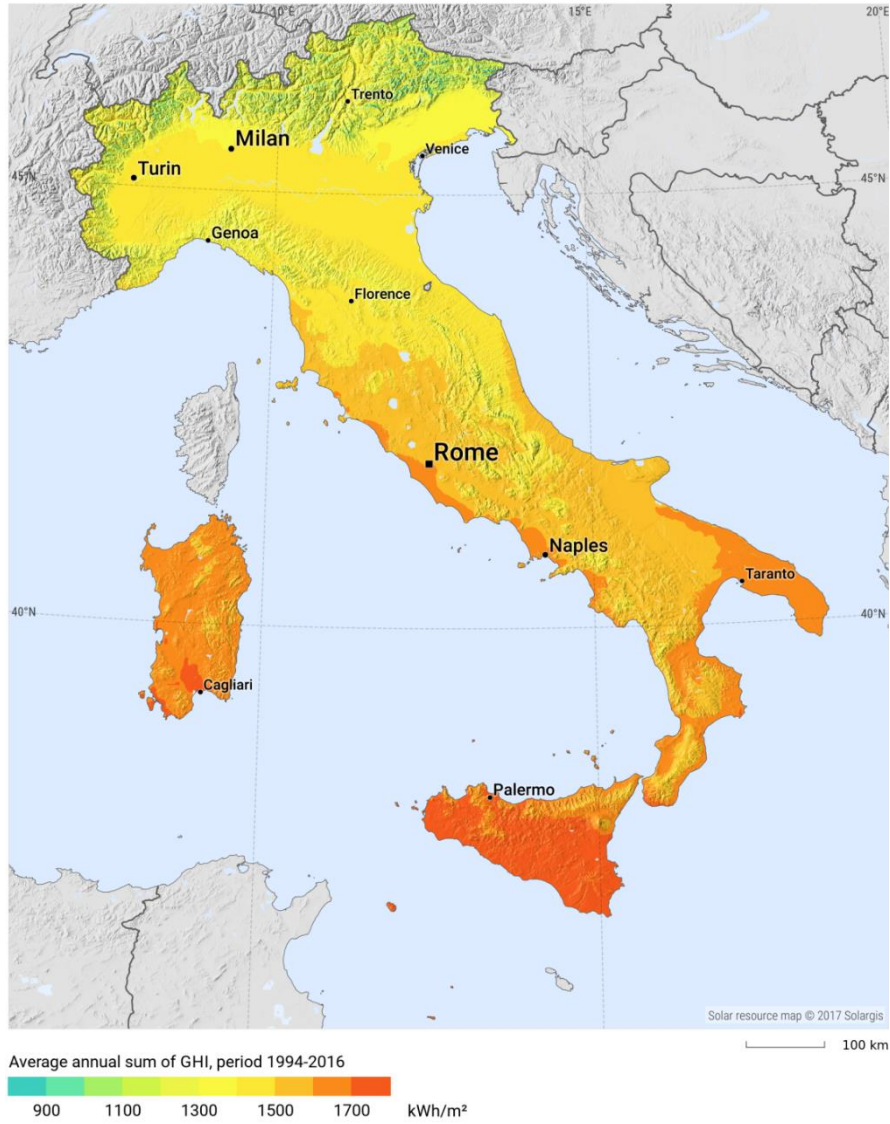


Figura 2: Atlante solare Europeo (Fonte: meteonorm.com/en/product/map)

4.1.2 Radiazione solare media annua su base giornaliera nel sito di riferimento

Il sito di installazione appartiene all'area della Sicilia che dispone di dati climatici storici riportati in molteplici database.

Il database internazionale MeteoNorm (Rif. Meteonorm 7.2) rende disponibili i dati meteorologici che si basano su misure a terra registrate su un periodo di circa quindici anni. Inoltre modelli sofisticati di interpolazione all'interno del software consentono calcoli affidabili di radiazione solare, temperatura e parametri addizionali in ogni località del mondo.

Considerato che l'attendibilità dei dati contenuti nel database è riconosciuta internazionalmente, i dati estratti dal software menzionato sono stati usati per l'elaborazione statistica per la stima di radiazione solare per la località di Ramacca (CT).

Nella tabella seguente si riportano i dati meteorologici assunti per la presente simulazione.

Tabella 1: Dati di irraggiamento (Meteonorm 7.2) utilizzati per il calcolo

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	76.5	25.93	9.75	105.4	101.8	8065	7858	0.941
Febbraio	92.0	40.07	9.73	119.0	114.8	9142	8909	0.945
Marzo	141.3	57.40	12.36	184.9	179.5	13976	12991	0.887
Aprile	164.5	79.42	14.67	207.5	201.4	15614	15193	0.925
Maggio	211.3	77.69	19.43	273.7	266.6	19715	19165	0.884
Giugno	219.2	81.34	23.71	282.5	275.5	20186	18938	0.846
Luglio	240.7	64.92	27.28	318.6	311.4	22158	20843	0.826
Agosto	208.7	66.96	27.43	277.0	270.3	19545	19013	0.866
Settembre	157.0	57.24	23.32	207.0	201.5	15008	14612	0.891
Ottobre	118.0	49.87	19.69	152.8	147.8	11343	11057	0.913
Novembre	82.9	29.61	14.72	113.1	109.2	8523	8308	0.928
Dicembre	69.9	27.33	11.43	93.8	90.4	7193	7013	0.944
Anno	1782.0	657.77	17.85	2335.5	2270.3	170467	163901	0.886

Opportuni rilievi sul sito non hanno evidenziato ombreggiamenti, dovuti a strutture ed ostacoli esistenti tali da influire negativamente sulle prestazioni attese e sulla producibilità annua.

4.2 Caratteristiche elettriche del modulo fotovoltaico

I moduli fotovoltaici sono del tipo in silicio monocristallino ad alta efficienza (>22%) e ad elevata potenza nominale (695 Wp). Questa soluzione permette di ridurre il numero totale di moduli necessari per coprire la taglia prevista dell'impianto, ottimizzando l'occupazione del suolo.

Per la tipologia di impianto e per ridurre gli ombreggiamenti a terra è previsto l'utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali o, quantomeno, di moduli fotovoltaici monofacciali con EVA trasparente e doppio vetro. La tipologia specifica sarà definita in fase esecutiva cercando di favorire la filiera di produzione locale.

Le caratteristiche preliminari dei moduli utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 2: Caratteristiche tecniche preliminari del modulo fotovoltaico bifacciale

Grandezza	Valore
Potenza nominale	695 Wp
Efficienza nominale	22.37 % @ STC
Tensione di uscita a vuoto	47 V
Corrente di corto circuito	18.76 A
Tensione di uscita a Pmax	39.4 V
Corrente nominale a Pmax	17.67 A
Dimensioni	2384mmx1303mmx30mm

4.3 Caratteristiche gruppo di conversione cc/ca (inverter) e trasformatore elevatore

Le caratteristiche preliminari dei sistemi inverter/trasformatore trifase utilizzati nella definizione del progetto sono riportate nelle seguenti tabelle:

Tabella 3: Caratteristiche preliminari sistema inverter/trasformatore 2500 kVA

Grandezza	Valore
Tensione massima in ingresso	1500 V
Tensione di uscita alla Pnom	30 kV (uscita trasformatore)
Frequenza di uscita	50 Hz
cos φ	0.8 – 1.0
Grado di protezione	IP 54
Range di temperatura di funzionamento	-25 +60 °C
Range di tensione in ingresso	921 V - 1325 V
Corrente massima in ingresso (25°C / 50°C)	secondo taglia
Potenza nominale in uscita (CA)	secondo taglia
Potenza max in uscita @cos φ =1 @ T=25°C(CA)	2660/2930/4000/4200 kVA
Rendimento europeo	98.6%

4.4 Dimensionamento elettrico del sistema

La tensione massima del generatore fotovoltaico (tensione lato c.c.) sarà inferiore a 1500 V (tensione massima ammissibile del sistema).

Per il calcolo della massima tensione si è proceduto applicando la seguente formula (norma CEI 82-25:2088-12):

$$V_{OC}(T) = V_{OC,STC} - N_s \times \left[A \times \ln\left(\frac{G_{STC}}{G_p}\right) - \beta \times \frac{dT_J}{dG} \times G_p + \beta \times (T_{STC} - T_A) \right]$$

Dove:

- G_p è l'irraggiamento solare sul piano dei moduli (W/m²)
- G_{STC} è l'irraggiamento solare sul piano dei moduli, in condizioni di prova standard (W/m²)
- β è il coefficiente di variazione della tensione con la temperatura
- N_s è il numero delle celle in serie costituenti il modulo fotovoltaico
- $V_{OC,STC}$ è la tensione a vuoto nelle condizioni standard STC
- T_A è la temperatura ambiente
- A è il fattore di non-idealità e della tensione termica (ca 25 mV) del diodo
- $\frac{dT_J}{dG}$ è un coefficiente che può essere determinato, per schiere di moduli installate in modo da non risentire l'effetto di ostruzioni, tramite il valore della temperatura nominale di lavoro dei moduli utilizzati, NOCT:

$$\frac{dT_J}{dG} = \frac{NOCT - 20}{800}$$

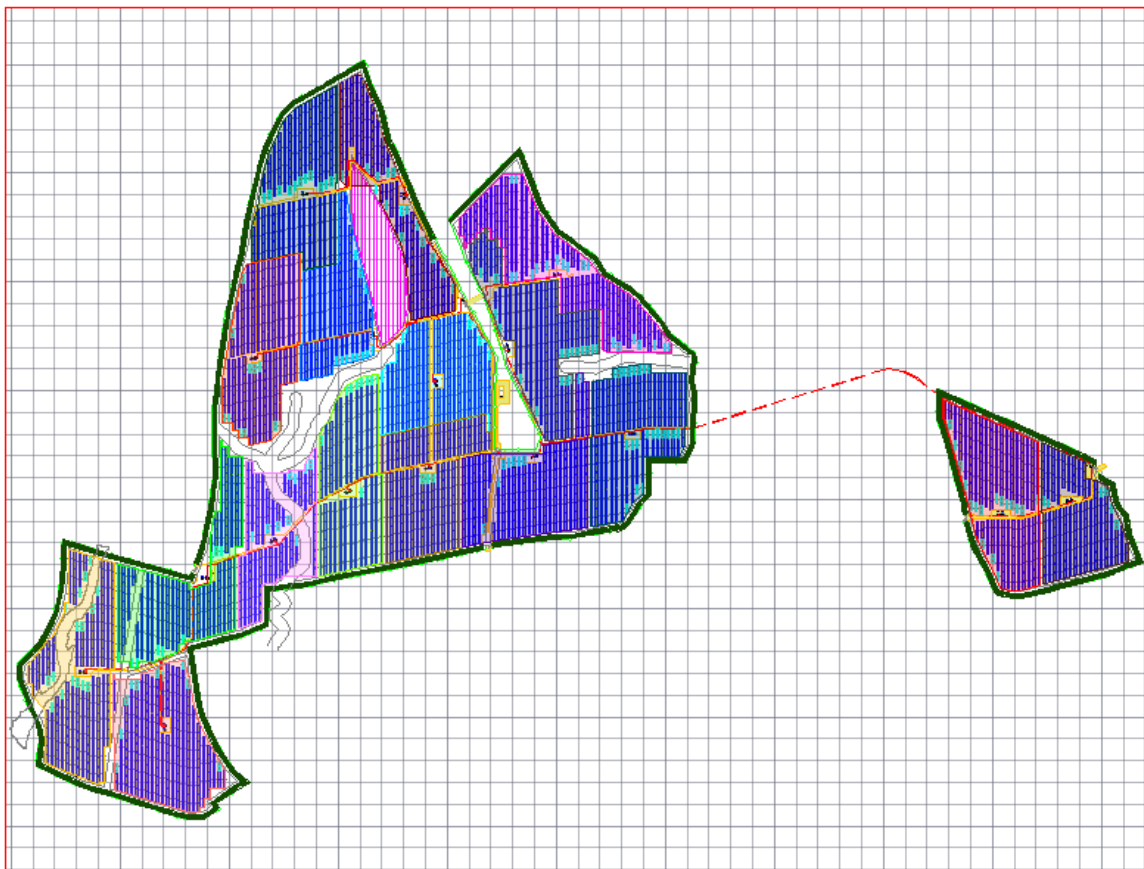
Ne consegue che il numero massimo di moduli fotovoltaici collegabili in serie (per ottenere una stringa fotovoltaica) è pari a 30; la tensione massima a vuoto della stringa fotovoltaica sarà quindi di circa 1498 V, pari alla somma della tensione a vuoto di ciascuno dei 30 moduli fotovoltaici collegati in serie. Il raggiungimento di tale valore è da ritenersi comunque improbabile dato che nella realtà difficilmente potrà presentarsi una situazione di funzionamento a vuoto della stringa con condizioni di irraggiamento massime e temperatura ambiente minima (5°C).

Il generatore fotovoltaico sarà quindi costituito da 3938 stringhe collegate in parallelo tra loro, per una potenza nominale di 79.209,15 kWp.

4.5 Dimensionamento meccanico del sistema

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitore di rotolamento), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 11,8 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Figura 4: Layout inserito nel software PVsyst



Le strutture di supporto sono costituite essenzialmente da tre componenti:

1. I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno (nessuna fondazione prevista);
2. La struttura porta-moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici (in totale a seconda della struttura: 56, 42, 28, 14 moduli disposti su due file in verticale);
3. L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico (controllato da un software), che tramite un'asta collegata al profilato centrale

della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.

Le strutture saranno opportunamente dimensionate per sopportare il peso dei moduli fotovoltaici, considerando il carico da neve e da vento della zona di installazione. La tipologia di struttura prescelta è ottimale per massimizzare la produzione di energia utilizzando i moduli bifacciali.

L'inseguitore solare serve ad ottimizzare la produzione elettrica per effetto fotovoltaico (il silicio cristallino risulta molto sensibile al grado di incidenza della luce che ne colpisce la superficie) ed utilizza la tecnica del backtracking, per evitare fenomeni di ombreggiamento a ridosso dell'alba e del tramonto. In pratica nelle prime ore della giornata e prima del tramonto i moduli non sono orientati in posizione ottimale rispetto alla direzione dei raggi solari, ma hanno un'inclinazione minore (tracciamento invertito). Con questa tecnica si ottiene una maggiore produzione energetica dell'impianto fotovoltaico, perchè il beneficio associato all'annullamento dell'ombreggiamento è superiore alla mancata produzione dovuta al non perfetto allineamento dei moduli rispetto alla direzione dei raggi solari.

4.6 CALCOLO DELLE PRESTAZIONI E DELLA PRODUCIBILITÀ ATTESA

Per il calcolo dell'energia producibile dall'impianto fotovoltaico si è tenuto conto dei seguenti fattori:

- radiazione solare incidente sulla superficie dei moduli fotovoltaici (che è legata a sua volta alla latitudine del sito ed alla riflettanza della superficie antistante i moduli fotovoltaici, e dipende dall'angolo di inclinazione e di orientazione dei moduli stessi);
- temperatura ambiente (media giornaliera su base mensile);
- Perdite di ombreggiamento ombre vicine;
- Perdite di basso irraggiamento;
- Caratteristiche dei moduli fotovoltaici (perdite per qualità modulo e LID) e prestazioni delle stringhe fotovoltaiche (n. di moduli collegati in serie e numero di stringhe collegate in parallelo);
- perdite per disaccoppiamento (o "mismatch");
- perdite ohmiche di cablaggio (cavi DC);
- Perdite inverter (conversione per superamento Pmax);
- Perdite consumi ausiliari e di trasmissione energia (perdite ohmiche AC e trasformatori).

Il calcolo delle prestazioni è stato eseguito utilizzando un software specifico (PVSYST), realizzato dall'università di Ginevra e comunemente utilizzato dalle primarie società operanti nel settore delle energie rinnovabili. I risultati di calcolo sono riportati nell'Allegato 01 del presente documento "Rapporto di Calcolo PVSYST" e si riassumono nella tabella seguente.

Per l'impianto in progetto, considerando la producibilità attesa al P50, il PR risulta essere pari a 88,6%

Tabella 4: Producibilità attesa dell'impianto fotovoltaico

Descrizione	Energia prodotta (MWh/anno)	Produzione specifica (Kwh/kWp/anno)
Producibilità attesa a P50	163,90	2.069,2
Producibilità attesa a P75	158,03	1.995,0
Producibilità attesa a P90	152,73	1.928,5

ALLEGATO 1

RAPPORTO DI CALCOLO PVSYST

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: RAMACCA

Variante: Nuova variante di simulazione

Eliostati illimitati con indetreggiamento

Potenza di sistema: 79.21 MWc

RAMACCA - Italia

Autore

Ing Daniele Cavallo (Italy)



Progetto: RAMACCA

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.4

VCO, Simulato su
23/07/21 15:41
con v7.2.4

Ing Daniele Cavallo (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico RAMACCA Italia	Ubicazione Latitudine 37.45 °N Longitudine 14.75 °E Altitudine 106 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo RAMACCA Meteonorm 7.3 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Simulazione per l'anno no 1	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Orientamento campo FV Orientamento Assi inseguimento orizzontali	Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico Backtracking attivato	Ombre vicine Senza ombre
Informazione sistema Campo FV Numero di moduli 113970 unità Pnom totale 79.21 MWc	Inverter Numero di unità 17 unità Pnom totale 65.87 MWac Limite della potenza di rete 65.00 MWac Rapporto Pnom lim. rete 1.219	
Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)		

Sommario dei risultati

Energia prodotta	163901 MWh/anno	Prod. Specif.	2069 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	88.60 %
------------------	-----------------	---------------	-------------------	----------------------	---------

Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione orizzonte	10
Risultati principali	11
Diagramma perdite	12
Grafici speciali	13
Valutazione P50-P90	14



Parametri principali

Sistema connesso in rete	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Orientamento campo FV	Algoritmo dell'inseguimento	Strategia Backtracking
Orientamento	Calcolo astronomico	N. di eliostati 10 unità
Assi inseguimento orizzontali	Backtracking attivato	Eliostati illimitati
Modelli utilizzati		Dimensioni
Trasposizione Perez		Distanza eliostati 11.8 m
Diffuso Perez, Meteonorm		Larghezza collettori 4.79 m
Circumsolare separare		Fattore occupazione (GCR) 40.6 %
Orizzonte	Ombre vicine	Phi min / max +/- 60.0 °
Altezza media 1.9 °	Senza ombre	Angolo limite indetreggiamento
Sistema a moduli bifacciali		Limiti phi +/- 65.9 °
Modello Calcolo 2D eliostati illimitati		
Geometria del modello bifacciale		Definizioni per il modello bifacciale
Distanza eliostati 11.80 m		Albedo dal suolo 0.30
ampiezza eliostati 4.79 m		Fattore di Bifaccialità 80 %
GCR 40.6 %		Ombreg. posteriore 5.0 %
Altezza dell'asse dal suolo 2.25 m		Perd. Mismatch post. 10.0 %
		Trasparenza del modul FV 0.0 %
Limitazione potenza di rete		
Potenza attiva 65.00 MWac		
Rapporto Pnom 1.219		

Caratteristiche campo FV

Modulo FV		Inverter	
Costruttore Jollywood		Costruttore SMA	
Modello JW-HD132N-695(Full Frame 210) (definizione customizzata dei parametri)		Modello Sunny Central 4200 UP_1.2_prelim (definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit. 695 Wp		Potenza nom. unit. 4200 kWac	
Numero di moduli FV 72810 unità		Numero di inverter 10 unità	
Nominale (STC) 50.60 MWc		Potenza totale 42000 kWac	
Campo #1 - C01		Numero di inverter 1 units	
Numero di moduli FV 7260 unità		Potenza totale 4200 kWac	
Nominale (STC) 5046 kWc			
Moduli 242 Stringhe x 30 In serie		Voltaggio di funzionamento 921-1325 V	
In cond. di funz. (50°C)		Rapporto Pnom (DC:AC) 1.20	
Pmpp 4655 kWc			
U mpp 1070 V			
I mpp 4350 A			



Caratteristiche campo FV

Campo #2 - C02

Numero di moduli FV	7320 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5087 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	244 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4694 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.21
U mpp	1070 V		
I mpp	4385 A		

Campo #3 - C03

Numero di moduli FV	7290 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5067 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	243 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4675 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.21
U mpp	1070 V		
I mpp	4367 A		

Campo #9 - C09

Numero di moduli FV	7290 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5067 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	243 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4675 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.21
U mpp	1070 V		
I mpp	4367 A		

Campo #11 - C11

Numero di moduli FV	7260 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5046 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	242 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4655 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.20
U mpp	1070 V		
I mpp	4350 A		

Campo #12 - C12

Numero di moduli FV	7230 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5025 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	241 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4636 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.20
U mpp	1070 V		
I mpp	4332 A		

Campo #13 - C13

Numero di moduli FV	7290 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	5067 kWc	Potenza totale	4200 kWac
Moduli	243 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	921-1325 V
Pmpp	4675 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.21
U mpp	1070 V		
I mpp	4367 A		



Caratteristiche campo FV

Campo #14 - C14

Numero di moduli FV 7350 unità
 Nominale (STC) 5108 kWc
 Moduli 245 Stringhe x 30 In serie
In cond. di funz. (50°C)
 Pmpp 4713 kWc
 U mpp 1070 V
 I mpp 4403 A

Numero di inverter 1 units
 Potenza totale 4200 kWac
 Voltaggio di funzionamento 921-1325 V
 Rapporto Pnom (DC:AC) 1.22

Campo #15 - C15

Numero di moduli FV 7290 unità
 Nominale (STC) 5067 kWc
 Moduli 243 Stringhe x 30 In serie
In cond. di funz. (50°C)
 Pmpp 4675 kWc
 U mpp 1070 V
 I mpp 4367 A

Numero di inverter 1 units
 Potenza totale 4200 kWac
 Voltaggio di funzionamento 921-1325 V
 Rapporto Pnom (DC:AC) 1.21

Campo #16 - C16

Numero di moduli FV 7230 unità
 Nominale (STC) 5025 kWc
 Moduli 241 Stringhe x 30 In serie
In cond. di funz. (50°C)
 Pmpp 4636 kWc
 U mpp 1070 V
 I mpp 4332 A

Numero di inverter 1 units
 Potenza totale 4200 kWac
 Voltaggio di funzionamento 921-1325 V
 Rapporto Pnom (DC:AC) 1.20

Campo #4 - C04

Modulo FV

Costruttore Jolywood
 Modello JW-HD132N-695(Full Frame 210)
 (definizione customizzata dei parametri)
 Potenza nom. unit. 695 Wp
 Numero di moduli FV 4590 unità
 Nominale (STC) 3190 kWc
 Moduli 153 Stringhe x 30 In serie
In cond. di funz. (50°C)
 Pmpp 2943 kWc
 U mpp 1070 V
 I mpp 2750 A

Inverter

Costruttore SMA
 Modello Sunny Central 2660 UP_1.2_prelim
 (definizione customizzata dei parametri)
 Potenza nom. unit. 2667 kWac
 Numero di inverter 1 units
 Potenza totale 2667 kWac
 Voltaggio di funzionamento 880-1325 V
 Rapporto Pnom (DC:AC) 1.20

Modulo FV

Costruttore Jolywood
 Modello JW-HD132N-695(Full Frame 210)
 (definizione customizzata dei parametri)
 Potenza nom. unit. 695 Wp
 Numero di moduli FV 20910 unità
 Nominale (STC) 14.53 MWc

Inverter

Costruttore SMA
 Modello Sunny Central 4000 UP_1.2_prelim
 (definizione customizzata dei parametri)
 Potenza nom. unit. 4000 kWac
 Numero di inverter 3 unità
 Potenza totale 12000 kWac

Campo #5 - C05

Numero di moduli FV 6990 unità
 Nominale (STC) 4858 kWc
 Moduli 233 Stringhe x 30 In serie
In cond. di funz. (50°C)
 Pmpp 4482 kWc
 U mpp 1070 V
 I mpp 4188 A

Numero di inverter 1 units
 Potenza totale 4000 kWac
 Voltaggio di funzionamento 880-1325 V
 Rapporto Pnom (DC:AC) 1.21



Caratteristiche campo FV

Campo #6 - C06

Numero di moduli FV	6990 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	4858 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	233 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	4482 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.21
U mpp	1070 V		
I mpp	4188 A		

Campo #7 - C07

Numero di moduli FV	6930 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	4816 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	231 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	4444 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.20
U mpp	1070 V		
I mpp	4152 A		

Modulo FV

Costruttore	Jolywood
Modello	JW-HD132N-695(Full Frame 210) (definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit.	695 Wp
Numero di moduli FV	15660 unità
Nominale (STC)	10.88 MWc

Inverter

Costruttore	SMA
Modello	Sunny Central 3060 UP_1.2_prelim (definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit.	3067 kWac
Numero di inverter	3 unità
Potenza totale	9201 kWac

Campo #8 - C08

Numero di moduli FV	5190 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	3607 kWc	Potenza totale	3067 kWac
Moduli	173 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	1003-1325 V
Pmpp	3328 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.18
U mpp	1070 V		
I mpp	3109 A		

Campo #10 - C10

Numero di moduli FV	5250 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	3649 kWc	Potenza totale	3067 kWac
Moduli	175 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	1003-1325 V
Pmpp	3366 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.19
U mpp	1070 V		
I mpp	3145 A		

Campo #17 - C17

Numero di moduli FV	5220 unità	Numero di inverter	1 units
Nominale (STC)	3628 kWc	Potenza totale	3067 kWac
Moduli	174 Stringhe x 30 In serie		
In cond. di funz. (50°C)		Voltaggio di funzionamento	1003-1325 V
Pmpp	3347 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.18
U mpp	1070 V		
I mpp	3127 A		



Progetto: RAMACCA

Variante: Nuova variante di simulazione

Ing Daniele Cavallo (Italy)

PVsyst V7.2.4

VC0, Simulato su
23/07/21 15:41
con v7.2.4

Caratteristiche campo FV

Potenza PV totale

Nominale (STC)	79209 kWp
Totale	113970 moduli
Superficie modulo	354031 m ²
Superficie cella	331721 m ²

Potenza totale inverter

Potenza totale	65868 kWac
N. di inverter	17 unità
Rapporto Pnom	1.20



Perdite campo

Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 1.0 %

Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento
Uc (cost) 29.0 W/m²K
Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdita diodo di serie

Perdita di Tensione 0.7 V
Fraz. perdite 0.1 % a STC

LID - Light Induced Degradation

Fraz. perdite 2.0 %

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.8 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

Degrado medio dei moduli

Anno n° 1
Fattore di perdita annuale 0.4 %/anno

Mismatch dovuto a degrado

Dispersione Imp RMS 0.4 %/anno
Dispersione Vmp RMS 0.4 %/anno

Fattore di perdita IAM

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.990	0.990	0.970	0.960	0.930	0.850	0.000

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale di cablaggio 0.26 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #1 - C01

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #2 - C02

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #3 - C03

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #4 - C04

Res. globale campo 6.4 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #5 - C05

Res. globale campo 4.2 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #6 - C06

Res. globale campo 4.2 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #7 - C07

Res. globale campo 4.2 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #8 - C08

Res. globale campo 5.6 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #9 - C09

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #10 - C10

Res. globale campo 5.6 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #11 - C11

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #12 - C12

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #13 - C13

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #14 - C14

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #15 - C15

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #16 - C16

Res. globale campo 4.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #17 - C17

Res. globale campo 5.6 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC



Perdite sistema

indisponibilità del sistema

frazione di tempo 0.8 %
3.0 giorni,
3 periodi

Perdite ausiliarie

Ventilatori costanti 34.0 kW
2.0 kW dalla soglia di potenza

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 630 Vac tri
Fraz. perdite 0.04 % a STC

Inverter: Sunny Central 4200 UP_1.2_prelim, Sunny Central 2660 UP_1.2_prelim, Sunny Central 4000 UP_1.2_prelim, Sunny Central 3060 UP_1.2_prelim

Sezione cavi (17 Inv.) All 17 x 3 x 5000 mm²
Lunghezza media dei cavi 6 m

Linea MV fino alla iniezione

Voltaggio MV 30 kV
Media ciascun inverter
Conduttori All 3 x 1200 mm²
Lunghezza 14500 m
Fraz. perdite 0.19 % a STC

Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV

Tensione rete 30 kV

Perdite di operazione in STC

Potenza nominale a STC 77699 kVA
Perdita ferro (scollegato di notte) 4.57 kW/Inv.
Fraz. perdite 0.10 % a STC
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.87 mΩ/inv.
Fraz. perdite 1.00 % a STC



Progetto: RAMACCA

Variante: Nuova variante di simulazione

PVsyst V7.2.4
VCO, Simulato su
23/07/21 15:41
con v7.2.4

Ing Daniele Cavallo (Italy)

Definizione orizzonte

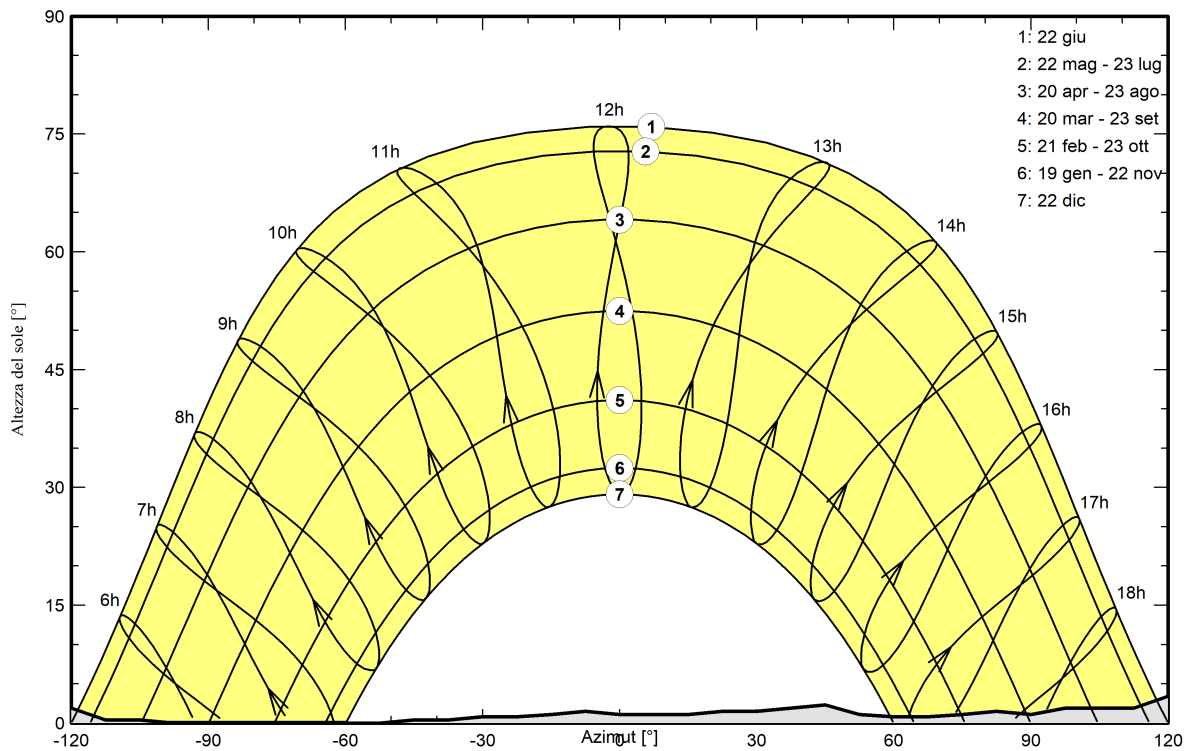
Altezza media	1.9 °	Fattore su albedo	0.90
Fattore su diffuso	0.97	Frazione albedo	100 %

Profilo dell'orizzonte

Azimut [°]	-180	-143	-135	-120	-113	-105	-98	-53	-45	-38	-30
Altezza [°]	4.2	4.2	1.9	1.9	0.4	0.4	0.0	0.0	0.4	0.4	0.8
Azimut [°]	-23	-15	-8	0	15	23	30	38	45	53	60
Altezza [°]	0.8	1.1	1.5	1.1	1.1	1.5	1.5	1.9	2.3	1.1	0.8
Azimut [°]	68	75	83	90	98	113	120	135	143	180	
Altezza [°]	0.8	1.1	1.5	1.1	1.9	1.9	3.4	3.4	4.2	4.2	

Percorsi del sole (diagramma altezza / azimut)

Horizon from PVGIS website API, Lat=37°26"55', Long=14°44"49', Alt=106m





Risultati principali

Produzione sistema

Energia prodotta 163901 MWh/anno

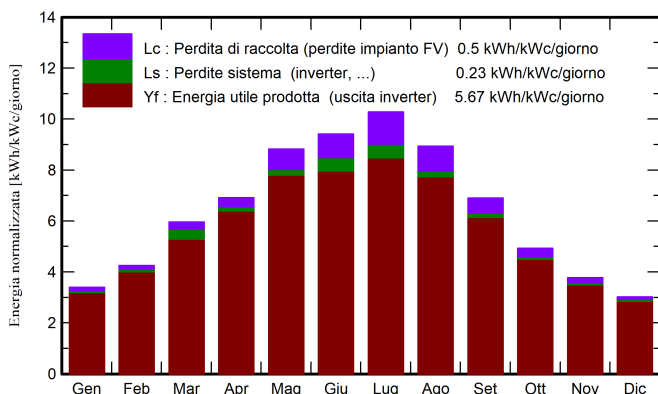
Prod. Specif.

2069 kWh/kWc/anno

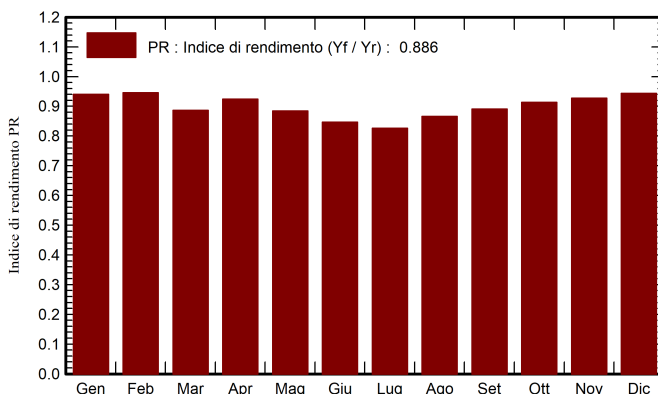
Indice di rendimento PR

88.60 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	76.5	25.93	9.75	105.4	101.8	8065	7858	0.941
Febbraio	92.0	40.07	9.73	119.0	114.8	9142	8909	0.945
Marzo	141.3	57.40	12.36	184.9	179.5	13976	12991	0.887
Aprile	164.5	79.42	14.67	207.5	201.4	15614	15193	0.925
Maggio	211.3	77.69	19.43	273.7	266.6	19715	19165	0.884
Giugno	219.2	81.34	23.71	282.5	275.5	20186	18938	0.846
Luglio	240.7	64.92	27.28	318.6	311.4	22158	20843	0.826
Agosto	208.7	66.96	27.43	277.0	270.3	19545	19013	0.866
Settembre	157.0	57.24	23.32	207.0	201.5	15008	14612	0.891
Ottobre	118.0	49.87	19.69	152.8	147.8	11343	11057	0.913
Novembre	82.9	29.61	14.72	113.1	109.2	8523	8308	0.928
Dicembre	69.9	27.33	11.43	93.8	90.4	7193	7013	0.944
Anno	1782.0	657.77	17.85	2335.5	2270.3	170467	163901	0.886

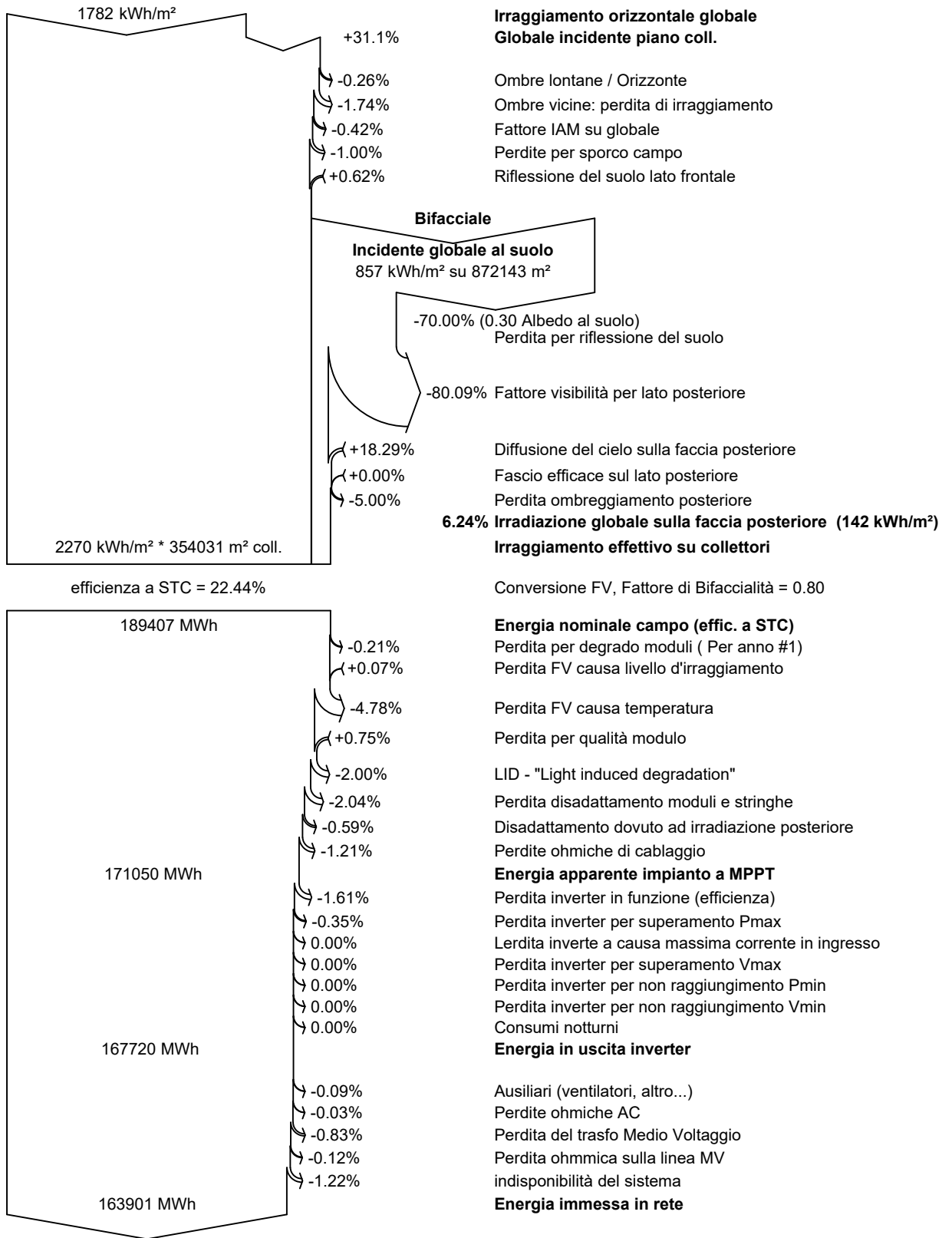
Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.
 T_Amb Temperatura ambiente
 GlobInc Globale incidente piano coll.
 GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

EArray Energia effettiva in uscita campo
 E_Grid Energia immessa in rete
 PR Indice di rendimento



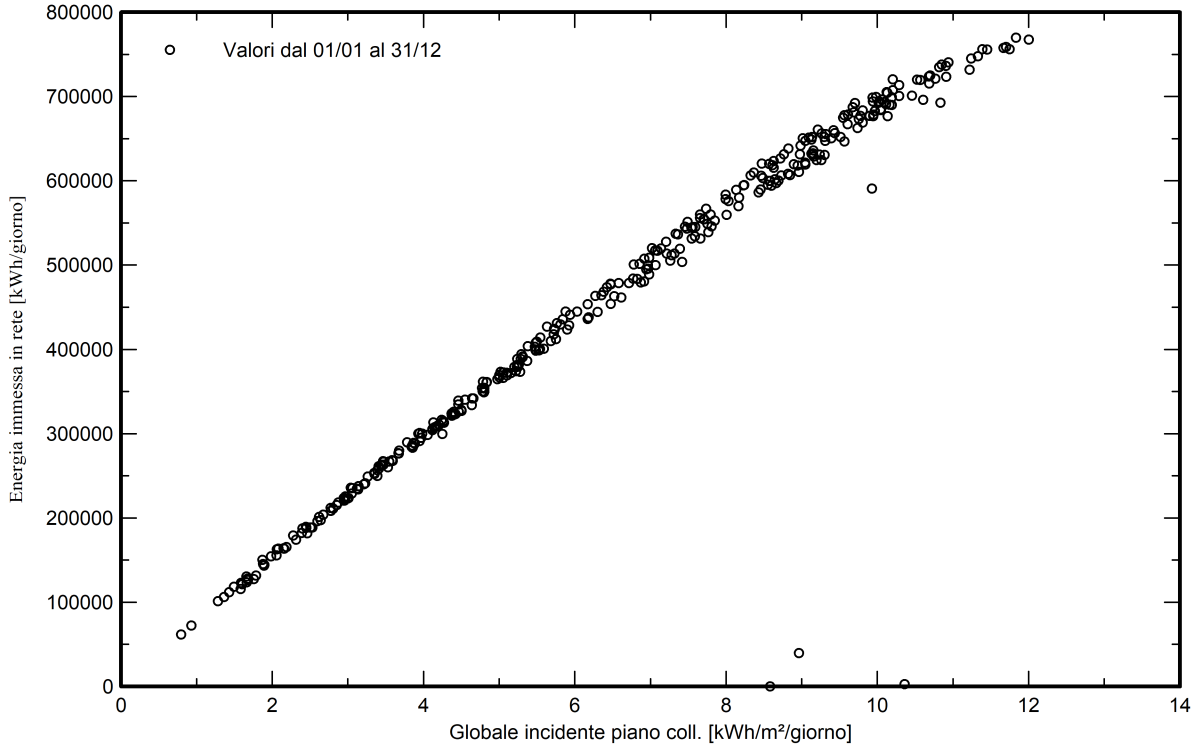
Diagramma perdite



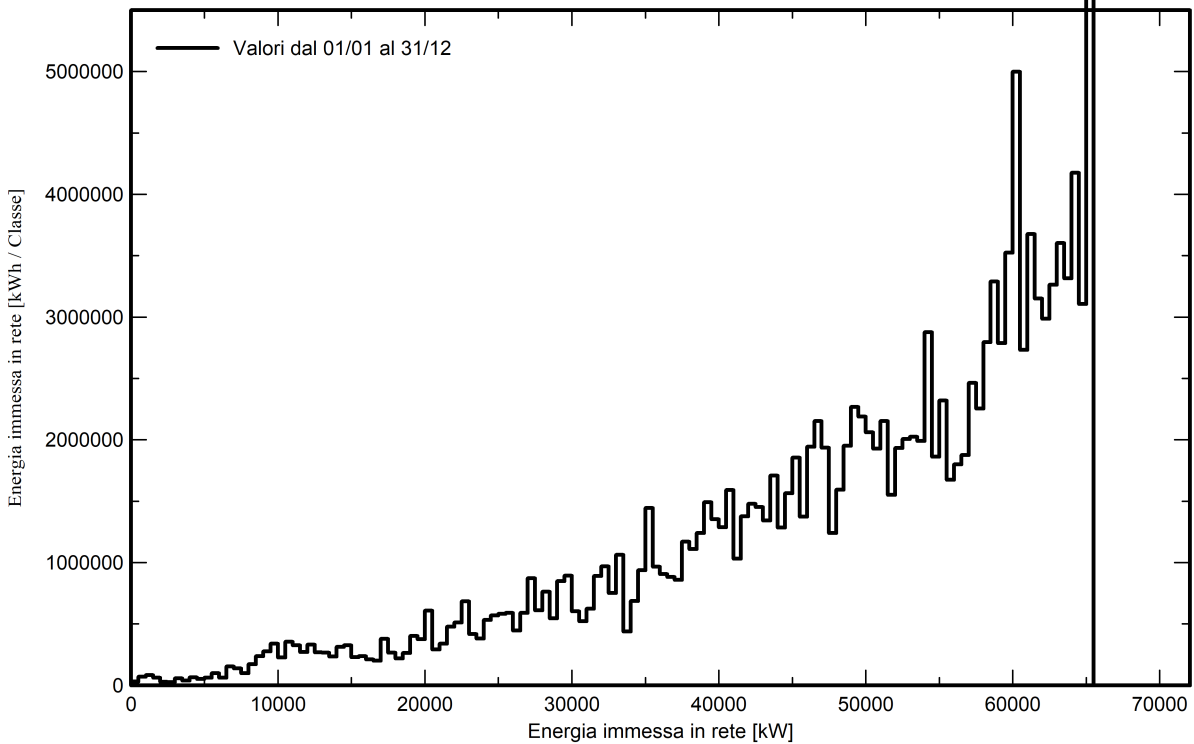


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema





Valutazione P50-P90

Dati meteo

Origine dati meteo Norm 7.3 (1989-2003), Sat=100%
Tipo TMY, multi anno
Differenza da anno in anno (Varianza) 5.0 %

Deviazione Standard

Cambiamento Climatico 0.0 %

Variabilità globale

Variabilità (Somma quadratica media) 5.3 %

Incertezze dei parametri e simulazione

settaggio parametri modulo FV	1.0 %
Incertezza nella stima efficienza inverter	0.5 %
Incertezze di disadattamento e sporcizia	1.0 %
Incertezza nella stima del degrado	1.0 %

Valore di probabilità associato alla produzione

Variabilità	8.71 GWh
P50	163.90 GWh
P90	152.73 GWh
P75	158.03 GWh

Distribuzione di probabilità

