

Wood Solare Italia S.r.l.

**Impianto agro-fotovoltaico da 37.613,4 kWp
(33.860 kW in immissione)**

Comune di Manfredonia (FG)

Progetto Definitivo Impianto agro-fotovoltaico

Allegato 06 - Rapporto di producibilità energetica



Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n.1220

Rev. 0

Febbraio 2022

wood.

Indice

1	Oggetto e scopo.	3
2	Definizioni.	4
3	Dati di progetto.	6
4	Sito di installazione.	7
4.1	Radiazione solare media annua.	7
4.1.1	Atlante solare.	7
4.1.2	Radiazione solare media annua su base giornaliera nel sito di riferimento.	8
4.2	Caratteristiche elettriche del modulo fotovoltaico.	9
4.3	Caratteristiche gruppo di conversione cc/ca (inverter) e trasformatore elevatore	10
4.4	Dimensionamento elettrico del sistema.	10
4.5	Dimensionamento meccanico del sistema.	11
4.6	Calcolo delle prestazioni e della producibilità attesa.	12

Elenco Appendici

Num.	Oggetto
A	Rapporto di calcolo PVsyst

Questo documento è di proprietà di Wood Solare Italia 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 Wood Solare Italia 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 37.613,4 kWp (33.860 kW in immissione) che la società Wood Solare Italia S.r.l. intende realizzare nel Comune di Manfredonia (FG), in località di Amendola.

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 (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 (IEC/TS 61836)
- Campo fotovoltaico/generatore fotovoltaico: Insieme di tutte le schiere fotovoltaiche di un sistema dato (IEC/TS 61836)
- 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 IEC/TS 61836 consistono in:
 - o Temperatura di giunzione di cella: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
 - o Irraggiamento sul piano del dispositivo: $1\ 000\text{ W/m}^2$ e BNPI per moduli bifacciali
 - 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 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/m^2)
- 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/m^2
- 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 (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 (VOC,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 Manfredonia (FG) in località di Amendola e più precisamente in una zona situata a latitudine 41.52° N, longitudine 15.74° E; l'elevazione media del sito risulta essere intorno ai 33 m s.l.m.

Il terreno si presenta libero da ostacoli e pianeggiante.

4.1 Radiazione solare media annua.

4.1.1 Atlante solare.

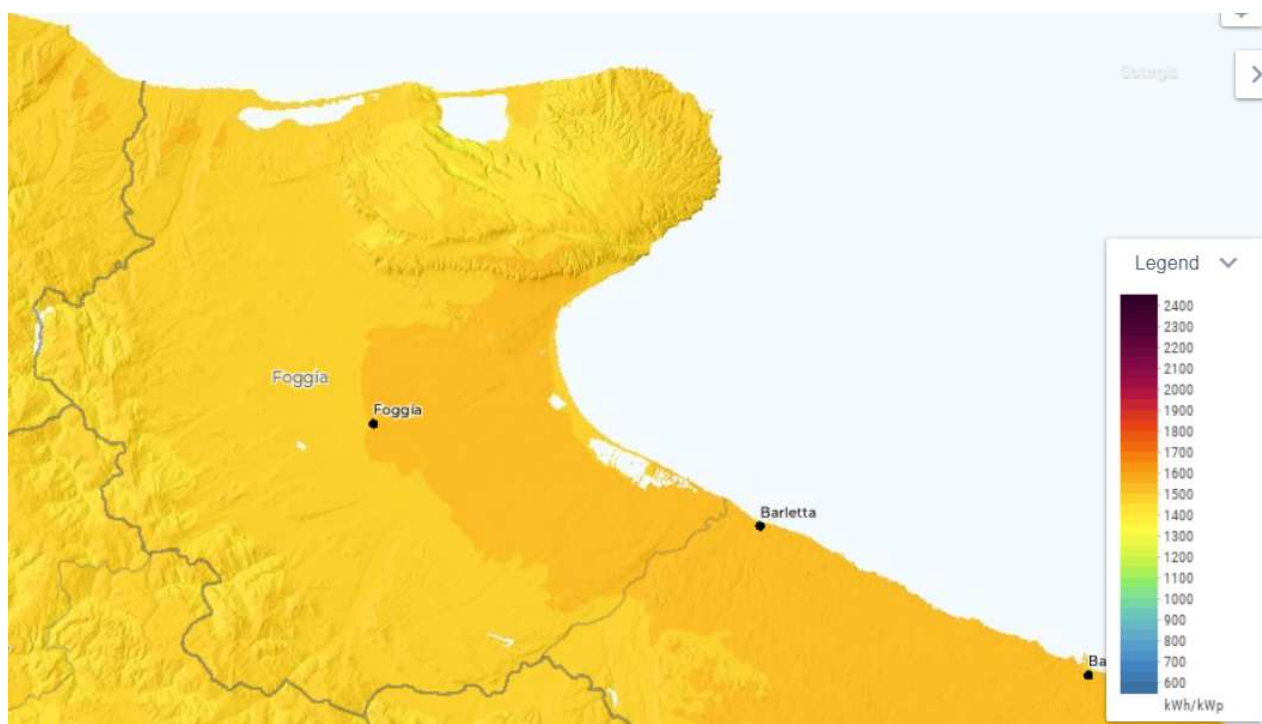


Figura 4-1: Atlante solare Puglia (Fonte: globalsolaratlas.info)



Figura 4-2: Atlante solare Italiano (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 Puglia che dispone di dati climatici storici riportati in molteplici database.

Il database internazionale MeteoNorm (Rif. Meteonorm 7.3) 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 Amendola.

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

Tabella 4-1: Dati di irraggiamento (Meteonorm 7.3) 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	59.9	26.78	7.06	81.0	76.9	3005	2888	0.948
Febbraio	77.5	34.69	7.41	103.6	99.6	3862	3723	0.955
Marzo	125.8	52.60	10.98	164.2	159.3	6046	5832	0.944
Aprile	157.3	67.01	14.00	200.9	195.7	7311	7053	0.934
Maggio	196.0	74.94	20.09	252.3	246.2	8889	8576	0.904
Giugno	206.9	78.48	24.17	269.5	263.7	9370	9047	0.892
Luglio	209.2	79.56	27.45	271.5	265.2	9339	9021	0.883
Agosto	187.7	69.61	26.90	247.9	242.4	8561	8268	0.887
Settembre	139.6	55.21	21.25	184.6	179.5	6520	6296	0.907
Ottobre	107.7	37.54	17.85	145.5	141.0	5218	5035	0.920
Novembre	60.7	29.14	12.32	79.4	75.5	2902	2788	0.934
Dicembre	49.2	24.48	8.60	64.9	61.1	2390	2289	0.937
Anno	1577.4	630.04	16.56	2065.4	2006.0	73413	70816	0.912

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 4- 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 nella seguente tabella:

Tabella 4-3: Caratteristiche preliminari sistemi inverter/trasformatore

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	880 V - 1325 V
Corrente massima in ingresso	secondo taglia
Potenza nominale in uscita (CA)	secondo taglia
Potenza max in uscita @cos φ=1 @ T=25°(CA)	3067/ 4400 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 1494 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 (2°C).

Il generatore fotovoltaico sarà quindi costituito da 1804 stringhe collegate in parallelo tra loro, per una potenza nominale di 37.613,4 kWp.

4.5 Dimensionamento meccanico del sistema.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitore di rollio), 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 11,5 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

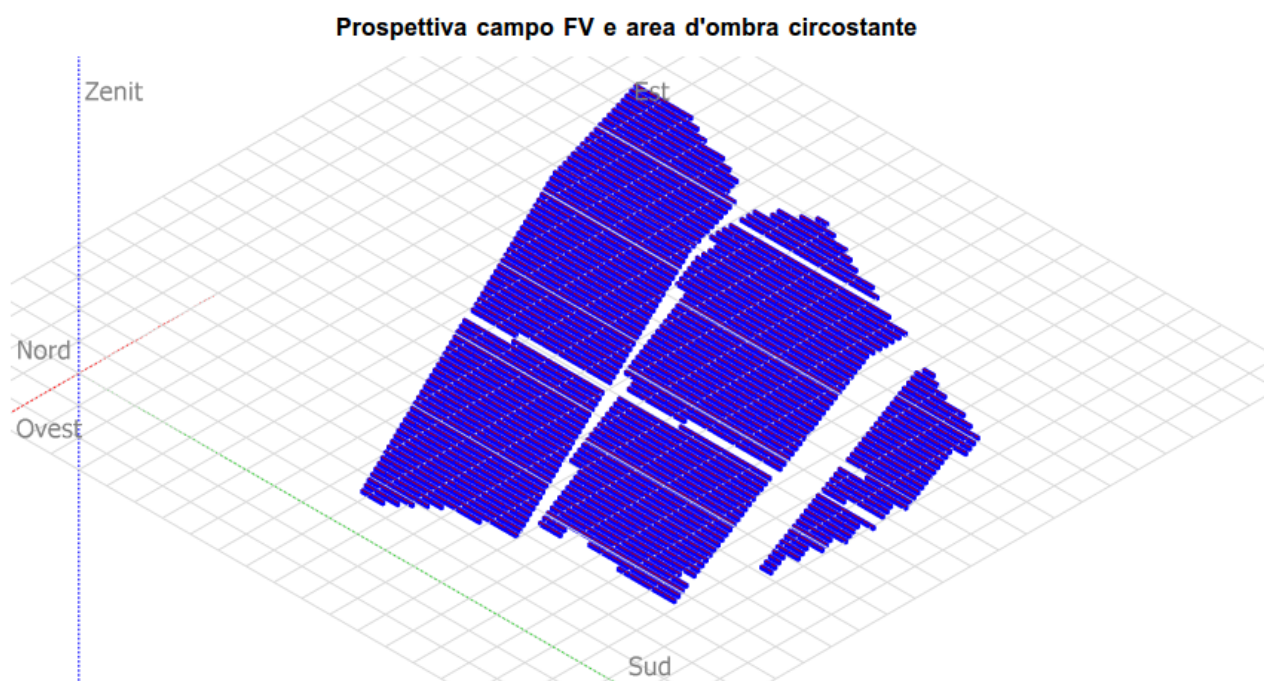


Figura 4-3: Layout inserito nel software PVsyst

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: 60 e 30 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, perché 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'Appendice A della presente relazione e si riassumono nella tabella seguente.

Per l'impianto in progetto, considerando la producibilità attesa al P50, il PR risulta essere pari a 91,15% .

Tabella 4-4: Producibilità attesa dell'impianto fotovoltaico

Descrizione	Energia prodotta (MWh/anno)	Produzione specifica (kWh/kWp/anno)
Producibilità attesa a P50	70.816	1883
Producibilità attesa a P75	69.002	1835
Producibilità attesa a P90	67.367	1791

APPENDICE A

RAPPORTO DI CALCOLO PVSYST

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

Progetto : Simulazione Manfredonia**Luogo geografico** Manfredonia Paese Italia

Ubicazione	Latitudine	41.52° N	Longitudine	15.74° E
Tempo definito come	Ora legale	Fuso orario TU+1	Altitudine	33 m
	Albedo	0.20		

Dati meteo: Manfredonia Meteonorm 7.3 (1986-2005) - Sintetico**Variante di simulazione :** Simulazione Finale Manfredonia

Data di simulazione 28/01/22 12h23

Parametri di simulazione Tipo di sistema **Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)**

Piano a inseguimento, asse inclinato	Inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°
Limitazioni di rotazione	Phi minimo	-60°	Phi massimo	60°
	Algoritmo dell'inseguimento	Calcolo astronomico		

Strategia Backtracking	N. di eliostati	1864	Campo (array) identico	
	Distanza eliostati	11.5 m	Larghezza collettori	4.79 m
Angolo limite indetreggiamento	Limiti phi	+/- 65.3°		Fattore di occupazione (GCR) 41.7%

Modelli utilizzati	Trasposizione	Perez	Diffuso	Perez, Meteonorm
			Circumsolare	separare

Orizzonte Orizzonte libero**Ombre vicine** Ombre lineari

Sistema a moduli bifacciali	Modello	, eliostati illimitati Calcolo 2D		
	Distanza eliostati	11.50 m	ampiezza eliostati	4.79 m
	Angolo limite indetreggiamento	65.3°	GCR	41.7 %
	Albedo dal suolo	0.30	Altezza dell'asse dal suolo	2.70 m
Fattore di ripartizione delle faccie associato al modulo FV	Fattore di ombreggiamento posteriore	5.0 %		
Trasparenza del modul FV	Perdite per Mismatch posteriori	10.0 %		

Bisogni dell'utente : Carico illimitato (rete)

Limitazione potenza di rete	Potenza attiva	33.9 MW	Rapporto Pnom	1.111
------------------------------------	----------------	---------	---------------	-------

Caratteristiche campi FV (8 tipi di campi definiti)

Modulo FV	Si-mono	Modello	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Jollywood	

Sottocampo**#1 - C01**

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	233 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	6990	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4858 kWc	In cond. di funz.	4480 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4180 A

#2 - C02

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	235 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	7050	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4900 kWc	In cond. di funz.	4519 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4216 A

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

#3 - C03

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	234 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	7020	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4879 kWc	In cond. di funz.	4500 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4198 A

#4 - C04

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	234 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	7020	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4879 kWc	In cond. di funz.	4500 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4198 A

#5 - C05

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	232 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	6960	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4837 kWc	In cond. di funz.	4461 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4162 A

#6 - C06

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	237 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	7110	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4941 kWc	In cond. di funz.	4557 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4252 A

#7 - C07

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	227 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	6810	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4733 kWc	In cond. di funz.	4365 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	4072 A

#8 - C08

Numero di moduli FV	In serie	30 moduli	In parallelo	172 stringhe
Numero totale di moduli FV	n. di moduli	5160	Potenza nom. unit.	695 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	3586 kWc	In cond. di funz.	3307 kWc (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	1072 V	I mpp	3086 A

Totale Potenza globale campi	Nominale (STC)	37613 kWp	Totale	54120 moduli
	Superficie modulo	168116 m²	Superficie cella	157522 m ²

Sottocampo - Inverter

#1 - C01

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.10
	N. di inverter	1 unità		

#2 - C02

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.11
	N. di inverter	1 unità		

#3 - C03

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.11
	N. di inverter	1 unità		

#4 - C04

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.11
	N. di inverter	1 unità		

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

#5 - C05

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.10
	N. di inverter	1 unità		

#6 - C06

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.12
	N. di inverter	1 unità		

#7 - C07

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	4400 kWac	Tensione funz.	962-1325 V
	Potenza totale	4400 kWac	Rapporto Pnom	1.08
	N. di inverter	1 unità		

#8 - C08

definizione customizzata dei parametri	Modello	Sunny Central 3060 (1)		
Caratteristiche	Costruttore	SMA		
Gruppo di inverter	Potenza nom. unit.	3067 kWac	Tensione funz.	1003-1325 V
	Potenza totale	3067 kWac	Rapporto Pnom	1.17
	N. di inverter	1 unità		

Fattori di perdita campo FV

Fatt. di perdita termica	Uc (cost)	29.0 W/m ² K	Uv (vento)	0.0 W/m ² K / m/s
Perdita ohmica di cablaggio	Campo #1	4.2 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #2	4.2 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #3	4.2 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #4	4.2 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #5	4.2 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #6	4.1 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #7	4.3 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo #8	5.7 m	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Globale		Fraz. perdite	1.5 % a STC
Perdita diodo di serie	Perdita di Tensione	0.7 V	Fraz. perdite	0.1 % a STC
LID - Light Induced Degradation			Fraz. perdite	1.0 %
Perdita di qualità moduli			Fraz. perdite	-0.4 %
Perdite per mismatch del modulo			Fraz. perdite	1.0 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe			Fraz. perdite	0.10 %

#1 - C01

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel antiriflesso, nVetro=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

#2 - C02

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel antiriflesso, nVetro=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

#3 - C03

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel antiriflesso, nVetro=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Sistema connesso in rete: Definizione ombre vicine

Progetto : Simulazione Manfredonia

Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
Ombre vicine	Ombre lineari			
Orientamento inseguitori, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc	
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale	37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom	4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom	3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale	33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

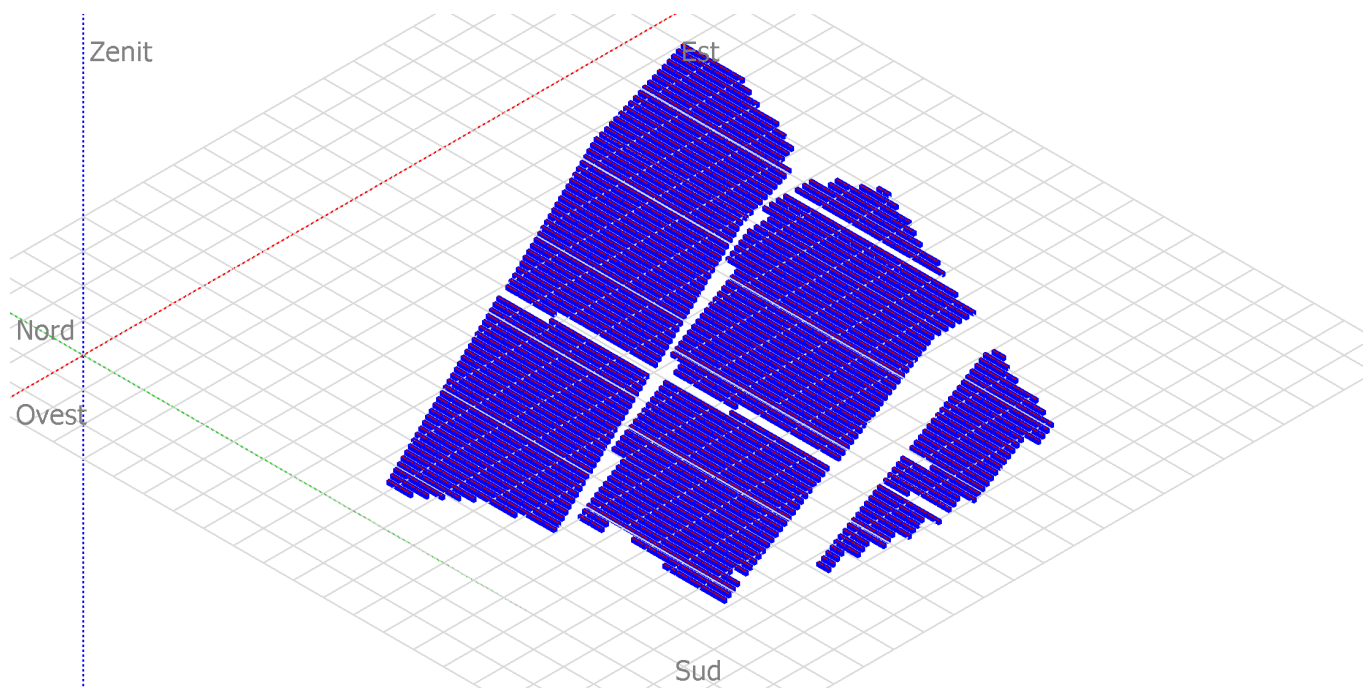
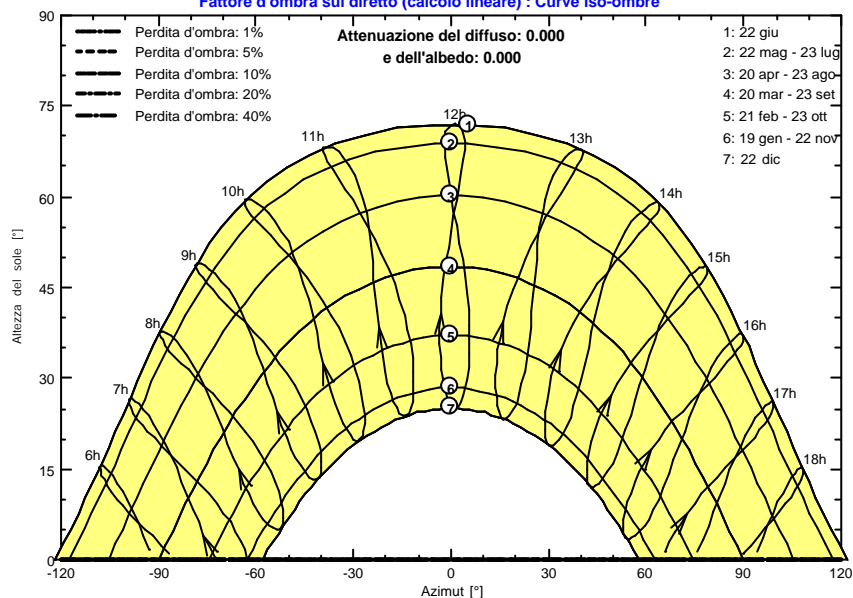


Diagramma iso-ombre

Simulazione Manfredonia

Fattore d'ombra sul diretto (calcolo lineare) : Curve iso-ombre



Sistema connesso in rete: Risultati principali

Progetto : Simulazione Manfredonia

Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema Tipo di sistema **Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)**

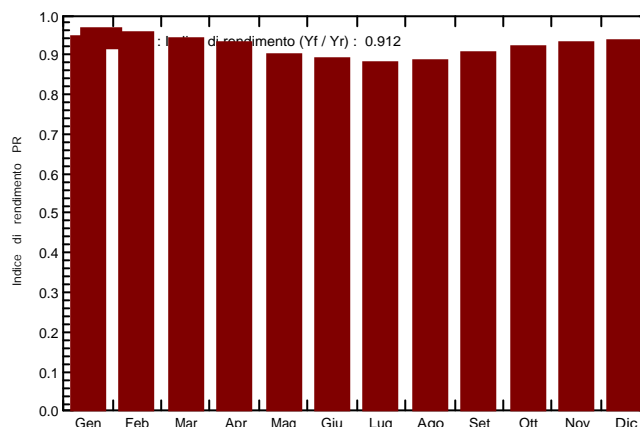
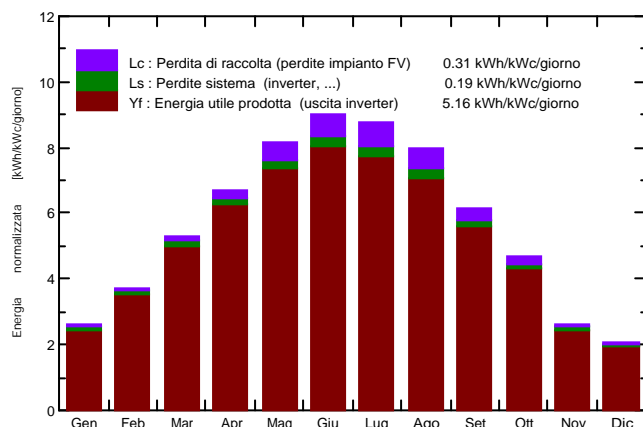
Ombre vicine	Ombre lineari		
Orientamento inseguitori	asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut 0°
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale 37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom 4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom 3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale 33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Risultati principali di simulazione

Produzione sistema **Energia prodotta 70816 MWh/anno** Prod. spec. 1883 kWh/kWc/anno
 Indice di rendimento PR 91.15 %

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 37613 kWc

Indice di rendimento PR



Simulazione Finale Manfredonia 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	59.9	26.78	7.06	81.0	76.9	3005	2888	0.948
Febbraio	77.5	34.69	7.41	103.6	99.6	3862	3723	0.955
Marzo	125.8	52.60	10.98	164.2	159.3	6046	5832	0.944
Aprile	157.3	67.01	14.00	200.9	195.7	7311	7053	0.934
Maggio	196.0	74.94	20.09	252.3	246.2	8889	8576	0.904
Giugno	206.9	78.48	24.17	269.5	263.7	9370	9047	0.892
Luglio	209.2	79.56	27.45	271.5	265.2	9339	9021	0.883
Agosto	187.7	69.61	26.90	247.9	242.4	8561	8268	0.887
Settembre	139.6	55.21	21.25	184.6	179.5	6520	6296	0.907
Ottobre	107.7	37.54	17.85	145.5	141.0	5218	5035	0.920
Novembre	60.7	29.14	12.32	79.4	75.5	2902	2788	0.934
Dicembre	49.2	24.48	8.60	64.9	61.1	2390	2289	0.937
Anno	1577.4	630.04	16.56	2065.4	2006.0	73413	70816	0.912

Legenda: GlobHor Irraggiamento orizzontale globale GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz. EArray Energia effettiva in uscita campo
 T_Amb T amb. E_Grid Energia immessa in rete
 GlobInc Globale incidente piano coll. PR Indice di rendimento

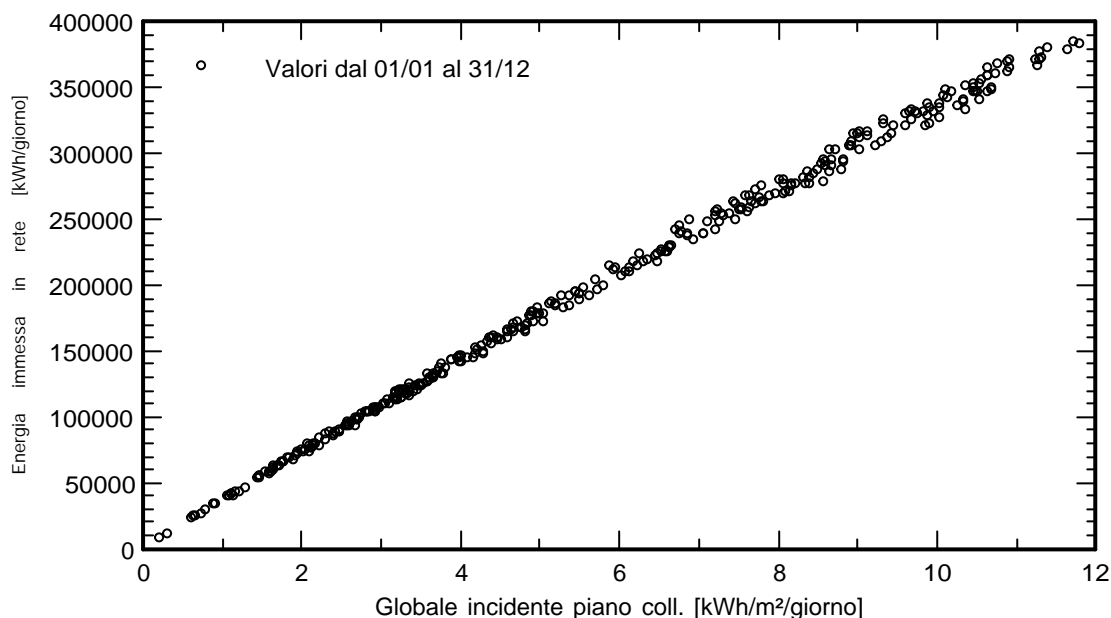
Sistema connesso in rete: Grafici speciali

Progetto : Simulazione Manfredonia

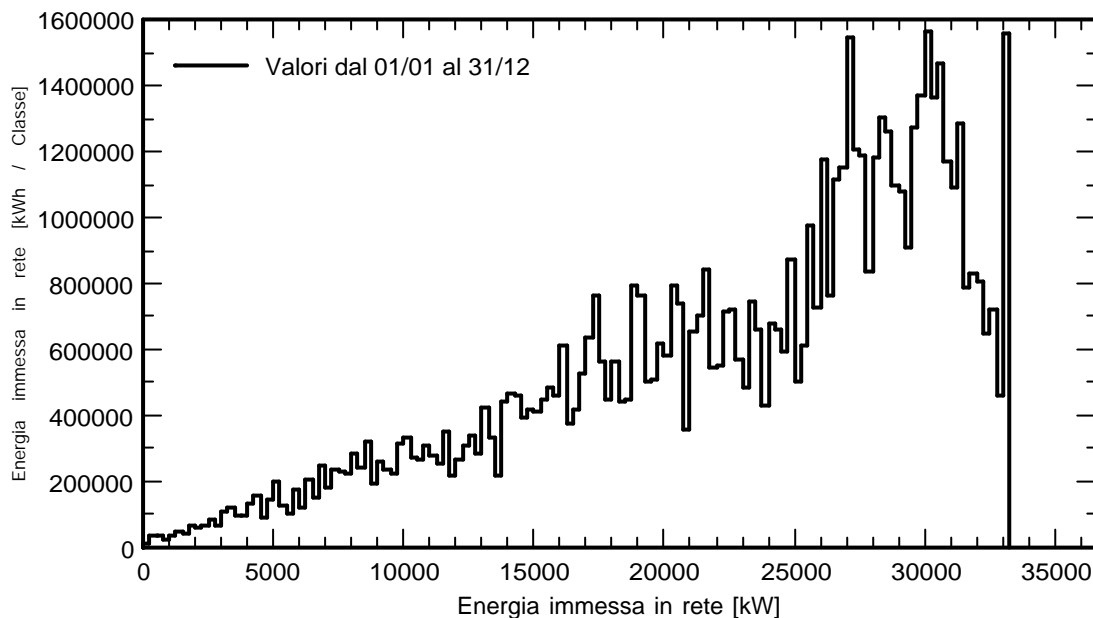
Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
Ombre vicine	Ombre lineari			
Orientamento inverter	asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc	
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale	37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom	4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom	3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale	33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



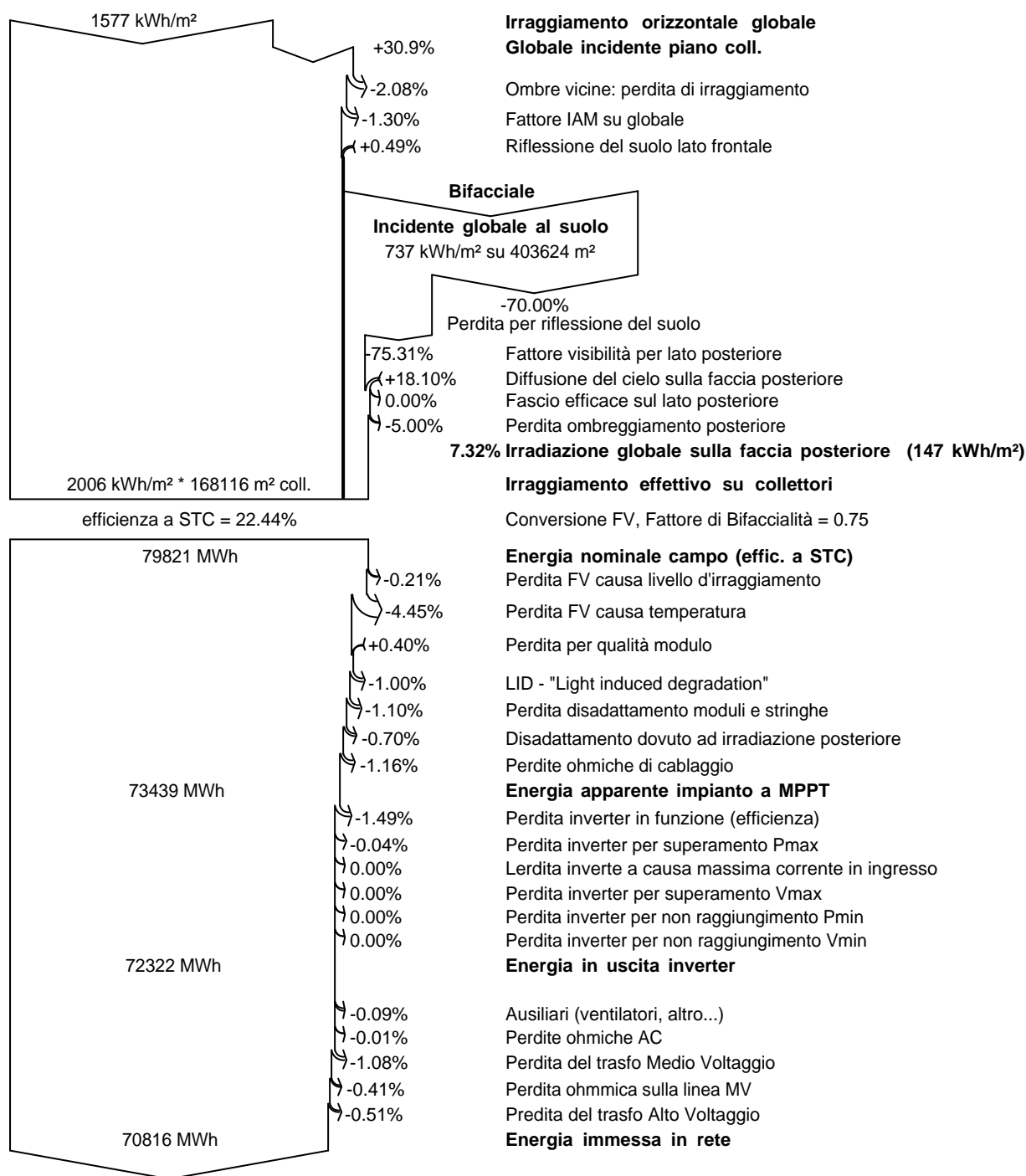
Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

Progetto : Simulazione Manfredonia

Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
Ombre vicine	Ombre lineari			
Orientamento inseguitore, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc	
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale	37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom	4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom	3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale	33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Diagramma perdite sull'anno intero



Sistema connesso in rete: Valutazione P50-P90

Progetto : Simulazione Manfredonia

Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
Ombre vicine	Ombre lineari			
Orientamento inseguitori FV, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc	
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale	37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom	4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom	3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale	33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Valutazione della probabile previsione di produzione

La distribuzione della probabilità di previsione del sistema per diversi anni È dipendente principalmente sui dati meteo usati per la simulazione, e dipende sulle seguenti scelte:

Origine dati Meteo	Meteonorm 7.3 (1986-2005)
Dati meteo	Tipo TMY, multi anno
Deviazione Standard	Cambiamento Climatico 0.0 %
Differenza da anno in anno	Varianza 3.3 %

La varianza della probabilità di distribuzione è anche dipendente dalla incertezza di alcuni parametri del sistema

Deviazione Standard	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 %
Variabilità globale	Varianza	3.8 % (Somma quadratica media)

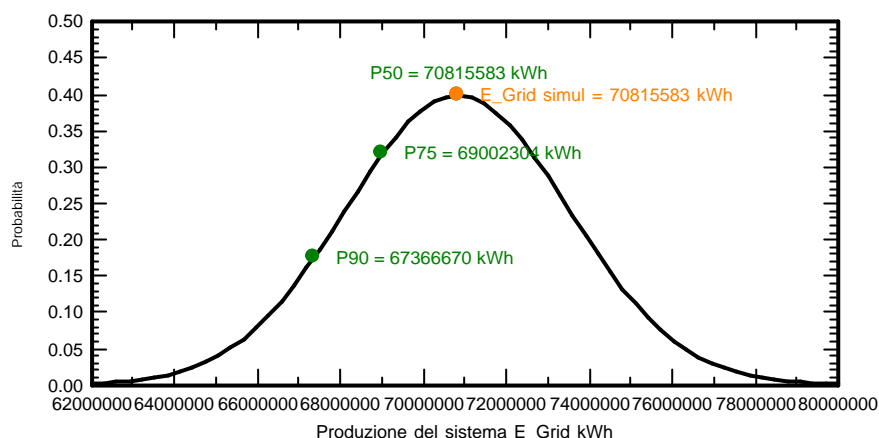
Valore di probabilità associato alla produzione **Variabilità 2690 MWh**

P50 70816 MWh

P90 67367 MWh

P75 69002 MWh

Distribuzione di probabilità



Sistema connesso in rete: CO2 Balance

Progetto : Simulazione Manfredonia

Variante di simulazione : Simulazione Finale Manfredonia

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)		
Ombre vicine	Ombre lineari			
Orientamento inseguitori FV, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Asse dell'azimut	0°	
Moduli FV	JW-HD132N-695(Full Frame 210)OK	Pnom	695 Wc	
Campo FV	Numero di moduli	54120	Pnom totale	37613 kWc
Inverter	Modello	Sunny Central 4400 UP (1)	Pnom	4400 kW ac
Inverter	Modello	Sunny Central 3060 (1)	Pnom	3067 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	8.0	Pnom totale	33867 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Emissioni generate	Totale:	76337.06 tCO		
	Fonte:	Calcolo dettagliato dalla tabella in basso:		
Emissioni evitate	Totale:	898649.7 tCO		
	Produzione del sistema:	70815.58 MWh/an	Durata di vita:	30 anni
			Degradazione annua:	0.4%
	Emissioni durante il ciclo di vita:	423 gCO /kWh		
	Fonte:	Lista IEA	Paese:	Italy
Bilancio delle Emissioni di CO	Totale:	772085.4 tCO		

Dettagli delle emissioni del sistema nel ciclo di vita:

Elemento	Moduli	Supporti	Inverter
LCE (ciclo vitale energia)	1713 kgCO2/kWc	4.40 kgCO2/Kg	436 kgCO2/unità
Quantità	37613 kWc	2706000 Kg	8.00 unità
Subtotale [kgCO]	64421222	11912353	3489

