

NOVEMBRE 2023

SOLAR CAPITAL 5 S.R.L.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 44 MW



COMUNE DI TORREMAGGIORE (FG)

Montagna

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Calcolo di producibilità

Progettista

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

Codice elaborato

2748_5572_TM_VIA_R18_Rev0_Calcolo Producibilità

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_5572_TM_VIA_R18_Rev0_Calcolo Producibilità	11/2023	Prima emissione	G.d.L.	CP	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Daniele Crespi	Project Manager e Coordinamento SIA	
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Marco Corrà	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Elena Comi	Biologo	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturista	
Graziella Cusmano	Architetto	
Raffaella Bertolini	Esperto Ambientale	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	Ordine Ingegneri Siracusa n.2216

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Felice Stoico	Archeologo	
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. DATI CLIMATICI	6
3. RISULTATI.....	7



1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo Solar Capital 5 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni a Sud-Ovest del comune di Foggia, nel territorio comunale di Torremaggiore di potenza pari a 44 MW su un'area catastale di circa 84,49 ettari complessivi di cui circa 60,39 ettari recintati.

Solar Capital 5 S.r.l. è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Torremaggiore (FG). Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'opera ha dei contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati mitigati. Il progetto sarà eseguito in regime "agrivoltaico" che produce energia elettrica "zero emission" da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l'attività agricola, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno.

Le strutture saranno posizionate in maniera da consentire lo sfruttamento agricolo ottimale del terreno; pertanto, saranno poste ad una distanza tra loro di 9,50 metri per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento. Saranno utilizzate due tipologie di strutture, una da 52 moduli (Tipo 1) e l'altra da 26 moduli (Tipo 2).

I terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo ed è prevista una piantumazione e coltivazione di ulivi.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 72,70% mentre la LAOR (percentuale di superficie ricoperta dai moduli) è pari al 38,77%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "San Severo 380 – Rotello 380".

Il presente documento costituisce la Relazione Descrittiva Generale del Progetto Definitivo redatto, insieme con i suoi allegati, nel rispetto delle Linee Guida "Disciplina del procedimento unico di autorizzazione alla realizzazione ed all'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili" approvate con DGR 28 dicembre 2010, n. 3029.

Il presente documento costituisce la Relazione di calcolo della producibilità dell'impianto.

La simulazione prende in esame un anno tipo ed è stata effettuata tramite il programma per sistemi fotovoltaici PVSyst v.7.4.0.



2. DATI CLIMATICI

Il database internazionale PVGIS rende disponibili i dati meteorologici e l'attendibilità dei dati contenuti nel database è internazionalmente riconosciuta, possono quindi essere usati per l'elaborazione statistica per la stima di radiazione solare per il sito in esame.

Di seguito si riportano i dati meteorologici assunti.

	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	66.3	26.65	8.94	84.5	77.8	3355	3304	0.888
Febbraio	72.1	32.88	7.01	90.1	84.3	3648	3591	0.906
Marzo	101.6	51.60	10.39	122.7	115.3	4908	4830	0.895
Aprile	163.9	62.24	14.22	204.6	194.9	8074	7947	0.883
Maggio	204.3	69.73	17.60	254.1	242.9	9891	9732	0.870
Giugno	219.4	71.13	22.84	271.8	260.2	10385	10212	0.854
Luglio	236.1	62.23	28.48	299.8	287.6	11211	11021	0.835
Agosto	202.5	63.92	27.39	253.8	243.1	9606	9449	0.846
Settembre	132.9	53.83	20.52	165.5	157.1	6413	6309	0.866
Ottobre	84.9	43.19	16.63	101.8	95.2	4012	3947	0.881
Novembre	55.1	29.44	13.86	67.4	62.2	2651	2604	0.878
Dicembre	49.2	23.93	8.50	61.1	55.8	2419	2378	0.885
Anno	1588.4	590.78	16.43	1977.3	1876.3	76574	75327	0.866

Figura 2.1: Dati meteorologici

3. RISULTATI

La figura di seguito riassume i principali risultati ottenuti.

Produzione sistema

Energia prodotta **75326.84 MWh/anno**

Prod. Specif.

1712 kWh/kWp/anno

Indice rendimento PR

86.57 %

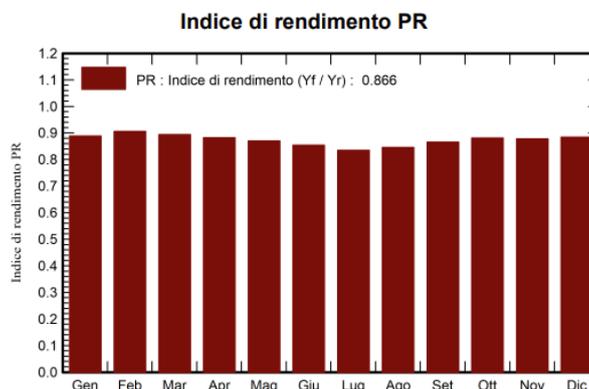
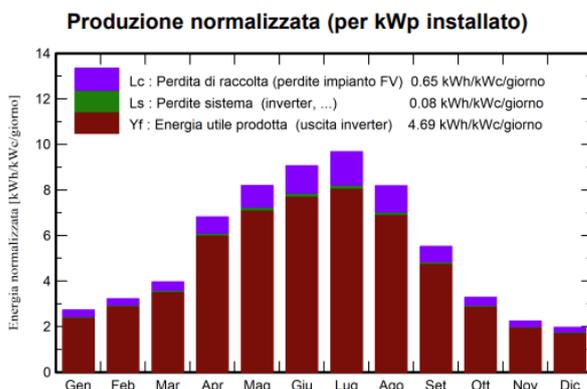


Figura 3.1: Risultati principali

L'energia immessa in rete risulta essere di **75.326,84 MWh/anno** e la produzione specifica è pari a **1.712 kWh/kWp/anno**.

In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, i componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame risulta un indice di rendimento (performance ratio PR) del **86,57 %**.

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: 2748_ De Meo

Variante: Layout 13.12.2023

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 44.01 MWc

De Meo - Italy

Autore

Montana S.p.a. (Italy)

**PVsyst V7.4.4**VC1, Simulato su
13/12/23 10:08
con v7.4.4

Montana S.p.a. (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico De Meo Italia	Ubicazione Latitudine 41.70 °N Longitudine 15.21 °E Altitudine 90 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo De Meo PVGIS api TMY		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking) Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico Backtracking attivato	Ombre vicine Ombre lineari : Veloce (tavola) Ombreggiamento diffuso automatico
Informazione sistema Campo FV Nr. di moduli 63778 unità Pnom totale 44.01 MWc	Inverter Numero di unità 115 unità Pnom totale 36.80 MWac Rapporto Pnom 1.196	
Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)		

Sommario dei risultati

Energia prodotta 75326.84 MWh/anno	Prod. Specif. 1712 kWh/kWp/anno	Indice rendimento PR 86.57 %
------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	5
Risultati principali	6
Diagramma perdite	7
Grafici predefiniti	8



PVsyst V7.4.4

VC1, Simulato su
13/12/23 10:08
con v7.4.4

Montana S.p.a. (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete

Orientamento campo FV

Orientamento

Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S
Asse dell'azimut 0 °

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico
Backtracking attivato

Campo con backtracking

N. di eliostati 1386 unità

Dimensioni

Distanza eliostati 9.50 m
Larghezza collettori 5.27 m
Fattore occupazione (GCR) 55.5 %
Phi min / max -/+ 55.0 °

Strategia backtracking

Phi limits for BT -/+ 56.2 °
Distanza tavole backtracking 9.50 m
Larghezza backtracking 5.27 m
Modo Automatico

Modelli utilizzati

Trasposizione Perez
Diffuso Importato
Circumsolare separare

Orizzonte

Orizzonte libero

Ombre vicine

Ombre lineari : Veloce (tavola)
Ombreggiamento diffuso Automatico

Bisogni dell'utente

Carico illimitato (rete)

Sistema bifacciale

Modello Calcolo 2D
eliostati illimitati

Geometria del modello bifacciale

Distanza eliostati 9.50 m
ampiezza eliostati 5.27 m
GCR 55.5 %
Altezza dell'asse dal suolo 2.10 m

Definizioni per il modello bifacciale

Albedo dal suolo 0.20
Fattore di Bifaccialità 80 %
Ombreg. posteriore 5.0 %
Perd. Mismatch post. 10.0 %
Frazione trasparente della tettoia 0.0 %

Caratteristiche campo FV

Modulo FV

Costruttore CSI Solar
Modello CS7N-690TB-AG 1500V
(PVsyst database originale)
Potenza nom. unit. 690 Wp
Numero di moduli FV 63778 unità
Nominale (STC) 44.01 MWc
Moduli 2453 stringa x 26 In serie
In cond. di funz. (50°C)
Pmpp 40.71 MWc
U mpp 947 V
I mpp 42999 A

Inverter

Costruttore Sungrow
Modello SG350HX-20A-Preliminary
(Definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit. 320 kWac
Numero di inverter 115 unità
Potenza totale 36800 kWac
Vollaggio di funzionamento 500-1500 V
Potenza max. (=>30°C) 352 kWac
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.20
Power sharing within this inverter

Potenza PV totale

Nominale (STC) 44007 kWp
Totale 63778 moduli
Superficie modulo 198117 m²

Potenza totale inverter

Potenza totale 36800 kWac
Potenza max. 40480 kWac
Numero di inverter 115 unità
Rapporto Pnom 1.20



Perdite campo

Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 2.0 %

Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento

Uc (cost) 29.0 W/m²K

Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale campo 0.36 mΩ

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 2.0 %

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.2 %

Fattore di perdita IAM

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



Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

OvestSud

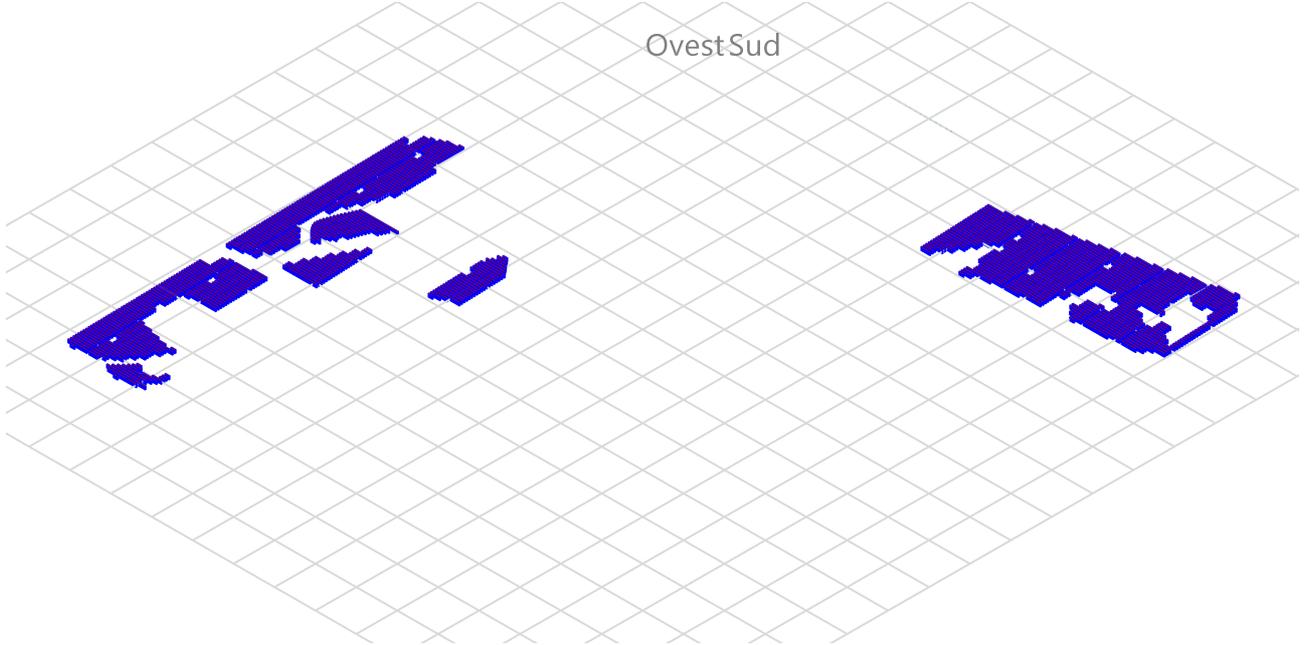
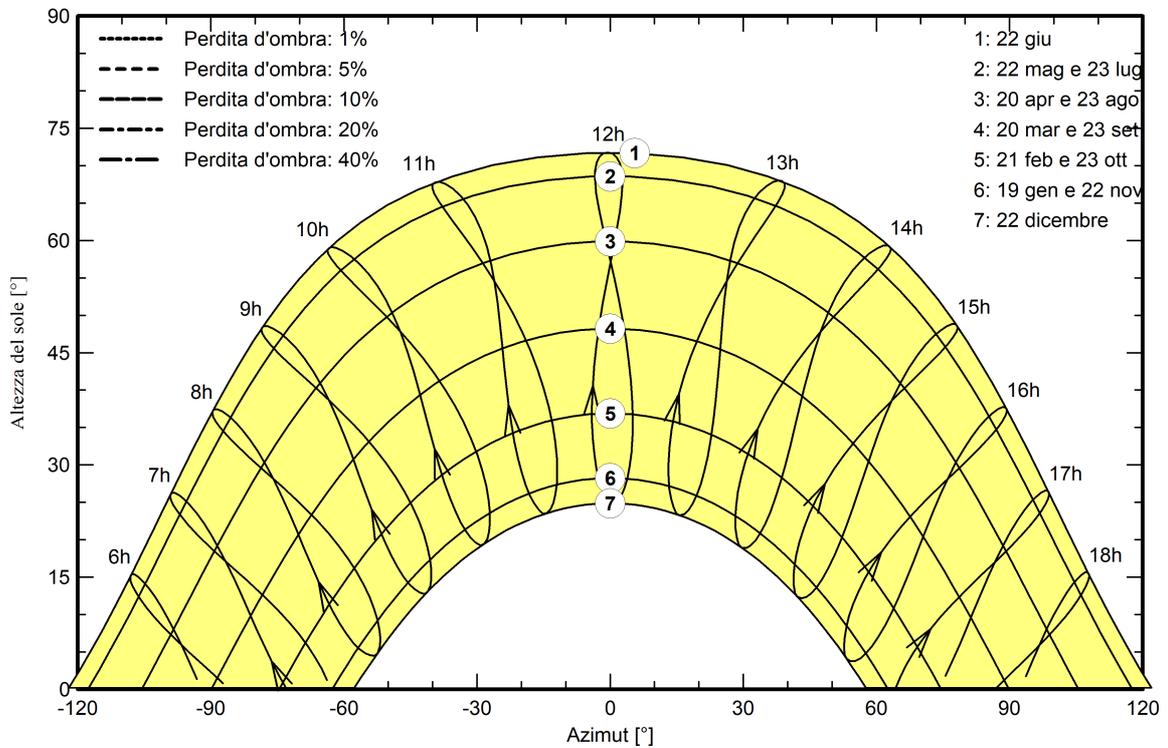


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





Risultati principali

Produzione sistema

Energia prodotta 75326.84 MWh/anno

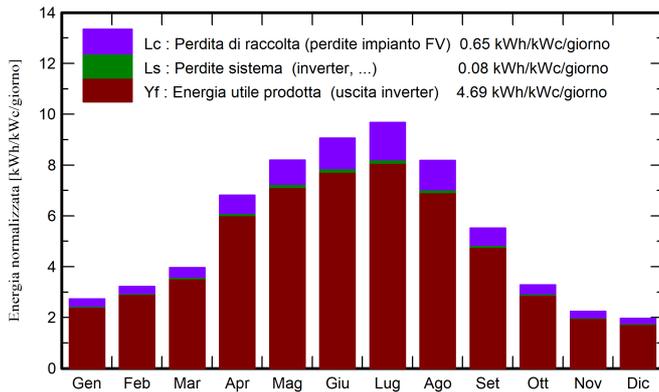
Prod. Specif.

1712 kWh/kWp/anno

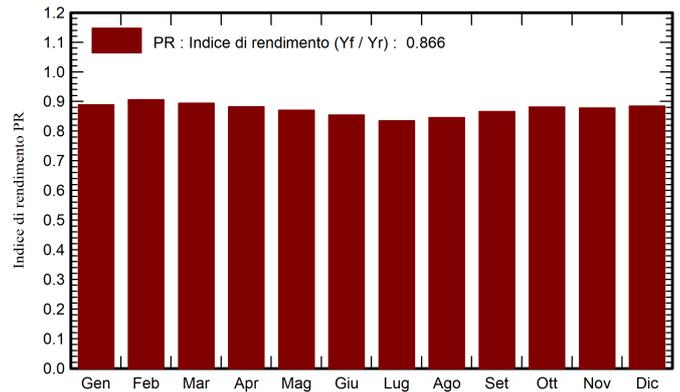
Indice rendimento PR

86.57 %

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	66.3	26.65	8.94	84.5	77.8	3355	3304	0.888
Febbraio	72.1	32.88	7.01	90.1	84.3	3648	3591	0.906
Marzo	101.6	51.60	10.39	122.7	115.3	4908	4830	0.895
Aprile	163.9	62.24	14.22	204.6	194.9	8074	7947	0.883
Maggio	204.3	69.73	17.60	254.1	242.9	9891	9732	0.870
Giugno	219.4	71.13	22.84	271.8	260.2	10385	10212	0.854
Luglio	236.1	62.23	28.48	299.8	287.6	11211	11021	0.835
Agosto	202.5	63.92	27.39	253.8	243.1	9606	9449	0.846
Settembre	132.9	53.83	20.52	165.5	157.1	6413	6309	0.866
Ottobre	84.9	43.19	16.63	101.8	95.2	4012	3947	0.881
Novembre	55.1	29.44	13.86	67.4	62.2	2651	2604	0.878
Dicembre	49.2	23.93	8.50	61.1	55.8	2419	2378	0.885
Anno	1588.4	590.78	16.43	1977.3	1876.3	76574	75327	0.866

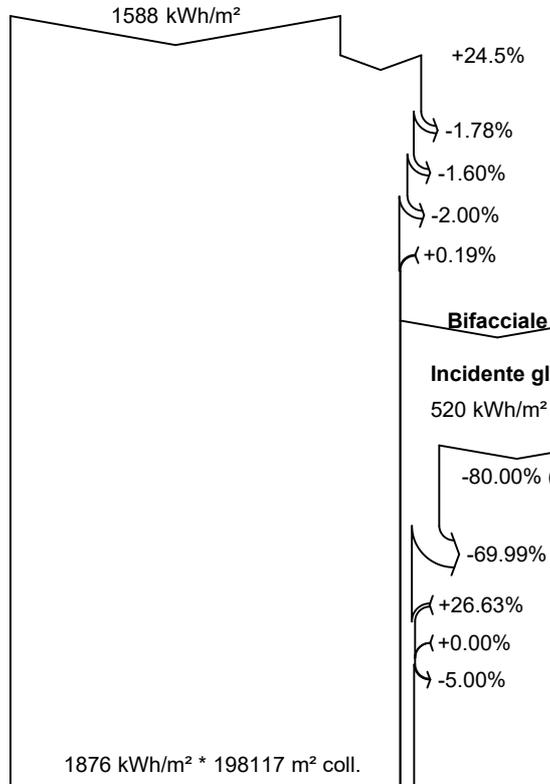
Legenda

- 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

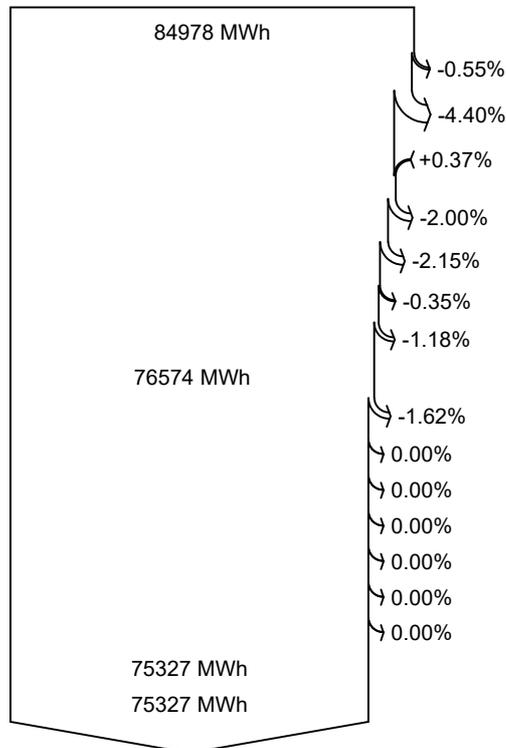
- EArray Energia effettiva in uscita campo
- E_Grid Energia immessa in rete
- PR Indice di rendimento



Diagramma perdite



efficienza a STC = 22.22%



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Perdite per sporco campo

Riflessione del suolo lato frontale

Incidente globale al suolo

520 kWh/m² su 357271 m²

-80.00% (0.20 Albedo al suolo)

Perdita per riflessione del suolo

Fattore visibilità per lato posteriore

Diffusione del cielo sulla faccia posteriore

Fascio efficace sul lato posteriore

Perdita ombreggiamento posteriore

3.61% Irradiazione globale sulla faccia posteriore (68 kWh/m²)

Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV, Fattore di Bifaccialità = 0.80

Energia nominale campo (effic. a STC)

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Disadattamento dovuto ad irradiazione posteriore

Perdite ohmiche di cablaggio

Energia apparente impianto a MPPT

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento Pmax

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento Pmin

Perdita inverter per non raggiungimento Vmin

Consumi notturni

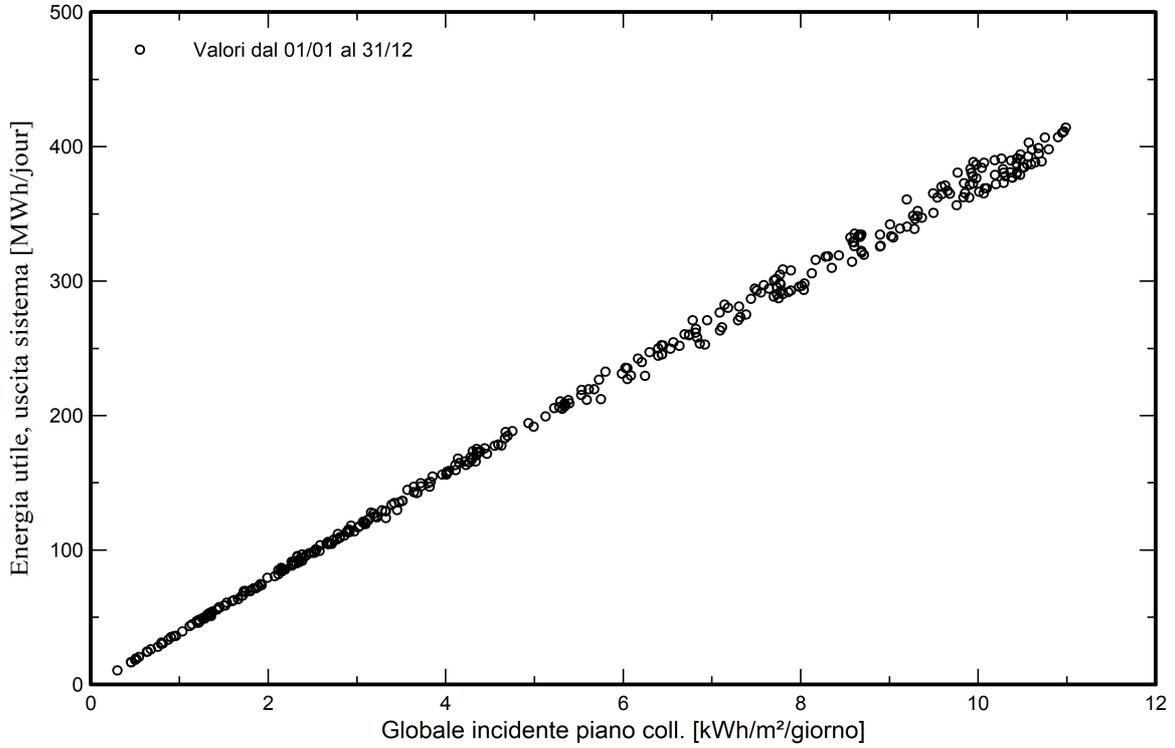
Energia in uscita inverter

Energia immessa in rete



Grafici predefiniti

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

