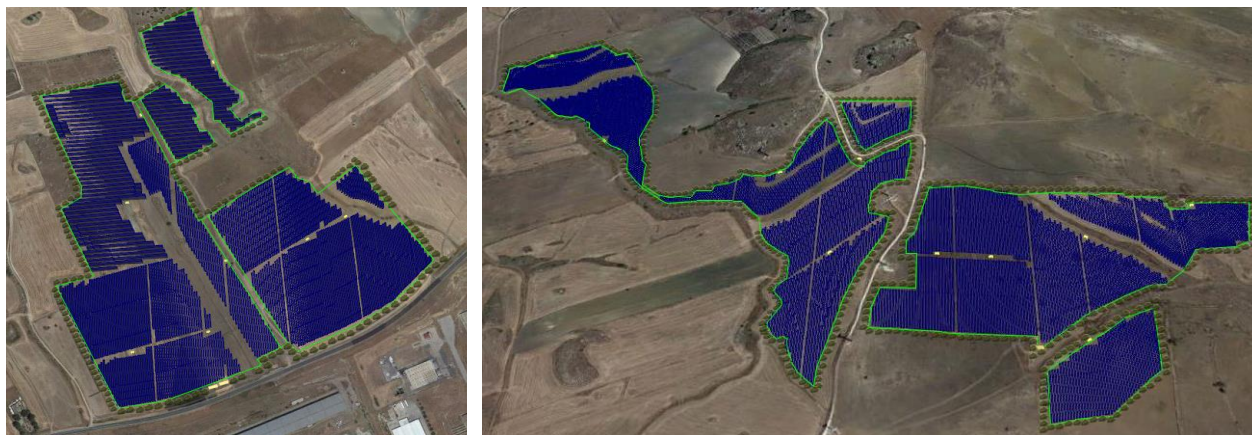


**REGIONE SICILIA**  
**Provincia di Catania**  
**COMUNI DI MINEO E CALTAGIRONE**

PROGETTO

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE"**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI POTENZA MASSIMA PARI A 66,9 MW (60 MW + 20 MW DI BESS IN IMMISSIONE) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE DI ALTA TENSIONE RICADENTI IN AGRO DEI COMUNI DI MINEO E CALTAGIRONE**



**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMITTENTE



**BLUSOLAR MINEO 1 S.r.l.**  
Via Caravaggio, 125 - 65125 Pescara  
P.I. 02292100688  
Blusolarmineo1@legpec.it

PROGETTISTA:



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO:

**CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO**

CODICE ELABORATO	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE COMMITTENTE
<b>PD – R.9</b>	07/2022	-	1 di 59	A4	
ID ELABORATO (HE): MARE649PDRrti009R0			NOME FILE: PD.R.9-MARE649PDRrti009R0		

BLUSOLAR MINEO 1 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	2

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07-2022	Prima emissione	EG	MG	DG

COMMITTENTE

 Blusolar Mineo 1<sup>Srl</sup>

PROGETTISTA

 **HE** Hydro  
Engineering

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	3

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. DATI GENERALI IMPIANTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. CONFIGURAZIONE IMPIANTO .....	9
<b>3. CALCOLO DI PRODUCIBILITA'</b> .....	<b>12</b>
3.1. SOFTWARE UTILIZZATO .....	12
3.2. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA CALTAGIRONE CON STRUTTURE FISSE.....	12
3.3. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA CALTAGIRONE CON STRUTTURE A INSEGUIMENTO.....	14
3.4. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA MINEO .....	17
3.5. PERDITE DEL SISTEMA.....	19
3.5.1. Perdite per ombreggiamento.....	19
3.5.2. Perdite per basso irraggiamento .....	19
3.5.3. Perdite per temperatura.....	20
3.5.4. Perdite per qualità del modulo fotovoltaico.....	21
3.5.5. Perdite per mismatch del generatore fotovoltaico .....	21
3.5.6. Degrado delle prestazioni dei moduli fotovoltaici.....	21
3.5.7. Perdite ohmiche di cablaggio.....	22
3.5.8. Perdite sul sistema di conversione .....	22
3.5.9. Perdite sui circuiti in corrente alternata .....	22
3.5.10. Perdite sui trasformatori 36kV/BT.....	23
3.5.11. Disponibilità di esercizio.....	24
3.5.12. Consumi ausiliari .....	24
3.6. PRODUCIBILITÀ DEL SISTEMA.....	24
3.6.1. Area di Caltagirone .....	24
3.6.1. Area di Mineo .....	24
<b>4. REPORT PVSYS</b> .....	<b>25</b>
4.1. CALTAGIRONE STRUTTURE FISSE .....	25
4.2. CALTAGIRONE STRUTTURE AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE .....	36
4.3. MINEO STRUTTURE AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE.....	48

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	4

## 1. PREMESSA

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, Blusolar Mineo 1 S.r.l. ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico, su un sito ricadente nel territorio dei Comuni di Caltagirone e Mineo, in provincia di Catania, incaricando la società Hydro Engineering s.s. di redigere il progetto definitivo ai fini autorizzativi.

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, su strutture sia fisse che ad inseguimento monoassiale (trackers), composto elettricamente da n. 18 aree, ciascuna attribuita ad una Power Station (8 aree nel lotto di impianto di Caltagirone e 10 aree nel lotto di impianto di Mineo) della potenza media variabile da 2,59 a 4,57 MW cadauno, per complessivi 66,900 MW (60 in immissione) collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna a 36 kV.

Presso ciascun lotto di impianto verranno realizzate le Power Station, la cabina di Controllo (Control Room) e la cabina principale di impianto (MTR), dalla quale si dipartono le linee di collegamento a 36 kV interrate verso il punto di consegna, ubicato in un lotto di terreno a pochi km di distanza; in questa area sorgerà la nuova Stazione elettrica Terna "SE RTN 150/36 kV Caltagirone" da inserire in entra/esce alle linee RTN 150 kV "S.Cono-Caltagirone 2" e "Barrafranca-Caltagirone". In adiacenza alla SE Terna sarà realizzato un edificio produttore per la messa a terra, la misura e il parallelo delle linee a 36 kV.

Il progetto prevede inoltre, in adiacenza all'edificio, la realizzazione di un sistema di BESS (storage) di accumulo per circa 20MW ovvero 40 MWh.

La potenza complessiva in rete sarà pertanto pari a 80 MW in immissione e 20 MW in prelievo.

Scopo della presente relazione è quello di illustrare il calcolo della producibilità dell'impianto, nella configurazione di impianto progettuale.



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	5

## 2. DATI GENERALI IMPIANTO

**L'impianto nel suo complesso è costituito delle seguenti componenti – Lotto Caltagirone:**

- n. 52.392 moduli fotovoltaici, di cui 16.944 che saranno installati su apposite strutture fisse e 35.448 moduli installati su strutture metalliche di sostegno del tipo ad inseguimento monoassiale (trackers); entrambe le tipologie saranno fissate al terreno attraverso pali metallici infissi;
- n. 141 string-box che hanno lo scopo di ricevere i cavi BT provenienti dalle stringhe di impianto e “parallelare” gli stessi verso gli inverter centralizzati ubicati all'interno delle power station;
- n.. 8 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo hanno la duplice funzione di raccogliere l'energia elettrica in BT proveniente dalle stringhe di impianto ed elevare prima da corrente continua a corrente alternata attraverso idonei inverter in esse presenti ed elevare poi la tensione da bassa ad alta attraverso idoneo trasformatore BT/36kV. Le PS saranno collegate tra loro in entra-esce su tutti e tre i sottocampi: Sottocampo A, Sottocampo B e Sottocampo C. Ciascun sottocampo trasporterà una potenza variabile da 7,23 a 13,506 MW e convergerà su un quadro a 36 kV verso la cabina di distribuzione MTR. Alle Power Station saranno convogliati i cavi provenienti dagli string box di impianto, che raccolgono i cavi provenienti dalle stringhe dei moduli fotovoltaici;
- una cabina principale di impianto (MTR – Main Technical Room), per la connessione e la distribuzione, nella quale verranno convogliate le linee a 36 kV relative ai sottocampi A,B e C che collegano le Power Station alla MTR, come meglio dettagliato nei successivi capitoli. All'interno della MTR avverranno le misure per mezzo di idonei quadri di misura e l'uscita verso il punto di consegna presso la SE Terna di progetto 36/150 kV;
- una cabina denominata Control Room destinata ad ospitare uffici e relativi servizi: monitoraggio della strumentazione di sicurezza e locale deposito;
- una linea interrata a 36 kV di collegamento fra la cabina MTR e il punto di consegna, individuato nella Stazione elettrica Terna “SE RTN 150/36 kV Caltagirone”. La connessione a 36 kV non rende necessaria la realizzazione di una sottostazione elettrica; il cavo entrerà direttamente all'interno della SE Terna dove avverrà l'innalzamento a 150 kV e la distribuzione da parte dell'ente gestore Nazionale. Prima dell'ingresso in SE è presente un edificio produttore che consentirà la messa a terra della linea, la misura e il convogliamento in SE.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	6

**L'impianto nel suo complesso è costituito delle seguenti componenti – Area Mineo:**

- n. 61.968 moduli fotovoltaici installati su strutture metalliche di sostegno del tipo ad inseguimento monoassiale (trackers) fissate al terreno attraverso pali metallici infissi;
- n. 165 string-box che hanno lo scopo di ricevere i cavi BT provenienti dalle stringhe di impianto e “parallelare” gli stessi verso gli inverter centralizzati ubicati all'interno delle power station;
- n.. 10 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo hanno la duplice funzione di raccogliere l'energia elettrica in BT proveniente dalle stringhe di impianto ed elevare prima da corrente continua a corrente alternata attraverso idonei inverter in esse presenti ed elevare poi la tensione da bassa a alta attraverso idoneo trasformatore. Le PS saranno collegate tra loro in entra-esce sui vari Sottocampi (sottocampo D, sottocampo E, sottocampo F, sottocampo G) o direttamente alla MTR di impianto (sottocampo H – PS18). Ciascun sottocampo trasporterà una potenza variabile da 2,79 a 9,786 MW e convergerà su un quadro a 36 kV verso la cabina di distribuzione MTR. Alle Power Station saranno convogliati i cavi provenienti dagli string box di impianto, che raccolgono i cavi provenienti dalle stringhe dei moduli fotovoltaici;
- una cabina principale di impianto (MTR – Main Technical Room), per la connessione e la distribuzione, nella quale verranno convogliate le linee a 36 kV relative ai sottocampi D, E, F, G e H che collegano le Power Station alla MTR, come meglio dettagliato nei successivi capitoli. All'interno della MTR avverranno le misure per mezzo di idonei quadri di misura e l'uscita verso il punto di consegna presso la SE Terna di progetto 36/150 kV;
- una cabina denominata Control Room destinata ad ospitare uffici e relativi servizi: monitoraggio della strumentazione di sicurezza e locale deposito;
- una linea interrata a 36 kV di collegamento fra la cabina MTR e il punto di consegna, individuato nella Stazione elettrica Terna “SE RTN 150/36 kV Caltagirone”. La connessione a 36 kV non rende necessaria la realizzazione di una sottostazione elettrica; il cavo entrerà direttamente all'interno della SE Terna dove avverrà l'innalzamento a 150 kV e la distribuzione da parte dell'ente gestore Nazionale. Prima dell'ingresso in SE è presente un edificio produttore che consentirà la messa a terra della linea, la misura e il convogliamento in SE.

L'impianto, in entrambi i lotti, è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, monitoraggio, viabilità di servizio, cancelli e recinzioni.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	7

Da quanto progettato discendono i seguenti dati di progetto – Area Mineo

Elementi fisici impianto	Superficie impegnata	Superficie impegnata	Incidenza percentuale
	[m <sup>2</sup> ]	[ha]	
Proprietà	513.250,1	51,33	100,0%
Area a verde	67.223,8	6,72	13,10%
Viabilità di servizio	54.363,4	5,44	10,6%
Area occupata da pannelli	173.301,6	17,33	33,77%
Cabine elettriche	264	0,03	0,05%
Area occupata dagli impluvi interni all'impianto	20.886,8	2,1	4,07%
Corridoi tra pannelli	197.210,5	19,72	38,42%

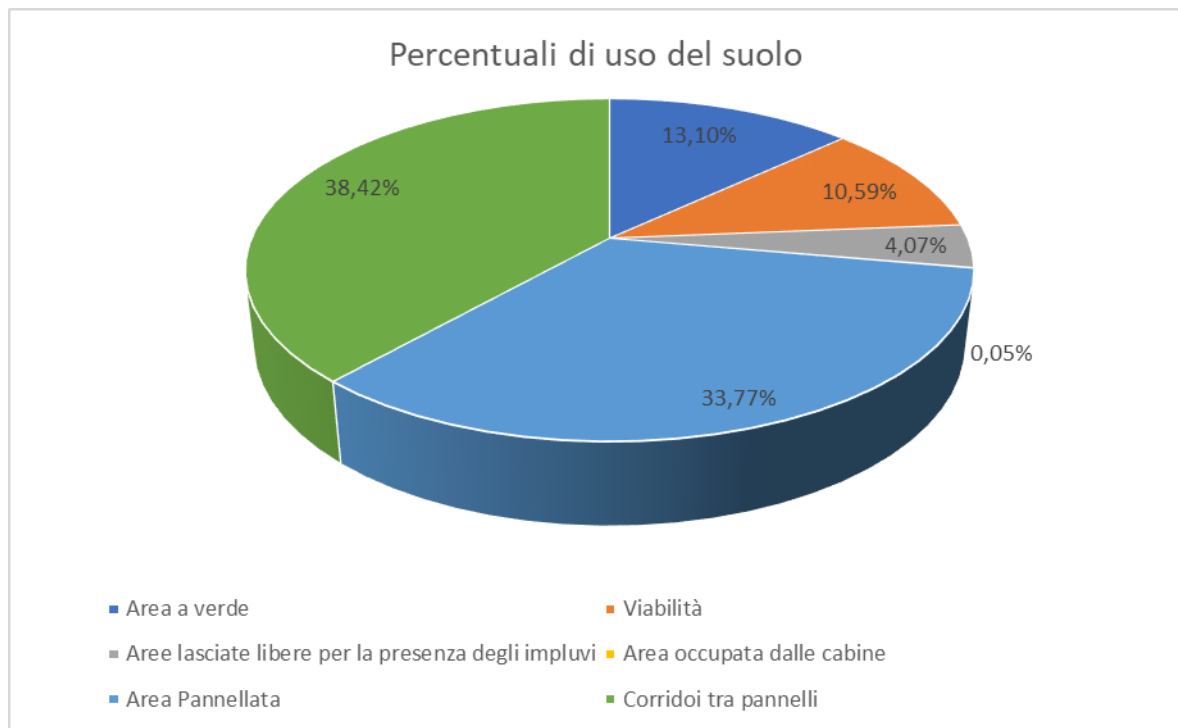


Figura 1 - Incidenza percentuale della copertura di suolo sul totale disponibile- Area Mineo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	8

Da quanto progettato discendono i seguenti dati di progetto – Area Caltagirone

Elementi fisici impianto	Superficie impegnata	Superficie impegnata	Incidenza percentuale
	[m <sup>2</sup> ]	[ha]	
Proprietà	427.125,75	42,71	100,0%
Area a verde	29.464	2,95	6,90%
Viabilità di servizio	45.802,65	4,58	10,72%
Area occupata da pannelli	138.355,2	13,84	32,39%
Cabine elettriche	228	0,02	0,05%
Area occupata dagli impluvi interni all'impianto	20.173,01	2,02	4,72%
Area esterna alla recinzione complementare all'area catastale	19.611,7	1,96	5%
Corridoi tra pannelli	173.490,44	17,35	40,62%

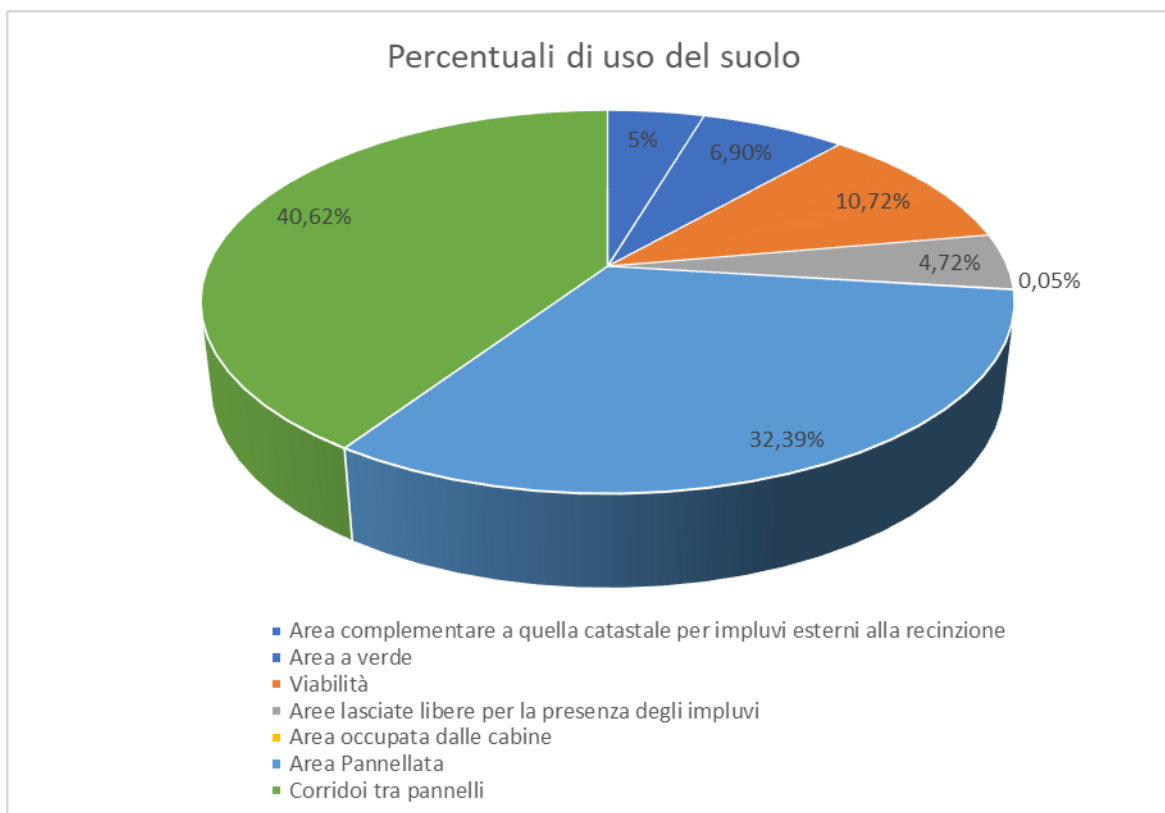


Figura 2 - Incidenza percentuale della copertura di suolo sul totale disponibile- Area Caltagirone

Come anticipato in premessa, ai fini della connessione alla rete di distribuzione dell'impianto fotovoltaico in progetto, la società promotrice, Blusolar Mineo 1 s.r.l., ha richiesto e ottenuto dal distributore apposito preventivo di connessione identificato con codice 201901508 condizionato all'autorizzazione, contestualmente alle opere di cui al presente progetto, delle

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	9

opere necessarie per la connessione alla rete, sopra rappresentate, consistenti in:

- una nuova Stazione elettrica Terna “SE RTN 150/36 kV Caltagirone” da inserire in entra/esce alle linee RTN 150 kV “S.Cono-Caltagirone 2” e “Barrafranca-Caltagirone”;

Tali opere di rete, rientrando negli interventi di adeguamento e/o sviluppo della rete di distribuzione e/o della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), risultano essere **Opere di Pubblica Utilità**.

**Tali opere connesse, come indicato ai sensi dall’art. 1 octies della L. n.129/2010, costituiscono un unicum dal punto di vista funzionale con il progetto dell’impianto fotovoltaico in esame, e pertanto dovranno essere autorizzate in uno con lo stesso impianto fotovoltaico, ai sensi del D.Lgs. 387/03, art. 12 commi 3 e 4bis.**

L’impianto nel suo complesso è in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione, trackers ad inseguimento monoassiale).

Di seguito si riporta la descrizione sintetica dei principali componenti d’impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda a tutti i relativi elaborati specialistici.

## 2.1. CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L’impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica e sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione a 36 kV. L’impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee convogliate dagli string box all’interno delle Power Station dove avverrà la trasformazione da corrente continua in corrente alternata per mezzo degli inverter centralizzati e, dopo il convogliamento in appositi quadri di cabina, la trasformazione BT/36 kV.

La linea a 36 kV in uscita dai trasformatori di ciascuna porzione di impianto verrà, quindi, vettoriata verso la cabina generale di impianto MTR, dove avverranno le misure e la partenza verso il punto di consegna nella rete di distribuzione presso la nuova Stazione elettrica Terna “SE RTN 150/36 kV Caltagirone” sita nel comune di Caltagirone.

Prima dell’ingresso in SE è presente un edificio produttore che consentirà la messa a terra della linea, la misura e il convogliamento in SE.

Il generatore fotovoltaico è elettricamente costituito da n.18 porzioni (8 nell’area di Caltagirone e 10 nell’area di Mineo), di potenza variabile come di seguito rappresentato:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	10

Area Impianto	Area PS	Potenza (kW)
Lotto di impianto di Castelvetrano	PS1	3.804,84
	PS2	3046,68
	PS3	3060,72
	PS4	4745,52
	PS5	4436,64
	PS6	2793,96
	PS7	4380,48
	PS8	4380,48
Lotto di impianto di Mineo	PS9	2597,4
	PS10	4577,04
	PS11	2611,44
	PS12	3987,36
	PS13	3987,36
	PS14	3060,72
	PS15	4422,6
	PS16	4408,56
	PS17	3720,6
	PS18	2878,2
	<b>Totale</b>	<b>66.900,60 kW</b>

Tabella 1 - Suddivisione elettrica area impianto

L'impianto presenta una potenza di picco complessiva pari a **66.900,6 kW<sub>p</sub>**, intesa come somma delle potenze di targa di ciascun modulo misurata in condizioni di prova standard (STC), ossia considerando un irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup>, con distribuzione dello spettro solare di riferimento (massa d'aria AM 1,5) e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

L'impianto è composto da moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, collegati in serie da 24 moduli tra loro così da formare gruppi di moduli denominati stringhe, la cui correnti vengono raccolte da appositi string box collegati ad inverter di stringa, in numero totale di 306 (141 nell'area di Caltagirone e 165 nell'area di Mineo).

La linea BT in uscita dagli string box è convogliata presso quadri BT presenti nelle PS e agli inverter ivi presenti; le PS (in numero totale pari a 18: 8 nell'area di Caltagirone e 10 nell'area di Mineo), all'interno delle quali si trovano i quadri di protezione e sezionamento, consentono la trasformazione BT/36 kV, attraverso la presenza di idoneo trafo.

L'impianto fotovoltaico nel suo complesso sarà quindi suddiviso in 18 aree di potenza variabile (come da tab.2).

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	11

Le stringhe appartenenti a ciascuna area di impianto che sono convogliate elettricamente presso gli inverter in PS, sono attestate a gruppi di 15/16 presso degli appositi String Box, dove avviene il parallelo delle e il monitoraggio dei dati elettrici.

Da tali string box si dipartono le linee di collegamento verso gli inverter all'interno delle Power station. La tabella che segue mostra la suddivisione dell'impianto di generazione in campi, con i dati relativi al numero di stringhe e alla potenza nominale in c.c..

COMUNE	STRUTTURE	AREA	SEZIONE TIPO	N. stringbox per sezione inverter	n. stringhe per ciascun stringbox	Corrente stringbox	N. Stringhe per sezione inverter	N. Stringhe per Power Station	N. Moduli per sezione inverter	Potenza ingresso sezione inverter [kW]	Potenza piccola area PS [kW]	Potenza nominale AC singolo inverter
CALTAGRONE	FISSE	PS1	A	17	15	198,45	255	271	6120	3580,2	3804,84	4000
				1	16	211,68	16		384	224,64		
		PS2	B	7	15	198,45	105	217	2520	1474,2	3046,68	2660
				7	16	211,68	112		2688	1572,48		
		PS3	C	6	15	198,45	90	218	2160	1263,6	3060,72	2660
				8	16	211,68	128		3072	1797,12		
	TRACKERS MONOASSIALI	PS4	D	8	16	211,68	128	338	3072	1797,12	4745,52	4000
				14	15	198,45	210		5040	2948,4		
		PS5	E	16	16	211,68	256	316	6144	3594,24	4436,64	4000
				4	15	198,45	60		1440	842,4		
		PS6	F	4	16	211,68	64	199	1536	898,56	2793,96	2660
				9	15	198,45	135		3240	1895,4		
		PS7	G	12	16	211,68	192	312	4608	2695,68	4380,48	4000
				8	15	198,45	120		2880	1684,8		
	PS8	G	12	16	211,68	192	312	4608	2695,68	4380,48	4000	
			8	15	198,45	120		2880	1684,8			

Tabella 2 - Dettaglio dimensionamento impianto – Area di Caltagirone

COMUNE	STRUTTURE	AREA	SEZIONE TIPO	N. stringbox per sezione inverter	n. stringhe per ciascun stringbox	Corrente stringbox	N. Stringhe per sezione inverter	N. Stringhe per Power Station	N. Moduli per sezione inverter	Potenza ingresso sezione inverter [kW]	Potenza piccola area PS [kW]	Potenza nominale AC singolo inverter
MINEO	TRACKERS MONOASSIALI	PS9	H	5	16	211,68	80	185	1920	1123,2	2597,4	2660
				7	15	198,45	105		2520	1474,2		
		PS10	I	11	16	211,68	176	326	4224	2471,04	4577,04	4000
				10	15	198,45	150		3600	2106		
		PS11	L	6	16	211,68	96	186	2304	1347,84	2611,44	2660
				6	15	198,45	90		2160	1263,6		
		PS12	M	14	16	211,68	224	284	5376	3144,96	3987,36	4000
				4	15	198,45	60		1440	842,4		
		PS13	M	14	16	211,68	224	284	5376	3144,96	3987,36	4000
				4	15	198,45	60		1440	842,4		
		PS14	C	8	16	211,68	128	218	3072	1797,12	3060,72	2660
				6	15	198,45	90		2160	1263,6		
		PS15	N	15	16	211,68	240	315	5760	3369,6	4422,6	4000
				5	15	198,45	75		1800	1053		
		PS16	O	14	16	211,68	224	314	5376	3144,96	4408,56	4000
				6	15	198,45	90		2160	1263,6		
		PS17	P	10	16	211,68	160	265	3840	2246,4	3720,6	4000
				7	15	198,45	105		2520	1474,2		
PS18	Q	10	16	211,68	160	205	3840	2246,4	2878,2	2660		
		3	15	198,45	45		1080	631,8				

Tabella 3 - Dettaglio dimensionamento impianto – Area di Mineo

Coerentemente con la distribuzione delle aree attribuite a ciascuna PS, sono state individuate differenti configurazioni per gli inverter, delle quali si dà dettaglio negli elaborati grafici di progetto.



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	12

### 3. CALCOLO DI PRODUCIBILITA'

#### 3.1. SOFTWARE UTILIZZATO

Il calcolo della producibilità è stato effettuato imputando il modello del sistema nel software di simulazione **PVSyst vers. 7.2.16** del quale si riporta il report di calcolo in allegato alla presente relazione.

#### 3.2. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA CALTAGIRONE CON STRUTTURE FISSE

Il sito di installazione appartiene ad un'area che dispone di dati climatici storici riportati in diversi database.

Il database internazionale MeteoNorm rende disponibili i dati meteorologici per la località di Caltagirone: 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 particolare sono stati utilizzati i dati del database MeteoNorm 7.3.

Nelle immagini che seguono si riportano i dati meteorologici assunti per la presente simulazione.

**Meteo e energia incidente**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	WindVel m/s	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	DifSinc kWh/m <sup>2</sup>	Alb_Inc kWh/m <sup>2</sup>	DifS_GI ratio
<b>Gennaio</b>	75.7	29.10	9.36	3.6	119.5	20.55	1.067	0.000
<b>Febbraio</b>	90.7	39.07	9.11	4.0	127.1	25.77	1.280	0.000
<b>Marzo</b>	139.9	55.81	11.71	4.2	169.4	35.01	1.975	0.000
<b>Aprile</b>	168.1	73.09	13.96	4.2	179.2	42.61	2.372	0.000
<b>Maggio</b>	214.6	75.50	18.60	3.9	209.2	39.58	3.032	0.000
<b>Giugno</b>	222.2	76.54	22.35	3.8	206.8	37.76	3.138	0.000
<b>Luglio</b>	243.5	61.15	25.74	3.8	231.2	29.62	3.440	0.000
<b>Agosto</b>	212.7	63.26	25.89	3.8	222.4	31.21	3.004	0.000
<b>Settembre</b>	159.3	54.37	22.32	3.8	186.8	32.31	2.250	0.000
<b>Ottobre</b>	119.8	47.19	19.06	3.4	159.3	30.44	1.691	0.000
<b>Novembre</b>	85.5	29.62	14.33	3.6	133.4	20.16	1.206	0.000
<b>Dicembre</b>	72.9	26.62	10.98	3.6	122.0	18.33	1.027	0.000
<b>Anno</b>	1804.9	631.33	17.00	3.8	2066.3	363.35	25.483	0.000

*Figura 3 - Dati meteorologici (fonte Meteonorm 7.3)*

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	13

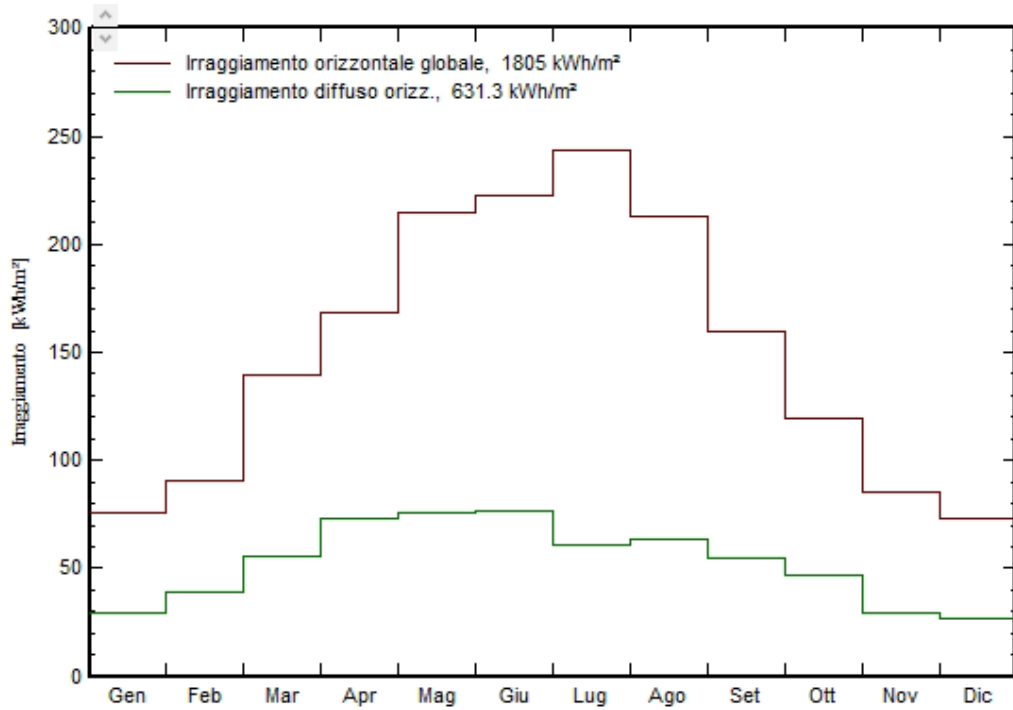


Figura 4 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano orizzontale

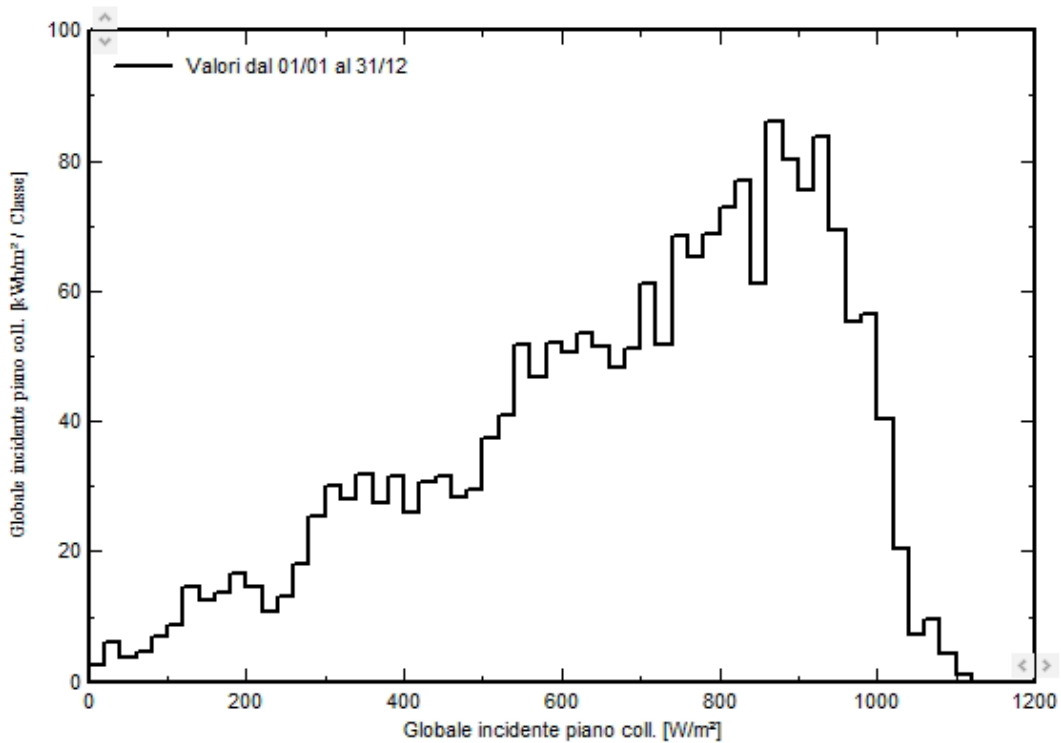


Figura 5 - Radiazione globale incidente sul piano dei collettori

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	14

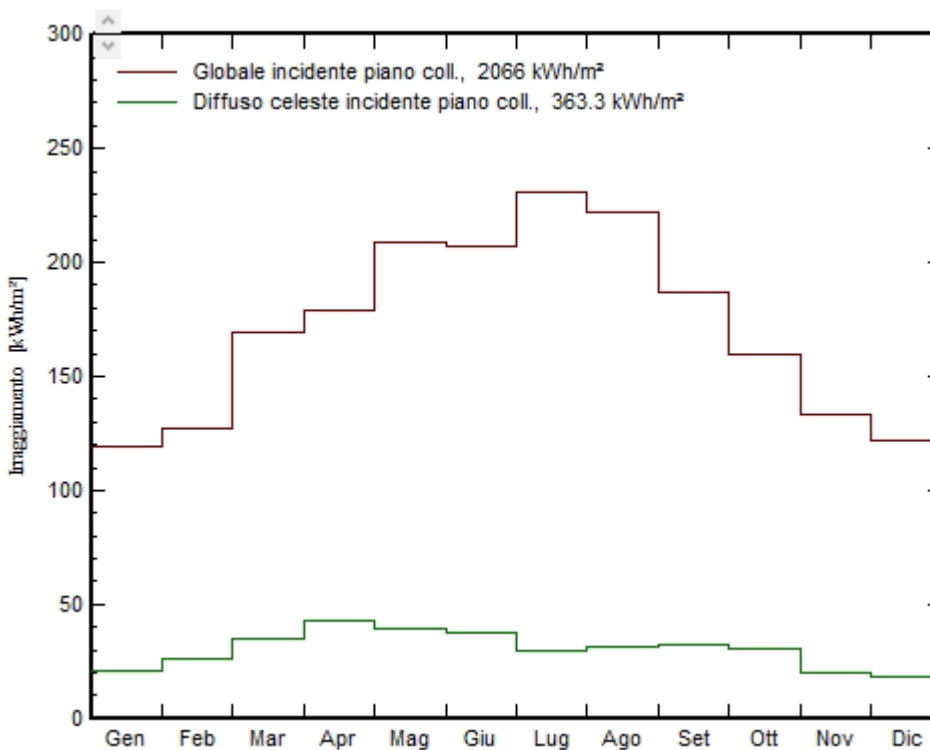


Figura 6 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano dei collettori

### 3.3. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA CALTAGIRONE CON STRUTTURE A INSEGUIMENTO

Il sito di installazione appartiene ad un'area che dispone di dati climatici storici riportati in diversi database.

Il database internazionale MeteoNorm rende disponibili i dati meteorologici per la località di Caltagirone: 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 particolare sono stati utilizzati i dati del database MeteoNorm 7.3.

Nelle immagini che seguono si riportano i dati meteorologici assunti per la presente simulazione.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	15

#### Meteo e energia incidente

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	WindVel m/s	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	DifSinc kWh/m <sup>2</sup>	Alb_Inc kWh/m <sup>2</sup>	DifS_GI ratio
Gennaio	75.7	29.10	9.36	3.6	105.2	20.32	1.230	0.000
Febbraio	90.7	39.07	9.11	4.0	120.8	25.39	1.419	0.000
Marzo	139.9	55.81	11.71	4.2	182.4	34.57	2.167	0.000
Aprile	168.1	73.09	13.96	4.2	210.2	42.11	2.447	0.000
Maggio	214.6	75.50	18.60	3.9	273.4	39.02	3.166	0.000
Giugno	222.2	76.55	22.35	3.8	281.4	36.94	3.384	0.000
Luglio	243.5	61.15	25.74	3.8	315.1	29.09	3.610	0.000
Agosto	212.7	63.26	25.89	3.8	277.6	30.66	3.077	0.000
Settembre	159.3	54.37	22.32	3.8	209.9	31.80	2.479	0.000
Ottobre	119.8	47.19	19.06	3.4	158.8	29.98	1.854	0.000
Novembre	85.5	29.62	14.33	3.6	120.0	19.94	1.358	0.000
Dicembre	72.9	26.62	10.98	3.6	103.5	18.15	1.234	0.000
Anno	1804.9	631.33	17.00	3.8	2358.5	357.97	27.426	0.000

Figura 7 - Dati meteorologici (fonte Meteonorm 7.3)

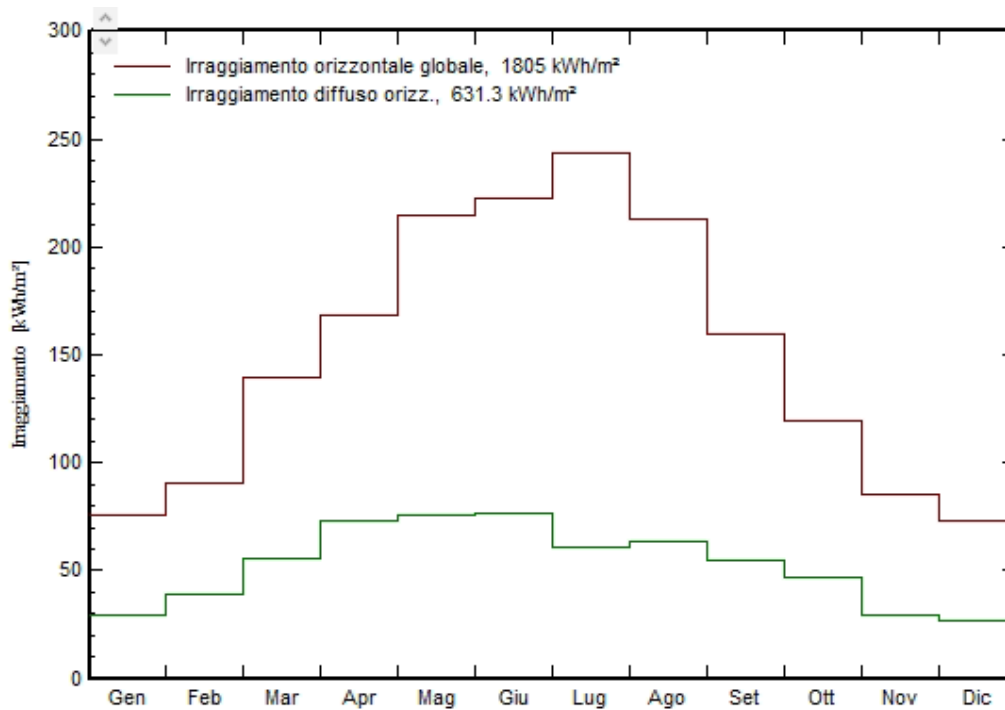


Figura 8 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano orizzontale

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	16

### Distribuzione irraggiamento incidente

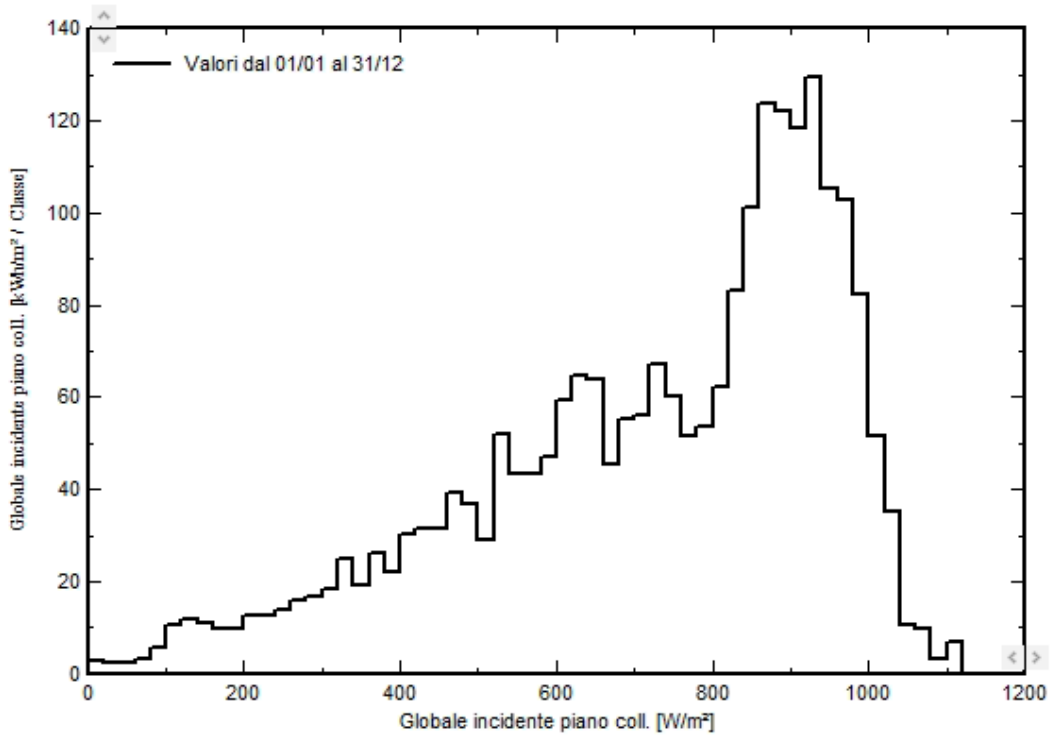


Figura 9 - Radiazione globale incidente sul piano dei collettori

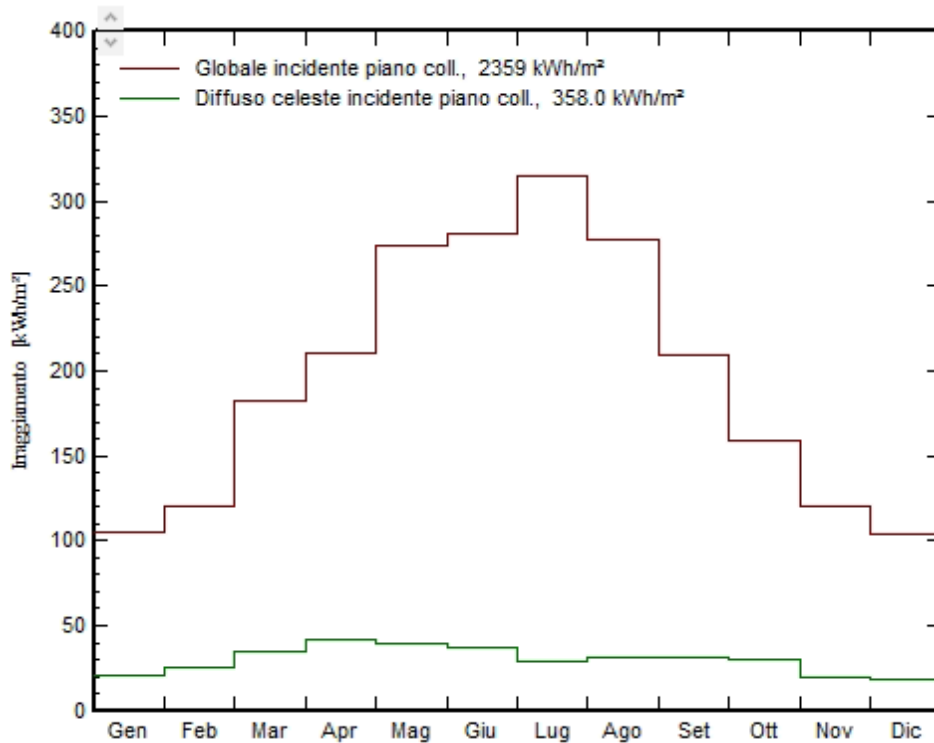


Figura 10 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano dei collettori

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	17

### 3.4. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA SU BASE GIORNALIERA AREA MINEO

Il sito di installazione appartiene ad un'area che dispone di dati climatici storici riportati in diversi database.

Il database internazionale MeteoNorm rende disponibili i dati meteorologici per la località di Mineo: 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 particolare sono stati utilizzati i dati del database MeteoNorm 7.3.

Nelle immagini che seguono si riportano i dati meteorologici assunti per la presente simulazione.

**Meteo e energia incidente**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	WindVel m/s	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	DifSlnc kWh/m <sup>2</sup>	Alb_Inc kWh/m <sup>2</sup>	DifS_GI ratio
<b>Gennaio</b>	75.8	28.64	8.47	3.7	101.4	19.93	1.311	0.000
<b>Febbraio</b>	91.4	38.14	8.34	4.1	118.3	24.74	1.448	0.000
<b>Marzo</b>	141.3	53.30	11.03	4.3	181.3	32.94	2.235	0.000
<b>Aprile</b>	166.3	74.25	13.28	4.2	207.6	42.03	2.458	0.000
<b>Maggio</b>	214.9	73.81	18.01	4.0	272.5	38.46	3.193	0.000
<b>Giugno</b>	222.4	75.24	22.00	3.9	284.2	36.85	3.573	0.000
<b>Luglio</b>	244.0	57.85	25.38	4.0	317.2	28.23	3.714	0.000
<b>Agosto</b>	212.8	62.21	25.53	3.9	277.5	29.89	3.097	0.000
<b>Settembre</b>	159.1	54.42	21.74	3.8	206.9	31.42	2.508	0.000
<b>Ottobre</b>	118.3	41.51	18.37	3.4	155.5	26.37	1.873	0.000
<b>Novembre</b>	84.1	29.31	13.43	3.7	112.5	20.20	1.397	0.000
<b>Dicembre</b>	71.4	27.28	10.08	3.7	94.7	18.51	1.277	0.000
<b>Anno</b>	1801.8	615.95	16.36	3.9	2329.5	349.57	28.083	0.000

*Figura 11 - Dati metereologici (fonte Meteonorm 7.3)*

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	18

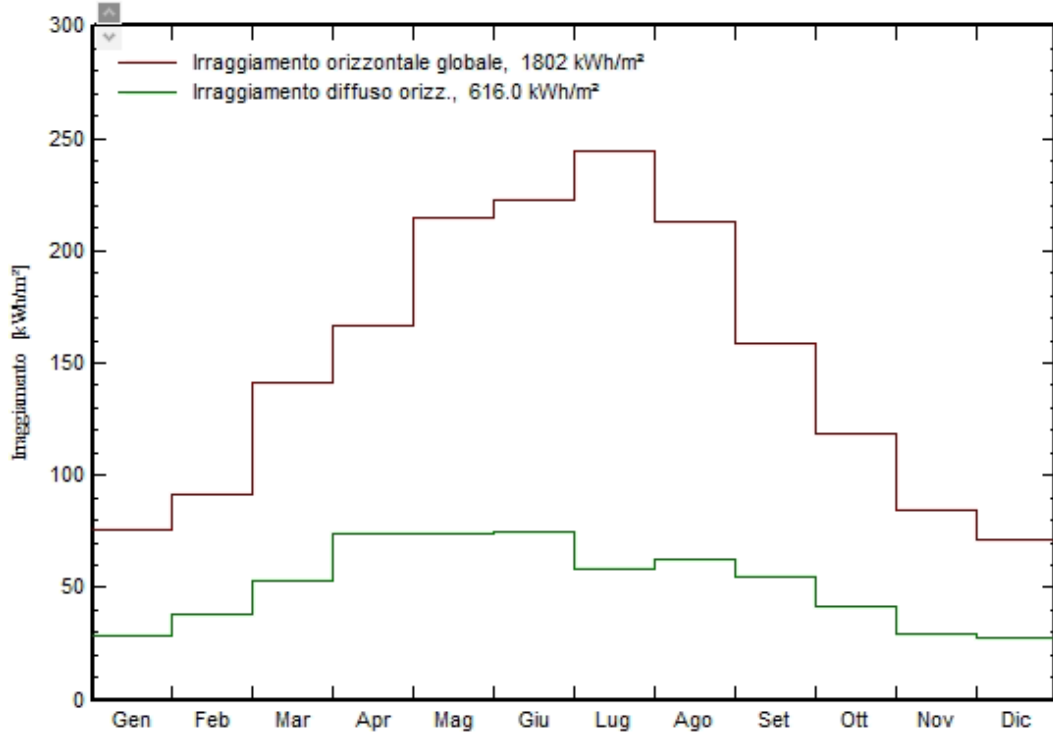


Figura 12 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano orizzontale

**Distribuzione irraggiamento incidente**

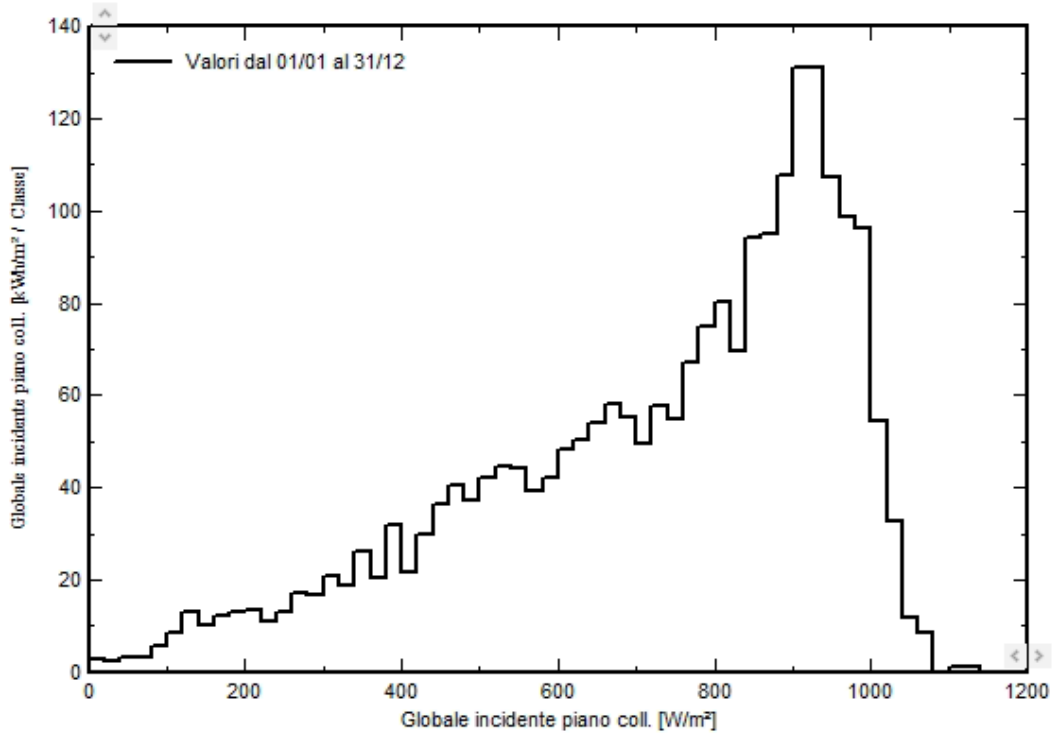


Figura 13 - Radiazione globale incidente sul piano dei collettori



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	19

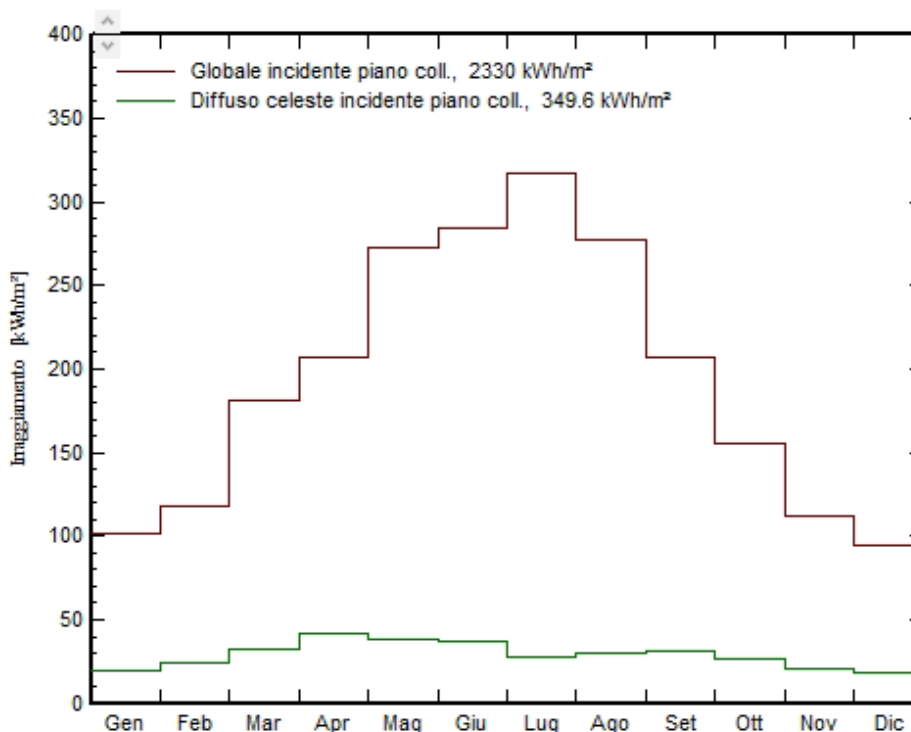


Figura 14 - Radiazione globale e diffusa incidente sul piano dei collettori

### 3.5. PERDITE DEL SISTEMA

Di seguito si da dettaglio delle perdite del sistema, illustrando i criteri di calcolo di ciascuna componente.

#### 3.5.1. Perdite per ombreggiamento

Le **perdite per ombreggiamento reciproco** fra le schiere sono funzione della geometria di disposizione del generatore fotovoltaico sul terreno e degli ostacoli all'orizzonte che possono ridurre anche sensibilmente le ore di sole nell'arco delle giornate soprattutto invernali.

Grazie all'utilizzo di strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale, dotate di sistema di **“backtracking”**, tenuto conto della distribuzione spaziale delle strutture, il valore individuato in sede di progettazione definitiva risulta pari a pari a -3,66% nell'area di Mineo e (-2.66% / -0,92% rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) nell'area di Caltagirone

Le **perdite per ombreggiamento lontano** sono relative all'ombreggiamento derivante dal profilo dell'orizzonte nello specifico sito, e sono state calcolate pari a -0,71 nell'area di Mineo e (-0.94%/-0.63% rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) nell'area di Caltagirone.

#### 3.5.2. Perdite per basso irraggiamento

L'efficienza nominale dei moduli fotovoltaici è misurata al livello di irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup> ma risulta variabile con lo stesso. Per celle con tecnologia in fosforo/silicio cristallino la deviazione dell'efficienza segue l'espressione seguente:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	20

$$\Delta\eta = -0,4 \cdot \ln(I/1000) \cdot \eta_n$$

dove:

- I = irraggiamento in W/m<sup>2</sup> ;
- $\eta_n$  è l'efficienza all'irraggiamento nominale di 1000 W/m<sup>2</sup>.

Sulla base dei dati climatici aggiornati del sito (database Meteonorm), e della curva del comportamento dei moduli scelti in funzione del livello di irraggiamento, che di seguito si riporta, è stato effettuato il calcolo di tale parametro.

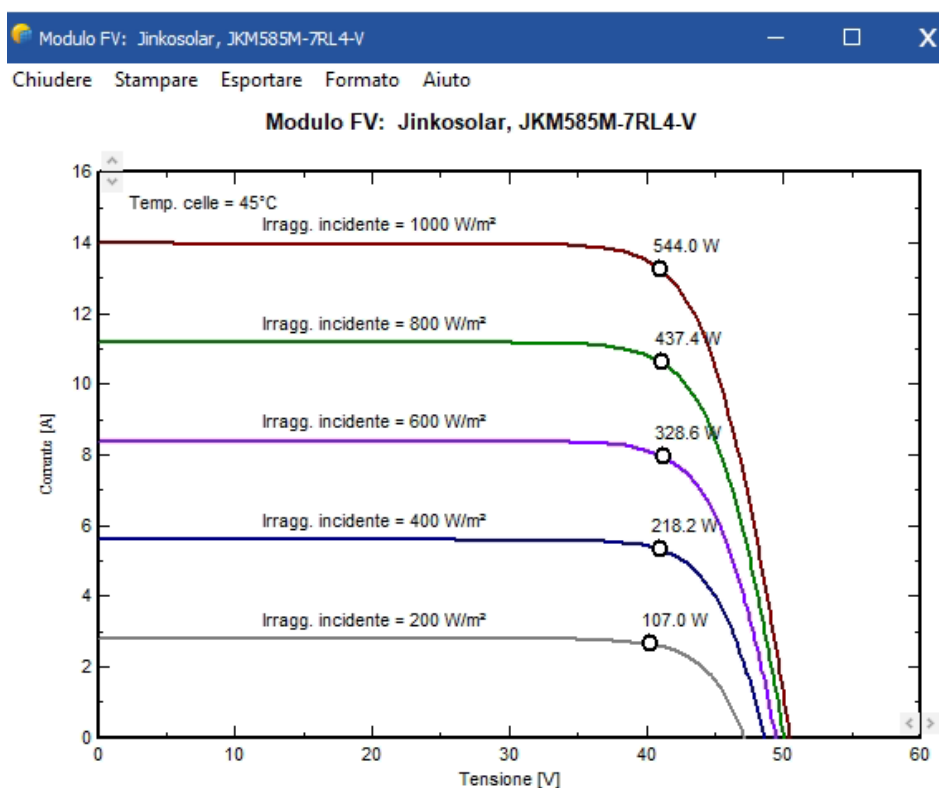


Figura 15 – Comportamento dei moduli in funzione del livello di irraggiamento

Sulla scorta di tali considerazioni, il valore delle perdite per basso irraggiamento attraverso le simulazioni nel software PVSyst risulta essere pari a +0.30% nell'area di Mineo e (+0.31%/0,27% rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) nell'area di Caltagirone.

### 3.5.3. Perdite per temperatura

Le perdite per temperatura sono legate alla diversa performance che hanno i moduli in relazione ai vari regime di temperatura di funzionamento. All'aumentare della temperatura, le celle fotovoltaiche diminuiscono le prestazioni elettriche di potenza. In sede di progetto definitivo è stata effettuata una valutazione di tale parametro, sulla base dei dati climatici aggiornati del sito (database Meteonorm), e della curva del comportamento dei moduli scelti in

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	21

funzione della temperatura), ottenendo un valore di calcolo pari a -4,68% per l'area di Mineo e (-4,31%/-4.84% rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) su Caltagirone.

### 3.5.4. Perdite per qualità del modulo fotovoltaico

Tale valore tiene in considerazione della tolleranza sulla potenza nominale del modulo fotovoltaico. La corretta formulazione di tale parametro di perdita tiene conto di una media pesata delle tolleranze positive dei moduli fotovoltaici, secondo formule di pesatura assunte a standard in letteratura.

Secondo tale criterio di pesatura precedentemente richiamato, con la tolleranza positiva del modulo in progetto, il valore di tali perdite è stato calcolato pari a +0,75% (guadagno) su tutte e tre le simulazioni effettuate.

### 3.5.5. Perdite per mismatch del generatore fotovoltaico

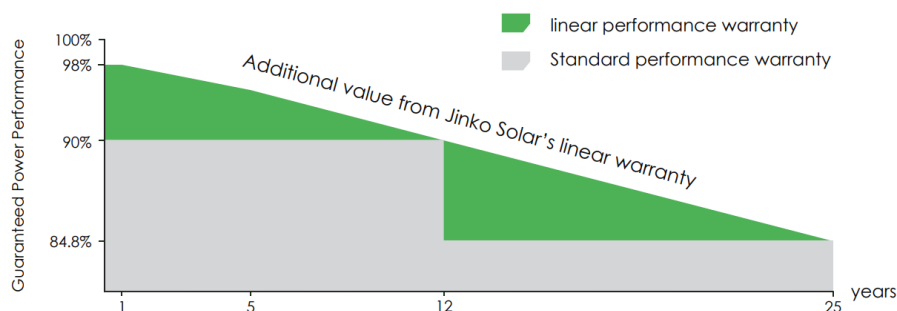
Sono perdite relative alla naturale non uniformità di prestazioni elettriche fornite dai vari moduli che compongono ogni stringa fotovoltaica e quindi fra una stringa e l'altra.

La disposizione delle strutture, la distribuzione spaziale dei quadri stringbox, l'ottimizzazione delle linee elettriche DC, fanno sì che le differenze di prestazioni elettriche fra una stringa e l'altra risultino minimizzati, potendo così calcolare tale perdita ad un valore pari a -1,10% su tutte e tre le simulazioni.

### 3.5.6. Degrado delle prestazioni dei moduli fotovoltaici

Il degrado dei moduli fotovoltaici è funzione della tecnologia, del sito di installazione (spettro solare e temperature) e della qualità del prodotto. Generalmente l'andamento del degrado non è lineare: nel primo anno di esposizione la perdita è maggiore fino a stabilizzarsi con un degrado costante negli anni seguenti.

La tipologia di moduli in progetto presenta una garanzia sulla produzione massima al primo anno d'esercizio del 99% e un decadimento annuo successivo massimo del 0,2% per i 25 anni successivi.



Nel software di calcolo PVSyst è stato inserito il corretto modello del modulo, con la curva di decadimento appena descritta. Si considera quindi il valore medio di perdita pari a -0,2%.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	22

### 3.5.7. Perdite ohmiche di cablaggio

Si tratta di una perdita legata alle sezioni e alla lunghezza dei cavi elettrici e al loro cablaggio. Sulla base del progetto elettrico dell'impianto, con il dimensionamento e la verifica delle linee elettriche BT ed MT, grazie all'ottimizzazione dei percorsi dei cavi di corrente continua e all'utilizzo di sezioni di cavi per le stringhe di sezione idonea, il valore di tali perdite è stato calcolato pari a -1,05% sulla simulazione di Mineo e (-1,10%/-1,01% rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) su Caltagirone.

### 3.5.8. Perdite sul sistema di conversione

Sono dovute alla curva di efficienza degli inverter in funzione della potenza in uscita e quindi, in prima analisi, dal progetto della macchina in funzione delle condizioni di irraggiamento del sito e di quelle del carico. La stima dipende dal tipo di convertitore utilizzato, marca e dallo schema di trasformazione.

Secondo i calcoli delle perdite di rete con il software PVSyst, imputando nel modello di calcolo i dati dell'inverter in progetto, le perdite sono state calcolate pari al -1,6% sulla simulazione di Mineo e (-1,65%/-1,60%) rispettivamente per le strutture fisse/inseguitori) su Caltagirone.

### 3.5.9. Perdite sui circuiti in corrente alternata

In questa voce vanno considerate due componenti:

#### **Perdite circuiti in corrente alternata in BT**

Data la prossimità tra inverter e trasformatore queste perdite sono considerate trascurabili.

#### **Perdite circuiti in corrente alternata a 36 kV interne all'impianto**

Secondo lo schema unifilare di progetto e la disposizione planimetrica delle cabine PS e MTR, sono state calcolate le perdite della rete.

#### **Perdite circuiti in corrente alternata a 36 kV di collegamento alla SSE**

Secondo lo schema unifilare di progetto e il tracciato dell'elettrodotto di collegamento fra la MTR e la SSE, sono state calcolate le perdite della rete MT.

Di seguito il calcolo dettagliato.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	23

ELETTRODOTTO MT PRODUTTORE CALTAGIRONE							
SOTTOCAMPO	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza picco PS/Sottocampo [MW]	Δp %	Δp kW
SOTTOCAMPO A	PS1	PS2	3x1x185	625	3,805	0,04%	1,636
	PS2	PS3	3x1x185	295	6,852	0,04%	2,504
	PS3	MTR	3x1x300	525	9,912	0,06%	5,703
SOTTOCAMPO B	PS5	PS6	3x1x185	170	4,437	0,01%	0,605
	PS6	MTR	3x1x185	190	7,231	0,02%	1,796
SOTTOCAMPO C	PS8	PS7	3x1x185	105	4,380	0,01%	0,364
	PS7	PS4	3x1x185	230	8,761	0,04%	3,192
	PS4	MTR	3x1x400	390	13,506	0,05%	6,158
LINEA ESTERNA	MTR	SE TERNA	3x1x630	12530	15,325	1,04%	158,873
LINEA ESTERNA	MTR	SE TERNA	3x1x630	12530	15,325	1,04%	158,873
POTENZA PICCO MW					30,649	PERDITE TOTALI RETE (kW)	339,705
						PERDITE TOTALI RETE (%)	1,11%

ELETTRODOTTO MT PRODUTTORE MINEO							
SOTTOCAMPO	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Δp %	Δp kW
SOTTOCAMPO D	PS9	PS10	3x1x185	567	2,597	0,03%	0,692
	PS10	PS11	3x1x185	500	7,174	0,06%	4,654
	PS11	MTR	3x1x240	1450	9,786	0,20%	19,159
SOTTOCAMPO E	PS12	PS13	3x1x185	343	3,987	0,02%	0,986
	PS13	MTR	3x1x185	840	7,975	0,12%	9,660
SOTTOCAMPO F	PS14	PS15	3x1x185	105	3,061	0,01%	0,178
	PS15	MTR	3x1x185	270	7,483	0,04%	2,734
SOTTOCAMPO G	PS17	PS16	3x1x185	530	3,721	0,04%	1,327
	PS16	MTR	3x1x185	360	8,129	0,05%	4,302
SOTTOCAMPO H	PS18	MTR	3x1x185	110	2,878	0,01%	0,165
LINEA ESTERNA	MTR	SE TERNA	3x1x630	20660	18,126	2,02%	366,467
LINEA ESTERNA	MTR	SE TERNA	3x1x630	20660	18,126	2,02%	366,467
POTENZA PICCO MW					36,251	PERDITE TOTALI RETE (kW)	776,789
						PERDITE TOTALI RETE (%)	2,14%

Il parametro di perdite sui circuiti in corrente alternata è assunto pari a -0,91% sul tracciato cavidotto di Caltagirone e -1,76% sul tracciato cavidotto di Mineo.

### 3.5.10. Perdite sui trasformatori 36kV/BT

Sulla base delle considerazioni effettuate al paragrafo precedente, ai fini del calcolo, pertanto, il parametro di perdite sui trasformatori MT/BT è stato calcolato pari a -1,1%.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	24

### 3.5.11. Disponibilità di esercizio

In sede di progetto è stata effettuata una stima dell'indice di disponibilità garantito, sulla base della propria esperienza di O&M derivante dalla gestione di impianti simili a quello in progetto. Sulla base di quanto sopra esposto, per l'indisponibilità di esercizio sono assunte pari a -1,45%.

### 3.5.12. Consumi ausiliari

Si stima una perdita sul totale della produzione massima pari a circa il -0,46% (simulazione strutture fisse di Caltagirone).

## 3.6. PRODUCIBILITÀ DEL SISTEMA

Sulla scorta di tutte le considerazioni effettuate nei paragrafi precedenti, è stato effettuato il calcolo della producibilità del sistema, partendo dal modello dell'impianto imputato nel software di calcolo PVSystem.

### 3.6.1. Area di Caltagirone

Stabilita quindi la disponibilità della fonte solare, e determinate tutte le perdite illustrate, la **produzione dell'impianto fotovoltaico in progetto risulta pari a (17.000 MWh/anno + 40.000 MWh/anno).**

Considerata la potenza nominale dell'impianto, si ha una produzione specifica pari a (1.750+1941) (kWh/KWp)/anno.

Sulla base di tutte le perdite precedentemente illustrate, l'impianto in progetto consente di ottenere un indice di rendimento (Performance Ratio PR) pari a 84,71% per la parte di strutture fisse e 82,31% per la parte di strutture ad inseguimento monoassiale.

### 3.6.1. Area di Mineo

Stabilita quindi la disponibilità della fonte solare, e determinate tutte le perdite illustrate, la **produzione dell'impianto fotovoltaico in progetto risulta pari a (68.000 MWh/anno).**

Considerata la potenza nominale dell'impianto, si ha una produzione specifica pari a 1.879 (kWh/KWp)/anno.

Sulla base di tutte le perdite precedentemente illustrate, l'impianto in progetto consente di ottenere un indice di rendimento (Performance Ratio PR) pari a 80,65%.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	25

## **4. REPORT PVSYST**

### **4.1. CALTAGIRONE STRUTTURE FISSE**



# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: MARE649 - FV Caltagirone

Variante: MARE 649 - Caltagirone fisse

Sistema al suolo (tavole) su collina

Potenza di sistema: 9912 kWc

Caltagirone - Italy

**Autore**

Hydro Engineering ss (Italy)



### Sommario del progetto

<b>Luogo geografico</b> Caltagirone Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.26 °N Longitudine 14.57 °E Altitudine 299 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Caltagirone Meteonorm 7.3 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico		

### Sommario del sistema

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> Piano fisso Inclinazione/azimut 30 / 0°	<b>Sistema al suolo (tavole) su collina</b> <b>Ombre vicine</b> Ombre lineari	<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 16944 unità Pnom totale 9912 kWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 3 unità Pnom totale 9320 kWac Limite della potenza di rete 9000 kWac Rapporto Pnom lim. rete 1.101	

### Sommario dei risultati

Energia prodotta 17 GWh/anno	Prod. Specif. 1750 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 84.71 %
------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione orizzonte	6
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	7
Risultati principali	8
Diagramma perdite	9
Grafici speciali	10



**Parametri principali**

<b>Sistema connesso in rete</b>		<b>Sistema al suolo (tavole) su collina</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>		<b>Configurazione sheds</b>	
<b>Orientamento</b>		<b>Modelli utilizzati</b>	
Piano fisso		N. di shed	706 unità
Inclinazione/azimut	30 / 0 °	Campo (array) identico	
		<b>Dimensioni</b>	
		Spaziatura sheds	9.50 m
		Larghezza collettori	4.84 m
		Fattore occupazione (GCR)	51.0 %
		<b>Angolo limite ombreggiamento</b>	
		Angolo limite profilo	24.9 °
<b>Orizzonte</b>		<b>Ombre vicine</b>	
Altezza media	4.7 °	Ombre lineari	
<b>Limitazione potenza di rete</b>		<b>Bisogni dell'utente</b>	
Potenza attiva	9000 kWac	Carico illimitato (rete)	
Rapporto Pnom	1.101		

**Caratteristiche campo FV**

<b>Campo #1 - PS1</b>			
<b>Modulo FV</b>			
Costruttore	Jinkosolar	<b>Inverter</b>	SMA
Modello	JKM585M-7RL4-V	Costruttore	SMA
	(definizione customizzata dei parametri)	Modello	Sunny Central 4000 UP
			(definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit.	585 Wp	Potenza nom. unit.	4000 kWac
Numero di moduli FV	6504 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3805 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	271 Stringhe x 24 In serie	Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Rapporto Pnom (DC:AC)	0.95
Pmpp	3470 kWc		
U mpp	966 V		
I mpp	3593 A		
<b>Modulo FV</b>			
Costruttore	Jinkosolar	<b>Inverter</b>	SMA
Modello	JKM585M-7RL4-V	Costruttore	SMA
	(definizione customizzata dei parametri)	Modello	Sunny Central 2660 UP (Preliminary)
			(definizione customizzata dei parametri)
Potenza nom. unit.	585 Wp	Potenza nom. unit.	2660 kWac
Numero di moduli FV	10440 unità	Numero di inverter	2 unità
Nominale (STC)	6107 kWc	Potenza totale	5320 kWac
<b>Campo #2 - PS2</b>			
Numero di moduli FV	5208 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3047 kWc	Potenza totale	2660 kWac
Moduli	217 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	2779 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.15
U mpp	966 V		
I mpp	2877 A		



**Caratteristiche campo FV**

<b>Campo #3 - PS3</b>			
Numero di moduli FV	5232 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3061 kWc	Potenza totale	2660 kWac
Moduli	218 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	2792 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.15
U mpp	966 V		
I mpp	2891 A		
<b>Potenza PV totale</b>		<b>Potenza totale inverter</b>	
Nominale (STC)	9912 kWp	Potenza totale	9320 kWac
Totale	16944 moduli	Numero di inverter	3 unità
Superficie modulo	46326 m <sup>2</sup>	Rapporto Pnom	1.06
Superficie cella	43640 m <sup>2</sup>		

**Perdite campo**

<b>Perdite per sporco campo</b>		<b>Fatt. di perdita termica</b>		<b>Perdita di qualità moduli</b>				
Fraz. perdite	3.0 %	Temperatura modulo secondo irraggiamento		Fraz. perdite	-0.8 %			
		Uc (cost)	29.0 W/m <sup>2</sup> K					
		Uv (vento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s					
<b>Perdite per mismatch del modulo</b>		<b>Perdita disadattamento Stringhe</b>						
Fraz. perdite	1.0 % a MPP	Fraz. perdite	0.1 %					
<b>Fattore di perdita IAM</b>								
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	0.989	0.965	0.924	0.731	0.000

**Perdite DC nel cablaggio**

Res. globale di cablaggio	1.8 mΩ		
Fraz. perdite	1.6 % a STC		
<b>Campo #1 - PS1</b>		<b>Campo #2 - PS2</b>	
Res. globale campo	4.9 mΩ	Res. globale campo	5.6 mΩ
Fraz. perdite	1.6 % a STC	Fraz. perdite	1.5 % a STC
<b>Campo #3 - PS3</b>			
Res. globale campo	6.0 mΩ		
Fraz. perdite	1.6 % a STC		

**Perdite sistema**

<b>Indisponibilità del sistema</b>		<b>Perdite ausiliarie</b>	
frazione di tempo	2.0 %	Ventilatori costanti	18.00 kW
	7.3 giorni,	3.9 kW dalla soglia di potenza	
	5 periodi	Cons. aus. notturno	2.00 kW



### Perdite cablaggio AC

#### Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

Tensione inverter 600 Vac tri  
Fraz. perdite 0.04 % a STC

#### Inverter: Sunny Central 4000 UP

Sezione cavi (1 Inv.) Rame 1 x 3 x 2500 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza cavi 5 m

#### Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)

Sezione cavi (2 Inv.) Rame 2 x 3 x 2000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

#### Linea MV fino alla iniezione

Voltaggio MV 36 kV  
Conduttori All 3 x 400 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza 12400 m  
Fraz. perdite 0.73 % a STC

### Perdite AC nei trasformatori

#### Trafo MV

Tensione rete 36 kV

#### Perdite di operazione in STC

Potenza nominale a STC 9706 kVA  
Perdita ferro (Connessione 24/24) 9.71 kW  
Fraz. perdite 0.10 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.37 mΩ  
Fraz. perdite 1.00 % a STC



PVsyst V7.2.16

VC6, Simulato su  
16/06/22 18:23  
con v7.2.16

**Definizione orizzonte**

Horizon from PVGIS website API, Lat=37°15'38', Long=14°34'19', Alt=299m

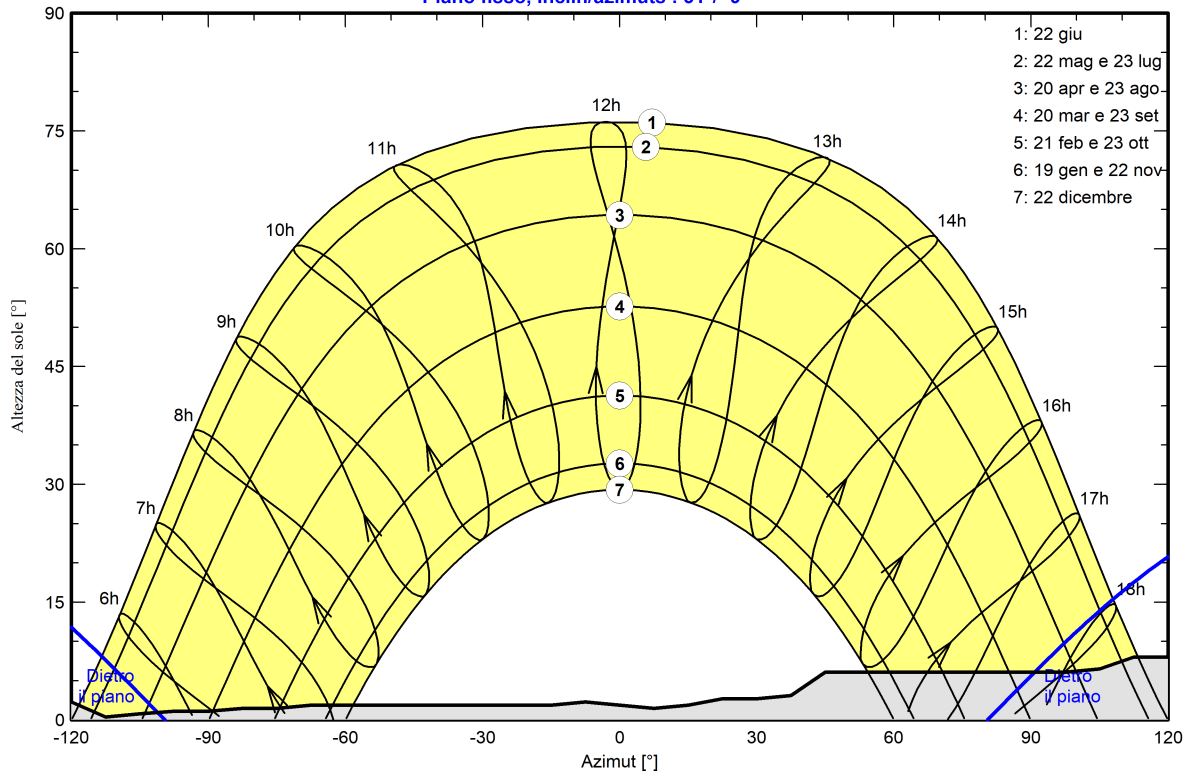
Altezza media	4.7 °	Fattore su albedo	0.88
Fattore su diffuso	0.98	Frazione albedo	100 %

**Profilo dell'orizzonte**

Azimut [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90
Altezza [°]	8.0	7.6	6.9	5.7	5.3	5.0	3.1	2.3	2.3	0.4	0.8	1.1	1.1
Azimut [°]	-83	-75	-68	-15	-8	0	8	15	23	30	38	45	98
Altezza [°]	1.5	1.5	1.9	1.9	2.3	1.9	1.5	1.9	2.7	2.7	3.1	6.1	6.1
Azimut [°]	105	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180		
Altezza [°]	6.5	8.0	8.0	9.2	9.5	9.9	9.9	10.3	10.3	9.2	8.0		

**Percorsi del sole (diagramma altezza / azimut)**

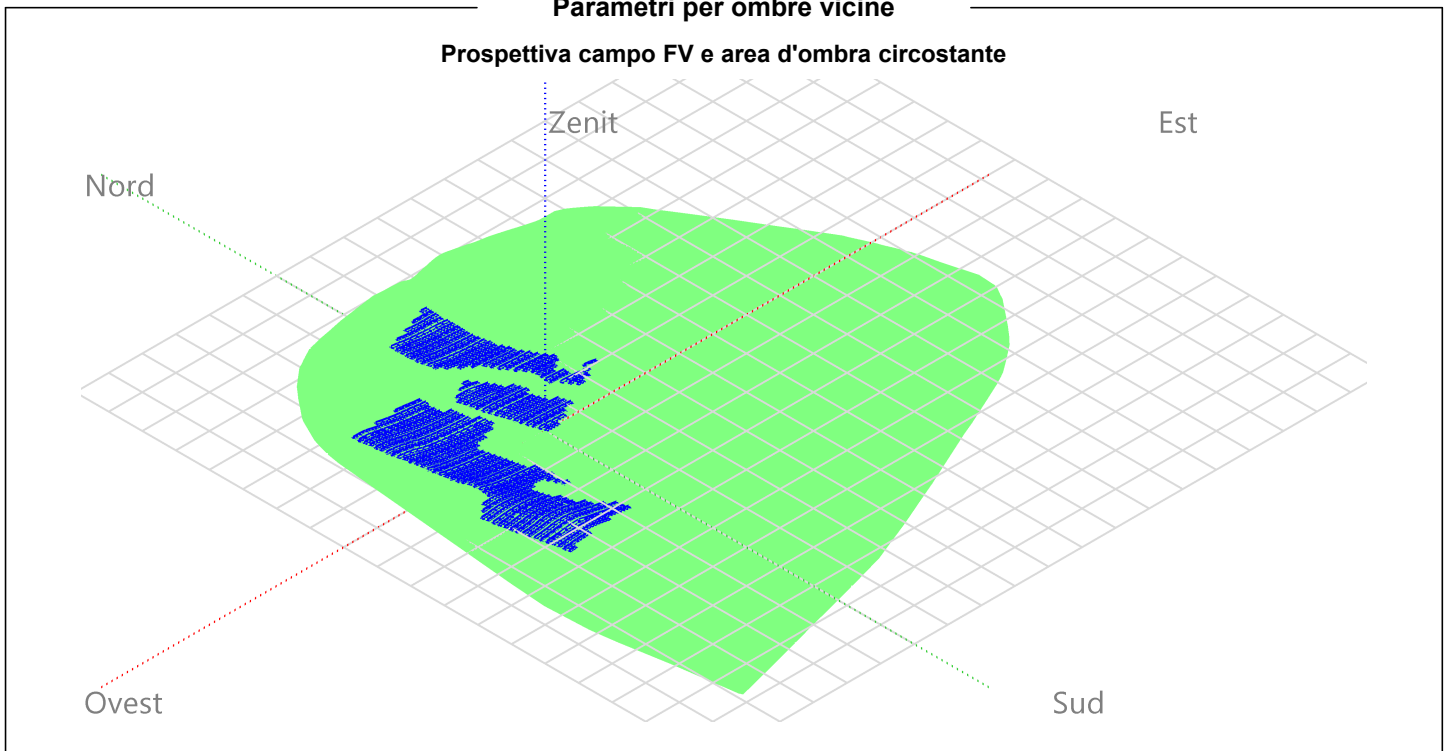
Piano fisso, Incl./azimut: 31° / -9°





### Parametri per ombre vicine

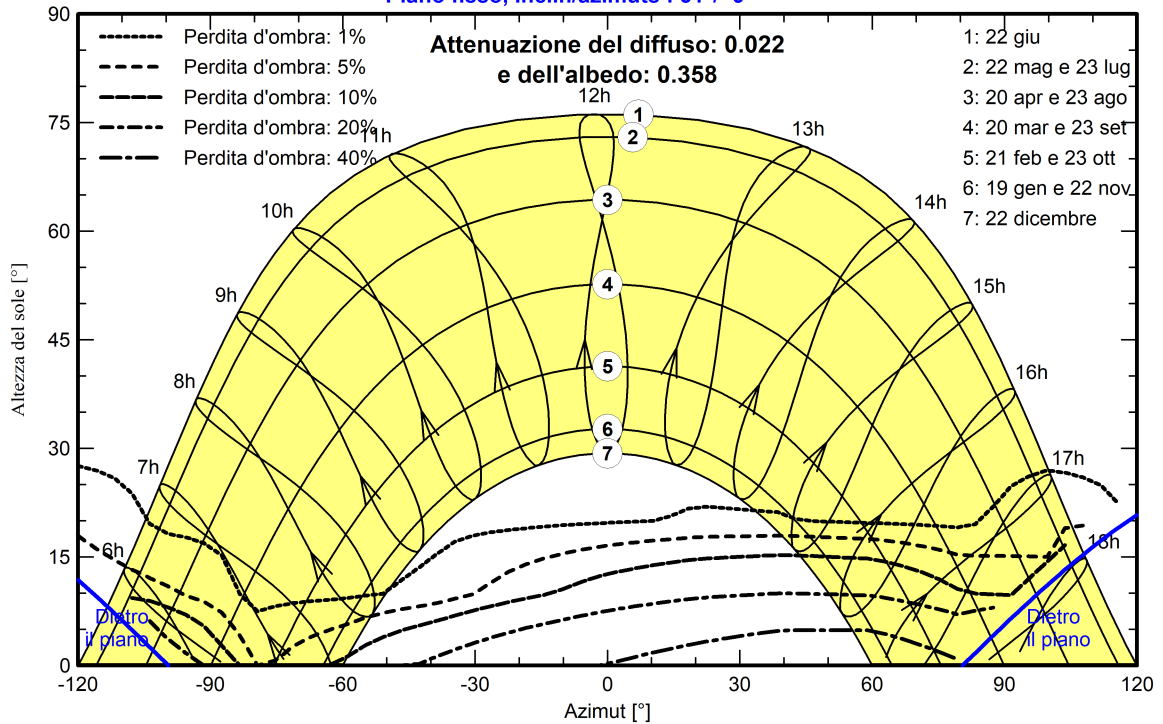
#### Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante



### Diagramma iso-ombre

#### Orientamento #1

Piano fisso, Inclin/azimuts : 31°/ -9°







**Risultati principali**

**Produzione sistema**

Energia prodotta

17 GWh/anno

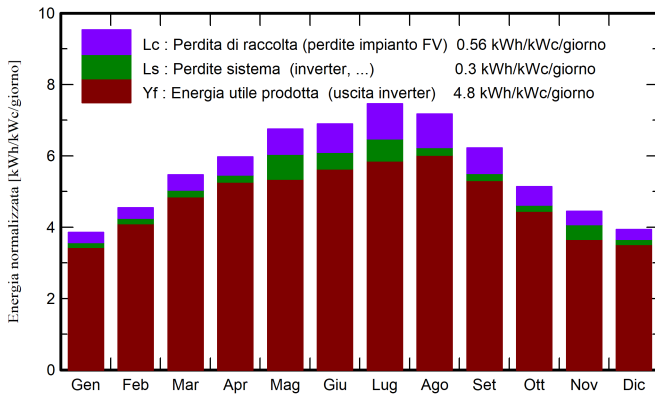
Prod. Specif.

1750 kWh/kWc/anno

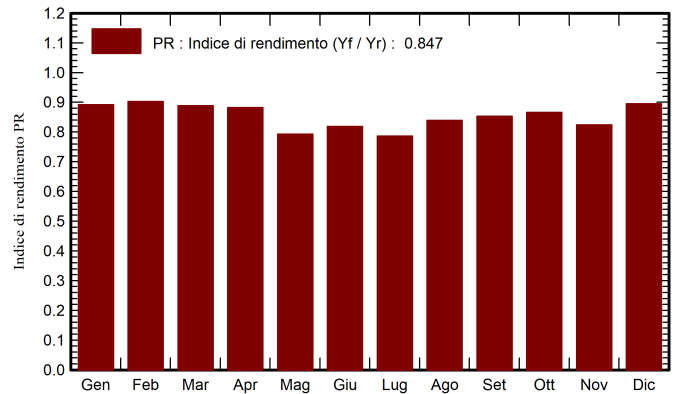
Indice di rendimento PR

84.71 %

**Produzione normalizzata (per kWp installato)**



**Indice di rendimento PR**



**Bilanci e risultati principali**

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> GWh	<b>E_Grid</b> GWh	<b>PR</b> ratio
<b>Gennaio</b>	75.7	29.10	9.36	119.5	112.8	1.100	1.057	0.892
<b>Febbraio</b>	90.7	39.07	9.11	127.1	121.0	1.182	1.138	0.903
<b>Marzo</b>	139.9	55.81	11.71	169.4	161.5	1.550	1.492	0.889
<b>Aprile</b>	168.1	73.09	13.96	179.2	170.6	1.626	1.567	0.882
<b>Maggio</b>	214.6	75.50	18.60	209.2	199.3	1.859	1.645	0.793
<b>Giugno</b>	222.2	76.54	22.35	206.8	197.0	1.815	1.678	0.819
<b>Luglio</b>	243.5	61.15	25.74	231.2	220.8	1.992	1.803	0.787
<b>Agosto</b>	212.7	63.26	25.89	222.4	212.4	1.918	1.850	0.839
<b>Settembre</b>	159.3	54.37	22.32	186.8	178.3	1.639	1.579	0.853
<b>Ottobre</b>	119.8	47.19	19.06	159.3	151.6	1.420	1.368	0.867
<b>Novembre</b>	85.5	29.62	14.33	133.4	126.9	1.214	1.090	0.824
<b>Dicembre</b>	72.9	26.62	10.98	122.0	115.7	1.126	1.083	0.895
<b>Anno</b>	1804.9	631.33	17.00	2066.3	1967.8	18.441	17.349	0.847

**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

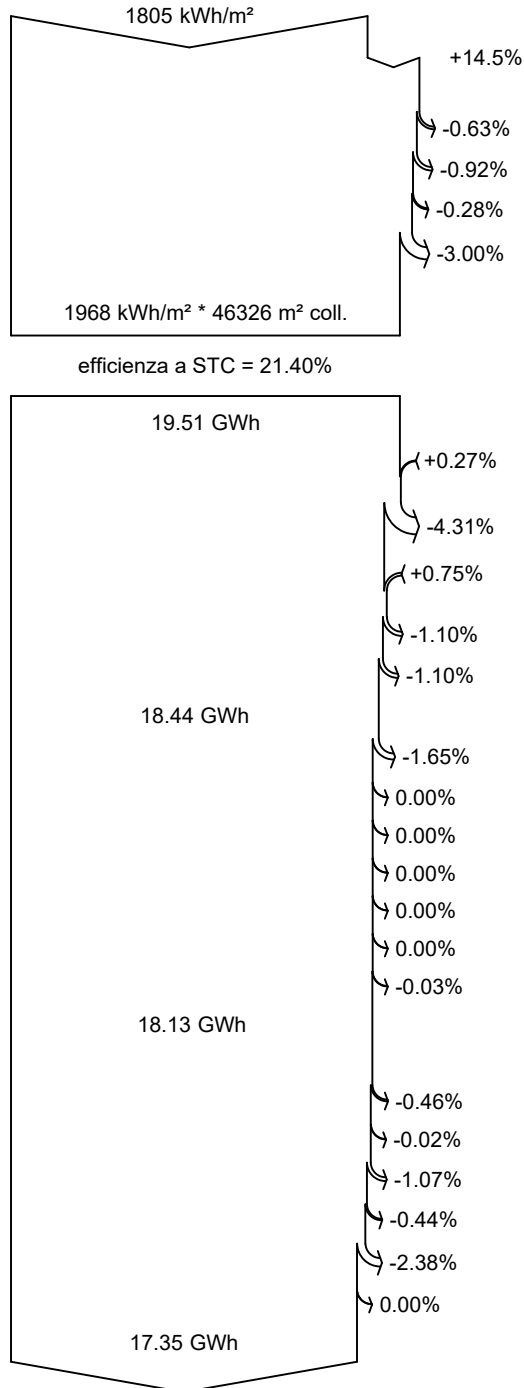
EArray Energia effettiva in uscita campo

E\_Grid Energia immessa in rete

PR Indice di rendimento



**Diagramma perdite**



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

- Ombre lontane / Orizzonte
- Ombre vicine: perdita di irraggiamento
- Fattore IAM su globale
- Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**

- Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

- Perdita FV causa livello d'irraggiamento

- Perdita FV causa temperatura

- Perdita per qualità modulo

- Perdita disadattamento moduli e stringhe

- 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**

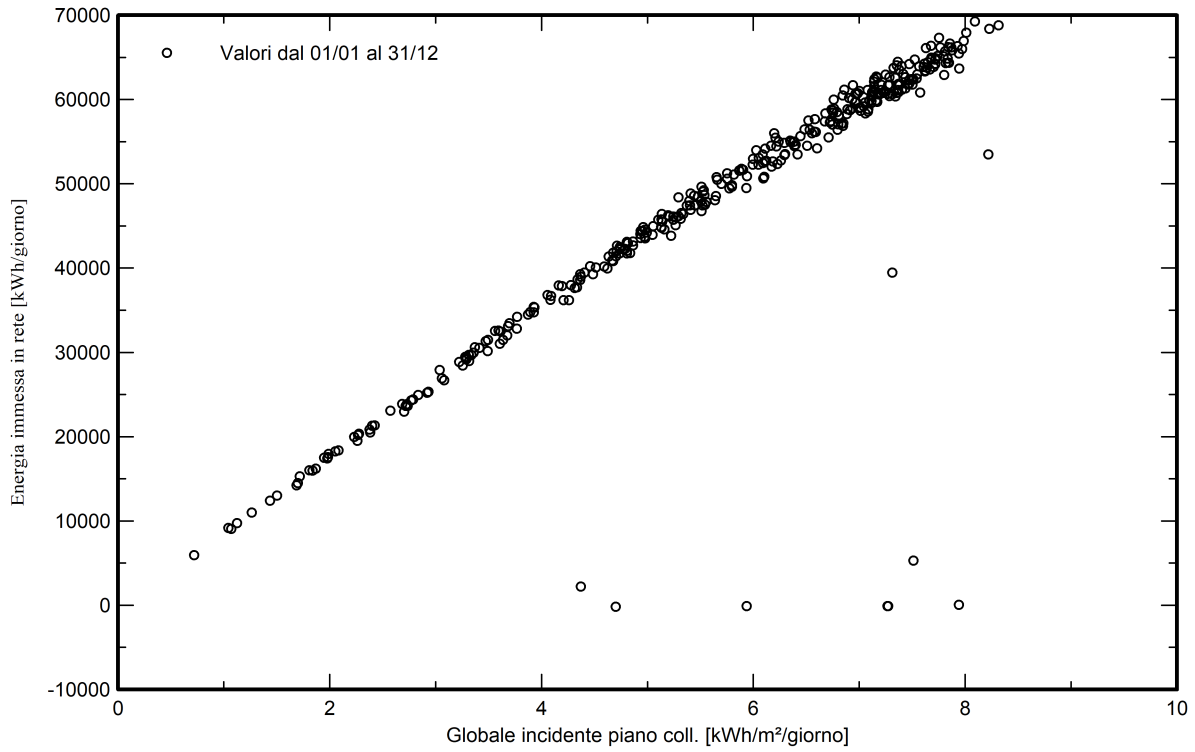
- Ausiliari (ventilatori, altro...)
- Perdite ohmiche AC
- Perdita del trasfo Medio Voltaggio
- Perdita ohmmica sulla linea MV
- indisponibilità del sistema
- Energia non impiegata (limitazione di griglia)

**Energia immessa in rete**

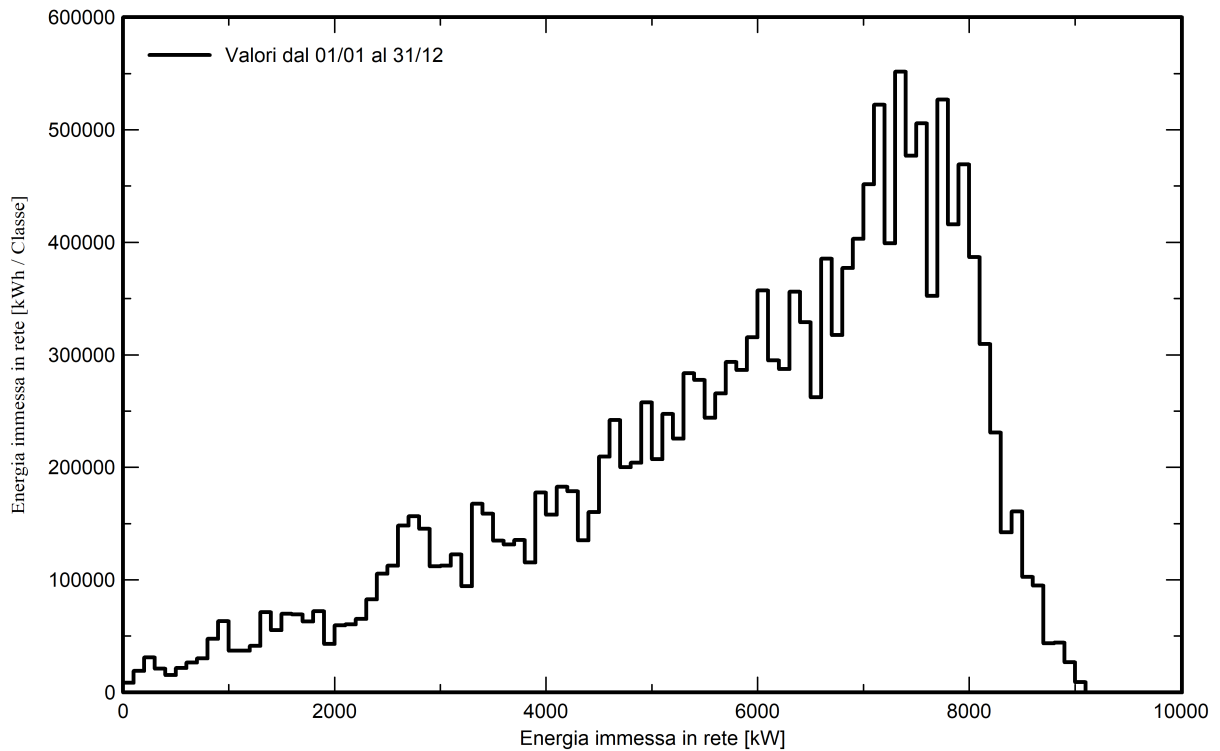


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	36

## **4.2. CALTAGIRONE STRUTTURE AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE**

# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: MARE649 - FV Caltagirone

Variante: MARE 649 - Caltagirone inseguimento Sistema  
inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 20.74 MWc

Caltagirone - Italia

**Autore**

Hydro Engineering ss (Italy)



Progetto: MARE649 - FV Caltagirone  
Variante: MARE 649 - Caltagirone inseguimento

**PVsyst V7.2.16**

VC7, Simulato su  
16/06/22 16:48  
con v7.2.16

Hydro Engineering ss (Italy)

**Sommario del progetto**

<b>Luogo geografico</b> Caltagirone Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.26 °N Longitudine 14.57 °E Altitudine 299 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Caltagirone Meteonorm 7.3 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico		

**Sommario del sistema**

<b>Sistema connesso in rete</b> <b>Orientamento campo FV</b> <b>Orientamento</b> Piano a inseguimento, asse inclinato Incl. asse media 3.6 ° Azim. asse med. 0.0 °	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b> <b>Algoritmo dell'inseguimento</b> Calcolo astronomico Backtracking attivato	<b>Ombre vicine</b> Ombre lineari
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 35448 unità Pnom totale 20.74 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 5 unità Pnom totale 18.66 MWac Limite della potenza di rete 18.50 MWac Rapporto Pnom lim. rete 1.121	
<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)		

**Sommario dei risultati**

Energia prodotta 40 GWh/anno	Prod. Specif. 1941 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 82.31 %
------------------------------	---------------------------------	------------------------------

**Indice dei contenuti**

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione orizzonte	6
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	7
Risultati principali	8
Diagramma perdite	9
Grafici speciali	10
Bilancio delle Emissioni di CO <sub>2</sub>	11



**PVsyst V7.2.16**

VC7, Simulato su  
 16/06/22 16:48  
 con v7.2.16

Hydro Engineering ss (Italy)

**Parametri principali**

<b>Sistema connesso in rete</b>		<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>		<b>Algoritmo dell'inseguimento</b>	<b>Campo con backtracking</b>
<b>Orientamento</b>		Calcolo astronomico	N. di eliostati 723 unità
Piano a inseguimento, asse inclinato		Backtracking attivato	<b>Dimensioni</b>
Incl. asse media 3.6 °			Distanza eliostati 4.80 m
Azim. asse med. 0.0 °			Larghezza collettori 2.41 m
			Fattore occupazione (GCR) 50.2 %
			Phi min / max +/- 55.0 °
			<b>Strategia Backtracking</b>
			Limiti phi +/- 79.9 °
			Distanza tavole backtracking 4.80 m
			Larghezza backtracking 2.41 m
<b>Modelli utilizzati</b>			
Trasposizione Perez			
Diffuso Perez, Meteonorm			
Circumsolare separare			
<b>Orizzonte</b>		<b>Ombre vicine</b>	<b>Bisogni dell'utente</b>
Altezza media 4.7 °		Ombre lineari	Carico illimitato (rete)
<b>Limitazione potenza di rete</b>			
Potenza attiva 18.50 MWac			
Rapporto Pnom 1.121			

**Caratteristiche campo FV**

<b>Modulo FV</b>		<b>Inverter</b>	
Costruttore Jinkosolar		Costruttore SMA	
Modello JKM585M-7RL4-V		Modello Sunny Central 4000 UP	
(definizione customizzata dei parametri)		(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit. 585 Wp		Potenza nom. unit. 4000 kWac	
Numero di moduli FV 30672 unità		Numero di inverter 4 unità	
Nominale (STC) 17.94 MWc		Potenza totale 16000 kWac	
<b>Campo #1 - PS4</b>			
Numero di moduli FV 8112 unità		Numero di inverter 1 unità	
Nominale (STC) 4746 kWc		Potenza totale 4000 kWac	
Moduli 338 Stringhe x 24 In serie			
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento 880-1325 V	
Pmpp 4328 kWc		Rapporto Pnom (DC:AC) 1.19	
U mpp 966 V			
I mpp 4482 A			
<b>Campo #2 - PS5</b>			
Numero di moduli FV 7584 unità		Numero di inverter 1 unità	
Nominale (STC) 4437 kWc		Potenza totale 4000 kWac	
Moduli 316 Stringhe x 24 In serie			
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento 880-1325 V	
Pmpp 4047 kWc		Rapporto Pnom (DC:AC) 1.11	
U mpp 966 V			
I mpp 4190 A			



**PVsyst V7.2.16**

VC7, Simulato su  
16/06/22 16:48  
con v7.2.16

Hydro Engineering ss (Italy)

**Caratteristiche campo FV**

**Campo #4 - PS7**

Numero di moduli FV	7488 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4380 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	312 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	3995 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.10
U mpp	966 V		
I mpp	4137 A		

**Campo #5 - PS8**

Numero di moduli FV	7488 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4380 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	312 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	3995 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.10
U mpp	966 V		
I mpp	4137 A		

**Campo #3 - PS6**

**Modulo FV**

Costruttore	Jinkosolar
Modello	JKM585M-7RL4-V
(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	585 Wp
Numero di moduli FV	4776 unità
Nominale (STC)	2794 kWc
Moduli	199 Stringhe x 24 In serie
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>	
Pmpp	2548 kWc
U mpp	966 V
I mpp	2639 A

**Inverter**

Costruttore	SMA
Modello	Sunny Central 2660 UP (Preliminary)
(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	2660 kWac
Numero di inverter	1 unità
Potenza totale	2660 kWac
Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Rapporto Pnom (DC:AC)	1.05

**Potenza PV totale**

Nominale (STC)	20737 kWp
Totale	35448 moduli
Superficie modulo	96917 m <sup>2</sup>
Superficie cella	91298 m <sup>2</sup>

**Potenza totale inverter**

Potenza totale	18660 kWac
Numero di inverter	5 unità
Rapporto Pnom	1.11

**Perdite campo**

**Perdite per sporco campo**

Fraz. perdite 3.0 %

**Fatt. di perdita termica**

Temperatura modulo secondo irraggiamento  
Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Perdita di qualità moduli**

Fraz. perdite -0.8 %

**Perdite per mismatch del modulo**

Fraz. perdite 1.0 % a MPP

**Perdita disadattamento Stringhe**

Fraz. perdite 0.1 %

**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	1.000	1.000	0.989	0.965	0.924	0.731	0.000





**PVsyst V7.2.16**

VC7, Simulato su  
16/06/22 16:48  
con v7.2.16

Hydro Engineering ss (Italy)

**Perdite DC nel cablaggio**

Res. globale di cablaggio 0.73 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Campo #1 - PS4**

Res. globale campo 2.6 mΩ  
Fraz. perdite 1.1 % a STC

**Campo #3 - PS6**

Res. globale campo 5.4 mΩ  
Fraz. perdite 1.3 % a STC

**Campo #5 - PS8**

Res. globale campo 3.5 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Campo #2 - PS5**

Res. globale campo 4.4 mΩ  
Fraz. perdite 1.7 % a STC

**Campo #4 - PS7**

Res. globale campo 3.5 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Perdite sistema**

**indisponibilità del sistema**

frazione di tempo 2.0 %  
7.3 giorni,  
5 periodi

**Perdite ausiliarie**

Ventilatori costanti 18.00 kW  
3.9 kW dalla soglia di potenza  
Cons. aus. notturno 2.00 kW

**Perdite cablaggio AC**

**Linea uscita inv. sino al trasformatore MT**

Tensione inverter 600 Vac tri  
Fraz. perdite 0.03 % a STC

**Inverter: Sunny Central 4000 UP**

Sezione cavi (2 Inv.) Rame 2 x 3 x 4000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

**Inverter: Sunny Central 4000 UP**

Sezione cavi (2 Inv.) Rame 2 x 3 x 3000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

**Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)**

Sezione cavi (1 Inv.) Rame 1 x 3 x 2000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza cavi 5 m

**Linea MV fino alla iniezione**

Voltaggio MV 36 kV  
Conduttori All 3 x 400 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza 12400 m  
Fraz. perdite 1.53 % a STC

**Perdite AC nei trasformatori**

**Trafo MV**

Tensione rete 36 kV

**Perdite di operazione in STC**

Potenza nominale a STC 20325 kVA  
Perdita ferro (Connessione 24/24) 20.33 kW  
Fraz. perdite 0.10 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.18 mΩ  
Fraz. perdite 1.00 % a STC



**Definizione orizzonte**

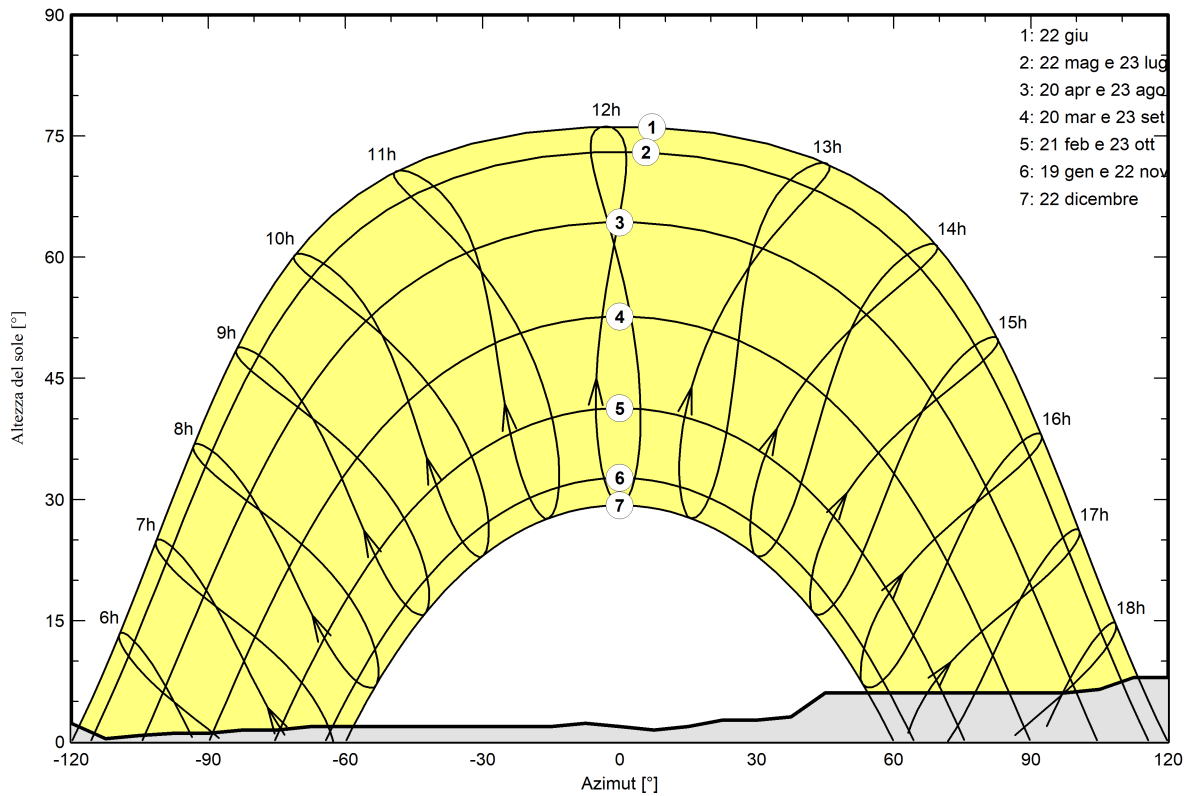
Horizon from PVGIS website API, Lat=37°15'38', Long=14°34'19', Alt=299m

Altezza media 4.7 °      Fattore su albedo 0.67  
 Fattore su diffuso 0.92      Frazione albedo 100 %

**Profilo dell'orizzonte**

Azimut [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90
Altezza [°]	8.0	7.6	6.9	5.7	5.3	5.0	3.1	2.3	2.3	0.4	0.8	1.1	1.1
Azimut [°]	-83	-75	-68	-15	-8	0	8	15	23	30	38	45	98
Altezza [°]	1.5	1.5	1.9	1.9	2.3	1.9	1.5	1.9	2.7	2.7	3.1	6.1	6.1
Azimut [°]	105	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180		
Altezza [°]	6.5	8.0	8.0	9.2	9.5	9.9	9.9	10.3	10.3	9.2	8.0		

**Percorsi del sole (diagramma altezza / azimut)**





Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

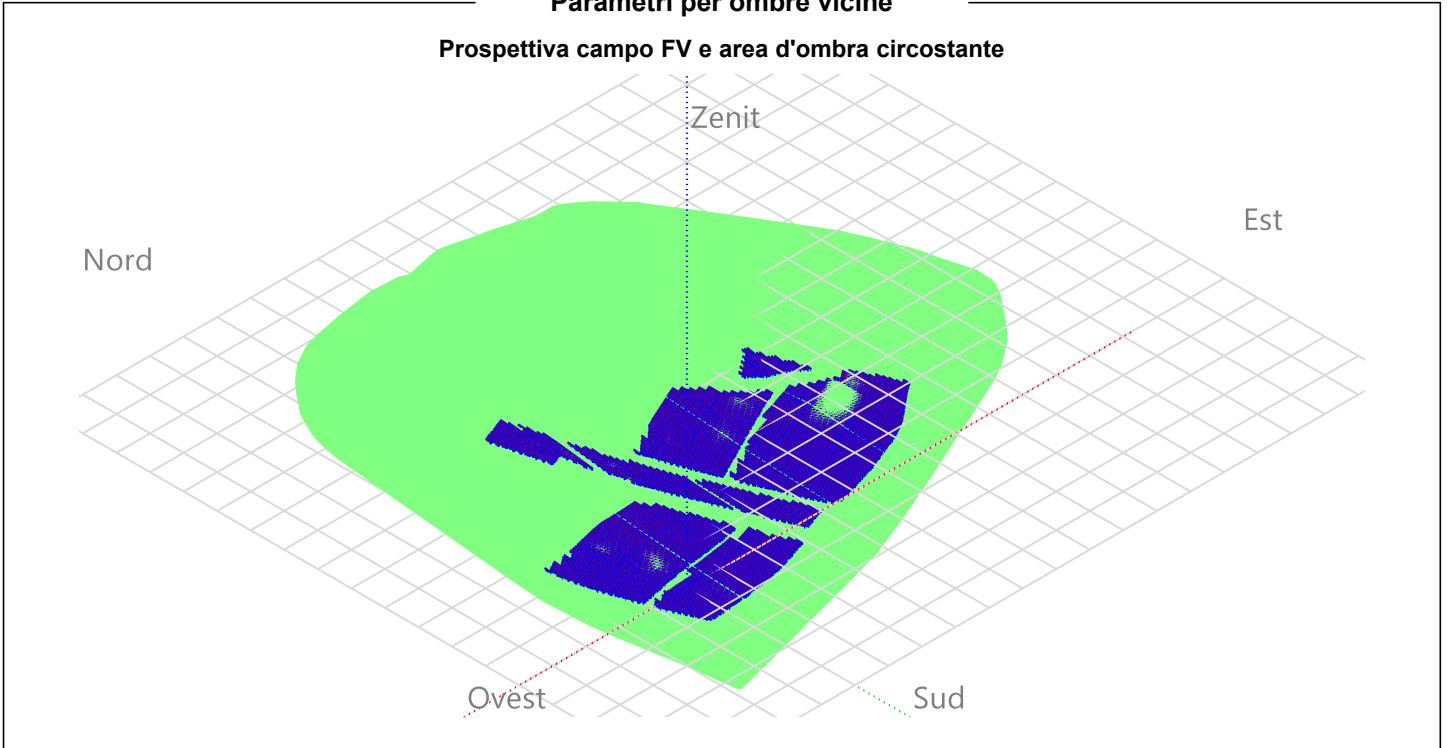
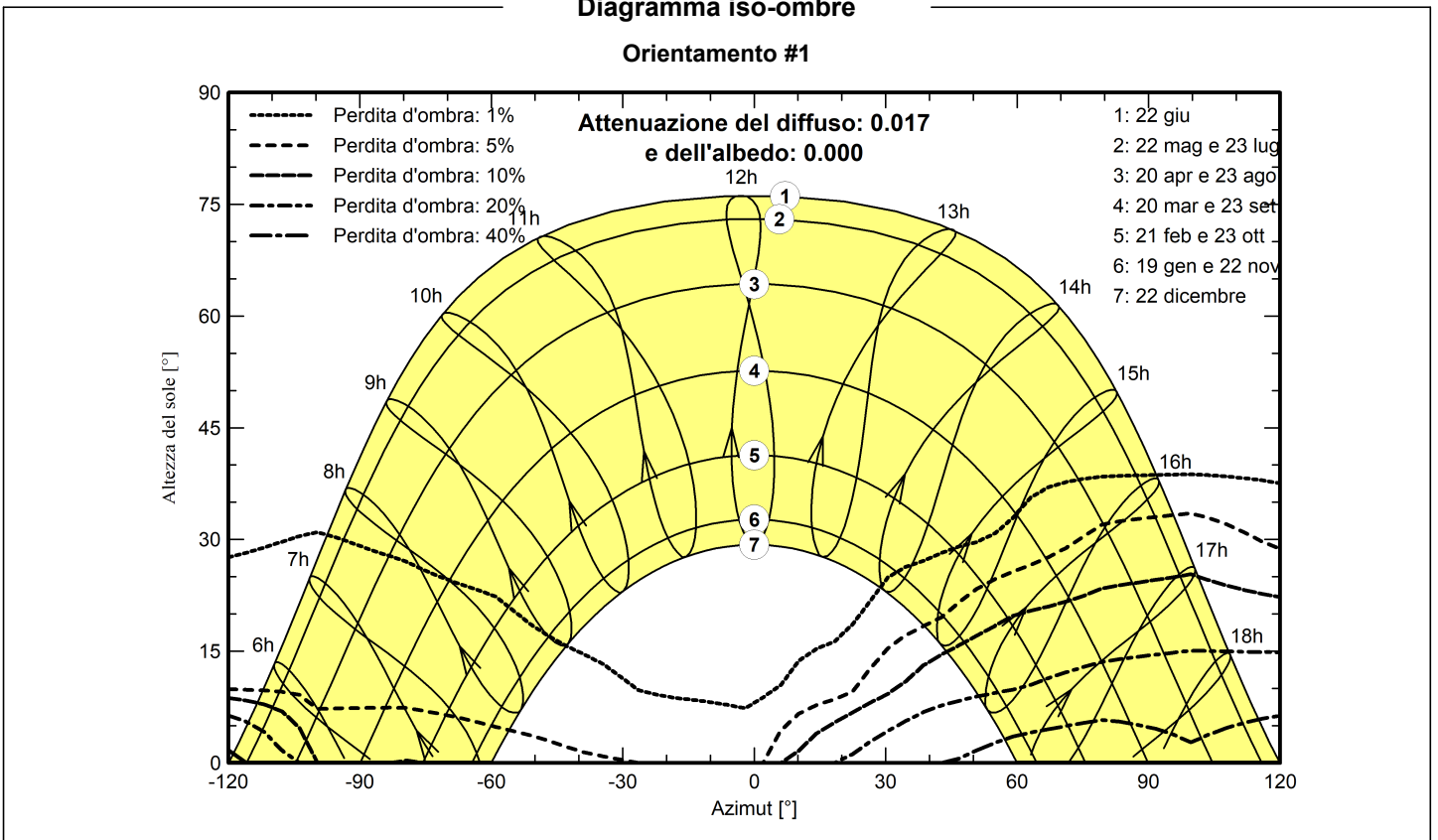


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





Progetto: MARE649 - FV Caltagirone  
 Variante: MARE 649 - Caltagirone inseguimento

PVsyst V7.2.16  
 VC7, Simulato su  
 16/06/22 16:48  
 con v7.2.16

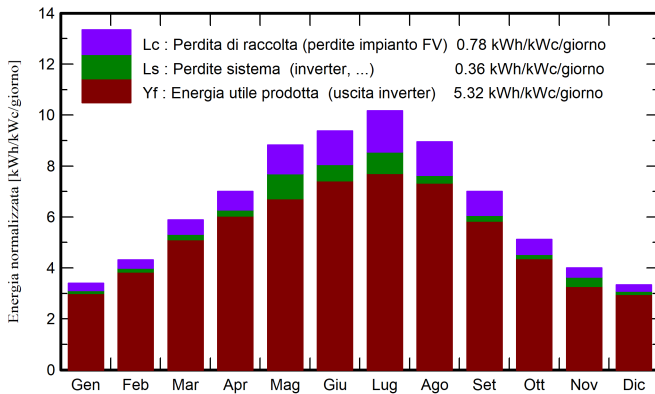
Hydro Engineering ss (Italy)

**Risultati principali**

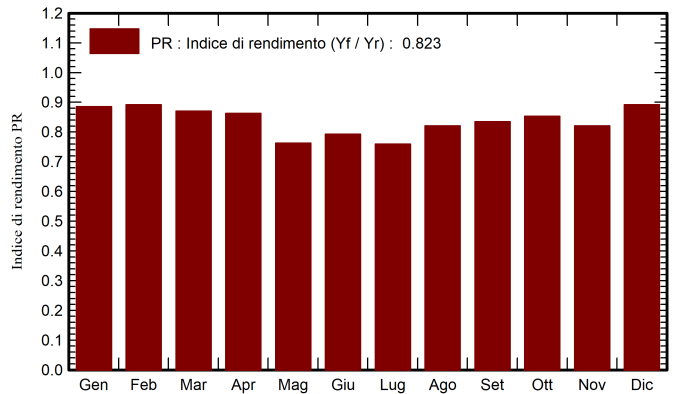
**Produzione sistema**

Energia prodotta 40 GWh/anno Prod. Specif. 1941 kWh/kWc/anno  
 Indice di rendimento PR 82.31 %

**Produzione normalizzata (per kWp installato)**



**Indice di rendimento PR**



**Bilanci e risultati principali**

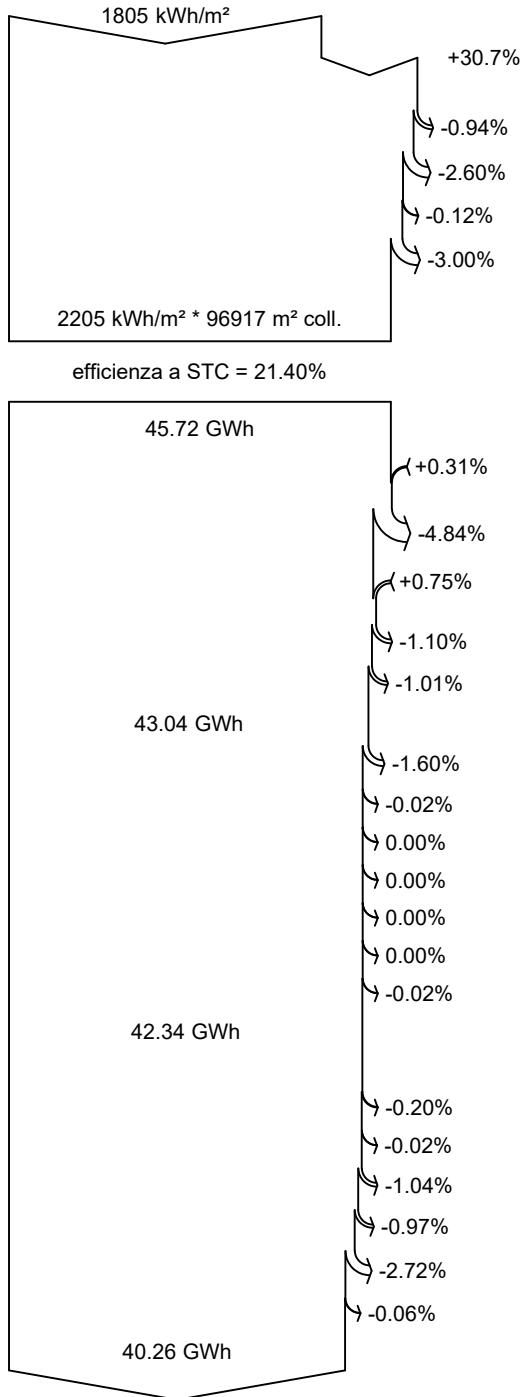
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Gennaio	75.7	29.10	9.36	105.2	97.3	2.010	1.932	0.885
Febbraio	90.7	39.07	9.11	120.8	112.5	2.321	2.235	0.892
Marzo	139.9	55.81	11.71	182.4	170.0	3.426	3.294	0.871
Aprile	168.1	73.09	13.96	210.2	196.6	3.912	3.761	0.863
Maggio	214.6	75.50	18.60	273.4	256.2	4.954	4.324	0.763
Giugno	222.2	76.55	22.35	281.4	263.2	5.021	4.625	0.792
Luglio	243.5	61.15	25.74	315.1	295.4	5.503	4.962	0.759
Agosto	212.7	63.26	25.89	277.6	261.0	4.911	4.722	0.820
Settembre	159.3	54.37	22.32	209.9	196.2	3.778	3.635	0.835
Ottobre	119.8	47.19	19.06	158.8	147.8	2.920	2.812	0.854
Novembre	85.5	29.62	14.33	120.0	112.0	2.268	2.042	0.820
Dicembre	72.9	26.62	10.98	103.5	96.4	1.988	1.913	0.891
Anno	1804.9	631.33	17.00	2358.5	2204.6	43.012	40.255	0.823

**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**



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

Ombre lontane / Orizzonte

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**

Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

Perdita disadattamento moduli e stringhe

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**

Ausiliari (ventilatori, altro...)

Perdite ohmiche AC

Perdita del trasfo Medio Voltaggio

Perdita ohmmica sulla linea MV

indisponibilità del sistema

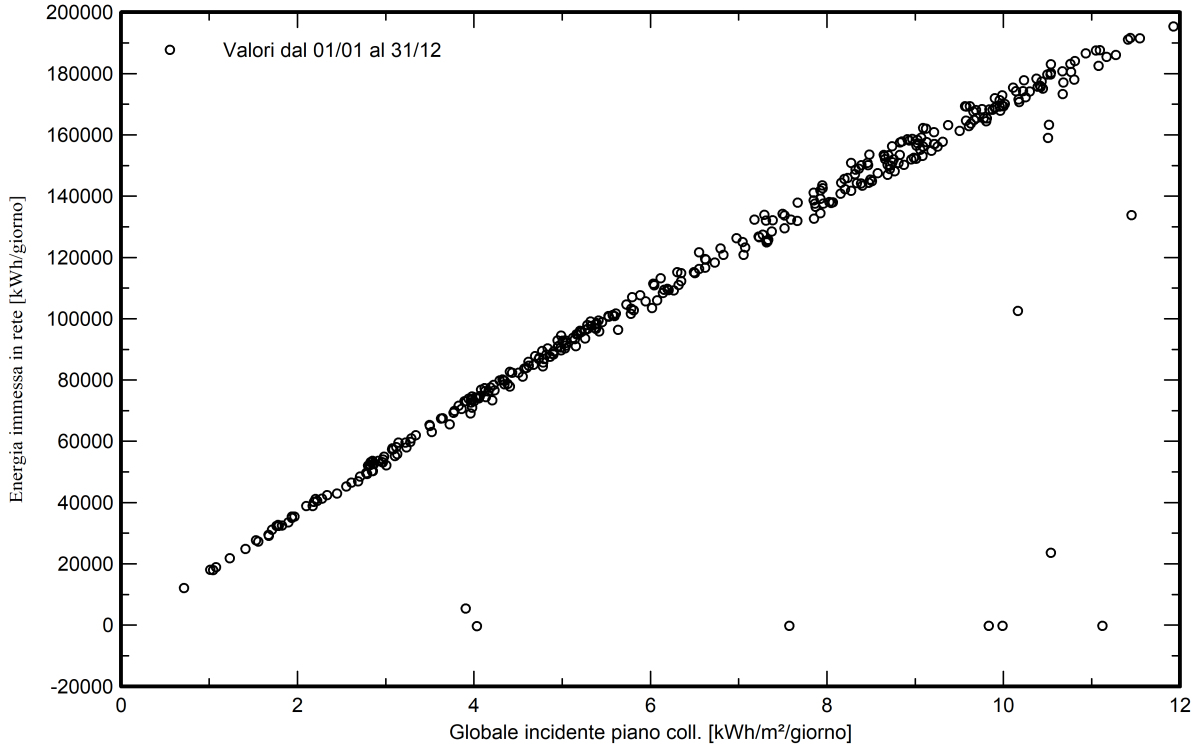
Energia non impiegata (limitazione di griglia)

**Energia immessa in rete**

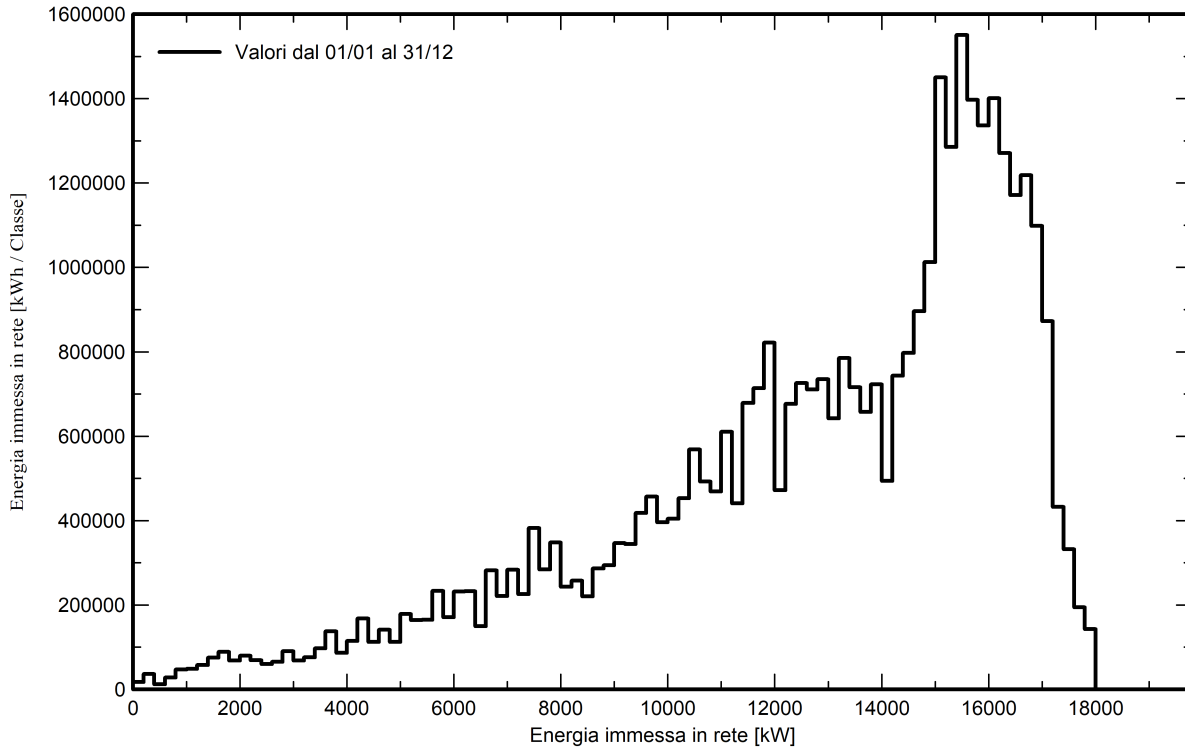


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema





PVsyst V7.2.16

VC7, Simulato su  
 16/06/22 16:48  
 con v7.2.16

**Bilancio delle Emissioni di CO<sub>2</sub>**

Totale: -15535.1 tCO<sub>2</sub>

**Emissioni generate**

Totale: 15535.12 tCO<sub>2</sub>

Fonte: Calcolo dettagliato dalla tabella in basso:

**Emissioni evitate**

Totale: 0.0 tCO<sub>2</sub>

Produzione del sistema: 40255.25 MWh/an

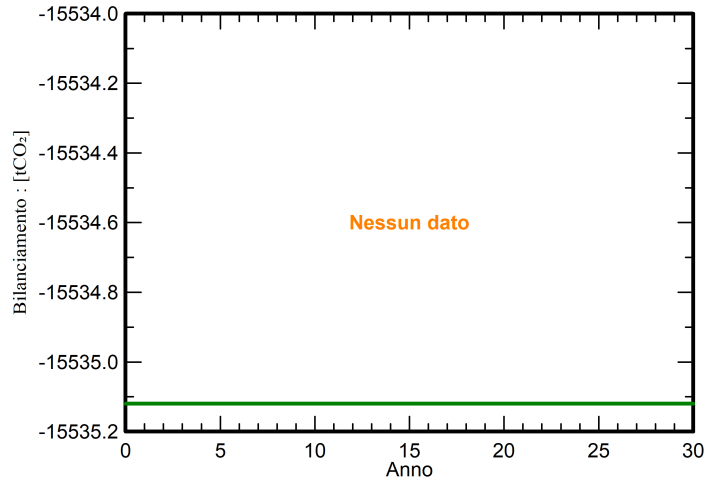
Emissioni durante il ciclo di vita: 0 gCO<sub>2</sub>/kWh

Fonte: Valore customizzato definito dall'utente

Durata di vita: 30 anni

Degradazione annua: 1.0 %

**CO<sub>2</sub> Evitata: Emissioni vs. Tempo**



**Dettagli delle emissioni del sistema nel ciclo di vita**

Elemento	LCE (ciclo vitale energia)	Quantità	Subtotale
			[kgCO <sub>2</sub> ]
Moduli	1347 kgCO <sub>2</sub> /kWc	11530 kWc	15528547
Supporti	0.01 kgCO <sub>2</sub> /Kg	985500 Kg	6573

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.9 – MARE649PDRrti009R0	IMPIANTO FOTOVOLTAICO "MINEO-CALTAGIRONE" CALCOLO DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO	48

### **4.3. MINEO STRUTTURE AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE**



# PVsyst - Rapporto di simulazione

## Sistema connesso in rete

---

Progetto: MARE649 - FV Mineo

Variante: MARE 649 - FV Mineo

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 36.25 MWc

Borgo Pietrolupo - Italia

**Autore**

Hydro Engineering ss (Italy)



**Sommario del progetto**

<b>Luogo geografico</b> Borgo Pietrolupo Italia	<b>Ubicazione</b> Latitudine 37.34 °N Longitudine 14.60 °E Altitudine 366 m Fuso orario UTC+1	<b>Parametri progetto</b> Albedo 0.20
<b>Dati meteo</b> Borgo Pietrolupo Meteonorm 7.3 (1989-2003), Sat=100% - Sintetico		

**Sommario del sistema**

<b>Sistema connesso in rete</b>	<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>		
<b>Orientamento campo FV</b> Orientamento Piano a inseguimento, asse inclinato Incl. asse media 1.2 ° Azim. asse med. 0.0 °	<b>Algoritmo dell'inseguimento</b> Calcolo astronomico Backtracking attivato	<b>Ombre vicine</b> Ombre lineari	
<b>Informazione sistema</b> <b>Campo FV</b> Numero di moduli 61968 unità Pnom totale 36.25 MWc	<b>Inverter</b> Numero di unità 10 unità Pnom totale 34.64 MWac Limite della potenza di rete 34.00 MWac Rapporto Pnom lim. rete 1.066		
<b>Bisogni dell'utente</b> Carico illimitato (rete)			

**Sommario dei risultati**

Energia prodotta	68 GWh/anno	Prod. Specif.	1879 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	80.65 %
------------------	-------------	---------------	-------------------	----------------------	---------

**Indice dei contenuti**

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Definizione orizzonte	7
Definizione ombre vicine - Diagramma iso-ombre	8
Risultati principali	9
Diagramma perdite	10
Grafici speciali	11



**Parametri principali**

<b>Sistema connesso in rete</b>		<b>Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)</b>	
<b>Orientamento campo FV</b>		<b>Algoritmo dell'inseguimento</b>	<b>Campo con backtracking</b>
<b>Orientamento</b>		Calcolo astronomico	N. di eliostati 1229 unità
Piano a inseguimento, asse inclinato		Backtracking attivato	<b>Dimensioni</b>
Incl. asse media	1.2 °		Distanza eliostati 4.80 m
Azim. asse med.	0.0 °		Larghezza collettori 2.41 m
			Fattore occupazione (GCR) 50.2 %
			Phi min / max +/- 60.0 °
			<b>Strategia Backtracking</b>
			Limiti phi +/- 79.9 °
			Distanza tavole backtracking 4.80 m
			Larghezza backtracking 2.41 m
<b>Modelli utilizzati</b>		<b>Ombre vicine</b>	<b>Bisogni dell'utente</b>
Trasposizione	Perez	Ombre lineari	Carico illimitato (rete)
Diffuso	Perez, Meteonorm		
Circumsolare	separare		
<b>Orizzonte</b>			
Altezza media	3.6 °		
<b>Limitazione potenza di rete</b>			
Potenza attiva	34.00 MWac		
Rapporto Pnom	1.066		

**Caratteristiche campo FV**

<b>Modulo FV</b>		<b>Inverter</b>	
Costruttore	Jinkosolar	Costruttore	SMA
Modello	JKM585M-7RL4-V	Modello	Sunny Central 2660 UP (Preliminary)
(definizione customizzata dei parametri)		(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	585 Wp	Potenza nom. unit.	2660 kWac
Numero di moduli FV	19056 unità	Numero di inverter	4 unità
Nominale (STC)	11.15 MWc	Potenza totale	10640 kWac
<b>Campo #1 - PS9</b>		<b>Campo #3 - PS11</b>	
Numero di moduli FV	4440 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	2597 kWc	Potenza totale	2660 kWac
Moduli	185 Stringhe x 24 In serie	Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Rapporto Pnom (DC:AC)	0.98
Pmpp	2369 kWc		
U mpp	966 V		
I mpp	2453 A		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>			
Pmpp	2382 kWc		
U mpp	966 V		
I mpp	2466 A		



## Caratteristiche campo FV

**Campo #6 - PS14**

Numero di moduli FV	5232 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3061 kWc	Potenza totale	2660 kWac
Moduli	218 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	2792 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.15
U mpp	966 V		
I mpp	2891 A		

**Campo #10 - PS18**

Numero di moduli FV	4920 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	2878 kWc	Potenza totale	2660 kWac
Moduli	205 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	2625 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.08
U mpp	966 V		
I mpp	2718 A		

**Modulo FV**

Costruttore	Jinkosolar
Modello	JKM585M-7RL4-V
(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	585 Wp
Numero di moduli FV	42912 unità
Nominale (STC)	25.10 MWc

**Inverter**

Costruttore	SMA
Modello	Sunny Central 4000 UP
(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	4000 kWac
Numero di inverter	6 unità
Potenza totale	24000 kWac

**Campo #2 - PS10**

Numero di moduli FV	7824 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4577 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	326 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	4175 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.14
U mpp	966 V		
I mpp	4323 A		

**Campo #4 - PS12**

Numero di moduli FV	6816 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3987 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	284 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	3637 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.00
U mpp	966 V		
I mpp	3766 A		

**Campo #5 - PS13**

Numero di moduli FV	6816 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3987 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	284 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	3637 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.00
U mpp	966 V		
I mpp	3766 A		



## PVsyst V7.2.16

VC2, Simulato su  
16/06/22 16:30  
con v7.2.16

Hydro Engineering ss (Italy)

## Caratteristiche campo FV

**Campo #7 - PS15**

Numero di moduli FV	7560 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4423 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	315 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	4034 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.11
U mpp	966 V		
I mpp	4177 A		

**Campo #8 - PS16**

Numero di moduli FV	7536 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	4409 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	314 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	4021 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.10
U mpp	966 V		
I mpp	4163 A		

**Campo #9 - PS17**

Numero di moduli FV	6360 unità	Numero di inverter	1 unità
Nominale (STC)	3721 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	265 Stringhe x 24 In serie		
<b>In cond. di funz. (50°C)</b>		Voltaggio di funzionamento	880-1325 V
Pmpp	3394 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	0.93
U mpp	966 V		
I mpp	3514 A		

**Potenza PV totale**

Nominale (STC)	36251 kWp
Totale	61968 moduli
Superficie modulo	169425 m <sup>2</sup>
Superficie cella	159602 m <sup>2</sup>

**Potenza totale inverter**

Potenza totale	34640 kWac
Numero di inverter	10 unità
Rapporto Pnom	1.05

## Perdite campo

**Perdite per sporco campo**

Fraz. perdite 3.0 %

**Fatt. di perdita termica**

Temperatura modulo secondo irraggiamento  
Uc (cost) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (vento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Perdita di qualità moduli**

Fraz. perdite -0.8 %

**Perdite per mismatch del modulo**

Fraz. perdite 1.0 % a MPP

**Perdita disadattamento Stringhe**

Fraz. perdite 0.1 %

**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	1.000	1.000	0.989	0.965	0.924	0.731	0.000



**Perdite DC nel cablaggio**

Res. globale di cablaggio 0.45 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Campo #1 - PS9**

Res. globale campo 4.6 mΩ  
Fraz. perdite 1.1 % a STC

**Campo #3 - PS11**

Res. globale campo 6.1 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Campo #5 - PS13**

Res. globale campo 4.4 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Campo #7 - PS15**

Res. globale campo 3.8 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Campo #9 - PS17**

Res. globale campo 4.5 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Campo #2 - PS10**

Res. globale campo 3.4 mΩ  
Fraz. perdite 1.4 % a STC

**Campo #4 - PS12**

Res. globale campo 4.4 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Campo #6 - PS14**

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

**Campo #8 - PS16**

Res. globale campo 3.8 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Campo #10 - PS18**

Res. globale campo 5.8 mΩ  
Fraz. perdite 1.5 % a STC

**Perdite sistema**

**indisponibilità del sistema**

frazione di tempo 2.0 %  
7.3 giorni,  
5 periodi

**Perdite ausiliarie**

Ventilatori costanti 26.0 kW  
3.9 kW dalla soglia di potenza  
Cons. aus. notturno 2.0 kW

**Perdite cablaggio AC**

**Linea uscita inv. sino al trasformatore MT**

Tensione inverter 600 Vac tri  
Fraz. perdite 0.04 % a STC

**Inverter: Sunny Central 2660 UP (Preliminary)**

Sezione cavi (3 Inv.) Rame 3 x 3 x 2000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

**Inverter: Sunny Central 4000 UP**

Sezione cavi (1 Inv.) Rame 1 x 3 x 4000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza cavi 5 m

**Inverter: Sunny Central 4000 UP, Sunny Central 2660 UP (Preliminary) Inverter: Sunny Central 4000 UP**

Sezione cavi (4 Inv.) Rame 4 x 3 x 2500 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

Sezione cavi (2 Inv.) Rame 2 x 3 x 3000 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza media dei cavi 5 m

**Linea MV fino alla iniezione**

Voltaggio MV 36 kV  
Conduttori All 3 x 500 mm<sup>2</sup>  
Lunghezza 20660 m  
Fraz. perdite 3.57 % a STC

**Perdite AC nei trasformatori**

**Trafo MV**

Tensione rete 36 kV

**Perdite di operazione in STC**

Potenza nominale a STC 35533 kVA  
Perdita ferro (Connessione 24/24) 35.53 kW  
Fraz. perdite 0.10 % a STC  
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.10 mΩ  
Fraz. perdite 1.00 % a STC



**Definizione orizzonte**

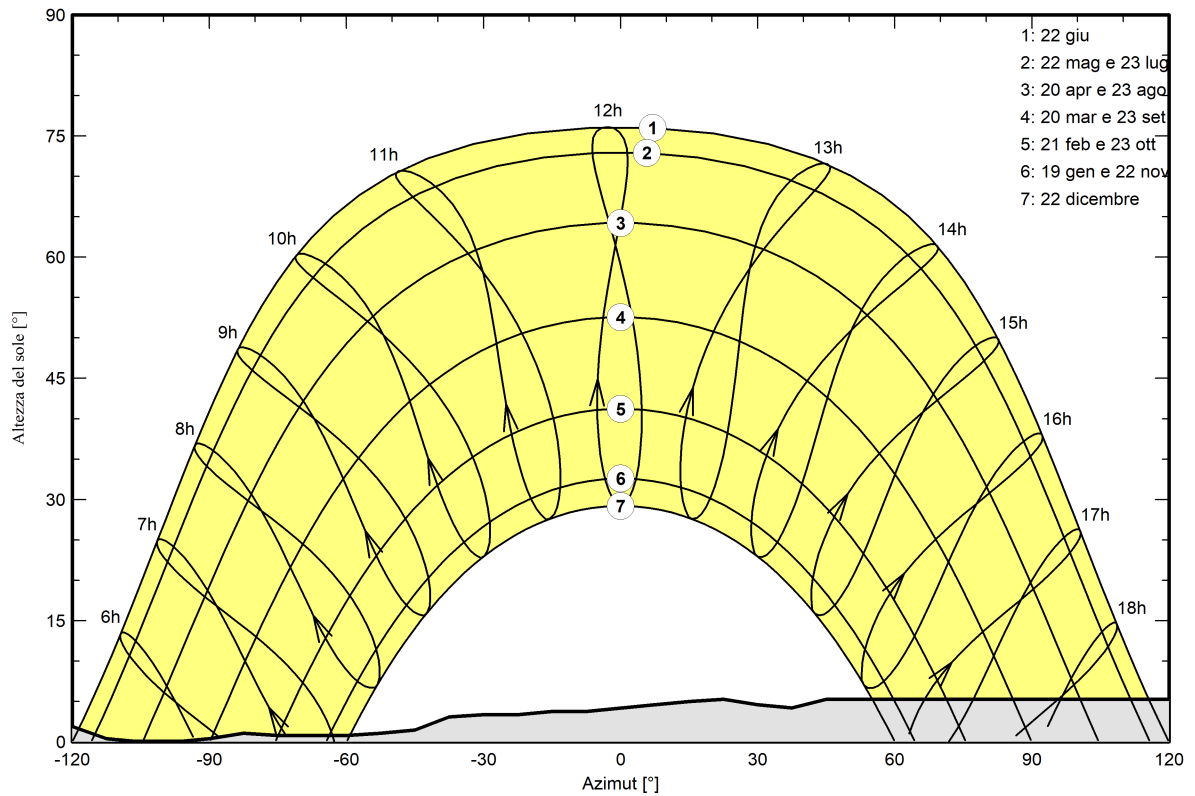
Horizon from PVGIS website API, Lat=37°20'23', Long=14°36'3', Alt=366m

Altezza media	3.6 °	Fattore su albedo	0.73
Fattore su diffuso	0.92	Frazione albedo	100 %

**Profilo dell'orizzonte**

Azimut [°]	-180	-173	-165	-150	-143	-135	-120	-113	-105	-98	-90	-83
Altezza [°]	4.6	3.1	1.9	1.9	2.7	1.9	1.9	0.4	0.0	0.0	0.4	1.1
Azimut [°]	-75	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	8	15	23
Altezza [°]	0.8	0.8	1.1	1.5	3.1	3.4	3.4	3.8	3.8	4.6	5.0	5.3
Azimut [°]	30	38	45	135	143	150	158	165	173	180		
Altezza [°]	4.6	4.2	5.3	5.3	6.5	6.5	6.1	6.1	6.5	4.6		

**Percorsi del sole (diagramma altezza / azimut)**





Parametri per ombre vicine

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

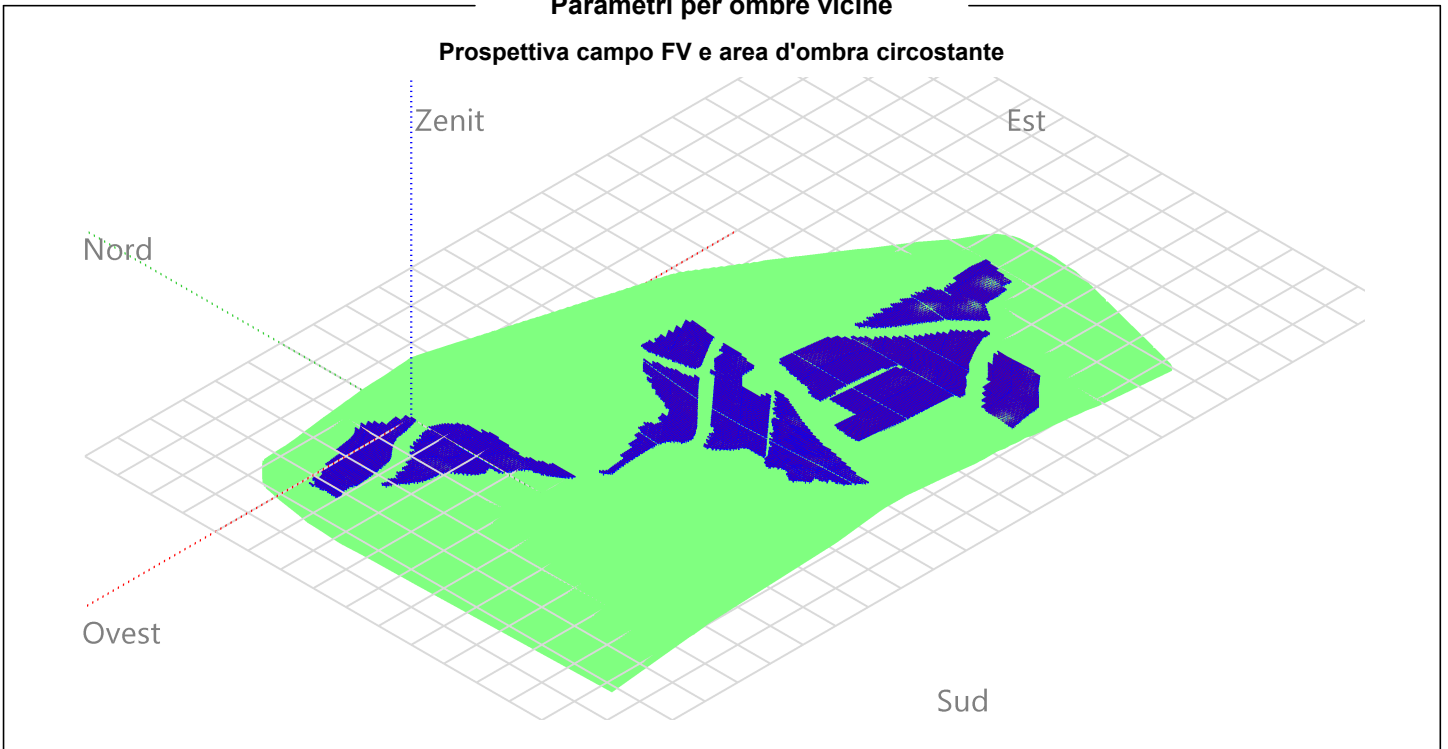
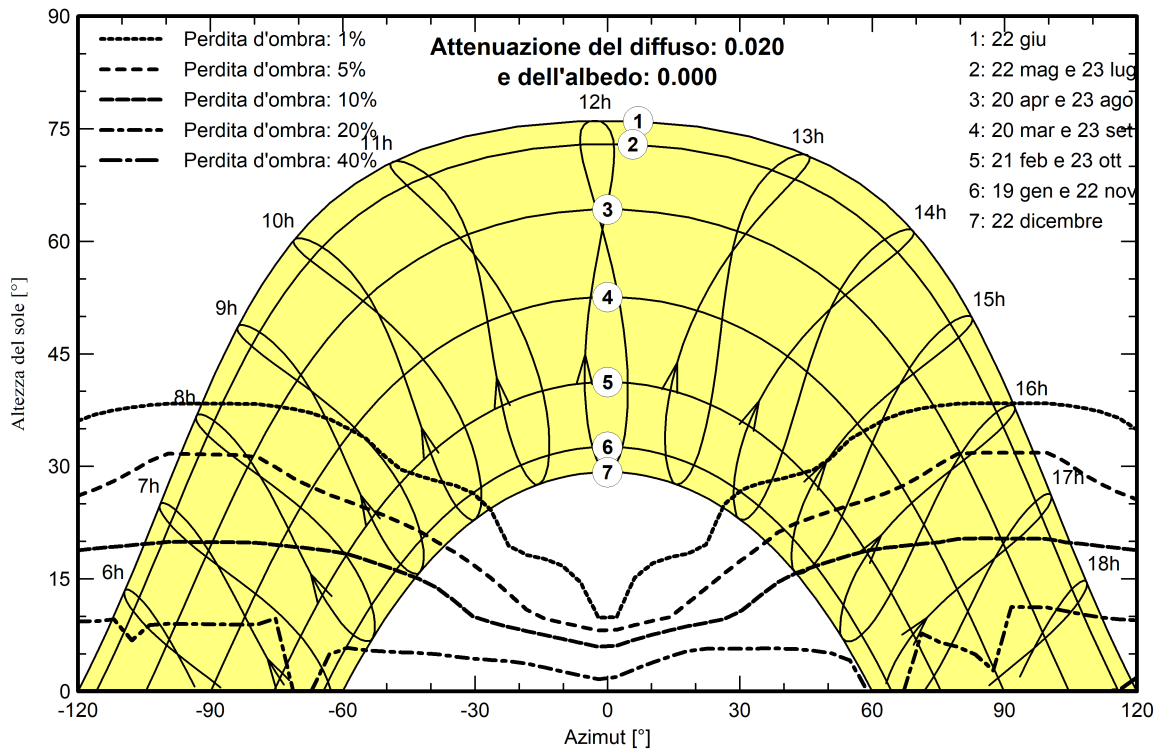


Diagramma iso-ombre

Orientamento #1





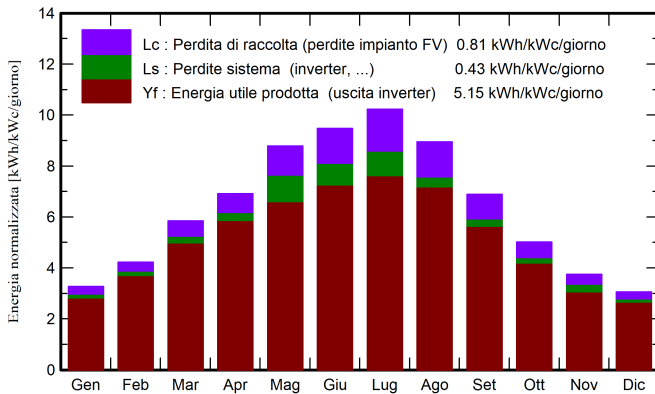


**Risultati principali**

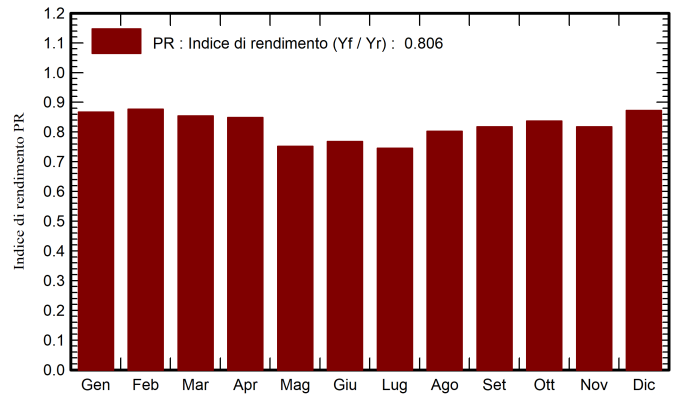
**Produzione sistema**

Energia prodotta 68 GWh/anno Prod. Specif. 1879 kWh/kWc/anno  
Indice di rendimento PR 80.65 %

**Produzione normalizzata (per kWp installato)**



**Indice di rendimento PR**



**Bilanci e risultati principali**

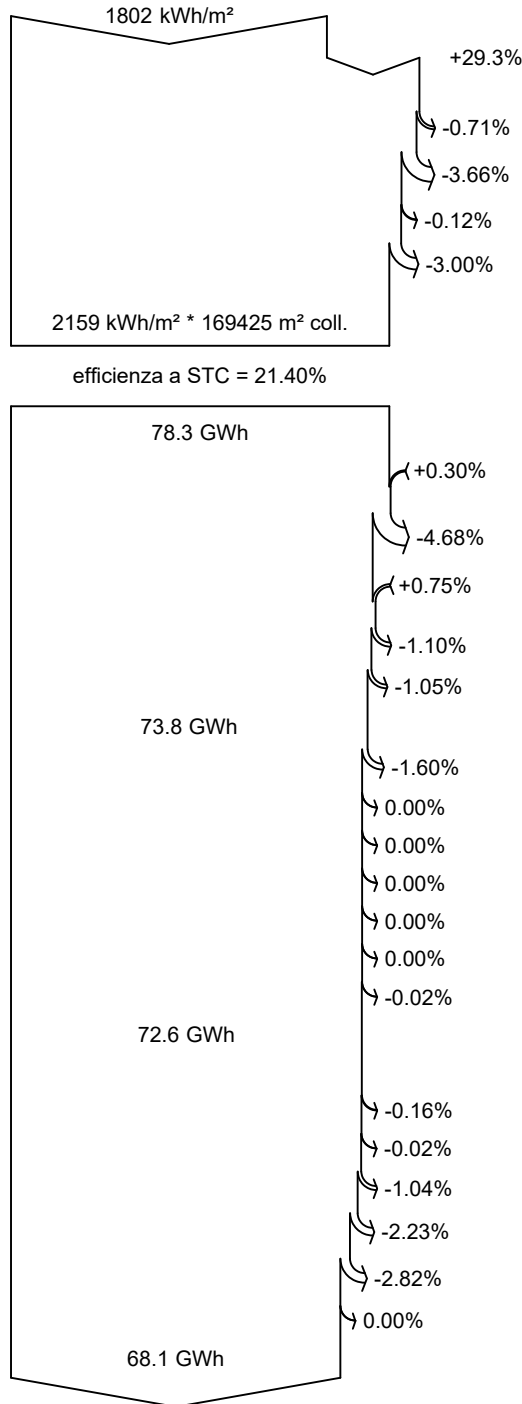
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Gennaio	75.8	28.64	8.47	101.4	92.4	3.349	3.190	0.867
Febbraio	91.4	38.14	8.34	118.3	109.0	3.945	3.761	0.877
Marzo	141.3	53.30	11.03	181.3	167.5	5.912	5.613	0.854
Aprile	166.3	74.25	13.28	207.6	192.4	6.725	6.384	0.848
Maggio	214.9	73.81	18.01	272.5	253.8	8.603	7.428	0.752
Giugno	222.4	75.24	22.00	284.2	264.3	8.824	7.908	0.768
Luglio	244.0	57.85	25.38	317.2	295.8	9.662	8.568	0.745
Agosto	212.8	62.21	25.53	277.5	258.6	8.517	8.074	0.803
Settembre	159.1	54.42	21.74	206.9	191.5	6.459	6.134	0.818
Ottobre	118.3	41.51	18.37	155.5	143.7	4.960	4.720	0.837
Novembre	84.1	29.31	13.43	112.5	103.3	3.671	3.334	0.818
Dicembre	71.4	27.28	10.08	94.7	86.7	3.139	2.994	0.873
Anno	1801.8	615.95	16.36	2329.5	2158.9	73.766	68.107	0.806

**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**



**Irraggiamento orizzontale globale**

**Globale incidente piano coll.**

Ombre lontane / Orizzonte

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Perdite per sporco campo

**Irraggiamento effettivo su collettori**

Conversione FV

**Energia nominale campo (effic. a STC)**

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

Perdita disadattamento moduli e stringhe

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**

Ausiliari (ventilatori, altro...)

Perdite ohmiche AC

Perdita del trasfo Medio Voltaggio

Perdita ohmmica sulla linea MV

indisponibilità del sistema

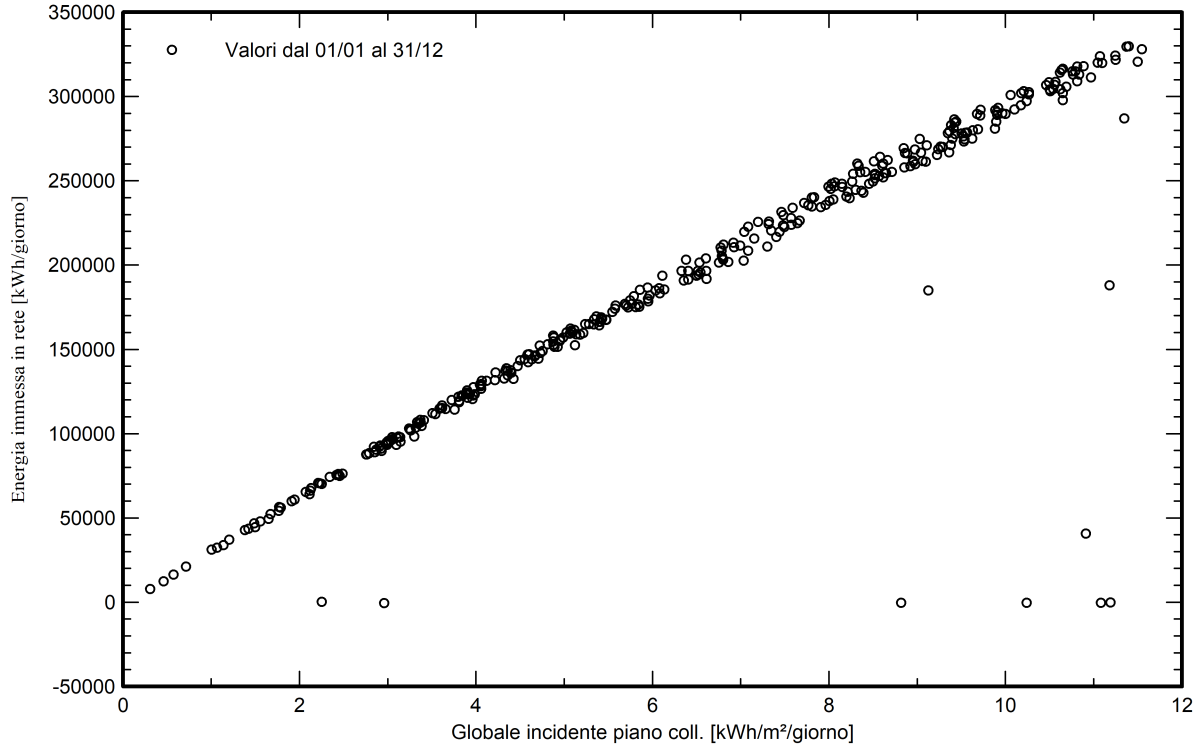
Energia non impiegata (limitazione di griglia)

**Energia immessa in rete**



Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

