



Regione Emilia Romagna
Comune di Alfonsine (RA)
**IMPIANTO AGRIVOLTAICO
E OPERE CONNESSE**
Potenza Impianto 38,339 MWp

**PROPONENTE****LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 8 S.R.L.**VIA G. LEOPARDI, 7 - 20123 MILANO (MI) - P.IVA: 11015630962 – PEC: lightsourcespv_8@legalmail.it**PROGETTAZIONE****Ing. Alberto Rizzioli**Via R. Zandonai, 4 – 44124 – FERRARA IT - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
Tel.: +39 0532 202613 – email: a.rizzioli@incico.com**COLLABORAZIONI****P.Ind. Michele Lambertini**Via R. Zandonai, 4 – 44124 – FERRARA IT - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
Tel.: +39 0532 202613 – email: m.lambertini@incico.com**COORDINAMENTO PROGETTUALE****SOLAR IT S.R.L.**VIA I. ALPI 4 – 46100 - MANTOVA IT - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiappec.it
Tel.: +390425 072 257– email: info@solaritglobal.com**TITOLO ELABORATO****Relazione Calcoli Producibilità**

LIVELLO DI PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PI-R04	LS15781-PI-R04_0	02/11/2022

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
A	02/11/2022	Emesso	MCA	MLA	ARI

RELAZIONE TECNICA

CALCOLI DI PRODUCIBILITA'

INDICE

Contenuto del documento

1. PREMESSA	2
2. CALCOLI DI PRODUCIBILITA'	2
3. SITO S. ANNA	3
4. SITO CAMPEGGIA	10

1. PREMESSA

La società proponente nell'ambito del proprio piano di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili prevede di realizzare un impianto di produzione da fonte rinnovabile - fotovoltaica - nel Comune di Alfonsine (RA) (nel seguito "Impianto FV"). Gli impianti saranno realizzati su due aree denominate S. Anna e Campeggia e saranno conformi all'impiego come Agrivoltaico.

2. CALCOLI DI PRODUCIBILITA'

Nel seguito si riportano i calcoli relativi alla producibilità del sito fotovoltaico di cui il presente progetto, per i quali ci si è avvalsi del software PVSyst il quale calcolerà l'energia prodotta, su base mensile ed annuale.

3. SITO S. ANNA

Sommario del progetto

Luogo geografico S.Anna Italia	Ubicazione Latitudine 44.58 °N Longitudine 11.93 °E Altitudine 0 m Fuso orario UTC	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo S.Anna Meteonorm 8.0 (1991-2013), Sat=100% - Sintetico		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Simulazione per l'anno no 10	Sistema inseguitori Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico	Ombre vicine Ombre lineari
Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °		
Informazione sistema Campo FV Numero di moduli 33348 unità Pnom totale 22.18 MWc		Inverter Numero di unità 5 unità Pnom totale 21.80 MWac Rapporto Pnom 1.017
Bisogni dell'utente Carico costante fisso 50.0 kW Globale 438 MWh/Anno		

Sommario dei risultati

Energia prodotta	33.05 GWh/anno	Prod. Specif.	1490 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	80.59 %
Energia utilizzata	0.44 GWh/anno			Frazione solare SF	46.37 %

Parametri principali

Sistema connesso in rete

Orientamento campo FV

Orientamento

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

Sistema inseguitori

Algoritmo dell'inseguimento

Calcolo astronomico

Configurazione inseguitori

N. di eliostati 1214 unità
Campo (array) identico

Dimensioni

Distanza eliostati 12.0 m
Larghezza collettori 4.79 m
Fattore occupazione (GCR) 39.9 %
Phi min / max +/- 60.0 °

Angoli limite ombreggiamento

Limiti phi +/- 66.4 °

Modelli utilizzati

Trasposizione Perez
Diffuso Perez, Meteonorm
Circumsolare separare

Orizzonte

Orizzonte libero

Ombre vicine

Ombre lineari

Bisogni dell'utente

Carico costante fisso
50.0 kW
Globale
438 MWh/Anno

Sistema bifacciale

Modello Calcolo 2D
eliostati illimitati

Geometria del modello bifacciale

Distanza eliostati 12.00 m
ampiezza eliostati 4.79 m
GCR 39.9 %
Altezza dell'asse dal suolo 2.10 m

Definizioni per il modello bifacciale

Media albedo del suolo 0.30
Fattore di Bifaccialità 72 %
Ombreg. posteriore 5.0 %
Perd. Mismatch post. 10.0 %
Frazione trasparente della tettoia 0.0 %

Valori mensili di Albedo al suolo

Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Caratteristiche campo FV

Modulo FV

Costruttore Trina Solar
Modello TSM-DEG21C-20-665Wp
(PVsyst database originale)
Potenza nom. unit. 665 Wp
Numero di moduli FV 33348 unità
Nominale (STC) 22.18 MWc
Moduli 1191 Stringhe x 28 In serie
In cond. di funz. (50°C)
Pmpp 20.32 MWc
U mpp 973 V
I mpp 20890 A

Inverter

Costruttore
Modello
(PVsyst database originale)
Potenza nom. unit. 4360 kWac
Numero di inverter 10 * MPPT 50% 5 unità
Potenza totale 21800 kWac
Voltaggio di funzionamento 875-1500 V
Rapporto Pnom (DC:AC) 1.02

Caratteristiche campo FV

Potenza PV totale		Potenza totale inverter	
Nominale (STC)	22176 kWp	Potenza totale	21800 kWac
Totale	33348 moduli	Numero di inverter	5 unità
Superficie modulo	103591 m ²	Rapporto Pnom	1.02

Perdite campo

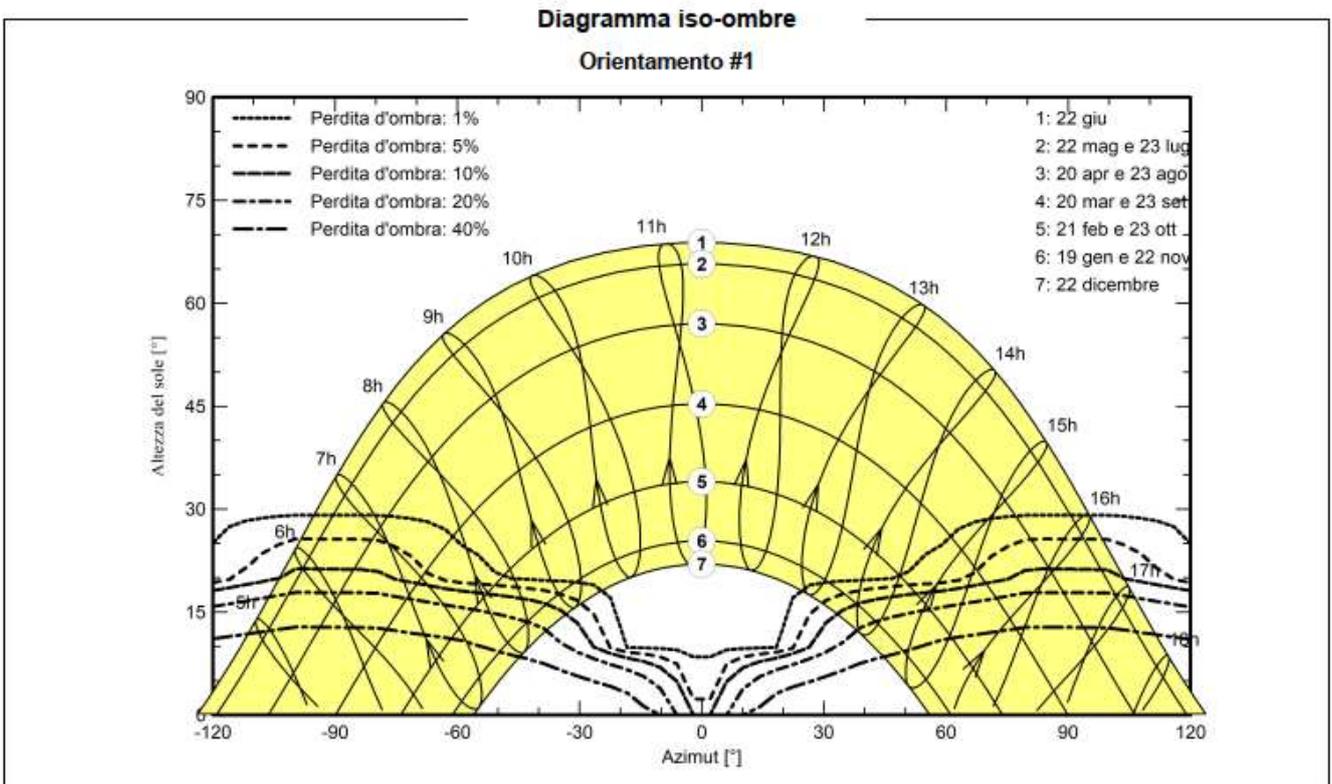
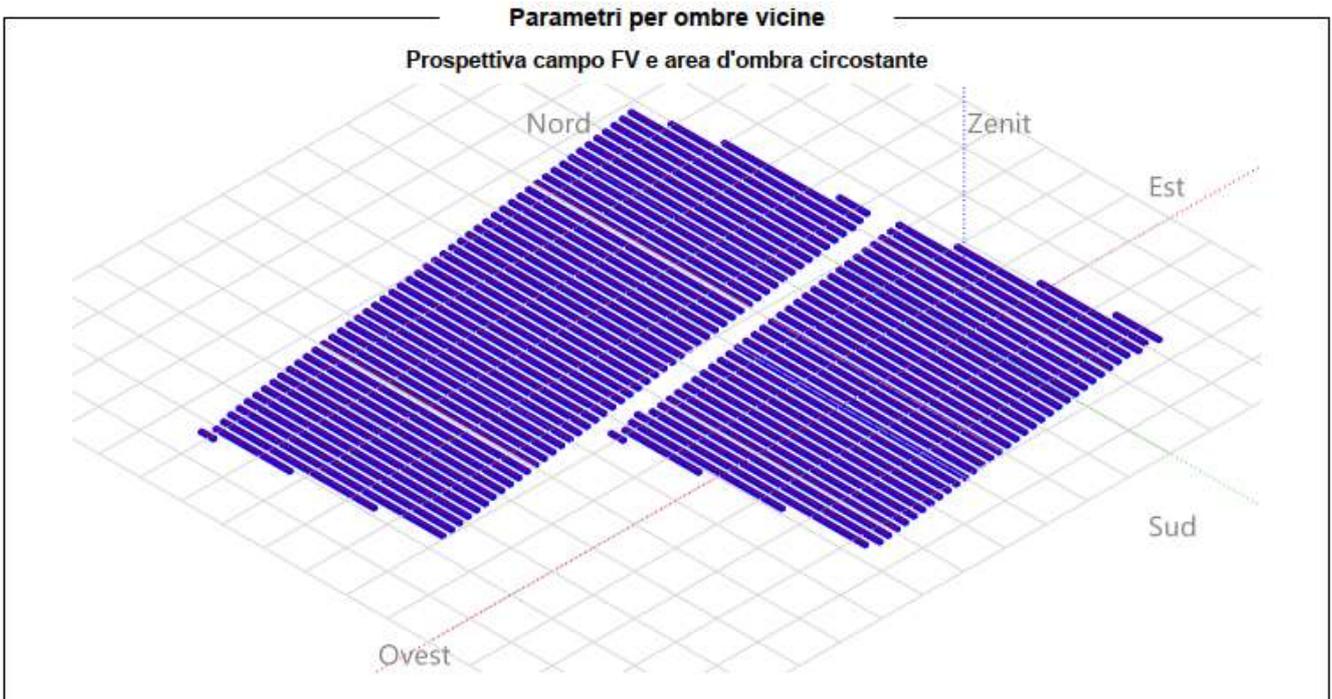
Perdite per sporco campo		Fatt. di perdita termica		Perdite DC nel cablaggio				
Fraz. perdite	3.0 %	Temperatura modulo secondo irraggiamento		Res. globale campo	0.77 mΩ			
		Uc (cost)	29.0 W/m ² K	Fraz. perdite	1.5 % a STC			
		Uv (vento)	0.0 W/m ² K/m/s					
Perdita diodo di serie		Perdita di qualità moduli		Perdite per mismatch del modulo				
Perdita di Tensione	0.7 V	Fraz. perdite	-0.4 %	Fraz. perdite	2.0 % a MPP			
Fraz. perdite	0.1 % a STC							
Perdita disadattamento Stringhe		Degrado medio dei moduli						
Fraz. perdite	0.1 %	Anno n°	10					
		Fattore di perdita annuale	0.4 %/anno					
		Mismatch dovuto a degrado						
		Dispersione Imp RMS	0.4 %/anno					
		Dispersione Vmp RMS	0.4 %/anno					
Fattore di perdita IAM								
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel antiriflesso, nVetro=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000
Correzione spettrale								
Primo modello solare								
Acqua precipitabile stimata dall'umidità relativa								
coefficienti	C0	C1	C2	C3	C4	C5		
Monocrystalline Si	0,85914	-0,02088	-0,0058853	0,12029	0,026814	-0,001781		

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT	
Tensione inverter	600 Vac tri
Fraz. perdite	0.03 % a STC
Inverter: Sinacon PV4360	
Sezione cavi (5 Inv.)	Rame 5 x 3 x 4000 mm ²
Lunghezza media dei cavi	5 m
Linea MV fino alla iniezione	
Voltaggio MV	30 kV
Media ciascun inverter	
Conduttori	All 3 x 120 mm ²
Lunghezza	4000 m
Fraz. perdite	0.51 % a STC

Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV	
Tensione rete	30 kV
Perdite di operazione in STC	
Potenza nominale a STC	21830 kVA
Perdita ferro (Connessione 24/24)	5.25 kW/Inv.
Fraz. perdite	0.12 % a STC
Resistenza equivalente induttori	3 x 0.69 mΩ/inv.
Fraz. perdite	0.83 % a STC



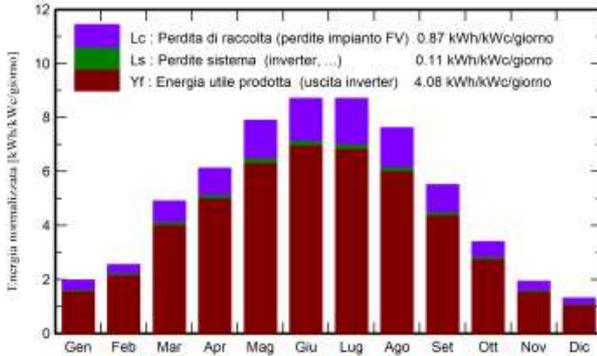
Risultati principali

Produzione sistema

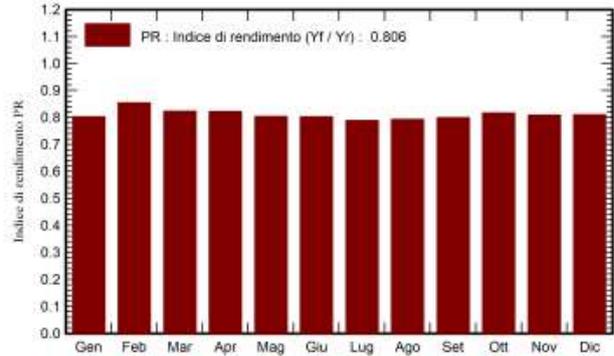
Energia prodotta 33.05 GWh/anno
Energia utilizzata 0.44 GWh/anno

Prod. Specif. 1490 kWh/kWc/anno
Indice di rendimento PR 80.59 %
Frazione solare SF 46.37 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



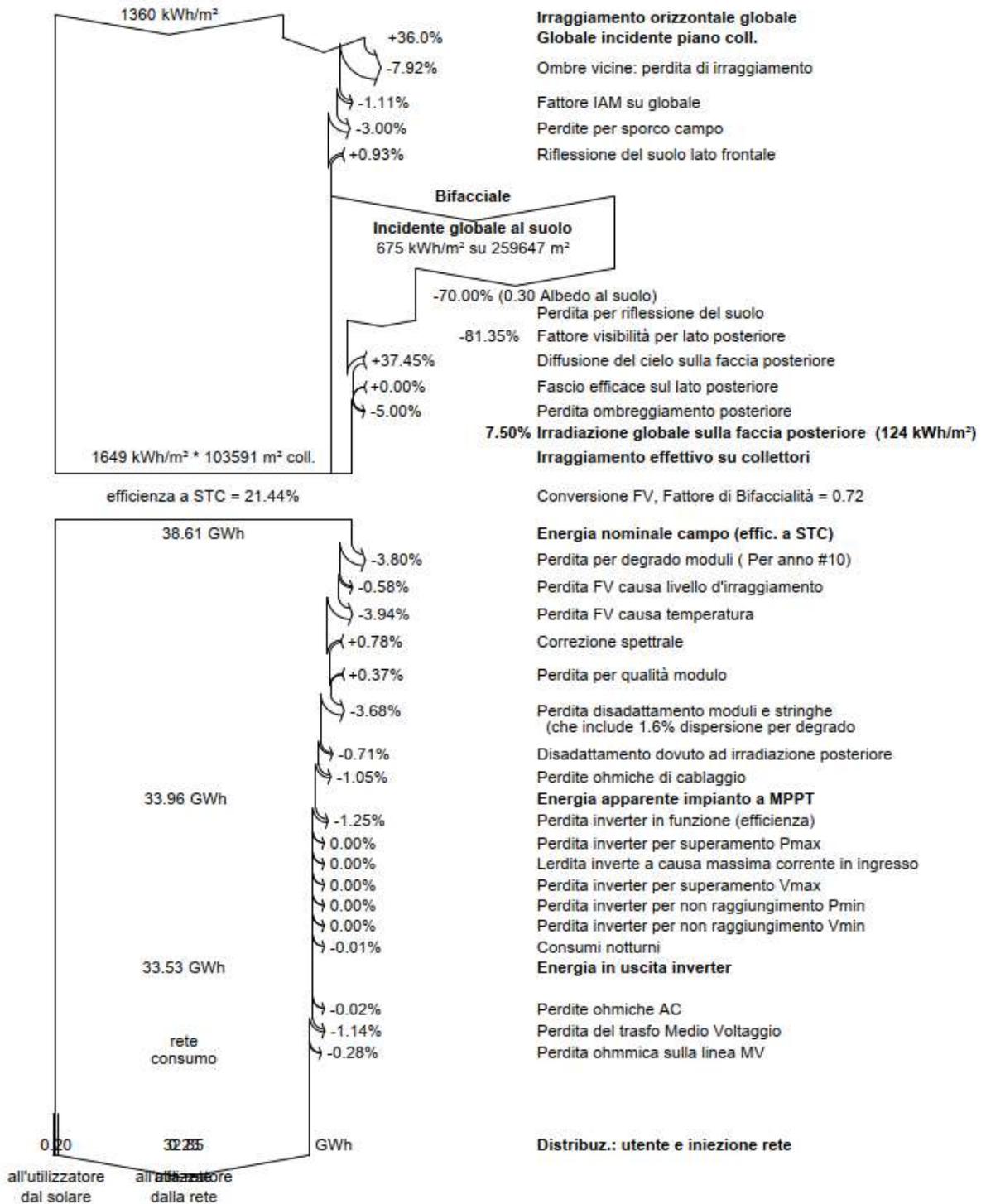
Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_User GWh	E_Solar GWh	E_Grid GWh	EFrGrid GWh
Gennaio	40.9	20.18	3.05	61.3	50.3	1.131	0.037	0.013	1.078	0.025
Febbraio	54.9	34.38	5.24	71.4	62.5	1.395	0.034	0.013	1.340	0.021
Marzo	108.5	54.64	10.15	152.1	132.8	2.850	0.037	0.017	2.759	0.020
Aprile	137.4	67.14	14.52	183.4	164.2	3.433	0.036	0.018	3.327	0.018
Maggio	181.6	75.52	19.60	244.9	222.2	4.479	0.037	0.021	4.343	0.016
Giugno	196.8	85.96	24.18	261.2	239.2	4.768	0.036	0.022	4.628	0.014
Luglio	199.3	81.41	26.44	269.9	245.2	4.838	0.037	0.022	4.696	0.015
Agosto	172.6	76.05	25.88	236.2	213.2	4.255	0.037	0.020	4.130	0.017
Settembre	119.3	57.57	20.43	165.1	145.6	3.003	0.036	0.017	2.908	0.019
Ottobre	77.3	45.34	15.88	105.4	91.5	1.964	0.037	0.015	1.894	0.022
Novembre	41.0	23.94	10.04	58.0	48.7	1.078	0.036	0.012	1.027	0.024
Dicembre	30.5	21.05	4.37	40.6	33.3	0.762	0.037	0.012	0.717	0.025
Anno	1360.1	643.19	15.04	1849.3	1648.7	33.956	0.438	0.203	32.847	0.235

Legenda

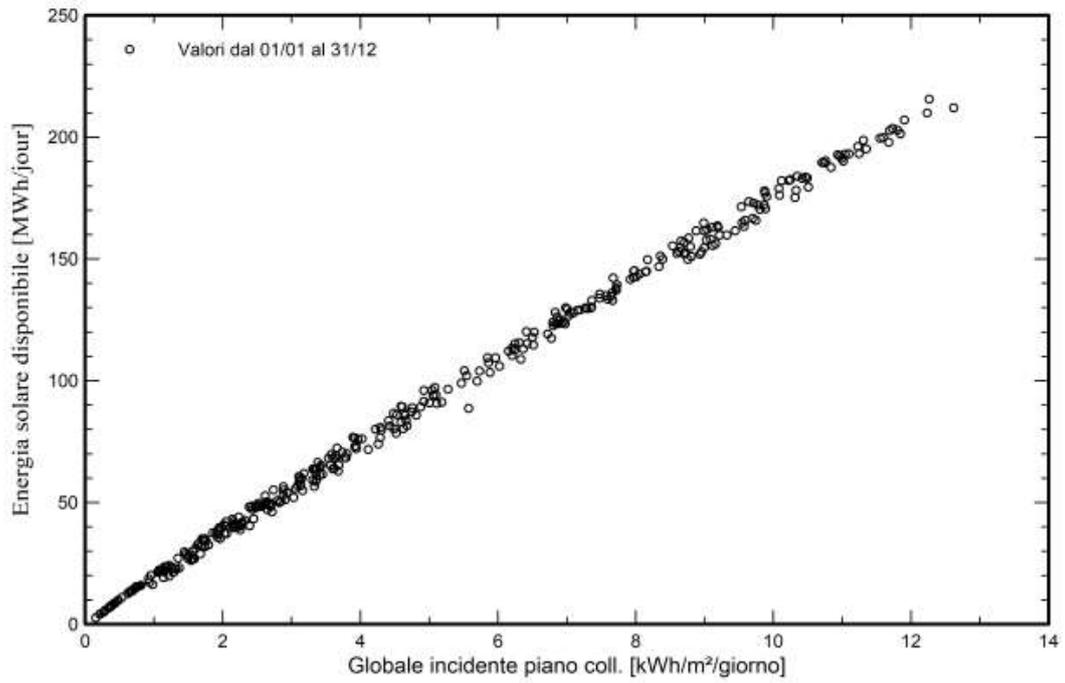
GlobHor	Irraggiamento orizzontale globale	EArray	Energia effettiva in uscita campo
DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	E_User	Energia fornita all'utente
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energia dal sole
GlobInc	Globale incidente piano coll.	E_Grid	Energia immessa in rete
GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre	EFrGrid	Energia dalla rete

Diagramma perdite

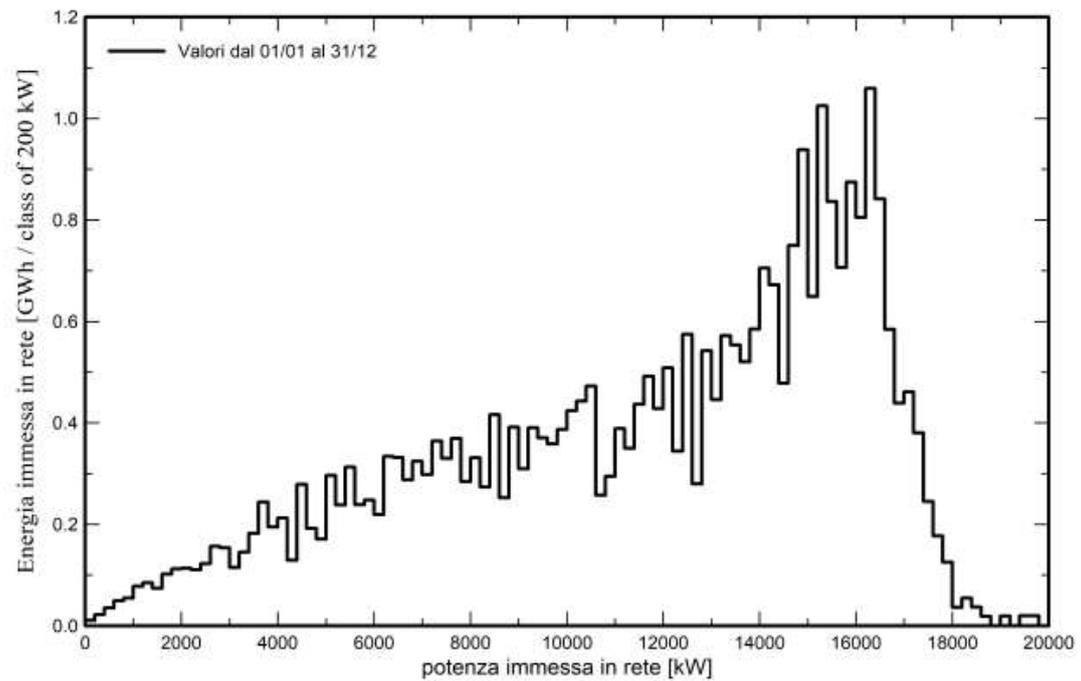


Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



4. SITO CAMPEGGIA

Sommario del progetto

Luogo geografico S.Anna Italia	Ubicazione Latitudine 44.58 °N Longitudine 11.93 °E Altitudine 0 m Fuso orario UTC	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo S.Anna Meteonorm 8.0 (1991-2013), Sat=100% - Sintetico		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Simulazione per l'anno no 10	Sistema inseguitori		Ombre vicine Ombre lineari
Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico		
Informazione sistema Campo FV		Inverter	
Numero di moduli Pnom totale	24304 unità 16.16 MWc	Numero di unità Pnom totale Rapporto Pnom	3.5 unità 15.26 MWac 1.059
Bisogni dell'utente Carico costante fisso 50.0 kW Globale 438 MWh/Anno			

Sommario dei risultati

Energia prodotta	23.71 GWh/anno	Prod. Specif.	1467 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR	79.33 %
Energia utilizzata	0.44 GWh/anno			Frazione solare SF	46.37 %

Parametri principali

Sistema connesso in rete		Sistema inseguitori			
Orientamento campo FV		Algoritmo dell'inseguimento		Configurazione inseguitori	
Orientamento		Calcolo astronomico		N. di eliostati 902 unità	
Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S				Dimensioni	
Asse dell'azimut 0 °				Distanza eliostati 12.0 m	
				Larghezza collettori 4.79 m	
				Fattore occupazione (GCR) 39.9 %	
				Phi min / max +/- 60.0 °	
				Angoli limite ombreggiamento	
				Limiti phi +/- 66.4 °	
Modelli utilizzati		Ombre vicine		Bisogni dell'utente	
Trasposizione Perez		Ombre lineari		Carico costante fisso	
Diffuso Perez, Meteonorm				50.0 kW	
Circumsolare separare				Globale	
				438 MWh/Anno	
Orizzonte					
Orizzonte libero					
Sistema bifacciale					
Modello		Calcolo 2D			
		eliostati illimitati			
Geometria del modello bifacciale				Definizioni per il modello bifacciale	
Distanza eliostati		12.00 m		Albedo dal suolo 0.30	
ampiezza eliostati		4.79 m		Fattore di Bifaccialità 72 %	
GCR		39.9 %		Ombreg. posteriore 5.0 %	
Altezza dell'asse dal suolo		2.10 m		Perd. Mismatch post. 10.0 %	
				Frazione trasparente della tettoia 0.0 %	

Caratteristiche campo FV

Modulo FV		Inverter	
Costruttore Trina Solar		Costruttore	
Modello TSM-DEG21C-20-665Wp		Modello	
(PVsyst database originale)		(PVsyst database originale)	
Potenza nom. unit. 665 Wp		Potenza nom. unit. 4360 kWac	
Numero di moduli FV 24304 unità		Numero di inverter 7 * MPPT 50% 3.5 unità	
Nominale (STC) 16.16 MWc		Potenza totale 15260 kWac	
Moduli 868 Stringhe x 28 In serie		Voltaggio di funzionamento 875-1500 V	
In cond. di funz. (50°C)		Rapporto Pnom (DC:AC) 1.06	
Pmpp 14.81 MWc			
U mpp 973 V			
I mpp 15224 A			
Potenza PV totale		Potenza totale inverter	
Nominale (STC) 16162 kWp		Potenza totale 15260 kWac	
Totale 24304 moduli		N. di inverter 4 unità	
Superficie modulo 75497 m²		Rapporto Pnom 0.5 inutilizzato	
		Rapporto Pnom 1.06	

Perdite campo

Perdite per sporco campo

Fraz. perdite 3.0 %

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 1.0 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Perdita diodo di serie

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

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.4 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

Degrado medio dei moduli

Anno n° 10
Fattore di perdita annuale 0.4 %/anno

Mismatch dovuto a degrado

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

Fattore di perdita IAM

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

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

Correzione spettrale

Primo modello solare

Acqua precipitabile stimata dall'umidità relativa

coefficienti	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Monocrystalline Si	0,85914	-0,02088	-0,0058853	0,12029	0,026814	-0,001781

Perdite sistema

Perdite ausiliarie

Ventilatori costanti 18.2 kW
7630.0 kW dalla soglia di potenza
Cons. aus. notturno 50.0 kW

Perdite cablaggio AC

Linea uscita inv. sino al trasformatore MT

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

Inverter: Sinacon PV4360

Sezione cavi (4 Inv.) Rame 4 x 3 x 3000 mm²
Lunghezza media dei cavi 5 m

Linea MV fino alla iniezione

Voltaggio MV 30 kV
Media ciascun inverter
Conduttori All 3 x 185 mm²
Lunghezza 7000 m
Fraz. perdite 0.53 % a STC

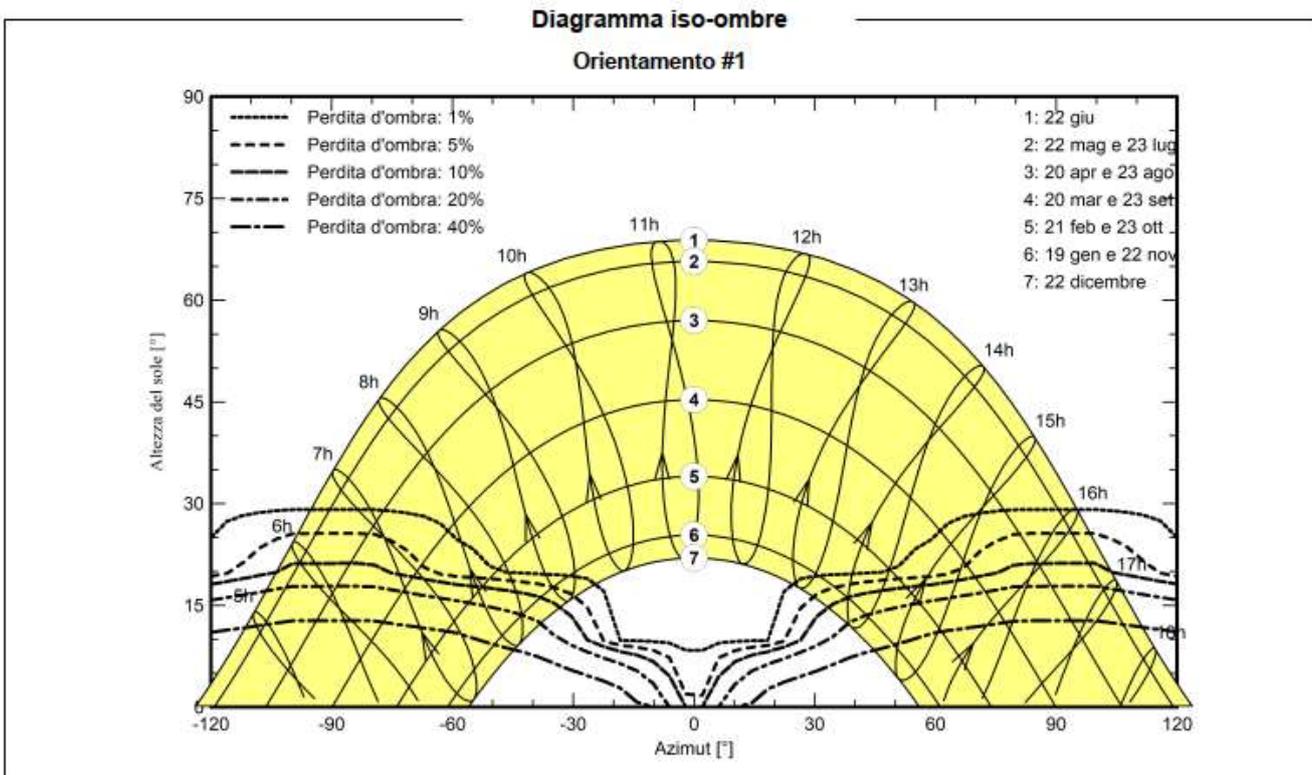
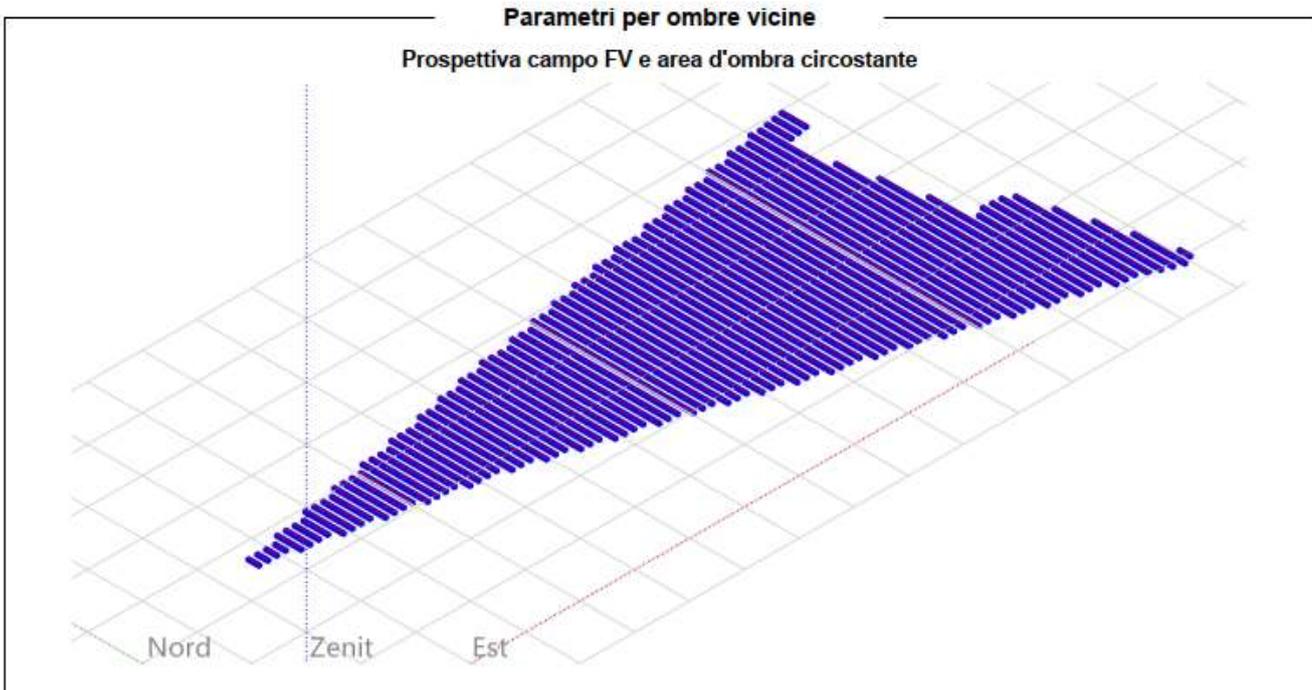
Perdite AC nei trasformatori

Trafo MV

Tensione rete 30 kV

Perdite di operazione in STC

Potenza nominale a STC 15907 kVA
Perdita ferro (Connessione 24/24) 3.98 kW/Inv.
Fraz. perdite 0.10 % a STC
Resistenza equivalente induttori 3 x 0.91 mΩ/inv.
Fraz. perdite 1.00 % a STC



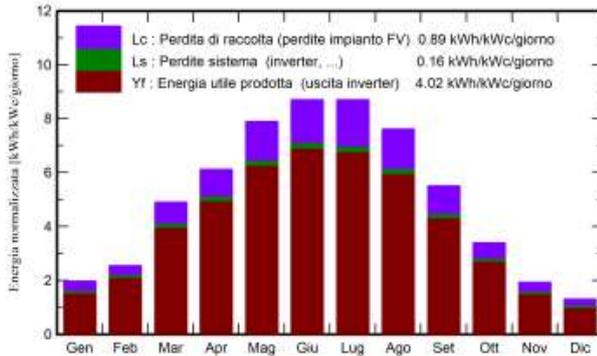
Risultati principali

Produzione sistema

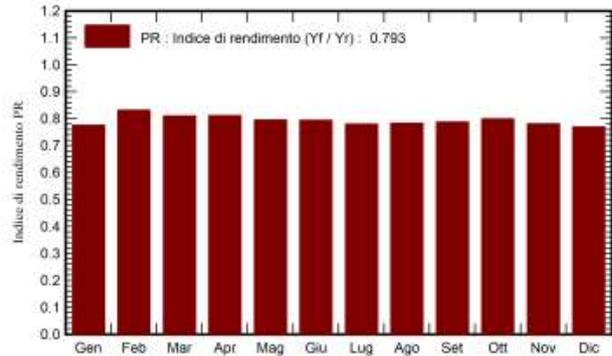
Energia prodotta 23.71 GWh/anno
Energia utilizzata 0.44 GWh/anno

Prod. Specif. 1467 kWh/kWc/anno
Indice di rendimento PR 79.33 %
Frazione solare SF 46.37 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



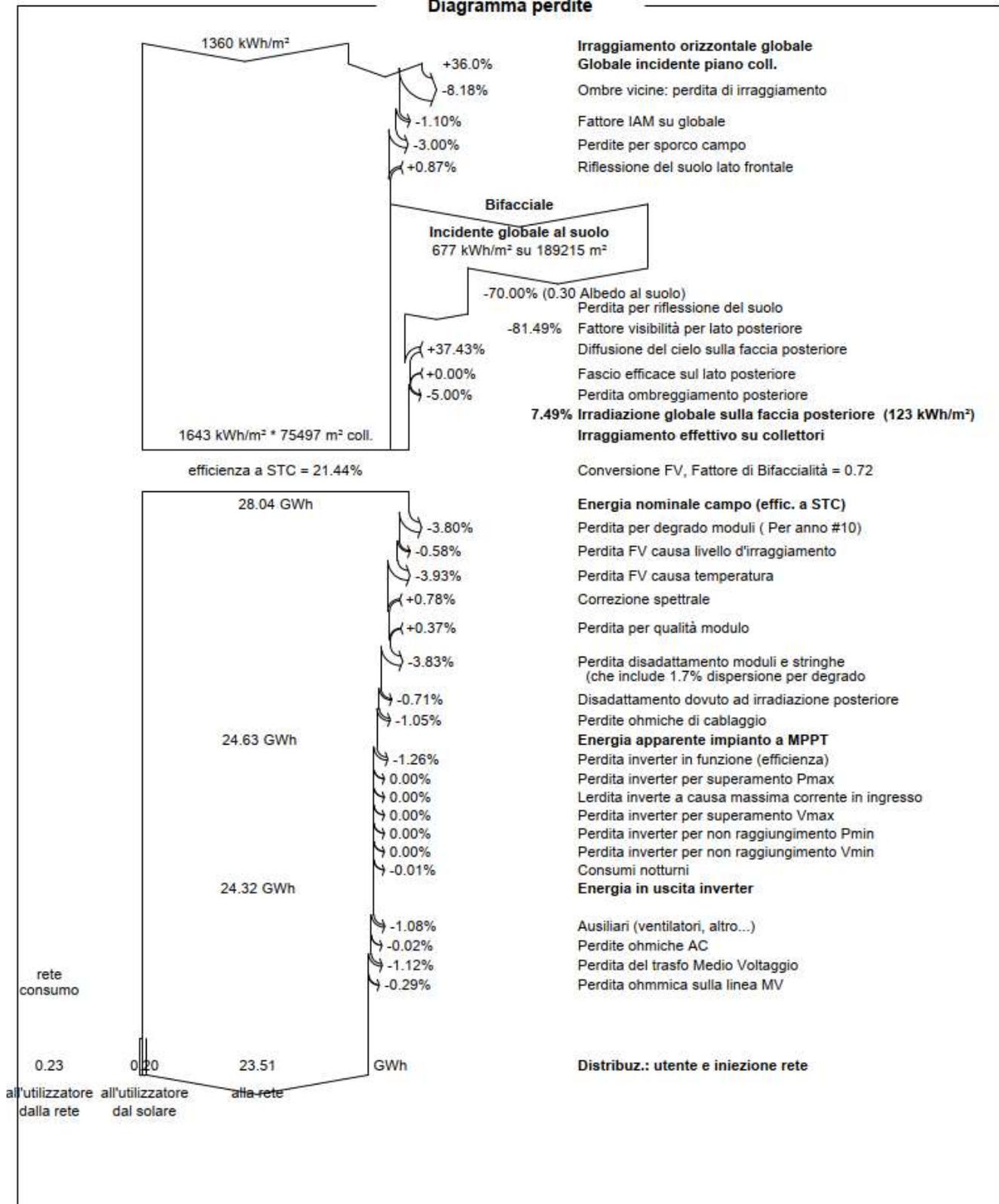
Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_User GWh	E_Solar GWh	E_Grid GWh	EFrGrid GWh
Gennaio	40.9	20.18	3.05	61.3	50.1	0.820	0.037	0.013	0.755	0.025
Febbraio	54.9	34.38	5.24	71.4	62.2	1.010	0.034	0.013	0.947	0.021
Marzo	108.5	54.64	10.15	152.1	132.3	2.067	0.037	0.017	1.974	0.020
Aprile	137.4	67.14	14.52	183.4	163.6	2.491	0.036	0.018	2.387	0.018
Maggio	181.6	75.52	19.60	244.9	221.5	3.249	0.037	0.021	3.123	0.016
Giugno	196.8	85.96	24.18	261.2	238.5	3.458	0.036	0.022	3.330	0.014
Luglio	199.3	81.41	26.44	269.9	244.5	3.510	0.037	0.022	3.379	0.015
Agosto	172.6	76.05	25.88	236.2	212.6	3.089	0.037	0.020	2.970	0.017
Settembre	119.3	57.57	20.43	165.1	145.1	2.178	0.036	0.017	2.083	0.019
Ottobre	77.3	45.34	15.88	105.4	91.1	1.423	0.037	0.015	1.347	0.022
Novembre	41.0	23.94	10.04	58.0	48.4	0.781	0.036	0.012	0.719	0.024
Dicembre	30.5	21.05	4.37	40.6	33.1	0.552	0.037	0.012	0.493	0.025
Anno	1360.1	643.19	15.04	1849.3	1643.1	24.628	0.438	0.203	23.507	0.235

Legenda

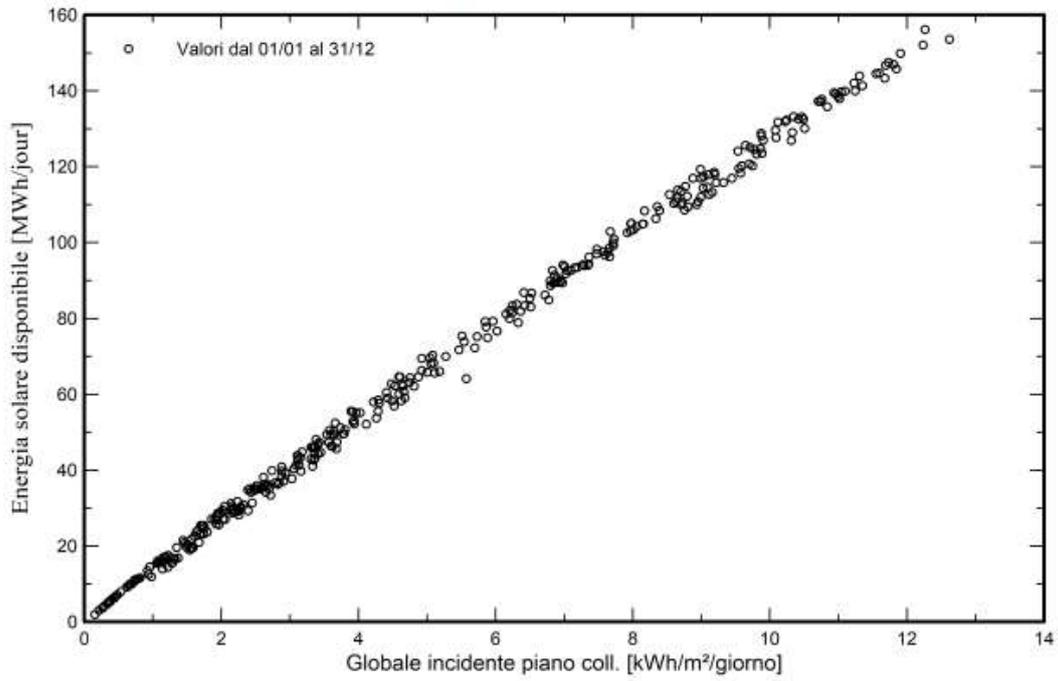
GlobHor	Irraggiamento orizzontale globale	EArray	Energia effettiva in uscita campo
DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	E_User	Energia fornita all'utente
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energia dal sole
GlobInc	Globale incidente piano coll.	E_Grid	Energia immessa in rete
GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre	EFrGrid	Energia dalla rete

Diagramma perdite



Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema

