

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA 26,95 MWp DC – 23 MW AC
Località Spinazzino – Comune di Ferrara (FE)**

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (FERRARA PV) S.R.L.
Viale Shakespeare,71 – 00144 - Roma
P. IVA e C.F. 16462341005 – REA RM - 1658414

PROGETTISTI:

ING. GIULIA GIOMBINI
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo
al n. A-1009

ING. MATTEO BERTONERI
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara
al n. 669

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

Calcolo producibilità

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
21-00007-IT- FERRARA_PI_T02_Rev0_Calcolo Producibilità	02/2022	Prima emissione	AS	GG\MB	F.Battafarano

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DATI CLIMATICI.....	4
3. RISULTATI	6
4. ALLEGATO REPORT PVSYST	7

1. PREMESSA

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici monofacciali che saranno installati su strutture mobili sospese (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno. I pali di sostegno sono distanti tra loro 10 metri per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento.

L'impianto fotovoltaico sarà tecnicamente connesso in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV denominata "Ferrara Focomorto" mediante una linea di connessione interrata in MT di lunghezza pari a circa 20 Km.

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

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

2. DATI CLIMATICI

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

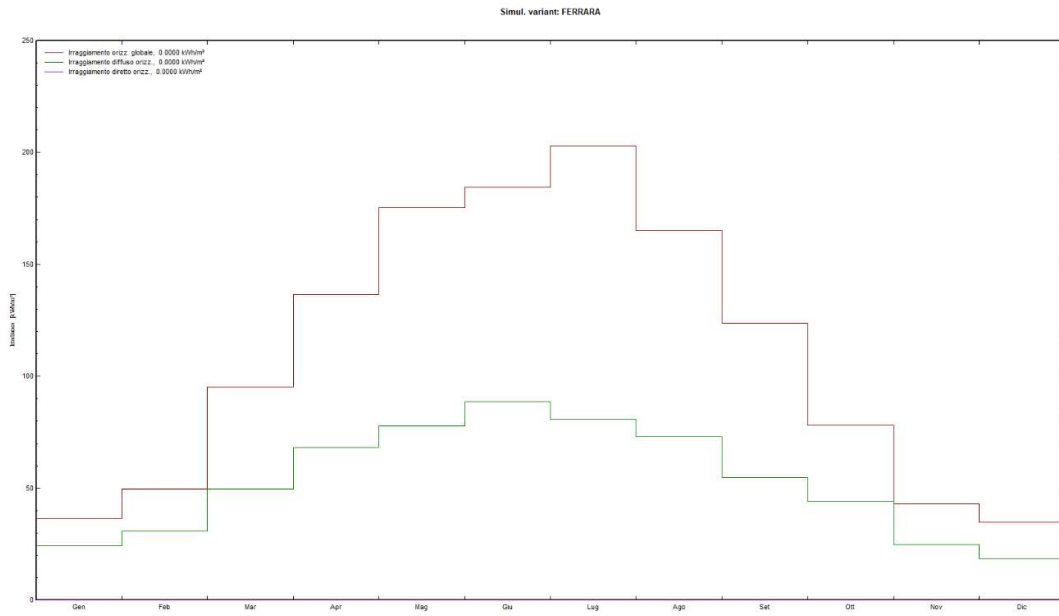
Di seguito si riportano i dati meteorologici assunti:

FERRARA Meteo e energia incidente

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	WindVel m/s	GlobInc kWh/m ²	DifSInc kWh/m ²	Alb_Inc kWh/m ²	DifS_GI
Gennaio	36.4	24.35	2.91	2.2	42.4	24.32	0.611	0.000
Febbraio	49.6	30.82	5.02	2.3	59.2	31.43	0.768	0.000
Marzo	95.2	49.62	9.75	2.7	117.2	52.16	1.571	0.000
Aprile	136.6	68.21	13.50	2.8	168.4	72.18	2.150	0.000
Maggio	175.3	77.95	19.32	2.8	218.1	84.14	2.748	0.000
Giugno	184.3	88.81	23.32	2.8	227.5	95.82	2.877	0.000
Luglio	203.0	80.82	25.61	2.9	259.6	90.51	3.175	0.000
Agosto	165.1	72.95	25.09	2.7	206.8	79.60	2.620	0.000
Settembre	123.8	54.84	19.37	2.6	157.4	59.49	1.985	0.000
Ottobre	78.1	44.19	15.29	2.2	95.2	46.29	1.246	0.000
Novembre	43.1	24.96	9.13	2.2	53.3	25.81	0.710	0.000
Dicembre	34.9	18.50	4.22	2.3	43.6	19.21	0.527	0.000
Anno	1325.5	636.03	14.43	2.5	1648.7	680.96	20.988	0.000

FERRARA Customised table

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	WindVel m/s
Gennaio	36.4	24.35	2.91	2.2
Febbraio	49.6	30.82	5.02	2.3
Marzo	95.2	49.62	9.75	2.7
Aprile	136.6	68.21	13.50	2.8
Maggio	175.3	77.95	19.32	2.8
Giugno	184.3	88.81	23.32	2.8
Luglio	203.0	80.82	25.61	2.9
Agosto	165.1	72.95	25.09	2.7
Settembre	123.8	54.84	19.37	2.6
Ottobre	78.1	44.19	15.29	2.2
Novembre	43.1	24.96	9.13	2.2
Dicembre	34.9	18.50	4.22	2.3
Anno	1325.5	636.03	14.43	2.5



3. RISULTATI

L'energia prodotta risulta essere di 37.859 MWh/anno e la produzione specifica è pari a 1.405 (MWh/MWp)/anno.

In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, i componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame risulta un indice di rendimento (performance ratio PR) del 85,21%.

4. ALLEGATO REPORT PVSYST



Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

Progetto : FERRARA

Luogo geografico	Il Castello - Ferrara	Paese	Italia	
Ubicazione	Latitudine	44.71° N	Longitudine	11.66° E
Ora definita come	Ora legale	Fuso orario TU+1	Altitudine	9 m
	Albedo	0.20		
Dati meteo:	Il Castello - Ferrara	Meteonorm 7.2 (1991-2013), Sat=100% - Sintetico		

Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione

Data di simulazione 25/02/22 22h31

Parametri di simulazione	Tipo di sistema	inseguitori campo singolo , con indetreggiamento		
Piano a inseguimento, asse inclinato	Inclinazione asse	0°	Azimut asse	0°
Limitazioni di rotazione	Phi minimo	-55°	Phi massimo	55°
	Tracking algorithm	Astronomic calculation		
Strategia Backtracking	N. di eliostati	116	Campo (array) singolo	
	Distanza eliostati	5.00 m	Larghezza collettori	2.48 m
Banda inattiva	Sinistra	0.02 m	Destra	0.02 m
Angolo limite indetreggiamento	Limiti phi	+/- 59.5°	Fattore di occupazione (GCR)	49.7 %
Modelli utilizzati	Trasposizione	Perez	Diffuso	Perez, Meteonorm
Orizzonte	Orizzonte libero			
Ombre vicine	Calcolo elettrico dettagliato	(Secondo disposizione moduli)		
Bisogni dell'utente :	Carico illimitato (rete)			

Caratteristiche campi FV (7 tipi di campi definiti)

Modulo FV	Si-mono	Modello	JKM605N-78HL4-V	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Jinkosolar	
Sottocampo "Sottocampo #1"				
Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	308 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7392	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4472 kWp	In cond. di funz.	4137 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	4148 A
Sottocampo "Sottocampo #2"				
Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	308 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7392	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4472 kWp	In cond. di funz.	4137 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	4148 A
Sottocampo "Sottocampo #3"				
Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	308 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7392	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4472 kWp	In cond. di funz.	4137 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	4148 A
Sottocampo "Sottocampo #4"				
Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	308 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7392	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4472 kWp	In cond. di funz.	4137 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	4148 A

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

Sottocampo "Sottocampo #5"

Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	308 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7392	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4472 kWp	In cond. di funz.	4137 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	4148 A

Sottocampo "Sottocampo #6"

Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	294 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	7056	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	4269 kWp	In cond. di funz.	3949 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	3959 A

Sottocampo "Sottocampo #7"

Numero di moduli FV	In serie	28 moduli	In parallelo	22 stringhe
Numero totale di moduli FV	N. di moduli	528	Potenza nom. unit.	605 Wp
Potenza globale campo	Nominale (STC)	319 kWp	In cond. di funz.	295 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)	U mpp	997 V	I mpp	296 A

Totale Potenza globale campi	Nominale (STC)	26949 kWp	Totale	44544 moduli
	Superficie modulo	124514 m²	Superficie cella	114726 m ²

Inverter

definizione customizzata dei parametri	Modello	SG250HX		
Caratteristiche	Costruttore	Sungrow		
	Tensione di funzionamento	500-1500 V	Potenza nom. unit.	225 kWac
			Potenza max. (=>30°C)	250 kWac

Sottocampo "Sottocampo #1"	N. di inverter	264 * MPPT 8 %	Potenza totale	4950 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #2"	N. di inverter	264 * MPPT 8 %	Potenza totale	4950 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #3"	N. di inverter	264 * MPPT 8 %	Potenza totale	4950 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #4"	N. di inverter	264 * MPPT 8 %	Potenza totale	4950 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #5"	N. di inverter	264 * MPPT 8 %	Potenza totale	4950 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #6"	N. di inverter	252 * MPPT 8 %	Potenza totale	4725 kWac
			Rapporto Pnom	0.90
Sottocampo "Sottocampo #7"	N. di inverter	12 * MPPT 8 %	Potenza totale	225 kWac
			Rapporto Pnom	1.42
Totale	N. di inverter	132	Potenza totale	29700 kWac

Fattori di perdita campo FV

Perdite per sporco campo			Fraz. perdite	2.8 %
Fatt. di perdita termica	Uc (cost)	29.0 W/m ² K	Uv (vento)	0.0 W/m ² K / m/s
Perdita ohmica di cablaggio	Campo#1	3.9 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#2	3.9 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#3	3.9 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#4	3.9 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#5	3.9 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#6	4.1 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Campo#7	55 mOhm	Fraz. perdite	1.5 % a STC
	Globale		Fraz. perdite	1.5 % a STC
Perdita diodo di serie	Caduta di tensione	0.5 V	Fraz. perdite	0.0 % a STC
LID - Light Induced Degradation			Fraz. perdite	0.8 %
Perdita di qualità moduli			Fraz. perdite	-0.4 %
Perdite per "mismatch" moduli			Fraz. perdite	1.0 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe			Fraz. perdite	1.00 %

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

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	0.999	0.984	0.964	0.924	0.729	0.000

Perdite ausiliarie

Ventilatori costanti 43.9 kW ... dalla soglia di potenza 2290.6 kW

Sistema connesso in rete: Definizione ombre vicine

Progetto : FERRARA

Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	inseguitori campo singolo , con indetreggiamento		
Ombre vicine	Calcolo elettrico dettagliato	(Secondo disposizione moduli)		
	inseguitore, asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimut asse	0°
Moduli FV	Modello	JKM605N-78HL4-V	Pnom	605 Wp
Campo FV	Numero di moduli	44548	Pnom totale	26949 kWp
Inverter	Modello	SG250HX	Pnom	225 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	132.0	Pnom totale	29700 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Prospettiva campo FV e area d'ombra circostante

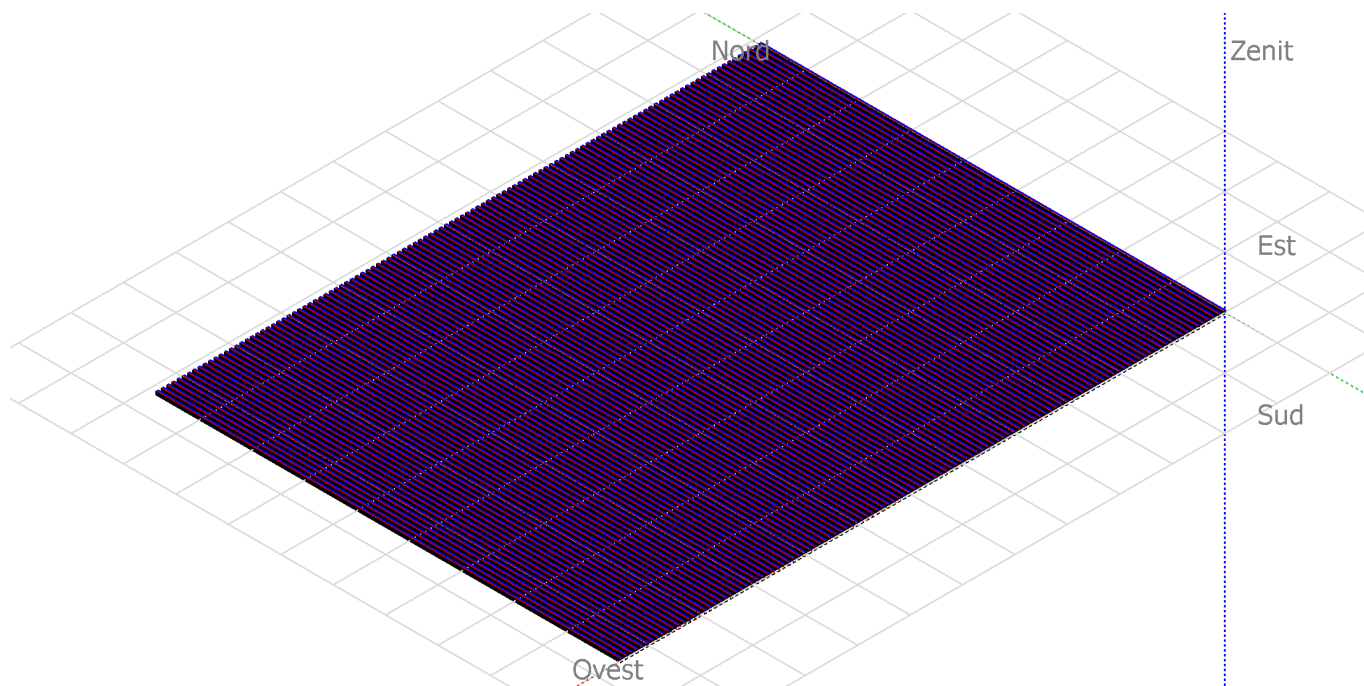
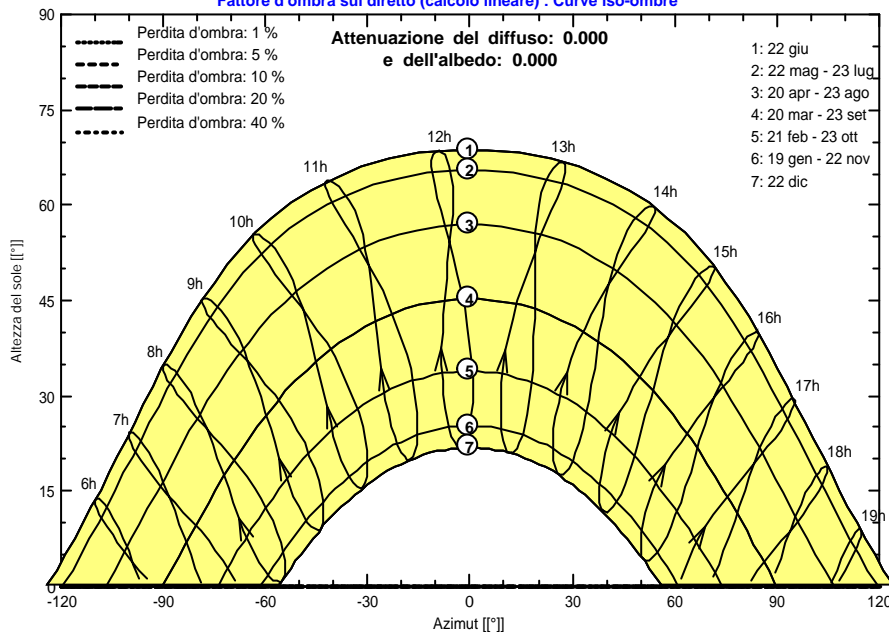


Diagramma iso-ombre

FERRARA

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



Sistema connesso in rete: Risultati principali

Progetto : FERRARA

Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione

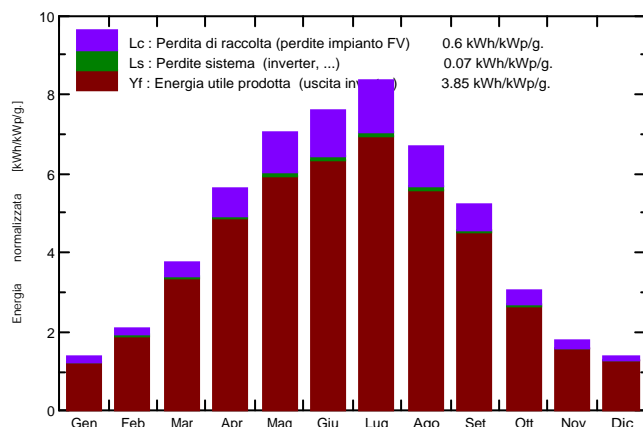
Parametri principali del sistema Tipo di sistema **inseguitori campo singolo , con indetreggiamento**

Ombre vicine	Calcolo elettrico dettagliato	(Secondo disposizione moduli)
Orientamento inseguitori FV, asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimut asse 0°
Moduli FV	Modello JKM605N-78HL4-V	Pnom 605 Wp
Campo FV	Numero di moduli 44548	Pnom totale 26949 kWp
Inverter	Modello SG250HX	Pnom 225 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità 132.0	Pnom totale 29700 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)	

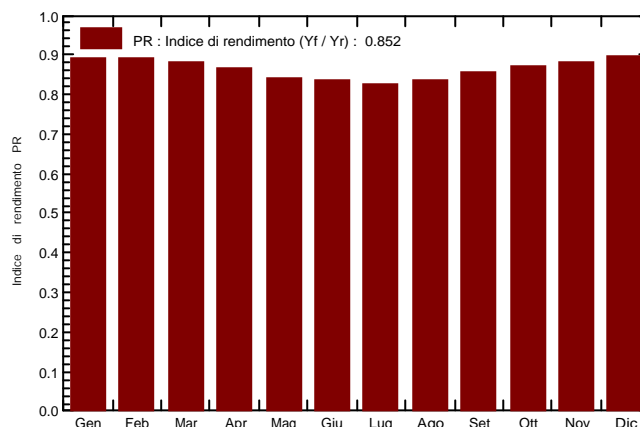
Risultati principali di simulazione

Produzione sistema	Energia prodotta 37859 MWh/anno	Prod. spec. 1405 kWh/kWp/anno
	Indice di rendimento PR 85.21 %	

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 26949 kWp



Indice di rendimento PR



Nuova variante di simulazione Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Gennaio	36.4	24.35	2.91	42.4	39.0	1043	1015	0.890
Febbraio	49.6	30.82	5.02	59.2	54.8	1455	1423	0.892
Marzo	95.2	49.62	9.75	117.2	109.1	2835	2784	0.882
Aprile	136.6	68.21	13.50	168.4	157.3	3996	3930	0.866
Maggio	175.3	77.95	19.32	218.1	204.2	5035	4954	0.843
Giugno	184.3	88.81	23.32	227.5	212.5	5195	5111	0.834
Luglio	203.0	80.82	25.61	259.6	243.8	5884	5790	0.828
Agosto	165.1	72.95	25.09	206.8	193.5	4728	4650	0.834
Settembre	123.8	54.84	19.37	157.4	147.4	3704	3642	0.859
Ottobre	78.1	44.19	15.29	95.2	88.5	2276	2233	0.870
Novembre	43.1	24.96	9.13	53.3	49.5	1300	1270	0.884
Dicembre	34.9	18.50	4.22	43.6	40.6	1084	1056	0.898
Anno	1325.5	636.03	14.43	1648.7	1540.3	38537	37859	0.852

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

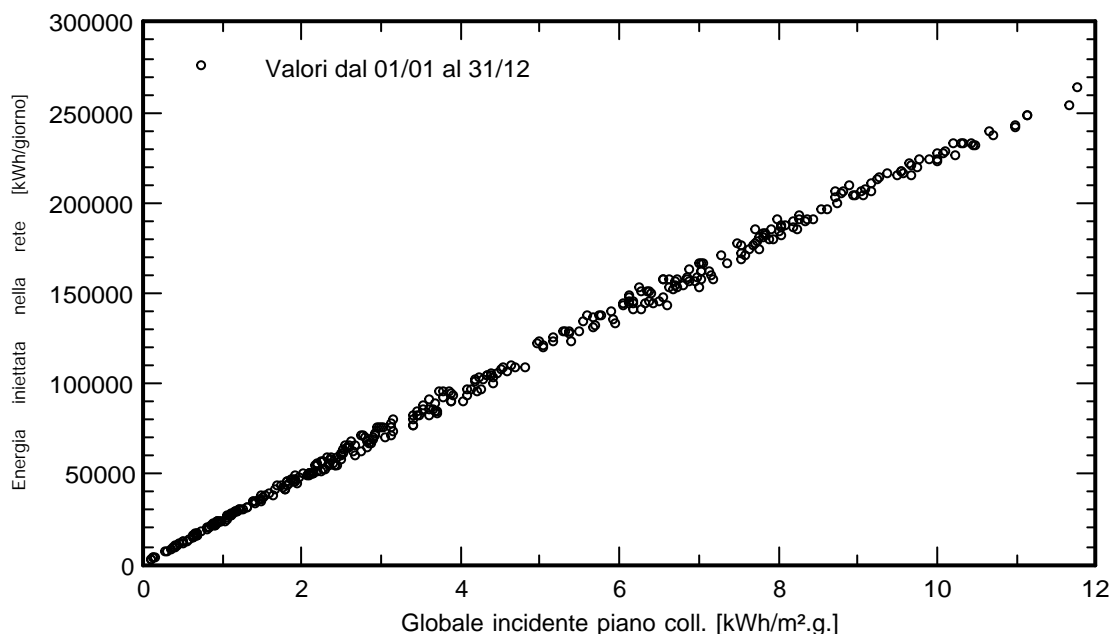
Sistema connesso in rete: Grafici speciali

Progetto : FERRARA

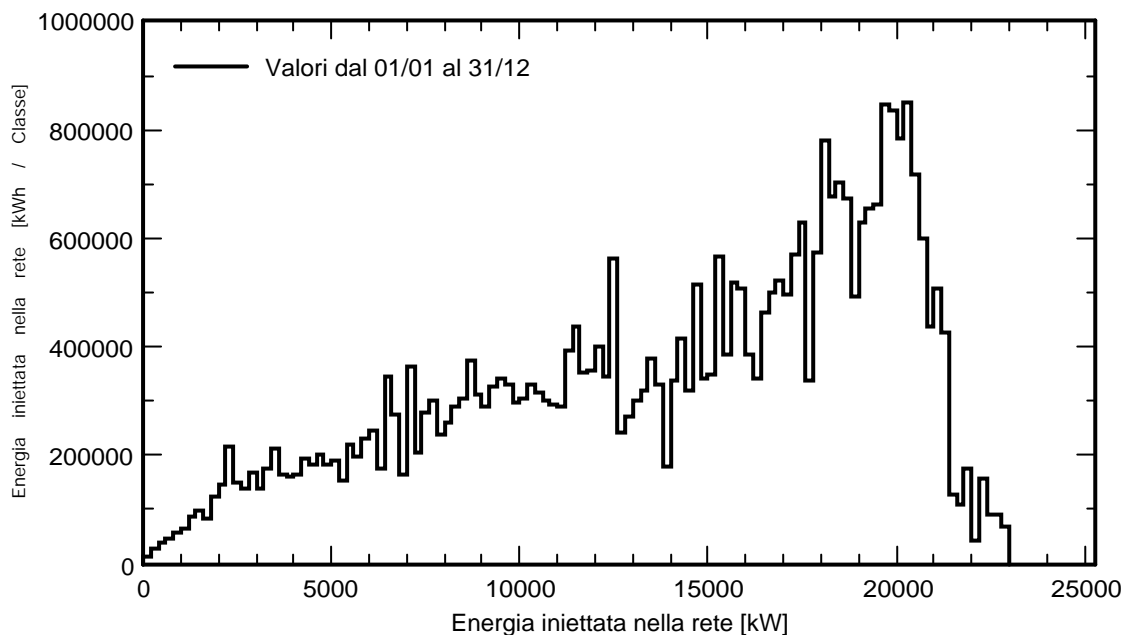
Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	inseguitori campo singolo , con indetreggiamento		
Ombre vicine	Calcolo elettrico dettagliato	(Secondo disposizione moduli)		
Orientamento inseguitori FV, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Azimet assse	0°	
Moduli FV	Modello	JKM605N-78HL4-V	Pnom	605 Wp
Campo FV	Numero di moduli	44548	Pnom totale	26949 kWp
Inverter	Modello	SG250HX	Pnom	225 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	132.0	Pnom totale	29700 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

Progetto : FERRARA

Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	inseguitori campo singolo , con indetreggiamento		
Ombre vicine	Calcolo elettrico dettagliato	(Secondo disposizione moduli)		
Orientamento inseguitori FV, asse inclinato, inclinazione asse	0°	Azimet asse	0°	
Moduli FV	Modello	JKM605N-78HL4-V	Pnom	605 Wp
Campo FV	Numero di moduli	44548	Pnom totale	26949 kWp
Inverter	Modello	SG250HX	Pnom	225 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	132.0	Pnom totale	29700 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)			

Diagramma perdite sull'anno intero

