



REGIONE PUGLIA
 PROVINCIA DI FOGGIA
 COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CON INTEGRAZIONE AGRICOLA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN CONTRADA TORRE DI LAMA AL FG. N. 7 PP. N. 101, 239, 447, 449, 451 E FG. N. 9 PP. N. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691, DI POTENZA PARI A 19.359,00 kWp DENOMINATO "TORRE DI LAMA"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO TORRE DI LAMA 2



livello prog.	Codice Istanza	N.Elaborato	DATA	SCALA
PD	— 4WZGYD6	B5.2	30.03.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE

TRINA SOLAR TETI S.r.l.
 Piazza Borromeo 14, 20123 Milano



ENTE

PROGETTAZIONE



Ing. D. Siracusa
 Ing. C. Chiaruzzi
 Ing. A. Costantino
 Arch. A. Calandrino
 Arch. M. Gullo
 Arch. S. Martorana
 Arch. F.G. Mazzola
 Arch. P. Provenzano
 Ing. G. Buffa
 Ing. G. Schillaci



FIRMA RESPONSABILE TECNICO

**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte
solare fotovoltaica denominato “TORRE DI LAMA 2”**

Relazione di producibilità dell’impianto

Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione tecnica, ha una potenza di picco pari a 11988 kWp, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli scelti, in fase di progettazione definitiva, per realizzare il generatore.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito applicando il criterio della superficie disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari di tracker per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

I moduli scelti sono in silicio monocristallino, hanno una potenza nominale di 500 Wp e sono costituiti da 150 celle fotovoltaiche, modello Trina solar Vertex Bifacciali [TSM-DEG18MC.20(II)]. Per massimizzare la producibilità energetica è previsto l'utilizzo di tracker monoassiali del tipo 2-V da 108 e 54 moduli con pitch pari a 8,5 m.

Complessivamente sono stati posizionati 888 stringhe elettriche da 27 moduli per un totale di 23976 moduli.

L'impianto sarà suddiviso in 3 sottocampi fotovoltaici, ogni sottocampo confluirà agli inverter contenuti nel locale di conversione, per confluire verso i locali di trasformazione BT/MT.

La configurazione scelta prevede due cabine di trasformazione, ognuna delle quali conterrà 2 trasformatori da 2000 kVA. Ogni trasformatore a sua volta alimenterà 18 inverter SUNGROW SG250HX da 250 kVA.

Infine una terza cabina di trasformazione conterrà un solo trasformatore da 2000 kVA, ad alimentare i restanti 14 inverter SUNGROW SG250HX da 250 kVA (per maggiori dettagli si rimanda allo schema elettrico unifilare).

Definito il layout di impianto il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Dati di riferimento dell'impianto

Nella presente relazione si stima la producibilità media annua dell'impianto in progetto calcolata in kWh/kWp.

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza nominale pari a 11988 MWp, secondo il layout per cui si rimanda nel dettaglio alla relazione tecnica ed alle tavole di Layout d'impianto.

Per il calcolo della producibilità media annua ci si è avvalsi del software PVSyst, mediante il quale è stato possibile effettuare una simulazione nella quale la stima della producibilità è relativa all'intero impianto in progetto ed avente le stesse caratteristiche funzionali di quello in progetto.

Il software in questione possiede un database interno, mediante il quale è possibile calcolare la producibilità dell'intero impianto in funzione dei moduli scelti, degli inverter e della loro disposizione. Lo stesso software si avvale della possibilità di consultare i dati Meteo per una simulazione dei dati di irraggiamento (database Meteonorm 7.3).

Dunque disposti spazialmente di moduli, costituendo un layout verosimile, ed i vari sistemi con cui operano i sistemi tracker, si è giunti ai seguenti risultati per l'intera potenza installata nell'impianto pari a 11988 kWp:

- La producibilità specifica risultante dalla simulazione dell'impianto in esame è pari a 1795 kWh/kWp annui.

Con una Producibilità annua stimata pari a circa: 21520 [MWh] all'anno.

Di seguito si allega il report della simulazione dell'impianto su PVSyst.



Versione 7.1.5

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Torre di Lama 2

Variante: Nuova variante di simulazione

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

Potenza di sistema: 11.99 MWc

Torre di Lama 2 - Italy

Autore

Horizonfirm Srl (Italy)



PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico Torre di Lama 2 Italia	Ubicazione Latitudine 41.57 °N Longitudine 15.60 °E Altitudine 50 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo Torre di Lama 2 Meteonorm 7.3 (1986-2005), Sat=1% - Sintetico		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete Orientamento campo FV Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking) Ombre vicine Secondo le stringhe Effetto elettrico 100 %	Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)
Informazione sistema Campo FV Numero di moduli 23976 unità Pnom totale 11.99 MWc	Inverter Numero di unità 39 unità Pnom totale 9750 kWac Rapporto Pnom 1.230	

Sommario dei risultati

Energia prodotta 21520 MWh/anno	Prod. Specif. 1795 kWh/kWc/anno	Indice rendimento PR 89.73 %
---------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Indice dei contenuti

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



PVsyst V7.1.5
 VCO, Simulato su
 12/02/21 16:14
 con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
 Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete		Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)	
Orientamento campo FV		Strategia Backtracking	
Orientamento		Modelli utilizzati	
Piano d'inseguimento, asse orizzon. N-S		N. di eliostati	444 unità
Asse dell'azimut		0 °	
		Dimensioni	
		Distanza eliostati	8.50 m
		Larghezza collettori	4.39 m
		Fattore occupazione (GCR)	51.7 %
		Phi min / max	-/+ 55.0 °
		Angolo limite indetreggiamento	
		Limiti phi	+/- 58.8 °
Orizzonte		Ombre vicine	
Orizzonte libero		Secondo le stringhe	
		Effetto elettrico	
		100 %	
Sistema a moduli bifacciali		Bisogni dell'utente	
Modello		Carico illimitato (rete)	
		Calcolo 2D	
		eliostati illimitati	
Geometria del modello bifacciale		Definizioni per il modello bifacciale	
Distanza eliostati	8.50 m	Albedo dal suolo	0.30
ampiezza eliostati	4.43 m	Fattore di Bifaccialità	69 %
Angolo limite indetreggiamento	58.4 °	Ombreg. posteriore	5.0 %
GCR	52.2 %	Perd. Mismatch post.	10.0 %
Altezza dell'asse dal suolo	2.10 m	Trasparenza del modul FV	0.0 %

Caratteristiche campo FV

Modulo FV		Inverter	
Costruttore	Trina Solar	Costruttore	Sungrow
Modello	TSM-DEG18MC-20-(II)-500-Bifacial	Modello	SG250HX-IN
(PVsyst database originale)		(definizione customizzata dei parametri)	
Potenza nom. unit.	500 Wp	Potenza nom. unit.	250 kWac
Numero di moduli FV	23976 unità	Numero di inverter	39 unità
Nominale (STC)	11.99 MWc	Potenza totale	9750 kWac
Campo #1 - Campo FV		Campo #2 - Sottocampo #2	
Numero di moduli FV	9936 unità	Numero di inverter	16 unità
Nominale (STC)	4968 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	368 Stringhe x 27 In serie	Voltaggio di funzionamento	600-1500 V
In cond. di funz. (25°C)		Rapporto Pnom (DC:AC)	
Pmpp	5051 kWc	1.24	
U mpp	1128 V		
I mpp	4476 A		
Campo #2 - Sottocampo #2		Campo #1 - Campo FV	
Numero di moduli FV	9936 unità	Numero di inverter	16 unità
Nominale (STC)	4968 kWc	Potenza totale	4000 kWac
Moduli	368 Stringhe x 27 In serie	Voltaggio di funzionamento	600-1500 V
In cond. di funz. (25°C)		Rapporto Pnom (DC:AC)	
Pmpp	5051 kWc	1.24	
U mpp	1128 V		
I mpp	4476 A		



PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Caratteristiche campo FV

Campo #3 - Sottocampo #3			
Numero di moduli FV	4104 unità	Numero di inverter	7 unità
Nominale (STC)	2052 kWc	Potenza totale	1750 kWac
Moduli	152 Stringhe x 27 In serie		
In cond. di funz. (25°C)		Voltaggio di funzionamento	600-1500 V
Pmpp	2086 kWc	Rapporto Pnom (DC:AC)	1.17
U mpp	1128 V		
I mpp	1849 A		
Potenza PV totale		Potenza totale inverter	
Nominale (STC)	11988 kWp	Potenza totale	9750 kWac
Totale	23976 moduli	N. di inverter	39 unità
Superficie modulo	57784 m ²	Rapporto Pnom	1.23



PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Perdite campo

Fatt. di perdita termica

Temperatura modulo secondo irraggiamento
Uc (cost) 20.0 W/m²K
Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdita di qualità moduli

Fraz. perdite -0.8 %

Perdite per mismatch del modulo

Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Perdita disadattamento Stringhe

Fraz. perdite 0.1 %

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

Perdite DC nel cablaggio

Res. globale di cablaggio 1.6 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC

Campo #1 - Campo FV

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

Campo #2 - Sottocampo #2

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

Campo #3 - Sottocampo #3

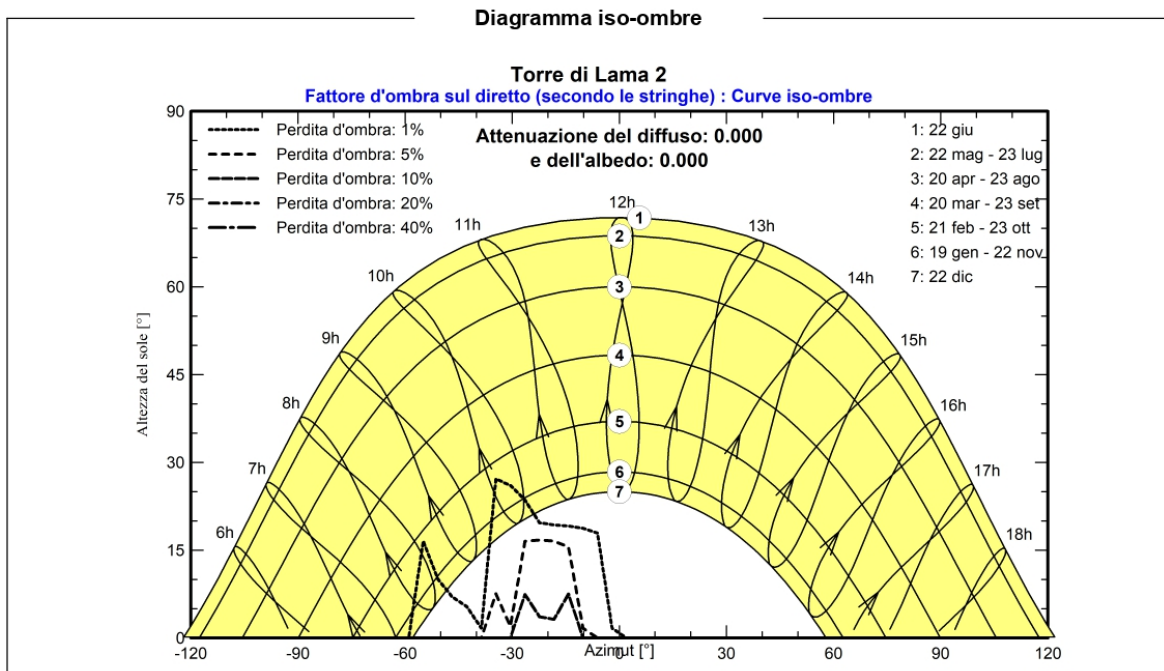
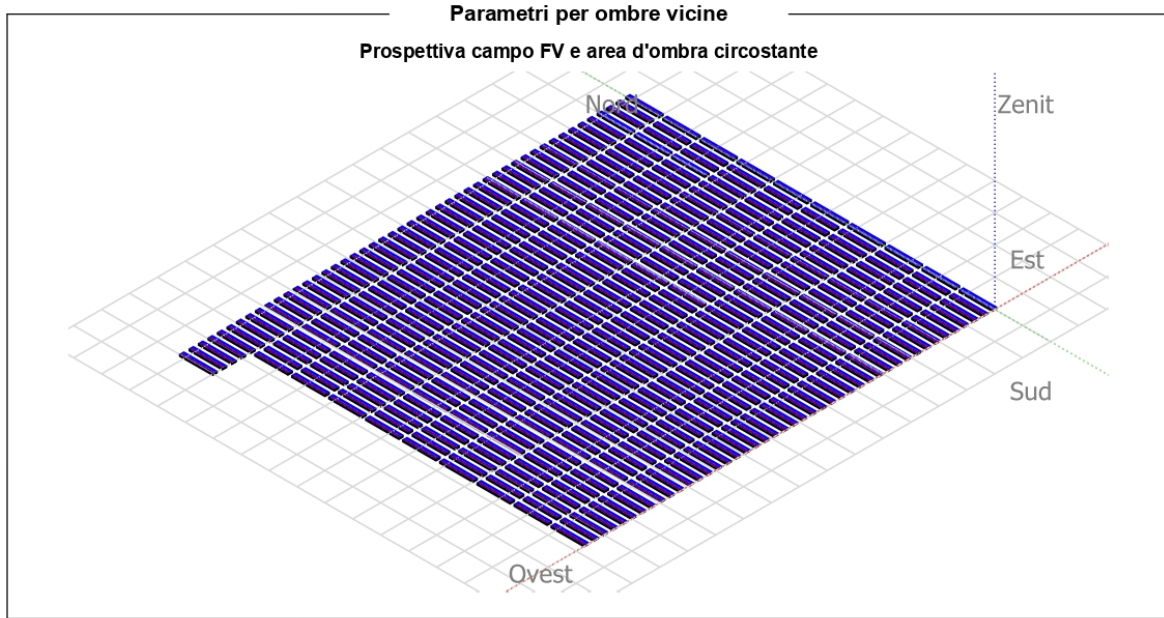
Res. globale campo 9.2 mΩ
Fraz. perdite 1.5 % a STC



PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)





PVsyst V7.1.5
 VCO, Simulato su
 12/02/21 16:14
 con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
 Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Risultati principali

Produzione sistema

Energia prodotta

21520 MWh/anno

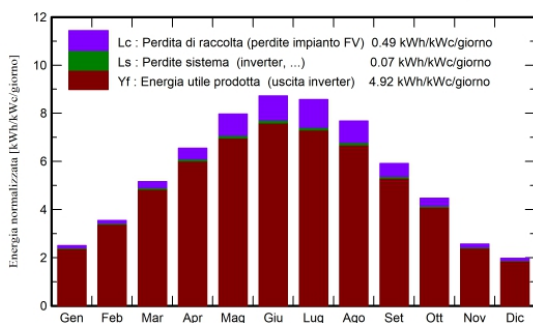
Prod. Specif.

1795 kWh/kWc/anno

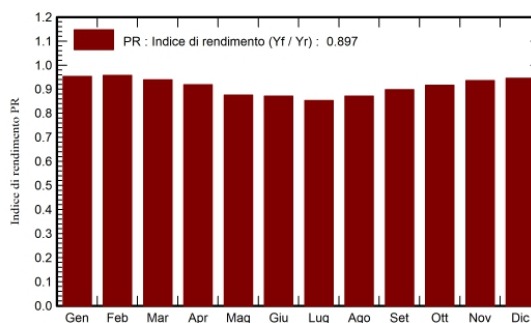
Indice di rendimento PR

89.73 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
Gennaio	59.8	27.30	7.15	77.5	73.1	897	886	0.953
Febbraio	77.2	34.01	7.50	99.2	94.9	1154	1140	0.958
Marzo	125.7	52.00	10.96	160.1	154.8	1828	1803	0.939
Aprile	157.2	65.38	13.92	196.6	190.9	2197	2166	0.919
Maggio	195.8	72.87	19.99	247.1	240.7	2635	2596	0.876
Giugno	206.8	79.17	24.10	261.8	255.2	2777	2734	0.871
Luglio	208.9	75.73	27.41	265.7	259.0	2760	2717	0.853
Agosto	187.5	73.32	26.85	238.1	232.1	2525	2486	0.871
Settembre	139.4	55.81	21.15	177.5	171.8	1939	1911	0.898
Ottobre	107.4	37.80	17.75	138.8	133.9	1546	1525	0.917
Novembre	60.6	28.53	12.27	77.0	72.8	875	864	0.936
Dicembre	49.0	26.20	8.64	61.1	57.1	702	693	0.946
Anno	1575.3	628.12	16.53	2000.6	1936.3	21836	21520	0.897

Legenda

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

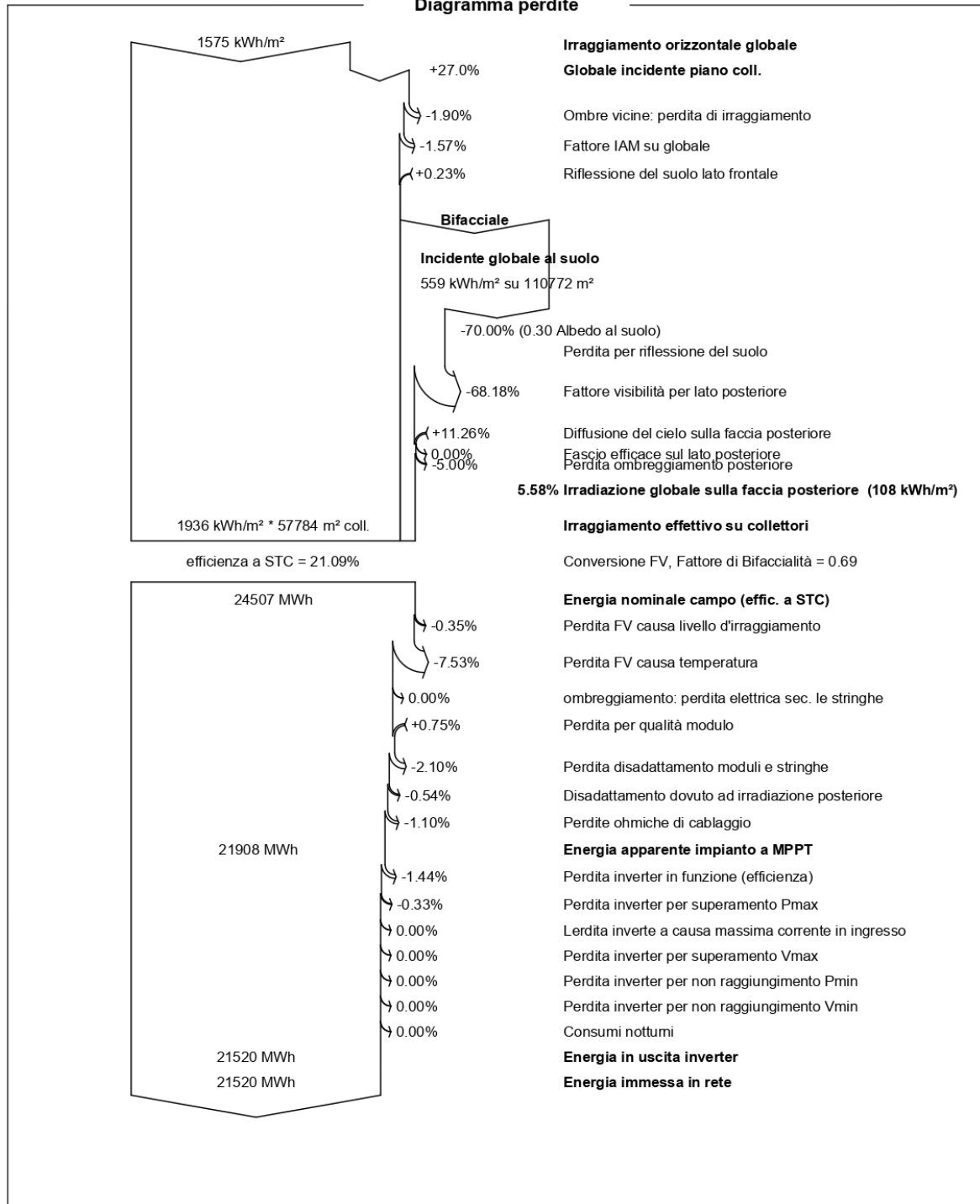


PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

Horizonfirm Srl (Italy)

Diagramma perdite





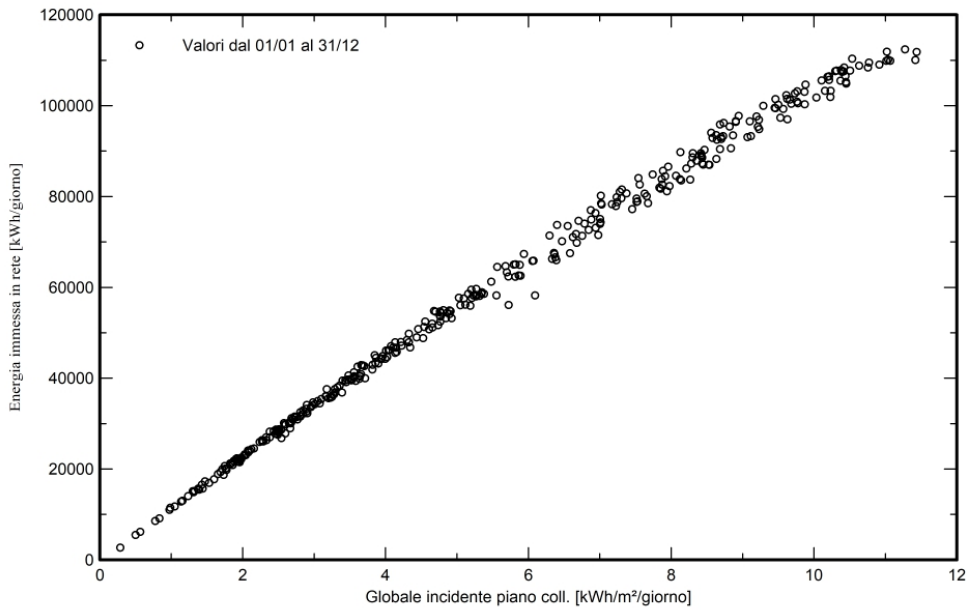
PVsyst V7.1.5
VC0, Simulato su
12/02/21 16:14
con v7.1.5

Progetto: Torre di Lama 2
Variante: Nuova variante di simulazione

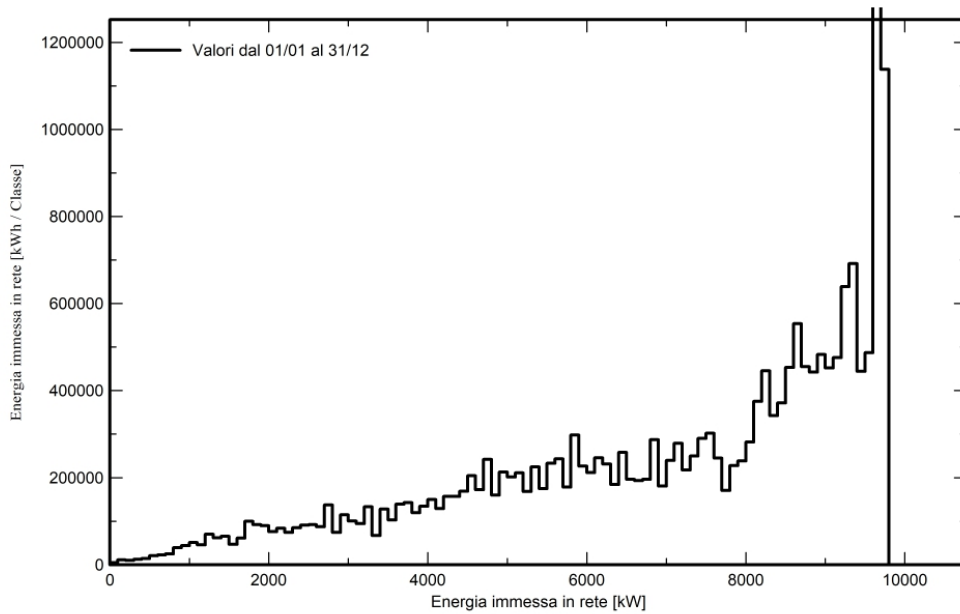
Horizonfirm Srl (Italy)

Grafici speciali

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



L'impianto qui analizzato sarà parte integrante dell'impianto fotovoltaico "Torre di Lama" insieme ad una seconda parte elettrica che prende il nome di "Torre di Lama 1".

La producibilità specifica media degli impianti Torre di Lama 1 e Torre di Lama 2 è pari a 1798,5 kWh/kWp annui.

Mentre l'energia prodotta media dell'intero impianto "Torre di Lama" (somma degli impianti Torre di Lama 1 e 2) è pari a 34804 MWh/anno.

Dai dati ottenuti, è possibile stimare l'emissione evitata nel tempo di vita dell'impianto, moltiplicando le emissioni evitate annue per i 30 anni di vita stimata degli impianti:

- per un risparmio di **15.313,76 t. di CO2** e **6508,34 TEP** non bruciate

dove le tonnellate equivalenti di petrolio e la quantità di CO2 sono state calcolate applicando i fattori di conversione TEP/kWh e kgCO2/kWh definiti dalla **Delibera EEN 3/08** Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica" pubblicata sul sito www.autorita.energia.it in data 01 aprile 2008, GU n. 100 DEL 29.4.08 -SO n.107.