



RF-SIRIO SRL

Via Bottonaga, 4
25125 - Brescia (BS) ITALY

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI PIACENZA

COMUNE DI SARMATO

Soggetto proponente: RF-SIRIO SRL

Istanza di Valutazione di Impatto Ambientale
ai sensi della L.R. n°4/2008

e dell' art. 27 bis del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Istanza di Autorizzazione Unica

ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 29/12/2003 n° 387 e ss.mm.ii.

PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO DA 7,67 MW

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

CODICE DOCUMENTO: 30320_RT04



Società di Ingegneria Integrata srl
Via Bottonaga, 4
25125 BRESCIA
www.sisthemaengineering.it





RF-SIRIO SRL

Via Bottonaga 4
25125 Brescia (BS) ITALY
C.F. e P. IVA 04214170989

00	31/03/2021	PC	Prima emissione
Rev.	Data	Autore	Causale della revisione
Committente: RF – SIRIO SRL Via Bottonaga 4 25125 BRESCIA		Il Committente: Località: Strada Provinciale n.37, Località Cascina Agazzara. 29010 Sarmato (PC)	
Progetto: PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO “RF SIRIO” DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA’ CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)		Il Tecnico Incaricato: 	Il Direttore Tecnico: 
Oggetto del documento: CALCOLO DELLA PRODUCIBILITA’ E BILANCI ENERGETICI			
redazione:	BM	data: Marzo 2021	Cod. Comm. 303_20
controllo:	PC	Data: 31/03/2021	Cod. Serv. AU
emissione:	PC	data: 31/03/2021	Cod. Doc. 30320_RT04
documento composto da pagine 20 questa compresa			

SISTHEMA ENGINEERING S.R.L.
Società di Ingegneria Integrata
via Bottonaga 4
25125 Brescia, (Bs) - Italia

Tel.: +39 030 2420815
+39 030 2420061
Fax: +39 030 2475735

info@sisthemaengineering.it
www.sisthemaengineering.it

capitale sociale 30.000 € i.v.
cod.fisc./p.iva: 03195310176
R.S. Trib.Bs 49413
R.E.A.: 339335



**SISTHEMA
ENGINEERING**



Cert. n° 32103

1. PREMESSA

La presente relazione si propone di illustrare la metodologia utilizzata per il calcolo della producibilità di un nuovo impianto fotovoltaico denominato “Parco Solare Fotovoltaico RF-SIRIO” avente una potenza nominale complessiva pari a 7,67 MW, da realizzarsi in Comune di Sarmato, Provincia di Piacenza (PC).

2. RADIAZIONE SOLARE MEDIA ANNUA

La valutazione della radiazione solare è stata effettuata utilizzando il database internazionale PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System sviluppato dal Joint Research Centre della Comunità Europea) nella più recente versione (PVGIS 5), che raccoglie dati meteorologici storici sulla base di rilevamenti satellitari.

I valori medi mensili di GHI (Global Horizontal Irradiance), DHI (Diffuse Horizontal Irradiance), temperatura ambiente, velocità del vento e Umidità relativa per il sito di “Sarmato Sirio” fanno riferimento a un TMY (Typical Meteorological Year) con periodo di misurazione 2005-2014.

Latitudine (Dec.)	45.044035;	Longitudine	9.476221;
Latitudine	45° 2'36.74"N;	Longitudine	9°28'35.44"E;
Altitudine	74 m.s.l.		

L’attendibilità del PVGIS è internazionalmente riconosciuta, perciò i valori resi disponibili possono essere usati per l’elaborazione statistica ai fini della stima dei dati meteorologici per il sito in oggetto.

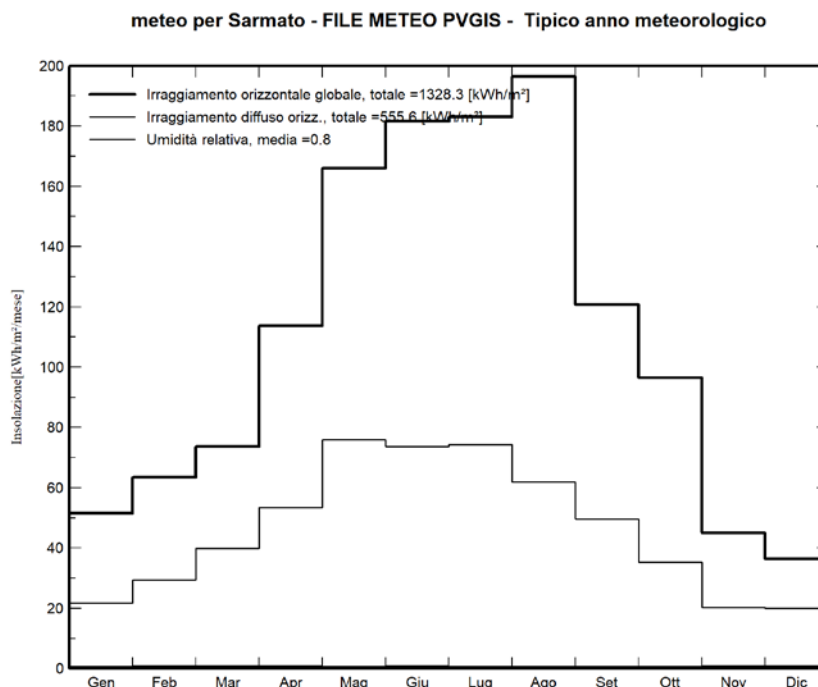
Di seguito si riportano i dati meteorologici assunti per la valutazione della producibilità dell’impianto.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO “RF SIRIO” DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)	CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI	cod. com.: 303_20 cod. serv.: AU cod.doc.:30320_RT04	file: 30320_RT04_ Calcolo producibilità e bilanci energetici Pag. 2 di 20
--	---	--	---

meteo per Sarmato - FILE METEO PVGIS - Tipico anno meteorologico

Inizio intervallo	GlobHor kWh/m²/mese	DiffHor kWh/m²/mese	RelHum ratio
Gennaio	51.5	21.67	0.753
Febbraio	63.4	29.37	0.806
Marzo	73.6	39.95	0.800
Aprile	113.7	53.50	0.779
Maggio	166.0	75.98	0.713
Giugno	181.6	73.77	0.773
Luglio	183.1	74.30	0.714
Agosto	196.5	61.87	0.684
Settembre	120.7	49.58	0.757
Ottobre	96.6	35.24	0.736
Novembre	45.1	20.34	0.844
Dicembre	36.4	20.01	0.818
Anno	1328.3	555.57	0.764

Di seguito si riportano l'andamento dell'irraggiamento orizzontale globale e diffuso orizzontale nell'anno tipico.



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

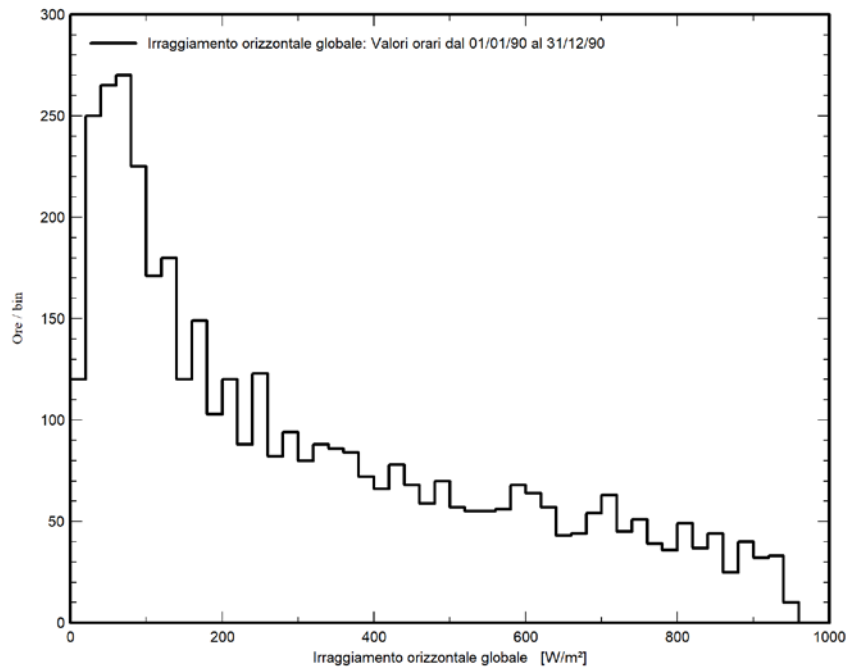
CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici

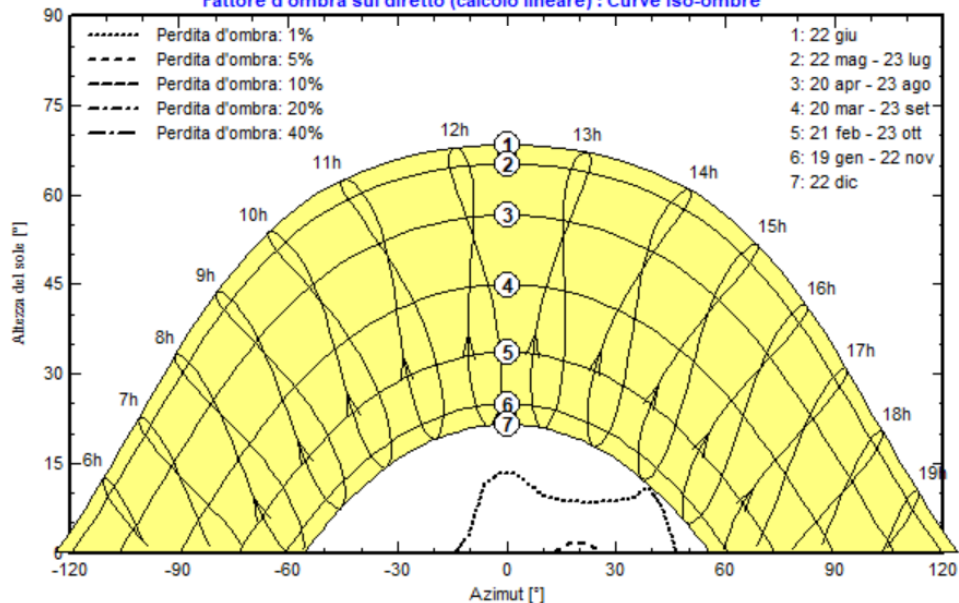
Cert. n° 32103

meteo per Sarmato - FILE METEO PVGIS - Tipico anno meteorologico



Sarmato - RF Sirio -METEO SARMATO

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



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici



**SISTHEMA
ENGINEERING**



Cert. n° 32103

3. CONFIGURAZIONE DELL' IMPIANTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico ubicato nel Comune di Sarmato (PC) in prossimità della Cascina Agazzara sulla strada provinciale n.37.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla rete di distribuzione in Media Tensione (MT) a 15 kV esercitata da E-distribuzione, alla quale cederà l'intera produzione, nelle modalità e condizioni indicate nel preventivo di connessione accettato dalla Società proponente.

Per massimizzare la produzione, l'impianto sarà realizzato con moduli fotovoltaici monocristallini di tipo bifacciale fissati su strutture del tipo ad inseguimento (trackers) posti con orientamento N-S (azimut = 11°) in grado di garantire un inseguimento dell'orbita solare E-W.

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza nominale complessiva installata pari a 7,67 MW e sarà esercitato in parallelo alla rete elettrica nazionale. La potenza massima in immissione sarà pari a 6 MW, con un rapporto DC/AC pari a circa 1,27 al fine di ottimizzare il funzionamento delle apparecchiature di conversione in linea con i recenti orientamenti per gli impianti utility scale.

L'impianto sarà costituito dalle seguenti componenti:

- ✓ n°1 cabina di consegna suddivisa in locale Utente, locale Misure e locale del Distributore all'interno della quale saranno alloggiati i dispositivi di protezione di rete e di impianto.
- ✓ n°4 Cabine di trasformazione (Power Station) da cui si dipartono le linee MT di collegamento alla cabina utente con configurazione ad anello. Ogni Power Stations è suddivisa in 3 vani separati, rispettivamente per l'alloggiamento dei quadri BT per il parallelo inverter e servizi ausiliari, trasformatore trifase isolato in resina, quadri MT con dispositivi di protezione e sezionamento.
- ✓ n° 40 inverter di stringa uniformemente dislocati in campo e distribuiti rispettivamente 10 per ciascuno dei 4 sottocampi collegati ciascuno alla propria Power Station.
- ✓ Per 3 sottocampi, ad ogni inverter, saranno collegate 15 stringhe da 26 moduli FV. Per 1 sottocampo invece, ad ogni inverter, saranno collegate 14 stringhe da 26 moduli FV ciascuno. Per tutti i sottocampi i moduli verranno fissati su inseguitori mono-assiali ad asse orizzontale N-S.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO
PRODUZIONE E
BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità
e bilanci energetici

Pag. 5 di 20

General parameters			
Grid-Connected System		Tracking system with backtracking	
PV Field Orientation		Backtracking strategy	
Orientation		Models used	
Tracking plane, horizontal N-S axis		Transposition	Perez
Axis azimuth	11 °	Diffuse	Imported
		Circumsolar	separate
		Sizes	
		Nb. of trackers	590 units
		Tracker Spacing	5.00 m
		Collector width	2.24 m
		Ground Cov. Ratio (GCR)	44.8 %
		Phi min / max	-/+ 55.0 °
		Backtracking limit angle	
		Phi limits	+/- 63.1 °
Horizon		User's needs	
Free Horizon		Near Shadings	Unlimited load (grid)
		Linear shadings	

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	RISEN	Manufacturer	SMA
Model	RSM150-8-500B	Model	PEAK 3
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	500 Wp	Unit Nom. Power	150 kWac
Number of PV modules	15340 units	Number of inverters	40 units
Nominal (STC)	7670 kWp	Total power	6000 kWac
Array #1 - Sottocampo #1		Array #2 - Sottocampo #2	
Number of PV modules	3900 units	Number of inverters	10 units
Nominal (STC)	1950 kWp	Total power	1500 kWac
Modules	150 Strings x 26 In series	Operating voltage	880-1450 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.30
Pmpp	1772 kWp		
U mpp	1023 V		
I mpp	1732 A		
Array #3 - Sottocampo #3		Array #4 - Sottocampo #4	
Number of PV modules	3900 units	Number of inverters	10 units
Nominal (STC)	1950 kWp	Total power	1500 kWac
Modules	150 Strings x 26 In series	Operating voltage	880-1450 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.30
Pmpp	1772 kWp		
U mpp	1023 V		
I mpp	1732 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	7670 kWp	Total power	6000 kWac
Total	15340 modules	Nb. of inverters	40 units
Module area	38073 m²	Pnom ratio	1.28

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

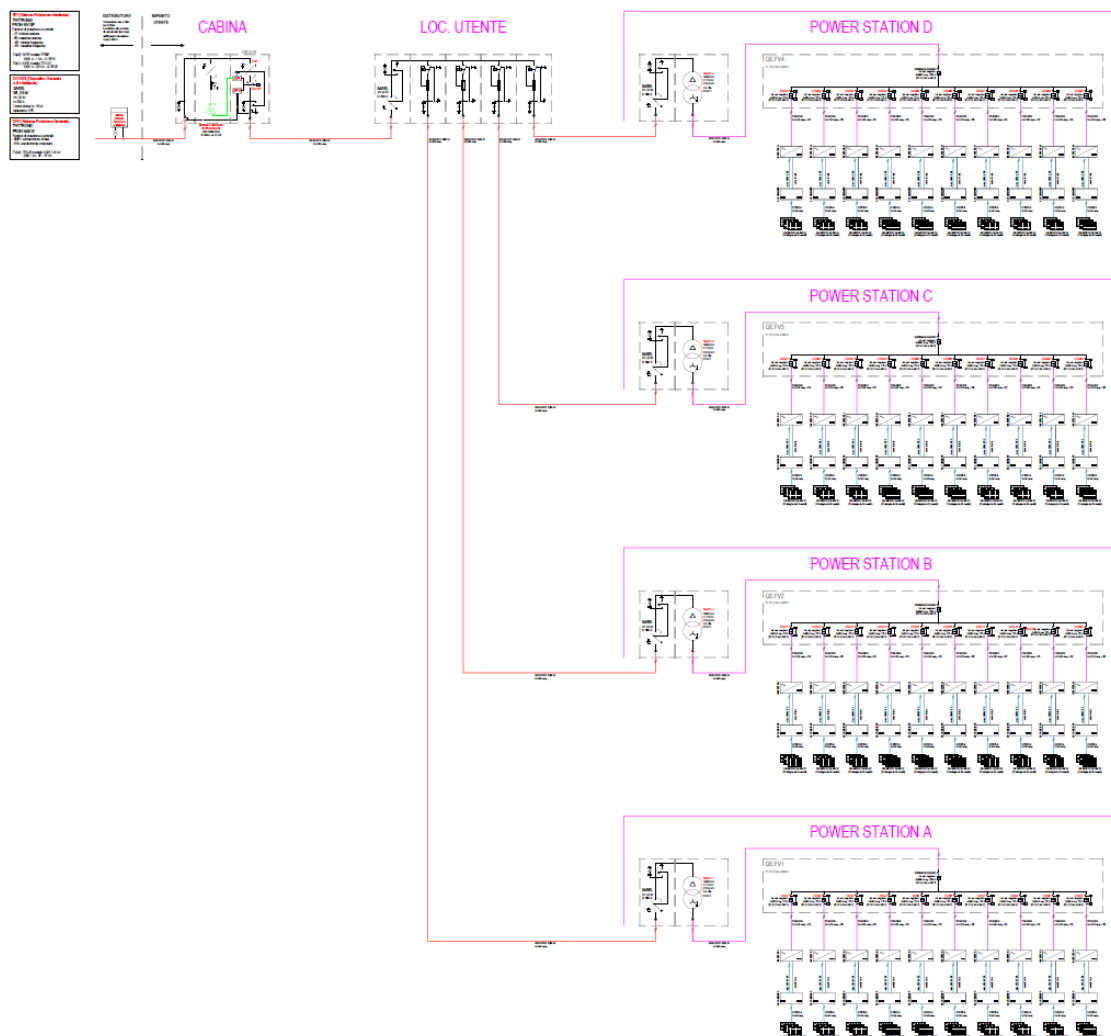
cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici

4. SCHEMA A BLOCCHI DELLA CONFIGURAZIONE IMPIANTO

Il parco fotovoltaico è costituito da 4 sottocampi, di cui i primi 3 ciascuno composto da 10 inverter da 150 kW ai quali risultano collegate n° 15 stringhe a loro volta costituite da 26 moduli fotovoltaici da 500 W, mentre 1 sottocampo risulta composto da 10 inverter da 150 kW ai quali risultano collegate n.14 stringhe a loro volta costituite da 26 moduli.

Ogni sottocampo fa capo ad una cabina di trasformazione MT (Power station), come risulta dallo schema sottoriportato. I seguenti schemi sono allegati alla documentazione di progetto con riferimento della tavola TE5.



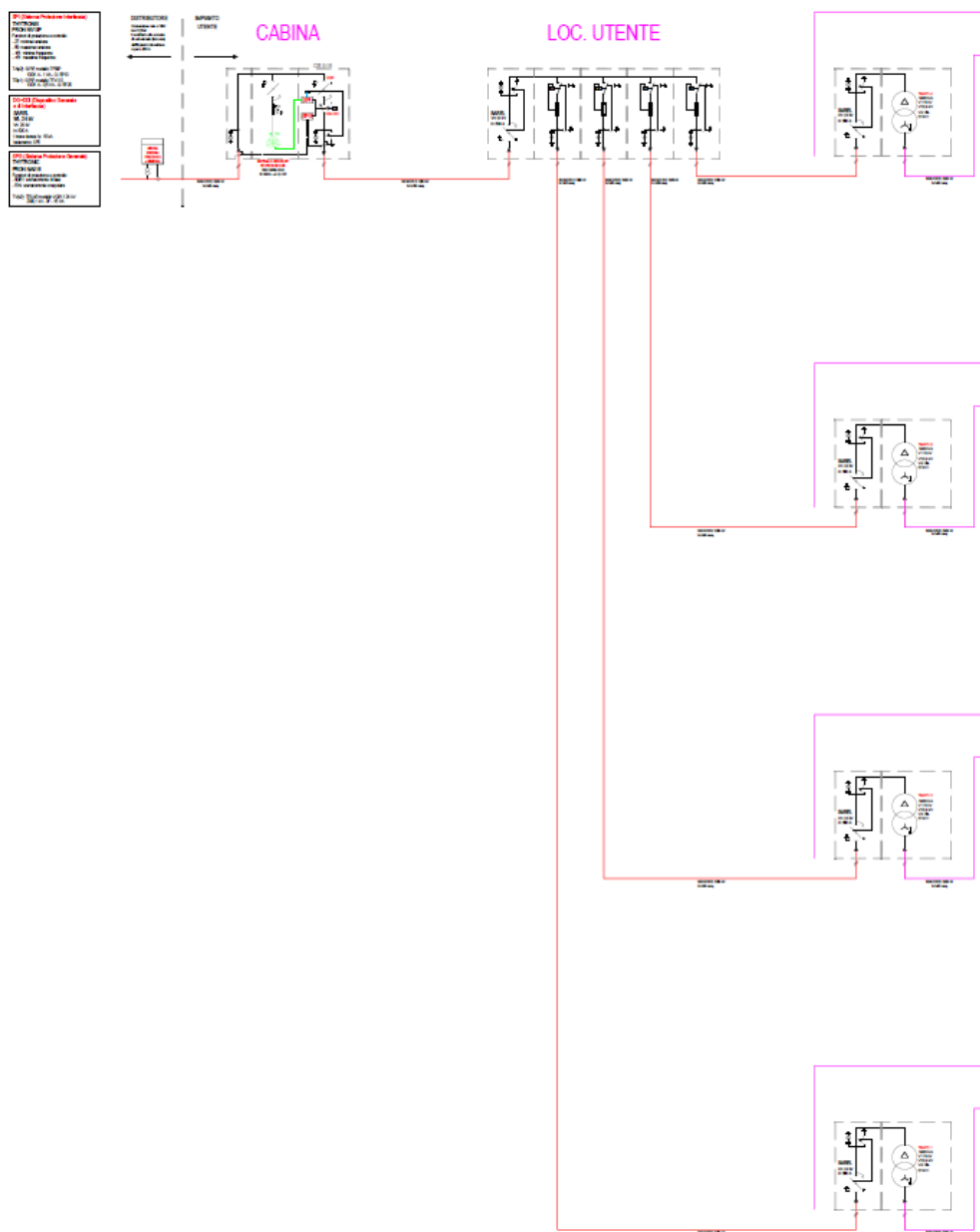
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRORODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici

I 4 sottocampi sono collegati alla Cabina di consegna per il collegamento alla rete di trasmissione Nazionale in MT.



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici

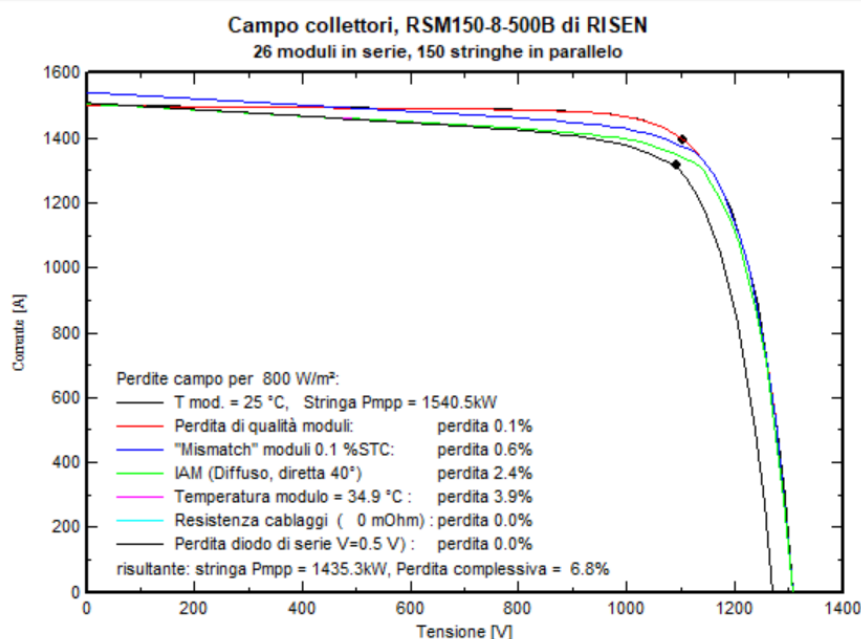
5. CALCOLO DELLE PERDITE DI SISTEMA

La producibilità attesa dall'impianto è stata calcolata a partire dalla stima di radiazione solare ottenuta da PVGIS 5 mediante una simulazione di dettaglio con il software PVSyst, riconosciuto come standard di riferimento a livello internazionale.

La configurazione di impianto considerata è del tutto corrispondente alle scelte progettuali riguardo l'architettura elettrica, la tecnologia di tracking, il layout previsto e le caratteristiche tecniche tipiche dei migliori componenti disponibili sul mercato per le rispettive tecnologie.

A partire dai valori orari contenuti nel TMY di PVGIS 5, PVSyst è in grado di calcolare la radiazione incidente ora per ora sul piano dei moduli, in considerazione dell'effettivo layout di impianto e della logica di inseguimento con backtracking.

Nel seguito vengono brevemente descritte le componenti di perdita più rilevanti per la stima della producibilità di impianto, così come vengono calcolate da PVSYST.





**SISTHEMA
ENGINEERING**



Cert. n° 32103

5.1 PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Le perdite per ombreggiamento, in un impianto fotovoltaico, sono funzione della geometria di disposizione dei pannelli solari e degli ostacoli vicini o di quelli all'orizzonte, che possono ridurre anche sensibilmente le ore di sole nell'arco della giornata, soprattutto d'inverno.

Nell'impianto in progetto l'ombreggiamento reciproco fra le fila di inseguitori sono funzione della geometria di disposizione in campo del generatore fotovoltaico e di eventuali ostacoli ravvicinati che possono ridurre anche sensibilmente le ore di sole nell'arco delle giornate, soprattutto in inverno quando il sole si mantiene mediamente più basso sull'orizzonte.

Questo tipo di perdite sono state valutate considerando un distanziamento tra le fila pari a 5 m di interasse.

Considerando che la logica di inseguimento con backtracking evita sistematicamente l'ombreggiamento reciproco delle fila per quando riguarda la componente di radiazione direttamente incidente sul piano dei moduli, le sole componenti affette da questo tipo di perdita sono quelle relative alla radiazione diffusa e riflessa dal terreno (albedo).

La perdita stimata è pari a circa il 2,5 %.

5.2 PERDITE PER EFFETTO DI INCIDENZA (IAM)

Le perdite per effetto dell'angolo di incidenza (Incidence Angle Modifier) sono dovute alla diminuzione della radiazione che raggiunge realmente la superficie delle celle fotovoltaiche, rispetto alla radiazione con incidenza normale.

Questa diminuzione è dovuta principalmente alle riflessioni sul vetro di copertura e aumenta con l'angolo di incidenza.

Questo deficit per riflessione è sostanzialmente funzione dell'angolo di incidenza, secondo la seguente espressione:

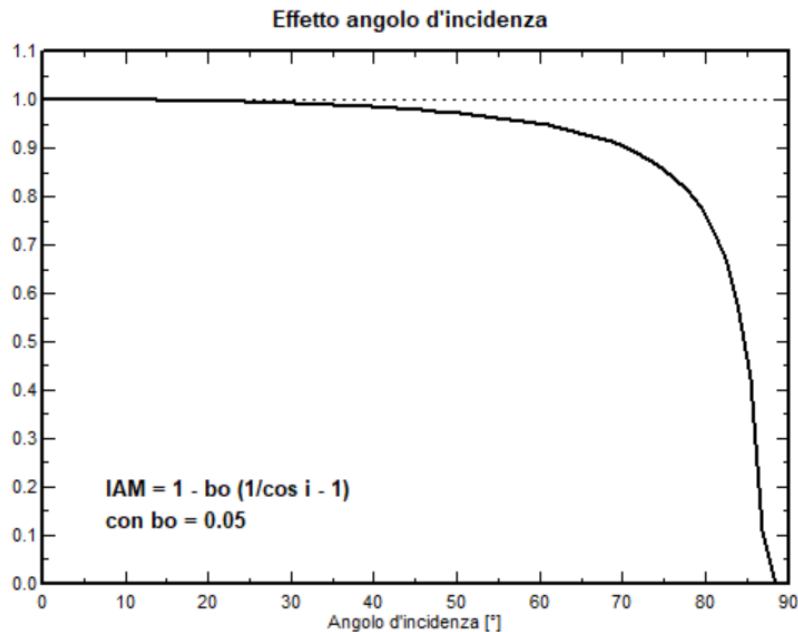
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67
MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA
CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA'
CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO
(PC)

CALCOLO
PRODUCIBILITA' E
BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità
e bilanci energetici

Pag. 10 di 20



$$IAM = 1 - bo \cdot (1/\cos(i) - 1)$$

dove:

i = angolo di incidenza rispetto alla normale al piano

bo = fattore che dipende dal vetro di rivestimento del modulo

La perdita per le ombre vicine è stata stimata pari a circa il 2,2 %.

5.3 PERDITE PER SPORCAMENTO MODULI

Le perdite per l'eventuale accumulo di sporco sui moduli dipendono dalle caratteristiche dell'ambiente in cui l'impianto è collocato, dalla piovosità del sito e quindi dalla capacità di autolavaggio delle superfici e dal numero dei lavaggi che verranno programmati nell'ambito del piano di manutenzione.

Il valore preciso delle perdite per sporcamento è di difficile determinazione, pertanto in funzione delle caratteristiche del sito e del piano di manutenzione previsto è stata stimata una perdita pari al 0,1%.



5.4 PERDITE PER BASSO IRRAGGIAMENTO

L'efficienza nominale dei moduli fotovoltaici è misurata in condizioni STC con irraggiamento pari a 1000 W/m², ma risulta variabile con lo stesso. Per celle con tecnologia in silicio cristallino la deviazione dell'efficienza può essere semplificata secondo la seguente espressione:

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

dove:

I = irraggiamento in W/m²

η_n = efficienza all'irraggiamento nominale di 1000 W/m².

Queste perdite sono rilevanti in condizioni meteorologiche medie annue caratterizzate da giornate con condizioni spesso differenti da quelle STC. Il software di simulazione ha calcolato queste perdite sulla base dei dati climatici del sito e delle caratteristiche I-V a diverso irraggiamento per un tipico modulo in silicio cristallino. Le perdite per basso irraggiamento sono state stimate in circa il 4%.

5.5 PERDITE PER EFFETTO TERMICO

Le perdite per effetto termico sono legate alla diversa prestazione dei moduli in funzione della temperatura di cella di esercizio, come funzione dello scostamento dalla temperatura di riferimento in condizioni STC.

Il comportamento termico del campo, il quale influenza le performance elettriche, è determinato da un bilancio energetico tra la temperatura ambiente ed il riscaldamento della cella dovuto all'energia irradiata e viene valutato nel seguente modo:

$$U \cdot (T_{cell} - T_{amb}) = \alpha \cdot G_{inc} \cdot (1 - \text{Effic})$$

Da cui:

$$T_{cell} = T_{amb} + 1/U \cdot (\alpha \cdot G_{inc} \cdot (1 - \text{Effic}))$$

dove:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)	CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI	cod. com.: 303_20 cod. serv.: AU cod.doc.:30320_RT04	file: 30320_RT04_ Calcolo producibilità e bilanci energetici Pag. 12 di 20
--	---	--	--



Tamb è la temperatura ambiente il cui andamento è desunto dai dati meteo

Ginc è l'energia irradiata (GlobEff)

Alpha è il coefficiente di irraggiamento solare posto pari a 0,9

Effic è l'efficienza del modulo

U-value: il comportamento termico è caratterizzato da un fattore di perdita termico che può essere composto da due fattori di cui uno costante (Uc) e uno proporzionale alla velocità del vento (Uv)

$U = U_c + U_v \cdot v$ (Uc in [W/m²·K], Uv in [W/m²·K / m/s], v = velocità vento in [m/s])

Queste perdite sono state stimate sulla base dei dati climatici del sito e risultano pari a circa il 2,43%.

5.6 PERDITE PER QUALITÀ MODULO

Tale valore tiene in considerazione la tolleranza della potenza nominale del modulo fotovoltaico. Per raggiungere valori di performance ratio elevati si è previsto di utilizzare moduli con tolleranza di potenza strettamente positiva.

Il modulo di riferimento utilizzato presenta un valore di +0,1%.

5.7 PERDITE PER LID

L'effetto LID (Light Induced Degradation) è una perdita di prestazioni dei moduli cristallini che si verifica nelle prime ore di esposizione alla radiazione solare. Potrebbe in particolare influire sulle prestazioni reali rispetto ai dati dei test finali forniti dai costruttori dei moduli fotovoltaici. La perdita è legata alla qualità della produzione del wafer e può essere stimata nell'ordine dello 0,10% sulla base di dati empirici.

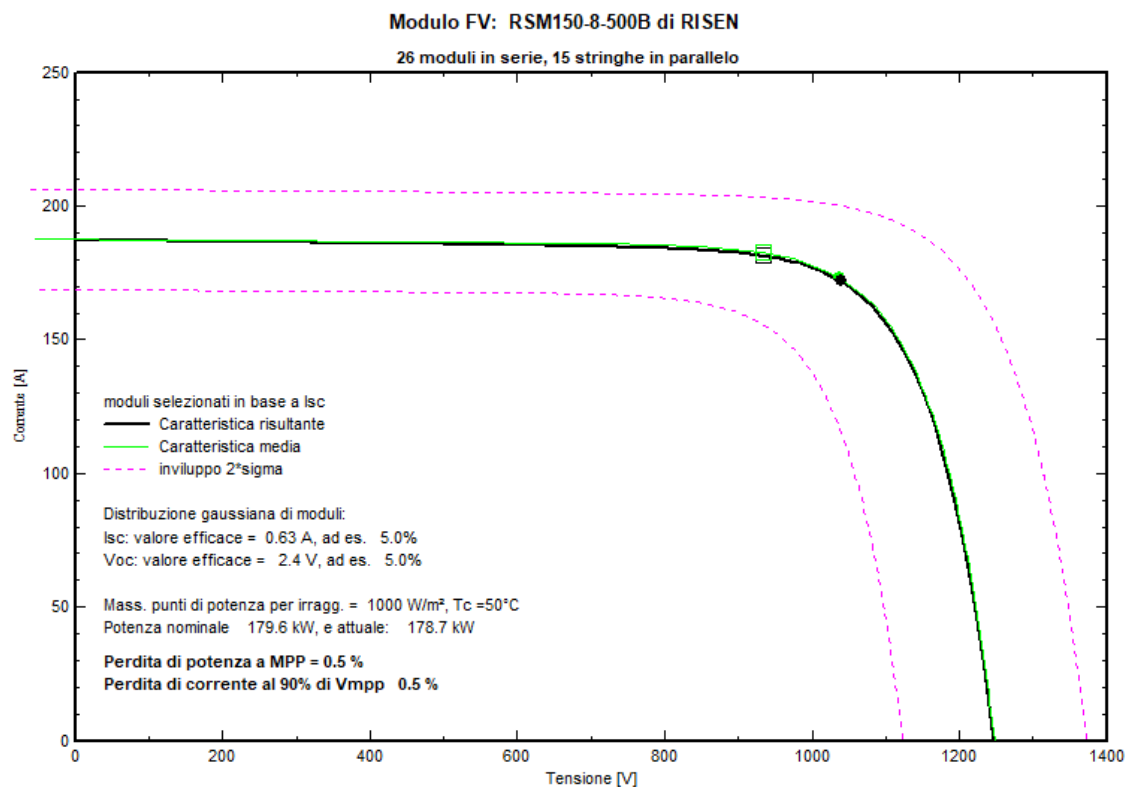
5.8 PERDITE PER MISMATCH TRA I MODULI FOTOVOLTAICI

Le perdite per mismatch sono principalmente dovute alla naturale disomogeneità di prestazioni elettriche tra i vari moduli fotovoltaici dovuta alla tolleranza di produzione.

Perdite per mismatch fra le stringhe possono anche essere dovute al disallineamento del terreno, differenze di temperatura tra i moduli, differenza di inclinazione o azimuth tra le stringhe.

L'adozione di inverter di stringa con MPPT ogni coppia di stringhe contribuisce a limitare fortemente questa tipologia di perdite.

Sulla base di dati sperimentali, per la seguente simulazione si è stimata una perdita pari a circa l'0,05%.



5.9 PERDITE DEL SISTEMA DI CONVERSIONE (INVERTER)

Sono dovute alla curva di efficienza dei convertitori DC/AC in funzione della potenza erogata e della tensione di esercizio in ingresso. La stima dipende dal modello di convertitore utilizzato e dalle effettive condizioni di esercizio.

Le perdite possono essere stimate in relazione al valore dell'efficienza europea della macchina impiegata e trattandosi di modello ad alta efficienza presenta un valore di efficienza europeo pari al 98,8%.

Sono state stimate perdite di conversione pari a circa l'1,2%.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici



**SISTHEMA
ENGINEERING**



Cert. n° 32103

5.10 PERDITE OHMICHE DI CABLAGGIO E DI TRASFORMAZIONE

Le perdite ohmiche di cablaggio DC possono essere contenute al di sotto dello 0,5% con alcune accortezze per quanto riguarda la disposizione in campo degli inverter e la scelta della sezione dei cavi di stringa.

Le perdite ohmiche AC sono più rilevanti considerando la maggiore lunghezza dei circuiti sia in bassa che in media tensione e sono state stimate in circa l'1%.

In fase di installazione sarà buona norma minimizzare le cadute di tensione con un corretto dimensionamento dei cavi, così come limitare le resistenze di contatto di ogni connessione.

Le perdite di trasformazione, composte da perdite nel ferro per magnetizzazione e perdite ohmiche negli avvolgimenti, sono state stimate in circa lo 0,2% secondo valori di targa tipici per trasformatori in resina di taglia simile.

5.11 PERDITE PER LIMITAZIONE POTENZA IN IMMISSIONE

A causa della peculiarità intrinseca del profilo di generazione del fotovoltaico, è buona prassi sovradimensionare la potenza DC installata in campo rispetto alla potenza nominale AC erogabile in rete, al fine di incrementare la quantità complessiva di energia prodotta dall'impianto.

Pur contribuendo globalmente all'aumento della quantità di energia immessa in rete, in condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli nelle ore centrali della giornata può essere necessario limitare la potenza di picco erogabile dal campo fotovoltaico affinché non superi la soglia di potenza ammessa in immissione.

In queste situazioni si rende necessario quindi abbandonare transitoriamente la modalità di controllo in MPPT, fino a che la potenza massima erogabile dal campo scende nuovamente al di sotto della soglia ammessa.

Per l'impianto in oggetto è stato definito un rapporto DC/AC pari a 1,27 tra potenza installata in campo in condizioni STC e potenza massima ammessa in immissione da E-distribuzione.

Le perdite per limitazione di potenza stimate sulla base delle condizioni climatiche tipiche del sito risultano pari a circa 1,8%.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67
MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA
CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA'
CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO
(PC)

CALCOLO
PRODUCIBILITA' E
BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità
e bilanci energetici

Pag. 15 di 20

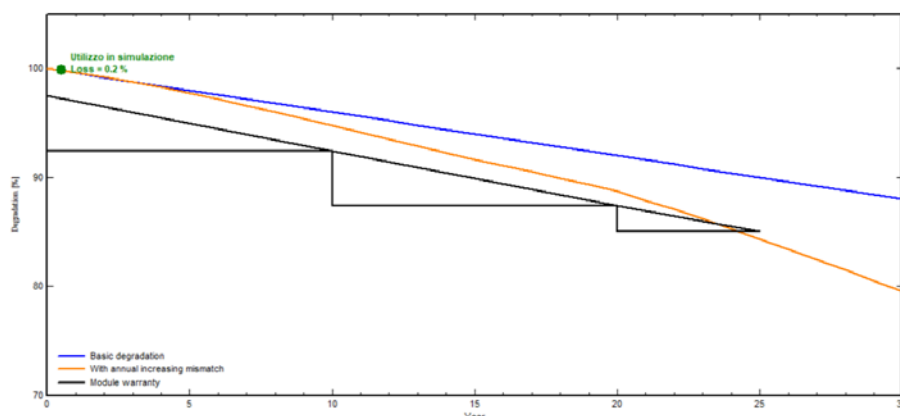
5.12 DEGRADO DELLE PRESTAZIONI DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Il degrado è funzione della tecnologia, del sito di installazione (spettro solare e temperature) e della qualità del prodotto.

L'andamento del degrado non è uniforme: nel primo anno di esposizione la perdita è maggiore fino a stabilizzarsi con un degrado pressoché lineare negli anni seguenti.

La tipologia di moduli utilizzati per effettuare la simulazione presentano una garanzia sulla produzione massima al primo anno d'esercizio del 97,5% e un decadimento annuo successivo di circa 0,5%.

Per la simulazione è stato utilizzato un andamento lineare con fattore di degrado medio annuo pari allo 0,6% come indicato nella figura seguente.



5.13 STIMA DELLA ENERGIA PRODUCIBILE

Stabilita la disponibilità solare e le perdite d'impianto è stata calcolata la producibilità di energia elettrica annua tramite il software PVSyst.

L'energia prodotta al primo anno risulta pari a 11,305 GWh e la produzione specifica è pari a 1474 MWh/MWp.

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

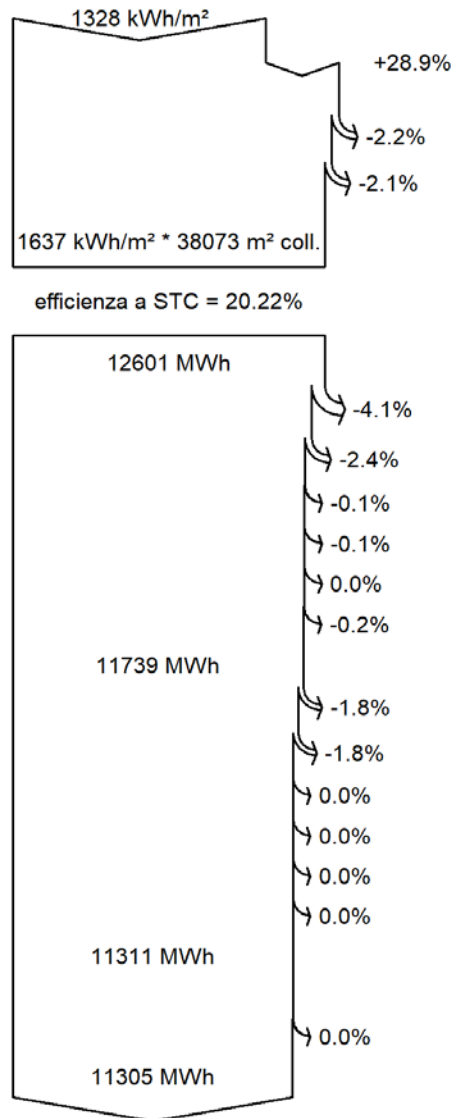
CALCOLO PRODUCIBILITA' E BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità e bilanci energetici

Pag. 16 di 20

Diagramma dell perdite per "RF Sirio" - anno



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV

Energia nominale campo (effic. a ST)

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

LID - "Light induced degradation"

Perdita per "disadattamento" campo di

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

Perdita inverter per superamento Vmax

Perdita inverter per non raggiungimento

Perdita inverter per non raggiungimento

Energia in uscita inverter

indisponibilità del sistema

Energia immessa in rete

Di seguito si riporta inoltre una valutazione della probabile previsione di produzione considerando diverse ipotesi di probabilità, riscontrando che la variabilità risulta di fatto molto limitata.

P50 - P90 evaluation

Meteo data

Meteo data source	PVGIS api TMY
Kind	TMY, multi-year
Year-to-year variability(Variance)	0.5 %
Specified Deviation	
Climate change	0.0 %

Global variability (meteo + system)

Variability (Quadratic sum)	1.6 %
-----------------------------	-------

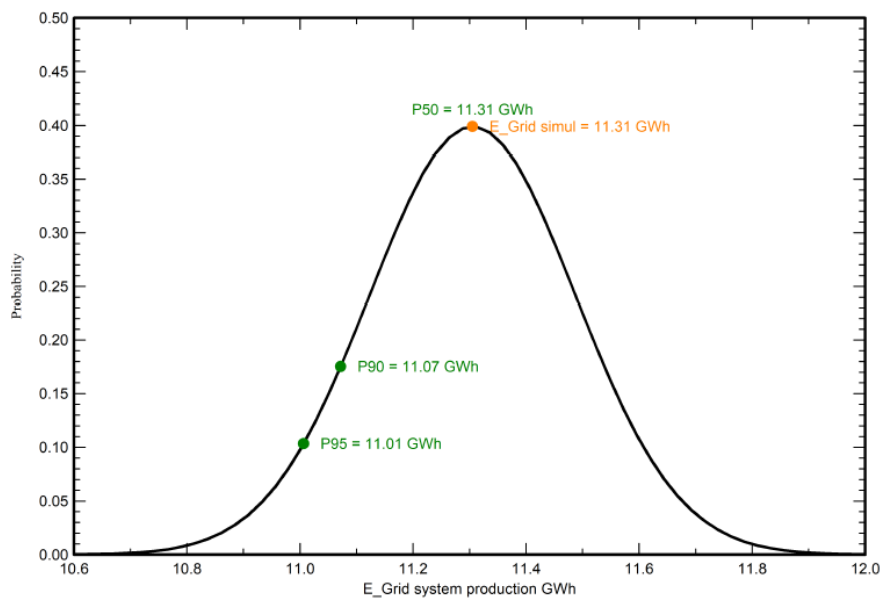
Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters	1.0 %
Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
Degradation uncertainty	0.3 %

Annual production probability

Variability	182 MWh
P50	11305 MWh
P90	11072 MWh
P95	11006 MWh

Probability distribution



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67 MWp E RELATIVO ELETTRODOTTO PER LA CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA' CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO (PC)

CALCOLO
PRODUCIBILITA' E
BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità
e bilanci energetici

5.14 BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA

Nella tabella seguente viene riportata la stima dei consumi ausiliari dell'intero impianto, con scelte progettuali improntate all'efficientamento energetico, considerando l'adozione di inverter di stringa con basso autoconsumo, l'illuminazione con lampade a led e l'adozione di tracker con sistema di alimentazione autonomo.

BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA							
Locali utente							
N°	Utilizzi	kW	ore/giorno	kWh/gg	KWh/anno	n° locali	Consumo Totale kWh
U1	Illuminazione perimetrale	5,0	0,5	2,5	912,5	1	912,5
U2	Illuminazione locali cabine	0,4	2,0	0,8	292,0	1	292,0
U3	Video sorveglianza	1,0	24,0	24,0	8.760,0	1	8.760,0
U4	Ausiliari MT	2,0	24,0	48,0	17.520,0	1	17.520,0
U5	Sistema di monitoraggio	1,0	24,0	24,0	8.760,0	1	8.760,0
U6	Sistema climatizzazione/ventilazione	1,0	24,0	24,0	8.760,0	1	8.760,0
U7	FM	2,0	4,0	8,0	2.920,0	1	2.920,0
	Totale locali utente	12,4	102,5	131,3	47.924,5	1	47.924,5
Cabine trasformazione MT (Power Station)							
N°	Utilizzi	kW	ore/giorno	kWh/gg	KWh/anno	n° locali	Consumo Totale kWh
C1	Illuminazione interna	0,4	2,0	0,8	292,0	4	1.168,0
C2	Assorbimenti Trasformatore	4,0	24,0	96,0	35.040,0	4	140.160,0
C6	Sistema climatizzazione/ventilazione	1,0	24,0	24,0	8.760,0	4	35.040,0
C4	Ausiliari MT	1,0	24,0	24,0	8.760,0	4	35.040,0
C5	FM	1,0	24,0	24,0	8.760,0	4	35.040,0
	Totale Cabine Trafo	7,4	98,0	168,8	61.612,0	4	246.448,0
	Sommano consumi sistema	19,8	200,5	300,1	109.536,5	5,0	294.372,5

Come si può ricavare il consumo annuo stimato di energia degli ausiliari è pari a circa il 2,6 % dell'energia prodotta.



**SISTHEMA
ENGINEERING**



Cert. n° 32103

6. ALLEGATO 1: REPORT PVSYST

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
DENOMINATO "RF SIRIO" DI POTENZA PARI A 7,67
MWp E RELATIVO ELETTRDOTTO PER LA
CONNESSIONE ALLA RTN, SITO IN LOCALITA'
CASCINA AGAZZARA NEL COMUNE DI SARMATO
(PC)

CALCOLO
PRODUCIBILITA' E
BILANCI ENERGETICI

cod. com.: 303_20
cod. serv.: AU
cod.doc.:30320_RT04

file: 30320_RT04_
Calcolo producibilità
e bilanci energetici

Pag. 20 di 20

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Sarmato - RF Sirio -METEO SARMATO

Variant: RF Sirio

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

System power: 7670 kWp

Sarmato - Italia

Author

SISTHEMA ENGINEERING (Italy)



Project: Sarmato - RF Sirio -METEO SARMATO

Variant: RF Sirio

PVsyst V7.1.8

VC0, Simulation date:
01/04/21 17:13
with v7.1.8

SISTHEMA ENGINEERING (Italy)

Project summary

Geographical Site

Sarmato

Italia

Situation

Latitude 45.06 °N
Longitude 9.50 °E
Altitude 68 m
Time zone UTC+1

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Sarmato - FILE METEO PVGIS
PVGIS api TMY

System summary

Grid-Connected System

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

PV Field Orientation

Tracking plane, horizontal N-S axis
Axis azimuth 11 °

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

System information

PV Array

Nb. of modules 15340 units
Pnom total 7670 kWp

Inverters

Nb. of units 40 units
Pnom total 6000 kWac
Pnom ratio 1.278

Results summary

Produced Energy 11305 MWh/year Specific production 1474 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 86.10 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	6
Main results	7
Loss diagram	8
Special graphs	9
P50 - P90 evaluation	10



PVsyst V7.1.8

VC0, Simulation date:
01/04/21 17:13
with v7.1.8

SISTHEMA ENGINEERING (Italy)

General parameters

Grid-Connected System

Sistema inseguitori con indetreggiamento (backtracking)

PV Field Orientation

Orientation

Tracking plane, horizontal N-S axis

Axis azimuth 11 °

Backtracking strategy

Nb. of trackers 590 units

Sizes

Tracker Spacing 5.00 m

Collector width 2.24 m

Ground Cov. Ratio (GCR) 44.8 %

Phi min / max +/- 55.0 °

Backtracking limit angle

Phi limits +/- 63.1 °

Models used

Transposition Perez

Diffuse Imported

Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

RISEN

Model

RSM150-8-500B

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power

500 Wp

Number of PV modules

15340 units

Nominal (STC)

7670 kWp

Inverter

Manufacturer

SMA

Model

PEAK 3

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power

150 kWac

Number of inverters

40 units

Total power

6000 kWac

Array #1 - Sottocampo #1

Number of PV modules

3900 units

Nominal (STC)

1950 kWp

Modules

150 Strings x 26 In series

Number of inverters

10 units

Total power

1500 kWac

At operating cond. (50°C)

Pmpp

1772 kWp

U mpp

1023 V

I mpp

1732 A

Operating voltage

880-1450 V

Pnom ratio (DC:AC)

1.30

Array #2 - Sottocampo #2

Number of PV modules

3900 units

Nominal (STC)

1950 kWp

Modules

150 Strings x 26 In series

Number of inverters

10 units

Total power

1500 kWac

At operating cond. (50°C)

Pmpp

1772 kWp

U mpp

1023 V

I mpp

1732 A

Operating voltage

880-1450 V

Pnom ratio (DC:AC)

1.30

Array #3 - Sottocampo #3

Number of PV modules

3900 units

Nominal (STC)

1950 kWp

Modules

150 Strings x 26 In series

Number of inverters

10 units

Total power

1500 kWac

At operating cond. (50°C)

Pmpp

1772 kWp

U mpp

1023 V

I mpp

1732 A

Operating voltage

880-1450 V

Pnom ratio (DC:AC)

1.30



PV Array Characteristics

Array #4 - Sottocampo #4

Number of PV modules	3640 units	Number of inverters	10 units
Nominal (STC)	1820 kWp	Total power	1500 kWac
Modules	140 Strings x 26 In series		
At operating cond. (50°C)		Operating voltage	880-1450 V
Pmpp	1654 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.21
U mpp	1023 V		
I mpp	1617 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	7670 kWp	Total power	6000 kWac
Total	15340 modules	Nb. of inverters	40 units
Module area	38073 m ²	Pnom ratio	1.28



PVsyst V7.1.8

VC0, Simulation date:
01/04/21 17:13
with v7.1.8

SISTHEMA ENGINEERING (Italy)

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 32.0 W/m²K
Uv (wind) 7.0 W/m²K/m/s

Serie Diode Loss

Voltage drop 0.5 V
Loss Fraction 0.0 % at STC

LID - Light Induced Degradation

Loss Fraction 0.1 %

Module Quality Loss

Loss Fraction 0.1 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 0.1 % at MPP

IAM loss factor

ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi -1)
bo Param. 0.05

DC wiring losses

Global wiring resistance 0.22 mΩ
Loss Fraction 0.2 % at STC

Array #1 - Sottocampo #1

Global array res. 0.38 mΩ
Loss Fraction 0.1 % at STC

Array #3 - Sottocampo #3

Global array res. 1.5 mΩ
Loss Fraction 0.2 % at STC

Array #2 - Sottocampo #2

Global array res. 1.5 mΩ
Loss Fraction 0.2 % at STC

Array #4 - Sottocampo #4

Global array res. 1.6 mΩ
Loss Fraction 0.2 % at STC

System losses

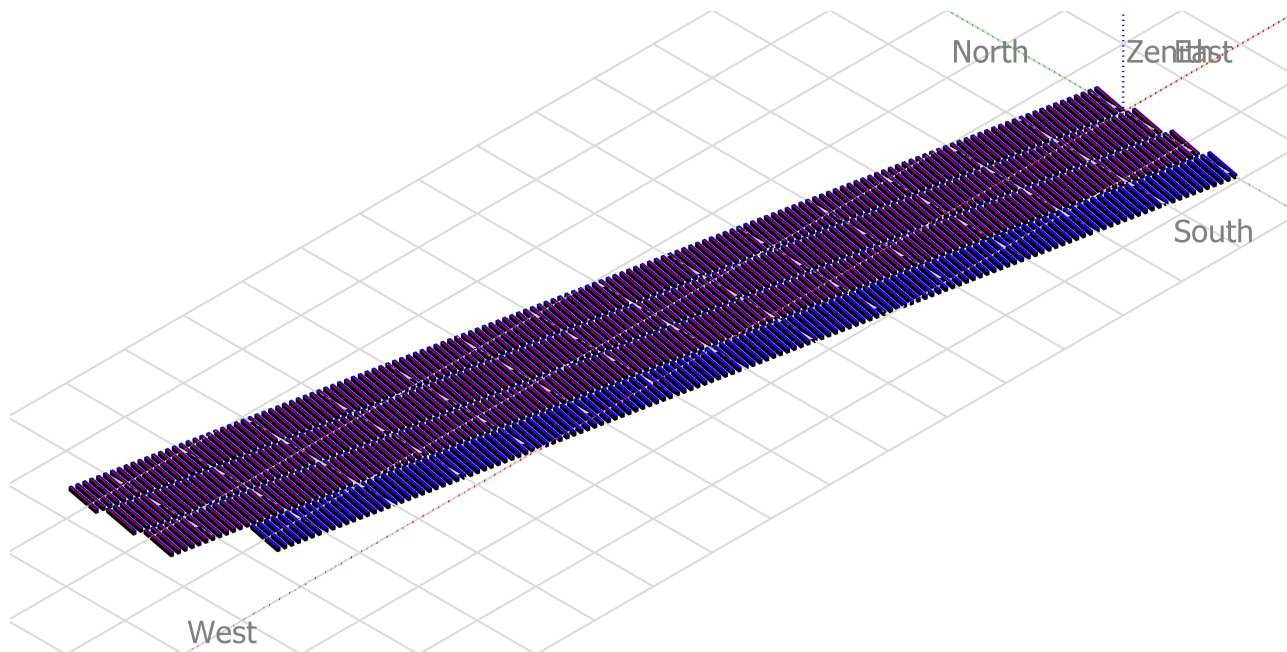
Unavailability of the system

Time fraction 0.3 %
1.0 days,
1 periods

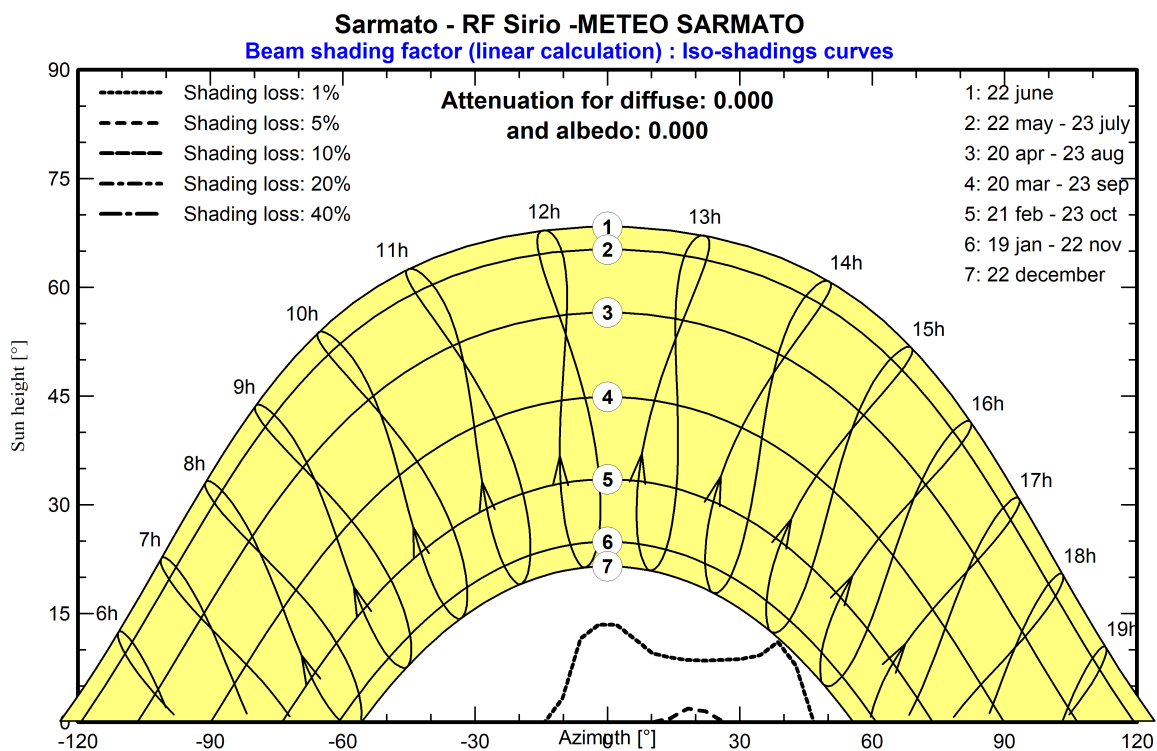


Near shadings parameter

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram





Main results

System Production

Produced Energy

11305 MWh/year

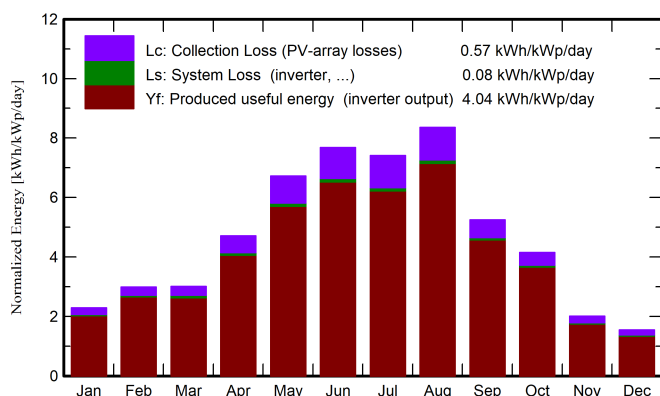
Specific production

1474 kWh/kWp/year

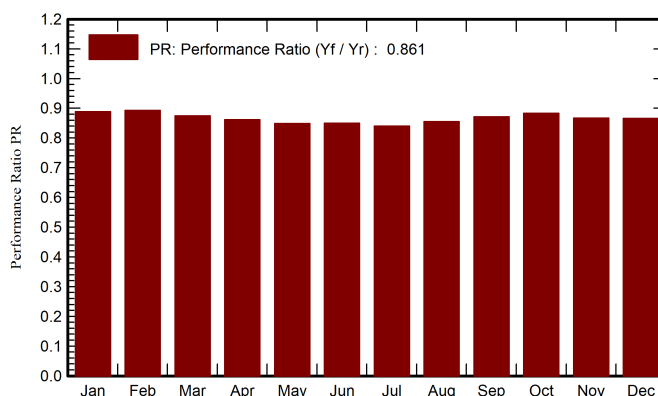
Performance Ratio PR

86.10 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	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
January	51.5	21.67	-0.76	71.0	65.6	492	484	0.888
February	63.4	29.37	1.96	83.7	78.5	584	573	0.893
March	73.6	39.95	4.50	93.4	88.3	647	627	0.875
April	113.7	53.50	11.93	141.4	135.3	954	934	0.862
May	166.0	75.98	16.16	208.5	200.6	1383	1358	0.849
June	181.6	73.77	21.08	230.5	222.9	1530	1503	0.850
July	183.1	74.30	22.46	229.7	222.0	1507	1480	0.840
August	196.5	61.87	23.46	259.0	250.9	1729	1700	0.856
September	120.7	49.58	17.28	157.5	150.9	1071	1053	0.872
October	96.6	35.24	10.41	128.8	122.2	887	873	0.883
November	45.1	20.34	5.08	60.4	56.1	412	402	0.867
December	36.4	20.01	-1.78	48.0	43.9	328	319	0.866
Year	1328.3	555.57	11.02	1711.9	1637.1	11526	11305	0.861

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

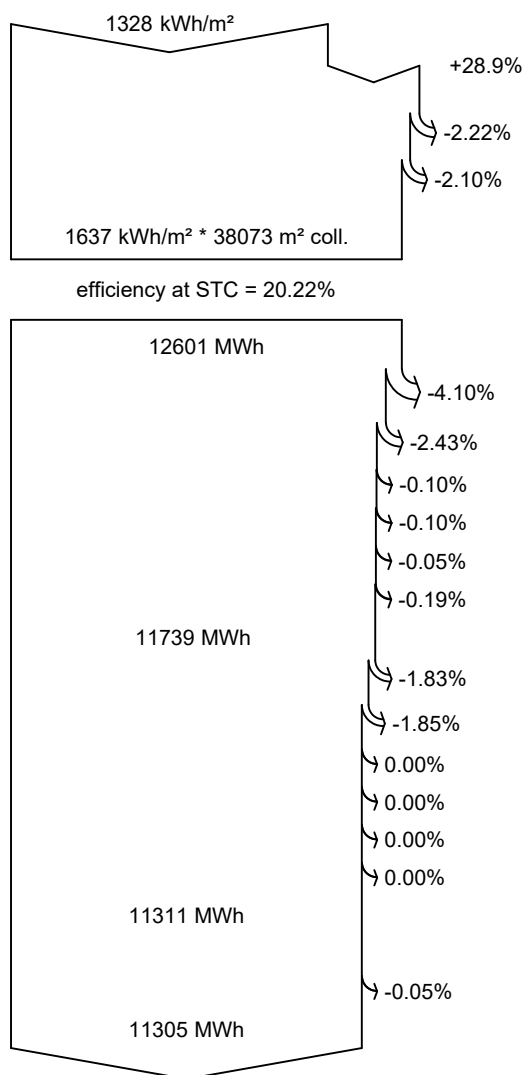
EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio



Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Module array mismatch loss

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at Inverter Output

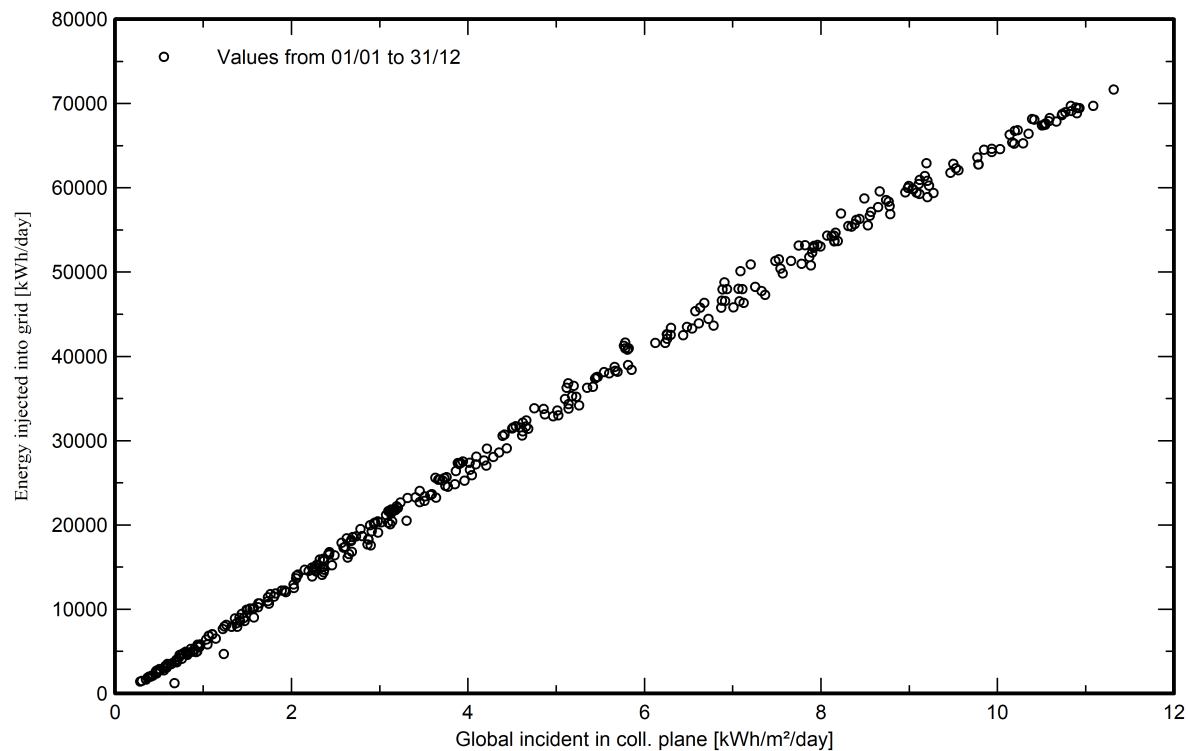
System unavailability

Energy injected into grid

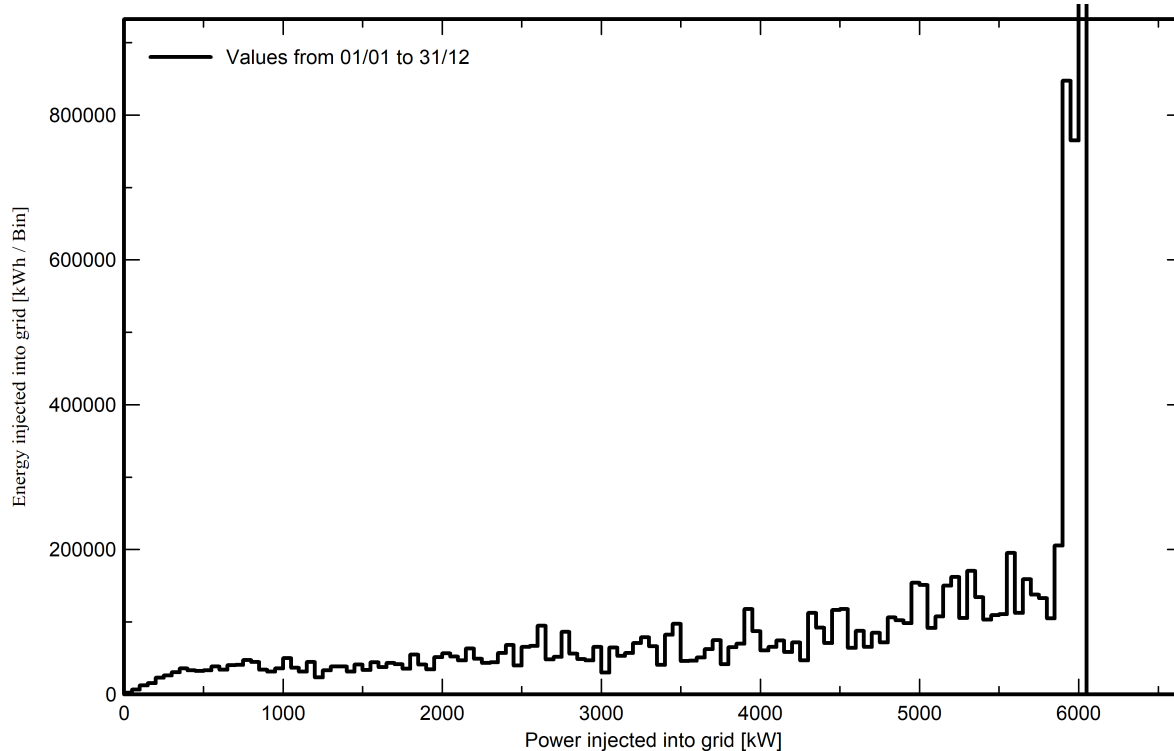


Special graphs

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema





P50 - P90 evaluation

Meteo data

Meteo data source	PVGIS api TMY
Kind	TMY, multi-year
Year-to-year variability(Variance)	0.5 %

Specified Deviation

Climate change	0.0 %
----------------	-------

Global variability (meteo + system)

Variability (Quadratic sum)	1.6 %
-----------------------------	-------

Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters	1.0 %
Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
Degradation uncertainty	0.3 %

Annual production probability

Variability	182 MWh
P50	11305 MWh
P90	11072 MWh
P95	11006 MWh

Probability distribution

