



MINISTERO DELLA
TRANSIZIONE ECOLOGICA



REGIONE PUGLIA



COMUNE di SAN SEVERO

Progettazione e Coordinamento	Ing. Giovanni Cis Tel. 349 0737323 E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu						
Studio Ambientale	Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: info@studiovega.org					 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING	
Studio Naturalistico	Dott. Forestale L. Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio Archeologico				 ODOS	
Studio Geologico	Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@iiscail.it					Progettazione Elettromeccanica	 saet Padova INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS
Proponente	 MARCO POLO SOLAR Via Altinate, 120 - 35121 Padova - Tel. 049.8077466 - P.IVA 04175270711		EPC	Ren Factory S.r.l. Via Altinate, 120 - 35121 Padova Tel. 049.8077466 - Fax 049.7819659 E-Mail: info@renfactory.com Project Manager: Ing. Giovanni Cis Tel. +39 349.0737323 - E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu			
Opera	PROGETTO PER UN IMPIANTO DI PRODUZIONE AGRO-ENERGETICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI SAN SEVERO (FG) IN LOCALITA' "MOTTA DELLA REGINA - CELENTANA"						
Oggetto	Folder Elaborati di Progetto						
	Nome file IBUWV56_Relazione di producibilità dell'impianto						
	Descrizione elaborato Relazione di producibilità dell'impianto						
03		Emissione per progetto definitivo	P.P.	Ing. G. Cis	MARCO POLO SOLAR		
Rev.	Ottobre 2021	Oggetto della revisione: presentazione V.I.A. statale	Elaborazione	Verifica	Approvazione		
Scala:	Varie Formato: A4 Codice Pratica IBUWV56						

Sommario

1. Strumento Utilizzato.....	3
2. Dati Meteo Utilizzati.....	3
3. Stima di Produttività ad impianto nuovo.....	3
3.1 Produzione unitaria	3
3.2 Incremento di produzione per l'utilizzo di moduli bifacciali.....	6
3.3 Perdite di efficienza nel tempo dei pannelli solari	7
4. Stima di Produttività dell'impianto nel periodo di vita operativa.....	7

1. Strumento Utilizzato

Il calcolo della produzione fotovoltaica è stato realizzato con riferimento alla posizione geografica del sito utilizzando come strumento PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*), software reso disponibile dal *Joint Research Centre* della Commissione Europea.

PVGIS è universalmente riconosciuto essere uno strumento attendibile e affidabile nella stima della produzione di energia da fonte fotovoltaica.

2. Dati Meteo Utilizzati

PVGIS simula la produzione di energia utilizzando dati meteo rielaborati su base statistica.

Come Base Dati Meteo si è utilizzato il Database CMSAF, reso disponibile da EUMETSAT che fornisce i dati medi di radiazione solare diretta e indiretta ottenuti da rilevazioni satellitari, umidità, temperatura e velocità del vento, rielaborati su dati statistici, parametrizzandoli con misure reali al suolo.

3. Stima di Produttività ad impianto nuovo

3.1 Produzione unitaria

Al fine di una immediata leggibilità e confronto, la producibilità fotovoltaica a Foggia è stata stimata per un impianto di potenza installata unitaria di 1 kW_p.

Tra i dati input (Tab. 1) inseriti al fine della stima di produttività dell'impianto, oltre alla localizzazione e al materiale dei moduli fotovoltaici, ci sono da considerare le perdite del sistema. Nel caso in analisi, le perdite di sistema considerate sono la somma dei seguenti contributi: Mismatching tra stringhe, inverter, cavi MT e trasformazione MT/AT, che per i grandi impianti *Utility Scale* sono mediamente stimabili nel 10% dell'energia prodotta.

Valori inseriti:	
Luogo [Lat/Lon]:	41.589 ; 15.383
Orizzonte:	Calcolato
Database solare:	PVGIS-SARAH
Tecnologia FV:	Silicio cristallino
	asse inclinata
FV installato [kWp]:	1
Perdite di sistema [%]:	10

Tabella 1 - Dati input inseriti per la simulazione PVGIS.

Successivamente lo strumento PVGIS fornisce tra gli output (Tab. 2), oltre al valore di producibilità fotovoltaica, la stima delle perdite di cavi e inverter, causate da temperatura esterna locale e irradianza bassa, dagli effetti di riflessione e dall'angolo di incidenza.

L'applicazione di PVGIS con i dati CMSAF fornisce per il Sud Italia stime attendibili di produttività, che trovano puntuale riscontro negli impianti realizzati a partire dal 2006 fino ad oggi. Per quanto riguarda l'impianto oggetto della presente relazione l'analisi ha fornito come output una produzione unitaria annuale pari a 1803.91 kWh/kW_p.

Output del calcolo:	
Slope angle [°]:	0
Produzione annuale FV [kWh]:	1803,91
Irraggiamento annuale [kWh/m ²]:	2212,42
Variazione interannuale [kWh]:	48,3
Variazione di produzione a causa di:	
Angolo d'incidenza [%]:	-1,77
Effetti spettrali [%]:	0,76
Temperatura e irradianza bassa [%]:	-8,47
Perdite totali [%]:	-18,46

Tabella 2 - Output simulazione PVGIS.

PVGIS fornisce anche l'output delle medie mensili (Tab. 3) della produzione elettrica per un impianto fotovoltaico di potenza installata unitaria di 1 kW_p (Fig. 1) e di irradianza globale per metro quadrato del piano dei moduli fotovoltaici (Fig. 2).

Energia mensile da sistemi FV ad inseguimento

(C) PVGIS, 2020

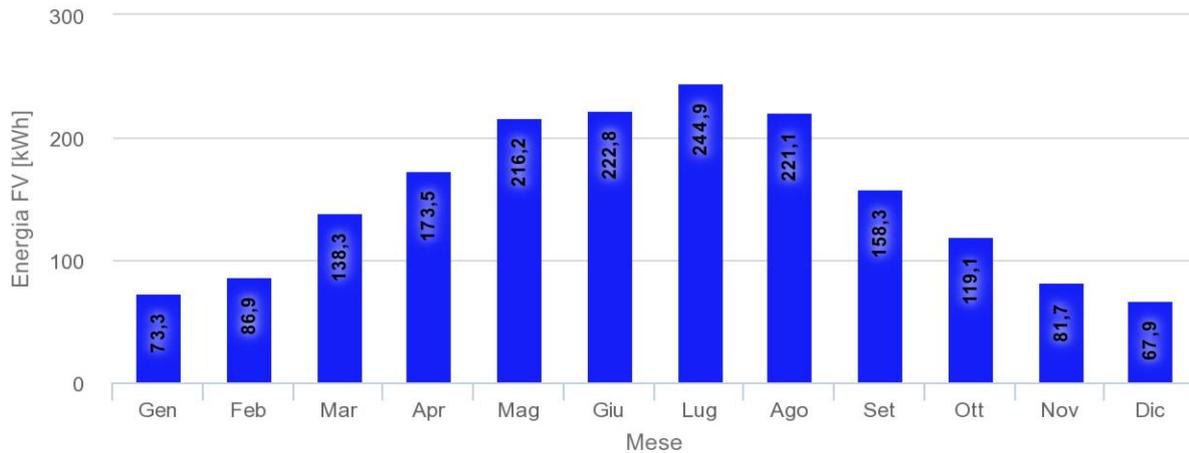


Figura 1 – Media mensile di produzione elettrica dell'impianto fotovoltaico.

Irraggiamento mensile nel piano per inseguitori

(C) PVGIS, 2020



Figura 2 - Media mensile di irradiazione globale per metro quadro sul piano dei pannelli fotovoltaici.

Mese	E_m	$H(i)_m$	SD_m
Gennaio	73.26	83.75	14.35
Febbraio	86.94	99.32	12.13
Marzo	138.3	161.52	16.75
Aprile	173.49	208.89	15.19
Maggio	216.18	266.78	15.38
Giugno	222.84	282.99	13.06
Luglio	244.86	316.0	10.54
Agosto	221.12	282.27	17.51
Settembre	158.25	195.61	9.65
Ottobre	119.13	142.14	14.42
Novembre	81.68	95.06	9.36
Dicembre	67.88	78.11	11.98

E_m : media mensile del rendimento energetico dal sistema scelto [kWh];
 H_m : media mensile di irraggiamento al metro quadrato sui moduli del sistema scelto [kWh/m²];
 SD_m : variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh].

Tabella 3 - Tabella di riepilogo delle medie mensili di produzione elettrica e di irradiazione globale sul piano dei pannelli fotovoltaici.

L'effetto dell'ombreggiamento reciproco nelle prime ore dopo l'alba e nelle ultime prima del tramonto, e gli effetti di mismatching tra i pannelli portano ad una riduzione di producibilità stimata del 5%.

La produzione fotovoltaica annuale unitaria è pertanto pari a 1713,71 kWh/kWp.

3.2 Incremento di produzione per l'utilizzo di moduli bifacciali

Nell'impianto in analisi, si utilizzeranno moduli fotovoltaici bifacciali. Significa che anche il retro del modulo, colpito dalla radiazione riflessa dal terreno e dall'atmosfera, contribuisce alla produzione fotovoltaica.

La stima è difficile, essendo questo contributo estremamente variabile in dipendenza della radiazione diretta che arriva al suolo e dall'albedo dello stesso. Dalla letteratura tecnica, riguardante questo argomento, si riscontra un aumento di produzione compreso nel range 5% - 20% della produzione della componente "Front".

L'albedo risulta estremamente variabile, anche a parità di superficie. Ad esempio, l'albedo assume un valore tipico di 0,20 per erba secca, mentre l'erba fresca ha un valore caratteristico di circa 0,26.

Nel caso analizzato, nel periodo di maggior produzione, considerata le specie agricole coltivate, si può ragionevolmente assumere il valore di albedo dell'erba secca pari a colture agricole, ovvero sia un valore di **albedo 0,20**.

L'applicazione di questo coefficiente di albedo comporta, per impianti fotovoltaici monoassiali, un incremento di produzione del 10%. **Cautelativamente, nelle tabelle che seguono ci si riferisce ad un incremento dato dalla facciata "back" dei moduli fotovoltaici biassiali del 5%.**

La Producibilità Fotovoltaica Unitaria Annua incrementata per l'utilizzo dei moduli bifacciali è pertanto pari a 1799,4 kWh/kWp.

3.3 Perdite di efficienza nel tempo dei pannelli solari

I dati forniti dagli stessi produttori di moduli indicano nello 0,5% la perdita di efficienza annua dei moduli solari. Questo valore coincide con il dato di letteratura e con i riscontri sperimentali degli impianti in esercizio ormai da numerosi anni.

4. Stima di Produttività dell'impianto nel periodo di vita operativa

La produzione effettiva del nuovo impianto (anno 1) si calcola tenendo conto del contributo dovuto all'impiego dei moduli bifacciali (punto 3.2) ovvero sommando alla produzione della parte frontale del pannello fotovoltaico (Produzione FRONT) l'incremento di produzione dovuto alla parte posteriore del pannello (Produzione BACK).

La produzione effettiva della parte frontale del pannello si calcola moltiplicando la produzione unitaria emersa dall'analisi di PVGIS (punto 3.1) per la potenza installata dell'impianto.

Per l'impianto di **37'561 kW_p** la produzione all'anno 1 è quindi pari a:

$$\text{Produzione FRONT} = 1803,91 \text{ kWh} \times 37'561 \text{ kW}_p = 67'756'663,51 \text{ kWh/anno}$$

$$\text{Produzione BACK} = 5\% \text{ Produzione FRONT} = 3'387'833,18 \text{ kWh}$$

$$\text{Producibilità annua} = \text{Produzione FRONT} + \text{Produzione BACK} = 71'144'496,68 \text{ kWh/anno}$$

La tabella che segue (Tab. 4) riporta la stima di produzione per ciascun anno di vita operativa (per un totale di 25 anni) dell'impianto fotovoltaico, riducendola delle perdite per vetustà (punto 3.3):

Anno	Produzione FRONT [kWh/y]	Contributo BACK [kWh/y]	Producibilità Annua [kWh/y]
1	67.756.664	3.387.833	71.144.497
2	67.417.880	3.370.894	70.788.774
3	67.080.791	3.354.040	70.434.830
4	66.745.387	3.337.269	70.082.656
5	66.411.660	3.320.583	69.732.243
6	66.079.602	3.303.980	69.383.582
7	65.749.204	3.287.460	69.036.664
8	65.420.458	3.271.023	68.691.480
9	65.093.355	3.254.668	68.348.023

10	64.767.889	3.238.394	68.006.283
11	64.444.049	3.222.202	67.666.252
12	64.121.829	3.206.091	67.327.920
13	63.801.220	3.190.061	66.991.281
14	63.482.214	3.174.111	66.656.324
15	63.164.803	3.158.240	66.323.043
16	62.848.979	3.142.449	65.991.427
17	62.534.734	3.126.737	65.661.470
18	62.222.060	3.111.103	65.333.163
19	61.910.950	3.095.547	65.006.497
20	61.601.395	3.080.070	64.681.465
21	61.293.388	3.064.669	64.358.057
22	60.986.921	3.049.346	64.036.267
23	60.681.986	3.034.099	63.716.086
24	60.378.576	3.018.929	63.397.505
25	60.076.684	3.003.834	63.080.518

Tabella 4 - Stima di produzione per 25 anni di vita operativa dell'impianto fotovoltaico.