

INDICE

INDICE	1
DATI GENERALI	2
Ubicazione impianto	2
PREMESSA	2
Valenza dell'iniziativa	2
Attenzione per l'ambiente	2
Risparmio sul combustibile	2
Emissioni evitate in atmosfera	2
Normativa di riferimento	3
SITO DI INSTALLAZIONE	4
Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico	4
Disponibilità della fonte solare	4
Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale	4
Fattori morfologici e ambientali	5
Ombreggiamento	5
Albedo	6
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	7
Procedure di calcolo	7
Criterio generale di progetto	7
Criterio di stima dell'energia prodotta	7
Criterio di verifica elettrica	8
Impianto <i>Impianto1</i>	9
Scheda tecnica dell'impianto	9
Energia prodotta	9
Generatore <i>Generatore1</i>	11
Scheda tecnica	11
Verifiche elettriche	11
Generatore <i>Generatore2</i>	13
Scheda tecnica	13
Verifiche elettriche	13
Generatore <i>Generatore3</i>	15
Scheda tecnica	15
Verifiche elettriche	15
APPENDICE A	17
Moduli utilizzati	17
APPENDICE B	18
Inverter utilizzati	18



DATI GENERALI

Ubicazione impianto

Comune

GRAVINA IN PUGLIA (BA)

PREMESSA

Valenza dell'iniziativa

Con la realizzazione dell'impianto, denominato "Impianto I", si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Attenzione per l'ambiente

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile. Quindi, considerando l'energia stimata come produzione del primo anno, 39 547 907.31 kWh, e la perdita di efficienza annuale, 0.90 %, le considerazioni successive valgono per il tempo di vita dell'impianto pari a 20 anni.

Risparmio sul combustibile

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]. Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	7 395.46
TEP risparmiate in 20 anni	135 920.45

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Emissioni evitate in atmosfera

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera



Elaborato: **Studio del potenziale solare**

Rev. 0 – Maggio 2022

Pagina 2 di 18

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	462.0	0.540	0.490	0.024
Emissioni evitate in un anno [kg]	18 271 133.18	21 355.87	19 378.47	949.15
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	335 803 466.01	392 497.56	356 155.19	17 444.34

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2008

Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

L'elenco completo delle norme alla base della progettazione è riportato in Appendice A.



SITO DI INSTALLAZIONE

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico

La descrizione del sito in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è la seguente:
Gravina in Puglia.

Disponibilità della fonte solare

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di GRAVINA IN PUGLIA (BA) avente latitudine 40.8211°, longitudine 16.4186° e altitudine di 338 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m ²]											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1.78	2.73	3.77	5.32	6.55	7.24	7.56	6.63	5.04	3.37	2.04	1.60

Fonte dati: UNI 10349

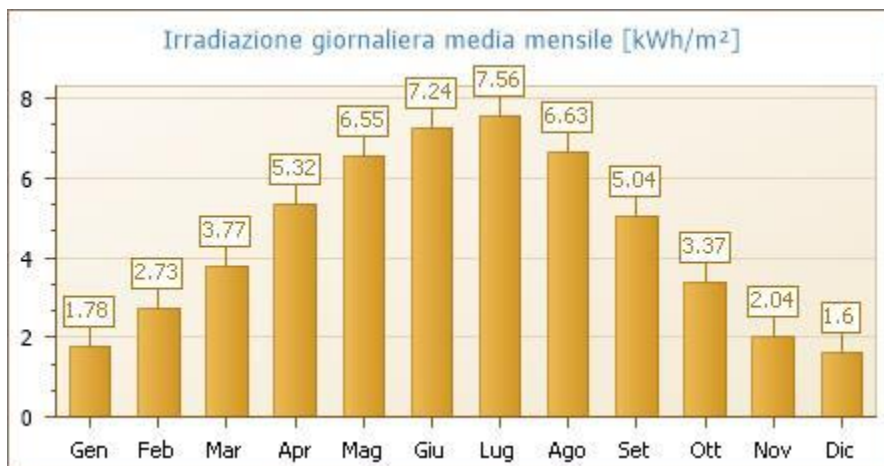


Fig. 1: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²]- Fonte dati: UNI 10349

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **1 634.70 kWh/m²** (Fonte dati: UNI 10349).

Non essendoci la disponibilità, per la località sede dell'impianto, di valori diretti si sono stimati gli stessi



mediante la procedura della UNI 10349, ovvero, mediante media ponderata rispetto alla latitudine dei valori di irradiazione relativi a due località di riferimento scelte secondo i criteri della vicinanza e dell'appartenenza allo stesso versante geografico.

La località di riferimento N. 1 è MATERA avente latitudine 40.6658°, longitudine 16.6089° e altitudine di 401 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
6.30	9.70	13.10	18.40	22.70	25.10	26.50	23.20	17.70	11.60	7.00	5.80

Fonte dati: UNI 10349

La località di riferimento N. 2 è BARI avente latitudine 41.1292°, longitudine 16.8697° e altitudine di 5 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
6.60	10.10	14.50	20.60	25.30	28.00	28.60	25.20	19.00	13.20	8.00	5.70

Fonte dati: UNI 10349

Fattori morfologici e ambientali

Ombreggiamento

Gli effetti di schermatura da parte di volumi all'orizzonte, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), determinano la riduzione degli apporti solari e il tempo di ritorno dell'investimento.

Il Coefficiente di Ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, è pari a **1.00**.

Di seguito il diagramma solare per il comune di GRAVINA IN PUGLIA:



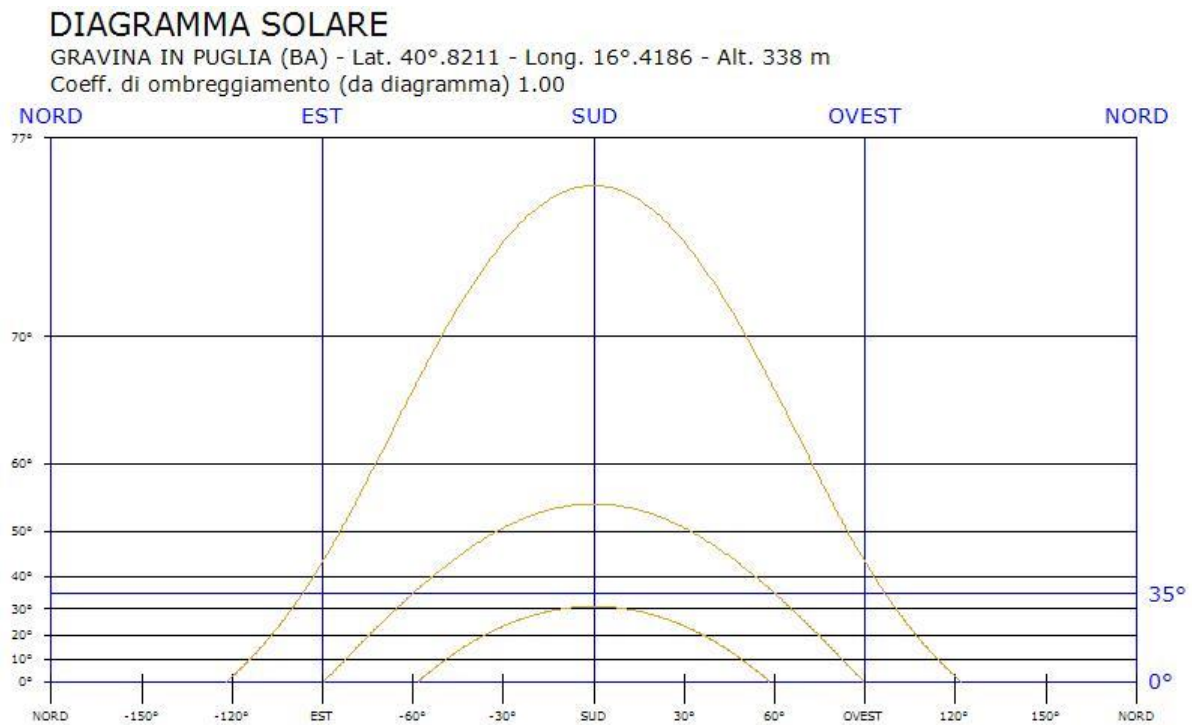


Fig. 2: Diagramma solare

Albedo

Per tener conto del plus di radiazione dovuta alla riflettanza delle superfici della zona in cui è inserito l'impianto, si sono stimati i valori medi mensili di albedo, considerando anche i valori presenti nella norma UNI 8477:

Valori di albedo medio mensile											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

L'albedo medio annuo è pari a **0.20**.



DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Procedure di calcolo

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati. Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.



- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (0 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 0 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a 0 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a 0 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA

Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento compreso tra il 70% e 120%.

Per dimensionamento si intende il rapporto di potenze tra l'inverter e il generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).



Impianto *Impianto1*

L'impianto, denominato "Impianto1", è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in media tensione.

Ha una potenza totale pari a **28 036.40 kW** e una produzione di energia annua pari a **39 547 907.31 kWh**, derivante da 42 160 moduli che occupano una superficie di 119 312.80 m², ed è composto da 3 generatori.

Scheda tecnica dell'impianto

Dati generali	
Comune (Provincia)	GRAVINA IN PUGLIA (BA)
Latitudine	40.8211°
Longitudine	16.4186°
Altitudine	338 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	1 634.70 kWh/m²
Coefficiente di ombreggiamento	1.00

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	119 312.80 m²
Numero totale moduli	42 160
Numero totale inverter	275
Energia totale annua	39 547 907.31 kWh
Potenza totale	28 036.40 kW
Potenza fase L1	9 345.47 kW
Potenza fase L2	9 345.47 kW
Potenza fase L3	9 345.47 kW
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **39 547 907.31 kWh**.

Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:



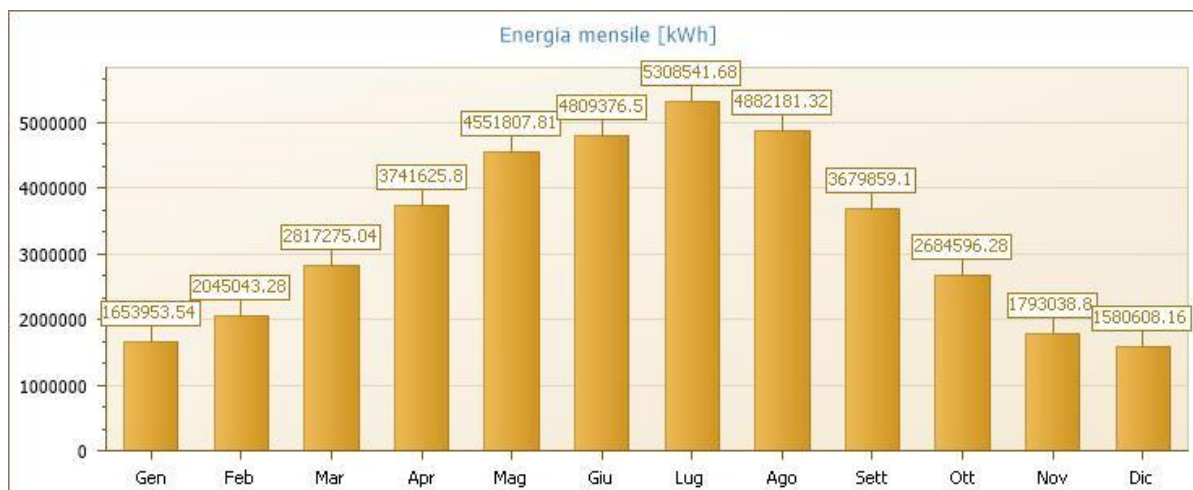


Fig. 3: Energia mensile prodotta dall'impianto



Generatore *Generatore1*

Il generatore, denominato “Generatore1”, ha una potenza pari a **27 776.38 kW** e una produzione di energia annua pari a **39 189 334.50 kWh**, derivante da 41769 moduli con una superficie totale dei moduli di 118 206.27 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Mobile ad un asse orizzontale
Inclinazione dei moduli (Tilt)	---°
Orientazione dei moduli (Azimut)	50°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	2 066.53 kWh/m²
Numero superfici disponibili	7
Estensione totale disponibile	372 735.47 m²
Estensione totale utilizzata	372 735.47 m²
Potenza totale	27 776.38 kW
Energia totale annua	39 189 334.50 kWh

Modulo	
Marca – Modello	Canadian Solar - HiKu7 Mono
Numero totale moduli	41769
Numero di stringhe per ogni inverter	9
Numero di moduli per ogni stringa	17
Superficie totale moduli	118 206.27 m²

Inverter	
Marca – Modello	SUNGROW - SG110CX
Numero totale	273
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 130 %)	98.28 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (0 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
V _m a 70 °C (573.95 V) maggiore di V _{mppt} min. (200.00 V)	VERIFICATO



Consulenza: **Atech srl**
Proponente: **Mysun Srl**

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltico e relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Gravina in Puglia (BA).

Vm a 0 °C (699.25 V) minore di Vmppt max. (1 000.00 V)	VERIFICATO
--	-------------------

TENSIONE MASSIMA	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1 100.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (166.59 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (260.00 A)	VERIFICATO



Generatore *Generatore2*

Il generatore, denominato “Generatore2”, ha una potenza pari a **124.36 kW** e una produzione di energia annua pari a **171 492.34 kWh**, derivante da 187 moduli con una superficie totale dei moduli di 529.21 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Mobile ad un asse orizzontale
Inclinazione dei moduli (Tilt)	---°
Orientazione dei moduli (Azimut)	60°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	2 019.94 kWh/m²
Numero superfici disponibili	7
Estensione totale disponibile	372 735.47 m²
Estensione totale utilizzata	372 735.47 m²
Potenza totale	124.36 kW
Energia totale annua	171 492.34 kWh

Modulo	
Marca – Modello	Canadian Solar - HiKu7 Mono
Numero totale moduli	187
Numero di stringhe per ogni inverter	11
Numero di moduli per ogni stringa	17
Superficie totale moduli	529.21 m²

Inverter	
Marca – Modello	SUNGROW - SG110CX
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 130 %)	80.41 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (0 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
V _m a 70 °C (573.95 V) maggiore di V _{mppt} min. (200.00 V)	VERIFICATO
V _m a 0 °C (699.25 V) minore di V _{mppt} max. (1 000.00 V)	VERIFICATO



Consulenza: **Atech srl**
Proponente: **Mysun Srl**

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico e relative
opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Gravina in
Puglia (BA).

TENSIONE MASSIMA	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1 100.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (203.61 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (260.00 A)	VERIFICATO



Elaborato: **Studio del potenziale solare**

Rev. 0 – Maggio 2022

Pagina 14 di 18

Generatore *Generatore3*

Il generatore, denominato “Generatore3”, ha una potenza pari a **135.66 kW** e una produzione di energia annua pari a **187 080.47 kWh**, derivante da 204 moduli con una superficie totale dei moduli di 577.32 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Mobile ad un asse orizzontale
Inclinazione dei moduli (Tilt)	---°
Orientazione dei moduli (Azimut)	60°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	2 019.94 kWh/m²
Numero superfici disponibili	7
Estensione totale disponibile	372 735.47 m²
Estensione totale utilizzata	372 735.47 m²
Potenza totale	135.66 kW
Energia totale annua	187 080.47 kWh

Modulo	
Marca – Modello	Canadian Solar - HiKu7 Mono
Numero totale moduli	204
Numero di stringhe per ogni inverter	12
Numero di moduli per ogni stringa	17
Superficie totale moduli	577.32 m²

Inverter	
Marca – Modello	SUNGROW - SG110CX
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 130 %)	73.71 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (0 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
V _m a 70 °C (573.95 V) maggiore di V _{mppt} min. (200.00 V)	VERIFICATO
V _m a 0 °C (699.25 V) minore di V _{mppt} max. (1 000.00 V)	VERIFICATO



Consulenza: **Atech srl**
Proponente: **Mysun Srl**

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltico e relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Gravina in Puglia (BA).

TENSIONE MASSIMA	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1 100.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a 0 °C (819.95 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (222.12 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (260.00 A)	VERIFICATO



Elaborato: **Studio del potenziale solare**

Rev. 0 – Maggio 2022

Pagina 16 di 18

APPENDICE A

Moduli utilizzati

DATI GENERALI

Codice	M.D.001
Marca	Canadian Solar
Modello	HiKu7 Mono
Tipo materiale	Si monocristallino
Prezzo [€]	0.00

CARATTERISTICHE ELETTRICHE IN CONDIZIONI STC

Potenza di picco [W]	665.0 W
Im [A]	17.28
Isc [A]	18.51
Efficienza [%]	21.40
Vm [V]	38.50
Voc [V]	45.60

ALTRE CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Coeff. Termico Voc [%/°C]	-0.2309
Coeff. Termico Isc [%/°C]	0.050
NOCT [°C]	42.0
Vmax [V]	1 500.00

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Lunghezza [mm]	2 384.00
Larghezza [mm]	1 303.00
Superficie [m ²]	3.103
Spessore [mm]	35.00
Peso [kg]	34.40
Numero celle	132



APPENDICE B

Inverter utilizzati

DATI GENERALI

Codice	I.D.002
Marca	SUNGROW
Modello	SG110CX
Tipo fase	Trifase
Prezzo [€]	0.00

PARAMETRI ELETTRICI IN INGRESSO

VMppt min [V]	200.00
VMppt max [V]	1 000.00
Imax [A]	260.00
Vmax [V]	1 100.00
potenza MAX [W]	100 000
Numero MPPT	9

PARAMETRI ELETTRICI IN USCITA

Potenza nominale [W]	100 000
Tensione nominale [V]	400
Rendimento max [%]	98.70
Distorsione corrente [%]	3
Frequenza [Hz]	50
Rendimento europeo [%]	98.50

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Dimensioni LxPxH [mm]	1051x660x362,5
Peso [kg]	89.00

CERTIFICAZIONI

Certificazioni	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, AS/NZS 4777.2:2015, CEI 0-16 2019, VDE 0126-1-1/A1 VFR 2019, UTE C15-712-1:2013, DEWA, UNE 206007-1/RD 1699, UNE 217001, P.O. 12.3, Israel certificate, G99
----------------	---

