

Settore Verde Parchi e Agricoltura Urbana



COMUNE DI
PADOVA

Parco inclusivo sensoriale di via Siena

Progetto: Stralcio – IV lotto

Progetto n°

Codice: LLPP_VER 2021/025

Appr_36_VER_FV_Relazione

Importo complessivo: 460.000,00 euro

36

Progettisti: Ing. Giuseppe Silvestrini

RUP : Dott. Agr. Ciro Degl'Innocenti

Capo Settore: Dott. Agr. Ciro Degl'Innocenti

Progetto: Esecutivo

Elaborato: Relazione IMPIANTO FOTOVOLTAICO

COMUNE DI PADOVA
Settore Verde Parchi Agricoltura Urbana

PARCO INCLUSIVO SENSORIALE di Via Siena - IV° Lotto

**PROGETTO ESECUTIVO
IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

Sommario

Prestazioni impianto fotovoltaico.....	3
Sito di installazione.....	3
Disponibilità della fonte solare.....	3
Procedure di calcolo.....	3
Dimensionamento dell'impianto.....	5
Specifiche degli altri componenti dell'impianto.....	6
Scheda tecnica dell'impianto.....	8
Verifiche elettriche MPPT 1.....	9
Verifiche elettriche MPPT 2.....	9

Prestazioni impianto fotovoltaico

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).

L'impianto fotovoltaico sarà posato complanare alla copertura del fabbricato Ristoro, rivolto a Sud e con inclinazione di circa 18°.

DISPONIBILITÀ DELLA FONTE SOLARE

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Campagna Lupia - Valle Averte" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di PADOVA (PD) avente latitudine 45°.4092 N, longitudine 11°.8731 E e altitudine di 12 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

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

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1.33	2.17	3.11	4.58	5.92	6.83	6.69	5.72	4.44	2.03	1.28	1.22

Fonte dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Campagna Lupia - Valle Averte



Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²]- Fonte dati: UNI 10349:2016 – Stazione di rilevazione: Campagna Lupia - Valle Averte

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a 1 381.28 kWh/m² .

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 ed 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 (-10 °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 -10 °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 -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °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 percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico a esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Impianto Impianto Ristoro Parco

L'impianto, denominato "Impianto Ristoro Parco", è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in bassa tensione.

Ha una potenza totale pari a 7.200 kW e una produzione di energia annua pari a 8195.66 kWh (equivalente a 1138.29 kWh/kW), derivante da 24 moduli che occupano una superficie di 39.22 m², ed è composto da 1 generatore.

Scheda tecnica dell'impianto

Indirizzo Via Siena - Padova
Latitudine 45°.4092 N
Longitudine 11°.8731 E
Altitudine 12 m

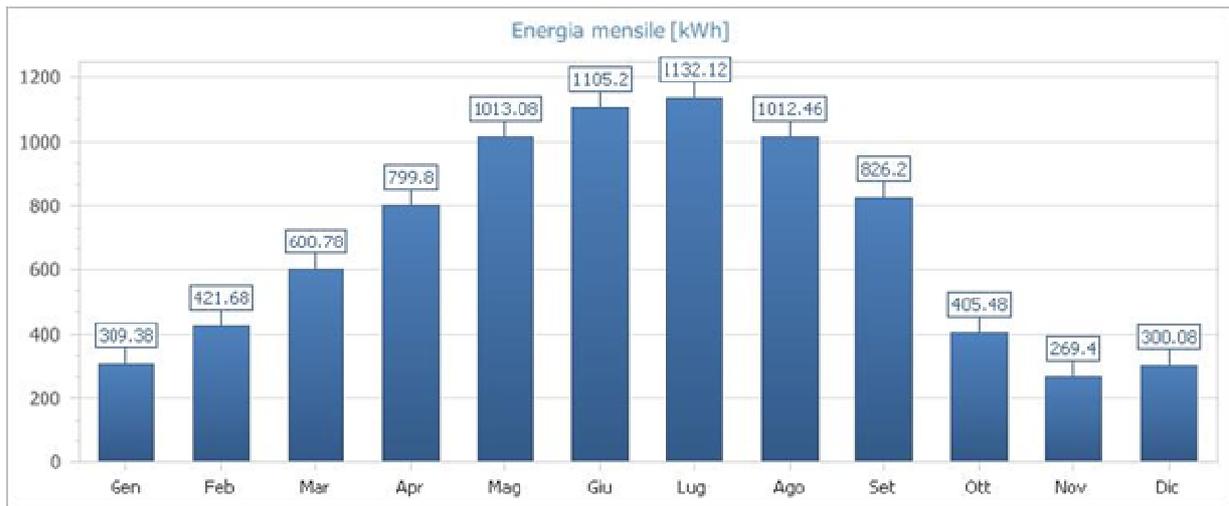
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale 1 381.28 kWh/m²
Coefficiente di ombreggiamento 1.00

Dati tecnici

Superficie totale moduli	39.22 m ²
Numero totale moduli	24
Numero totale inverter	1
Energia totale annua	8195.66 kWh
Potenza totale	7.200 kW
Potenza fase L1	2.400 kW
Potenza fase L2	2.400 kW
Potenza fase L3	2.400 kW
Energia per kW	1 138.29 kWh/kW
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è 8 195.66 kWh.
Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:



SPECIFICHE DEGLI ALTRI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

Posizionamento dei moduli

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 2 stringhe da 12 moduli in silicio monocristallino da 300Wp. La garanzia dei moduli dovrà essere di 10 anni sui difetti di fabbricazione, di 12 anni per una potenza non inferiore al 90% dei dati di targa e 30 anni per una potenza non inferiore all'80% dei dati di targa.

La superficie del generatore montato sulla copertura sarà pari a 39,22 m², per un peso dei moduli pari a circa 440 kg a cui si aggiunge il peso delle strutture di fissaggio per circa 50 kg (peso complessivo generatore FV circa 490 kg).

Il campo fotovoltaico sarà costituito da due stringhe gestite dal gruppo di conversione (inverter) avente due ingressi indipendenti.

È previsto l'impiego di un solo inverter realizzato con 2 inseguitori del punto di massima potenza. Il campo fotovoltaico è orientato a Sud con inclinazione di circa 18° posato sopra la copertura dell'edificio. Tramite dei profilati di alluminio solidali alla struttura portante vengono fissati i moduli. I moduli saranno della dimensione di mm 995x1650.

Cablaggio elettrico

Lato corrente continua

Il cablaggio tra i moduli fotovoltaici e tra questi e l'inverter è realizzato con cavi unipolari isolati sotto guaina in gomma ad alta resistenza nei confronti degli agenti atmosferici e dei raggi UV, non propaganti l'incendio.

Il cavo di tipo FG12M12 2x1x4 mmq posto entro tubazione in vista o incassata nella muratura sino al quadro di stringa. Le connessioni sono realizzate con connettori speciali per le applicazioni fotovoltaiche del tipo Multi-Contact.

Lato corrente alternata

Il cablaggio tra l'inverter e il quadro generale dell'edificio è realizzato con cavo FS17 4x6 mm² disposti in tubazione incassata a parete o a pavimento, dal quadro inverter al quadro generale del fabbricato Ristoro.

Impianto di messa a terra

Nel quadro lato c.a. sarà posto un nodo equipotenziale a cui connettere la carcassa dell'inverter e la terra degli scaricatori di sovratensione. Detto nodo sarà connesso al nodo equipotenziale generale del fabbricato con cavo FS17 della sezione di 6mmq.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra.

Protezioni

Sul lato c.c. sono previste delle protezioni magnetotermiche o fusibili con capacità di sezionamento sottocarico di ogni singola stringa. Ogni stringa sarà inoltre dotata di scaricatori di sovratensione in classe II tipo 2 $U_c=500V_{dc}$ $8/20\mu s$ I_{max} 40kA.

All'uscita dell'inverter è presente un quadretto contenente la protezione magnetotermica differenziale quale Dispositivo Generale del Generatore DG . L'inverter sarà protetto di scaricatori di sovratensione in classe II tipo 2 $U_c=280V$ $8/20\mu s$ I_{max} 40kA presenti nel quadro generale del fabbricato.

Nello schema elettrico sono indicate ulteriori caratteristiche delle apparecchiature di protezione.

Note

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi di legge 37/08,
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, o alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore cc/ca alle norme vigenti e, in particolare alle norma CEI 0-21;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;

SCHEDA TECNICA DELL'IMPIANTO

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	18°
Orientazione dei moduli (Azimut)	0°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 515.11 kWh/m²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale disponibile	271.65 m²
Estensione totale utilizzata	271.65 m²
Potenza totale	7.200 kW
Energia totale annua	8 195.66 kWh

Modulo	
Marca – Modello	BISOL - BMO-300
Numero totale moduli	24
Superficie totale moduli	39.22 m²

Configurazione inverter		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	12	1 x 12
2	12	1 x 12

Inverter	
Marca – Modello	Tipo FRONIUS - SYMO 8,2-3-M
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	113.89 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

VERIFICHE ELETTRICHE MPPT 1

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (313.10 V) maggiore di Vmppt min. (310.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (430.61 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (541.01 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (541.01 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (9.90 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (20.00 A)	VERIFICATO

VERIFICHE ELETTRICHE MPPT 2

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (313.10 V) maggiore di Vmppt min. (310.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (430.61 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (541.01 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (541.01 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (9.90 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (20.00 A)	VERIFICATO

Padova :

IL Progettista