



**Città di Tortona**

Provincia di Alessandria

www.comune.tortona.al.it

Corso Alessandria, 62 - 15057 Tortona (AL) - P. IVA n. 0038460 006 0 - Tel. 01318641 - Fax 0131864402

**Settore Lavori Pubblici e CUC**

**Ufficio Progetti**

## **PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA - PNRR**

**M5 - Inclusione e coesione**

**M5C2 - Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore**

**M5C2.2 - Rigenerazione urbana e housing sociale**

**M5C2.2.1 - Investimenti in progetti di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale**

### **RIGENERAZIONE URBANA: AREA SCOLASTICA DISMESSA DI VIALE KENNEDY – NUOVA SEDE SCUOLA PRIMARIA "SALVO**

**D'ACQUISTO" – PNRR M5C2.2.1**

**codice CUP J31B21001460001**

**intervento di**

**REALIZZAZIONE DI NUOVO FABBRICATO SCOLASTICO**

**SCUOLA PRIMARIA "SALVO D'ACQUISTO"**



**Finanziato  
dall'Unione europea**

NextGenerationEU

### **Progetto Esecutivo**

(art. 23, c. 7, del D.Lgs. n. 50/2016)

**Responsabile del procedimento:**

Ing. Laura LUCOTTI

**R.T.P. - Progettisti:**

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:

COLUCCI&PARTNERS Architettura  
Arch. Giuseppe Colucci  
Arch. Giulio Colucci  
Arch. Matteo Becucci

STUDIO VOARINO CAIRO - Ingegneri Associati  
Ing. Daniele Voarino

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:

Ing. Arch. Federico Benvenuti  
Arch. Martina Fadanelli  
Arch. Giada Fiumanò  
Arch. Elia Zoppi

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

H.S. INGEGNERIA s.r.l.  
Ing. Paolo Pucci

PROGETTAZIONE IMPIANTI:

- Impianti Termomeccanici
- Impianti Elettrici e Speciali
- Prevenzione Incendi:

M.P.S. Studio Associato  
P.I. Luca Pollari  
P.I. Yuri Demi  
P.I. Ignazio Pollari

CONSULENTE REQUISITI ACUSTICI PASSIVI:

STUDIO SILENCE PROJECT  
Agr. Dott.ssa Irene Menichini

MARZO 2023

**Elaborato:**

L010\_PE\_IE\_02\_R\_R00\_Relazione Fotovoltaico

---

## INDICE

1.	DATI GENERALI DELL'IMPIANTO .....	3
2.	SITO DI INSTALLAZIONE.....	3
3.	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....	3
4.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	4
5.	RADIAZIONE SOLARE .....	4
6.	ESPOSIZIONI .....	5
7.	GENERATORE.....	8
8.	GRUPPO DI CONVERSIONE.....	9
9.	DIMENSIONAMENTO .....	11
10.	CAVI ELETTRICI E CABLAGGI .....	12
11.	QUADRI ELETTRICI .....	15
12.	SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA.....	16
13.	VERIFICHE.....	17
14.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	18
15.	CONCLUSIONI .....	21

## **1. DATI GENERALI DELL'IMPIANTO**

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza nominale di 76,38 kW e potenza di picco di 76,38 kWp.

## **2. SITO DI INSTALLAZIONE**

L'impianto Fotovoltaico presenta le seguenti caratteristiche:

<b>DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE</b>	
Località:	Tortona Viale F.lli Kennedy
Latitudine:	044°53'56"N
Longitudine:	008°51'54"E
Altitudine:	122 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349
Albedo:	19 % Asfalto invecchiato, Erba secca, ...

## **3. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO**

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

#### **4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 1 generatori fotovoltaici composti da n° 114 moduli fotovoltaici e da n° 1 inverter con potenza nominale 80kW.

La potenza di picco è di 76,38 kWp per una produzione di 91.603,7 kWh annui distribuiti su una superficie di 354,54 m<sup>2</sup>.

Modalità di connessione alla rete Trifase in Bassa tensione con tensione di fornitura 400 V per mezzo di dispositivo di interfaccia.

#### **5. RADIAZIONE SOLARE**

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Tortona.

**TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE**

<b>Mese</b>	<b>Totale giornaliero [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale mensile [MJ/m<sup>2</sup>]</b>
Gennaio	4,49	139,19
Febbraio	7,88	220,64
Marzo	12,73	394,63
Aprile	16,55	496,5
Maggio	21,04	652,24
Giugno	23,13	693,9
Luglio	24,21	750,51
Agosto	19,27	597,37

Settembre	15,57	467,1
Ottobre	7,42	230,02
Novembre	3,86	115,8
Dicembre	3,38	104,78

#### TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	84,858	2630,596
Febbraio	148,093	4146,597
Marzo	238,481	7392,898
Aprile	310,796	9323,889
Maggio	397,101	12310,14
Giugno	437,891	13136,723
Luglio	457,672	14187,822
Agosto	362,561	11239,402
Settembre	291,794	8753,831
Ottobre	139,17	4314,255
Novembre	72,779	2183,374
Dicembre	64,006	1984,185

## 6. ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da 1 generatori distribuiti su 3 esposizioni come di seguito definite:

Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Omr.
OVEST	Incentivo 1	Inclinazione fissa	90°	0°	0 %
SUD	Incentivo 1	Inclinazione fissa	0°	0°	0 %
EST	Incentivo 1	Inclinazione fissa	-90°	0°	0 %

### EST

EST sarà esposta con un orientamento di -90,00° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione

rispetto all'orizzontale di 0,00° (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione EST è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

**TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE**

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Diffusa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Riflessa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale giornaliero [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [kWh/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	0,565	0,678	0	1,242	38,515
Febbraio	1,197	0,975	0	2,172	60,806
Marzo	1,991	1,514	0	3,505	108,665
Aprile	2,638	1,936	0	4,574	137,216
Maggio	3,752	2,097	0	5,849	181,311
Giugno	3,807	2,644	0	6,452	193,551
Luglio	4,292	2,45	0	6,742	209,015
Agosto	3,312	2,025	0	5,337	165,46
Settembre	2,7	1,592	0	4,291	128,737
Ottobre	0,963	1,081	0	2,043	63,344
Novembre	0,411	0,656	0	1,067	32
Dicembre	0,406	0,531	0	0,937	29,045

**OVEST**

OVEST sarà esposta con un orientamento di 90,00° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 0,00° (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione OVEST è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

**TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE**

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Diffusa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Riflessa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale giornaliero [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [kWh/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	0,565	0,678	0	1,242	38,515
Febbraio	1,197	0,975	0	2,172	60,806
Marzo	1,991	1,514	0	3,505	108,665

Aprile	2,638	1,936	0	4,574	137,216
Maggio	3,752	2,097	0	5,849	181,311
Giugno	3,807	2,644	0	6,452	193,551
Luglio	4,292	2,45	0	6,742	209,015
Agosto	3,312	2,025	0	5,337	165,46
Settembre	2,7	1,592	0	4,291	128,737
Ottobre	0,963	1,081	0	2,043	63,344
Novembre	0,411	0,656	0	1,067	32
Dicembre	0,406	0,531	0	0,937	29,045

### SUD

SUD sarà esposta con un orientamento di 0,00° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 0,00° (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione SUD è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

### TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Diffusa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Riflessa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale giornaliero [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [kWh/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	0,565	0,678	0	1,242	38,515
Febbraio	1,197	0,975	0	2,172	60,806
Marzo	1,991	1,514	0	3,505	108,665
Aprile	2,638	1,936	0	4,574	137,216
Maggio	3,752	2,097	0	5,849	181,311
Giugno	3,807	2,644	0	6,452	193,551
Luglio	4,292	2,45	0	6,742	209,015
Agosto	3,312	2,025	0	5,337	165,46
Settembre	2,7	1,592	0	4,291	128,737
Ottobre	0,963	1,081	0	2,043	63,344
Novembre	0,411	0,656	0	1,067	32
Dicembre	0,406	0,531	0	0,937	29,045

## STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 0°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## 7. GENERATORE

Il generatore è composto da n° 114 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

I pannelli saranno in classe 1 di reazione al fuoco, quindi saranno completamente compatibili con quanto indicato dalle Norme di Prevenzione incendi.

<b>CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO</b>	
Tipo di realizzazione:	Incentivo 1
Numero di moduli:	114
Numero inverter:	1
Potenza nominale:	76,38 kW
Potenza di picco:	76,38 kWp
Performance ratio:	84,4 %

<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza massima:	670 Wp + 9%
Rendimento:	21,6 %
Tensione nominale:	39,1 V
Tensione a vuoto:	47,1 V
Corrente nominale:	17,1 A
Corrente di corto circuito:	18,2 A
<b>Dimensioni</b>	
Dimensioni:	1303 mm x 2384 mm
Peso:	39 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## **8. GRUPPO DI CONVERSIONE**

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.

- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima  $\geq 90\%$  al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 1 inverter.

<b>Dati costruttivi degli inverter</b>	
<b>Caratteristiche elettriche</b>	
Potenza nominale:	80 kW
Potenza massima:	81,5 kW
Potenza massima per inseguitore:	10,2 kW
Tensione nominale:	600 V
Tensione massima:	1100 V
Tensione minima per inseguitore:	180 V
Tensione massima per inseguitore:	1000 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	208 A
Corrente massima:	208 A
Corrente massima per inseguitore:	26 A
Rendimento:	0,98

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>	<b>MPPT 3</b>	<b>MPPT 4</b>	<b>MPPT 5</b>	<b>MPPT 6</b>	<b>MPPT 7</b>	<b>MPPT 8</b>
Moduli in serie:	16	16	16	12	12	14	14	14
Stringhe in parallelo:	1	1	1	1	1	1	1	1
Esposizioni:	OVEST	OVEST	OVEST	OVEST	OVEST	SUD	SUD	EST
Tensione di MPP (STC):	625,6 V	625,6 V	625,6 V	469,2 V	469,2 V	547,4 V	547,4 V	547,4 V
Numero di	16	16	16	12	12	14	14	14

moduli:								
---------	--	--	--	--	--	--	--	--

## 9. DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ} \text{moduli} = 670 \text{ W} * 114 = 76,38 \text{ kWp}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
EST	14	1.423,49	13.352,3
OVEST	72	1.423,49	68.668,98
SUD	28	1.415,73	26.559,12

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 91603,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,4 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	1,8 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>15,6 %</b>

### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	2630,6	2630,6	0,0 %

Febbraio	4146,6	4146,6	0,0 %
Marzo	7392,9	7392,9	0,0 %
Aprile	9323,9	9323,9	0,0 %
Maggio	12310,1	12310,1	0,0 %
Giugno	13136,7	13136,7	0,0 %
Luglio	14187,8	14187,8	0,0 %
Agosto	11239,4	11239,4	0,0 %
Settembre	8753,8	8753,8	0,0 %
Ottobre	4314,3	4314,3	0,0 %
Novembre	2183,4	2183,4	0,0 %
Dicembre	1984,2	1984,2	0,0 %
Anno	91603,7	91603,7	0,0 %

## 10. CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- ❑ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ❑ Tipo FG21/HZ2Z2-K se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- ❑ Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione:                    giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro:                        blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase:                            grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.:            chiaramente    siglato con indicazione del positivo con  
"+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti

fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

#### Cablaggio: **Stringa - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	1x4 H1Z2Z2-K 1 KV - nero 1x4 H1Z2Z2-K 1 KV - rosso
Lunghezza complessiva:	20 m
Lunghezza di dimensionamento:	20 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	13 - cavi unipolari con guaina, con o senza armatura su passerelle perforate
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	H1Z2Z2-K
Tipo di isolante:	EPR
Formazione:	2x(1x4)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	4 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	4 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	625,6 V
Corrente d'impiego:	18,6 A
Corrente di c.c. moduli	19,8 A

#### Cablaggio: **Q. Inverter - Q. Parallelo**

Descrizione	Valore
Identificazione:	FG16OM16 0.6/1 kV - 5G50
Lunghezza complessiva:	2 m
Lunghezza di dimensionamento:	2 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)

Posa:	4A - cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Multipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG16OM16 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	5G50
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	50 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	50 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	50 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	400 V
Corrente d'impiego:	115,5 A

#### Cablaggio: Q. Parallelo – Q. Misura

Descrizione	Valore
Identificazione:	FG16M16 0.6/1 kV - 1X50
Lunghezza complessiva:	1 m
Lunghezza di dimensionamento:	1 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	4 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG16M16 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	4x(1x50)+1G50
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	50 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	50 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	1
Corrente d'impiego:	50 mm <sup>2</sup>

## **11. QUADRI ELETTRICI**

### **❑ Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

### **❑ Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

## **12. PROTEZIONE DELLE STRINGHE FOTOVOLTAICHE**

Le stringhe sono costituite da moduli fotovoltaici elettricamente in serie tra di loro, detti moduli avranno caratteristiche elettriche identiche di loro al fine di limitare le differenze (mismatch) derivate dal processo produttivo.

Ciascun modulo sarà dotato di diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa in caso di danneggiamento o ombreggiamenti di una o più celle o moduli.

Ogni stringa sarà singolarmente sezionabile e protetta da un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti e le correnti inverse per evitare che una stringa diventi passiva per ombreggiamento o guasti.

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sui cavi delle stringhe FV e dei moduli FV quando la portata dei cavi sia eguale o superiore a 1,25 volte ISC- STC, dove ISC-STC è la corrente di cortocircuito del generatore fotovoltaico a STC.

## **13. DISPOSITIVO DI INTERFACCIA (DDI) E RINCALZO**

La connessione alla rete avverrà per mezzo di un dispositivo di interfaccia DDI ovvero di una o più

apparecchiature di manovra la cui apertura (comandata da un apposito sistema di protezione di interfaccia) assicura la separazione dell'impianto di produzione dalla rete; nel caso siano presenti più DDI, questi verranno comunque comandati da un unico sistema di protezione di interfaccia SPI.

Lo scopo del DDI sarà quello di evitare che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione sulla rete, l'Utente possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto o di valori anomali di tensione e frequenza sulla rete BT cui è connesso l'Utente attivo, l'Utente stesso possa continuare ad alimentare il guasto o la rete;
- in caso di richiuse automatiche/manuali di interruttori sulla rete, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete con possibilità di danneggiamento;

Per potenze dell'impianto superiori a 20 kW deve essere previsto un dispositivo di ricalzo al DDI.

La funzione di ricalzo al dispositivo di interfaccia è realizzata tramite l'invio, temporizzato al massimo di 0.5 s, del comando di apertura ad un altro dispositivo in grado di separare il generatore dalla rete in caso di mancata apertura del dispositivo di interfaccia; il ripristino del dispositivo di ricalzo deve avvenire solo manualmente.

Per impianti di produzione con potenza unitaria o complessiva superiore a 20 kW, devono sempre essere presenti almeno due dispositivi tra il generatore e la rete, asserviti alla protezione di interfaccia di cui uno assolva la funzione di DDI e l'altro assolva la funzione di ricalzo al DDI.

#### **14. SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA**

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Nel caso specifico l'inverter dovrà essere dotato di un sistema per limitare, a regime, l'immissione

in rete di correnti con componenti continue superiori allo 0,5 % della corrente nominale, Il rispetto del suddetto requisito può essere realizzato con:

- un trasformatore operante alla frequenza di rete incorporato nell’inverter, oppure
- una funzione di protezione sensibile alla componente continua della corrente immessa in rete.

La funzione di protezione deve intervenire sul DDG separando l’inverter dalla rete:

- in 200 ms se la componente continua supera 1 A;
- in 1 s se la componente continua supera lo 0,5 % della corrente nominale dell’inverter.

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

Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell’impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all’impianto di terra esistente.

## 15. VERIFICHE

Al termine dei lavori l’installatore dell’impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell’impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L’impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell’impianto fotovoltaico, il rapporto fra l’energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l’energia o la potenza

producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Generatore soddisfa le seguenti condizioni:

#### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 55,00 °C (423,4 V) maggiore di  $V_{mpp \text{ min.}}$  (180,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (696,8 V) inferiore a  $V_{mpp \text{ max.}}$  (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (824,8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1100,0 V)

Tensione a vuoto  $V_o$  a -10,00 °C (824,8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

#### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (19,8A) inferiore alla corrente massima inverter (26,0 A)

#### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (114,3%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

## **16. RIFERIMENTI NORMATIVI**

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

### **1) Moduli fotovoltaici**

- ❑ CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- ❑ CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del

progetto e approvazione di tipo;

- ❑ CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- ❑ CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- ❑ CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- ❑ CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- ❑ CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- ❑ CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- ❑ CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

## **2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici**

- ❑ CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- ❑ CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- ❑ CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- ❑ EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

## **3) Progettazione fotovoltaica**

- ❑ CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- ❑ CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- ❑ UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

## **4) Impianti elettrici e fotovoltaici**

- ❑ CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

- ❑ EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;
- ❑ CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- ❑ CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- ❑ CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- ❑ CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- ❑ CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- ❑ CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- ❑ CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- ❑ CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- ❑ CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)
- ❑ CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- ❑ CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- ❑ CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- ❑ CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- ❑ CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- ❑ CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- ❑ CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- ❑ CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la

fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

### **5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica**

- ❑ CEI 0-16 : Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- ❑ CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- ❑ CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

## **17. CONCLUSIONI**

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

- ❑ manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- ❑ progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- ❑ dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- ❑ dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- ❑ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- ❑ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- ❑ certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- ❑ garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto,

---

dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.

Cecina, 01/2023

Il tecnico

Per. Ind. Demi Yuri