

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA  
AVTONOMNA DEŽELA FURLANIJA JULIJSKA KRAJNA  
PROVINCIA DI TRIESTE - POKRAJNA TRST

COMUNE DI SGONICO - OBČINA ZGONIK  
SCUOLA ELEMENTARE 1°MAGGIO 1945 di Sgonico  
OSNOVNA ŠOLA 1. MAJ 1945 - ZGONIK

Sostituzione e revisione del manto di copertura ed  
installazione di pannelli fotovoltaici

Obnova kritine ter namestitvev fotovoltaičnih panojev.



ATEC engineering s.r.l.  
www.atec-engineering.it

strada del Friuli 30, 34136 Trieste  
tel. 040-410246 fax 040-4529546

progettazione - načrt: dott.ing. Livio Pertot

collaborazione - sodelovanje - : dott. ing. Luciano Zarattini

DATA - DATUM

AGOSTO - AVGUST  
2015

COMMITTENZA - INVESTITOR

TAVOLA N° - RISBA

TITOLO - NASLOV

Relazione tecnica  
Tehnično poročilo

SCALA - MERILA

FASE - FAZA

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO  
KONČNI/IZVEDBENI NAČRT

# Riparazione e modifiche esterne alla copertura della scuola elementare di Sgonico - Zgonik

## PROGETTO ESECUTIVO

### RELAZIONE TECNICA

*Il presente progetto consta dei seguenti elaborati:*

1. *Relazione tecnica generale e specialistica*
2. *Tav. grafica 1 – Stato di fatto*
3. *Tav. grafica 2 - Progetto edile*
4. *Tav. grafica 2i - disposizione pannelli*
5. *Tav. grafica 3i - distribuzione principale*
6. *Tav. grafica 4i - schema unifilare fotovoltaico scuola*
7. *Tav. grafica 5i - schema unifilare fotovoltaico municipio*
8. *Analisi prezzi*
9. *Elenco prezzi unitari*
10. *Computo metrico estimativo*
11. *Lista delle categorie*
12. *Capitolato speciale di appalto*
13. *Piano di sicurezza e coordinamento*
14. *Fascicolo tecnico*

*Il presente progetto prevede gli interventi sul tetto della scuola elementare resisi necessari dopo i danni causati dalla tromba di aria che ha colpito la frazione il 21 agosto 2014. Verranno anche apportate delle migliorie con la realizzazione di un impianto fotovoltaico che andrà a fornire energia elettrica sia alla scuola che al vicino edificio del Municipio.*

*Più in dettaglio si prevedono le seguenti opere:*

- *posa in opera di parapetto provvisorio su tutta la copertura*
- *lievo dei coppi della copertura, loro pulizia ed accatastamento in cantiere. Cernita dei coppi riutilizzabili;*
- *posa in opera di guaina ardesiata impermeabilizzante, eliminazione di alcune torrette che fungono solo da sfiati ormai inutilizzati, realizzazione di vasca in lamiera di alluminio, complanare al manto dei coppi, per il contenimento dei pannelli;*
- *posa in opera di pannelli fotovoltaici sulle falde sudovest ;*
- *ripristino del manto di copertura in coppi sulle falde rivolte verso la piazza;*
- *realizzazione dei collegamenti dell'impianto fotovoltaico con il quadro generale.*

*L' impianto fotovoltaico viene descritto dettagliatamente nell'allegata relazione specifica.*

*La connessione dell'impianto fotovoltaico con l' edificio del Municipio avverrà con altro appalto avente per oggetto la realizzazione dei servizi tecnologici interrati. In questo modo si utilizzeranno le opere di scavo in esso previste.*

*Le anzidette opere hanno già ottenuto l' Autorizzazione Paesaggistica che si allega alla presente relazione*

Per la valorizzazione degli anzidetti lavori edili e da fabbro ci si è basati sul **Prezziario Generale del Comune di Trieste**. Per quelli elettrici al **Prezziario Regione FVG**. Si sono redatti alcuni NP per le poche voci non disponibili. Il quadro economico dei lavori descritti risulta essere:

A	Demolizioni	€	5.496,47
B	Lavori edili	€	34.308,63
C	opere da fabbro/lattoniere	€	16.736,00
D	fotovoltaico	€	64.368,68
E	Lavori soggetti a ribasso		€ 120.909,77
F	Sicurezza		€ 5.722,13
G	Sommano lavori Somme a disposizione		€ 126.631,90
H	IVA lavori edili e sicurezza 22 % di A+B+C+F		€ 12.439,04
I	IVA fotovoltaico 10 % di D		€ 6.436,87
L	Spese gen e tecniche IVA compresa		€ 11.000,00
M	Imprevisti		€ 4.492,19
N	Totale somme a disposizione		€ 34.368,10
	<b>Totale G + N</b>		<b>€ 161.000,00</b>

Trieste, agosto 2015

Il progettista ing. LIVIO PERTOT

## RELAZIONE SULL' IMPIANTO ELETTRICO E FOTOVOLTAICO

### 1) Indice

1)	Indice .....	3
2)	Allegati: .....	4
3)	Premessa .....	4
	a) Avvertenze per l'impresa installatrice .....	4
	b) Obblighi dell'impresa installatrice.....	4
	c) Esclusioni .....	4
4)	Generalità.....	4
5)	Alimentazione .....	5
6)	Normativa di riferimento .....	5
7)	Descrizione generale .....	6
8)	Quadri elettrici e distribuzione principale .....	7
9)	Scelta dei moduli .....	8
	a) Caratteristiche dei Moduli:.....	8
	b) Temperature moduli ipotizzata: .....	8
10)	Composizione delle stringhe – FOTOVOLTAICO SCUOLA.....	9
	a) Caratteristiche delle stringhe:.....	9
11)	Scelta dell'inverter – FOTOVOLTAICO SCUOLA.....	9
	a) InverteR.....	10
	b) Verifica del corretto accoppiamento campo - inverter:.....	11
12)	Cavi e quadro di campo – FOTOVOLTAICO SCUOLA.....	11
13)	Lato CA e connessione all'impianto – FOTOVOLTAICO SCUOLA .....	13
14)	Composizione delle stringhe – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO .....	13
	a) Caratteristiche delle stringhe:.....	13
15)	Scelta dell'inverter – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO .....	14
	a) InverteR.....	14
	b) Verifica del corretto accoppiamento campo - inverter:.....	15
16)	Cavi e quadro di campo – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO .....	16
17)	Lato CA e connessione all'impianto – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO.....	17

## 2) Allegati:

- Tavola 1: disposizione pannelli
- Tavola 2: schema planimetrico distribuzione principale
- Tavola 3: schema unifilare fotovoltaico scuola
- Tavola 4: schema unifilare fotovoltaico municipio

## 3) Premessa

### A) AVVERTENZE PER L'IMPRESA INSTALLATRICE

Il progetto dell'impianto elettrico costituito dalla presente relazione e dagli elaborati grafici allegati non deve essere modificato in corso d'opera dall'Impresa installatrice.

Qualsiasi modifica che si rendesse necessaria dovrà essere concordata preventivamente con il progettista o con la D.L. al fine di poter redire un'eventuale variante al progetto.

### B) OBBLIGHI DELL'IMPRESA INSTALLATRICE

Procedere, in corso d'opera ed a lavori ultimati, alla verifica ed al collaudo degli impianti elettrici, in conformità a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8 VII, produrre la dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/08 secondo il modello previsto dall'apposito allegato.

### C) ESCLUSIONI

Il progetto non comprende le relazioni di calcolo ed i disegni relativi al dimensionamento dell'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, in conformità alla Norma CEI 81-10.

## 4) Generalità

Il progetto in questione riguarda la realizzazione di due impianti fotovoltaici sulla copertura della scuola elementare 1° Maggio 1945 sita nel Comune di Sgonico – Trieste.

Vista la superficie a disposizione e la necessità di compensare i prelievi di energia sia della Scuola che dell'antistante Municipio si è optato per la realizzazione di due impianti distinti.

Il primo, denominato "fotovoltaico Scuola", avrà una potenza di 9kWp, sarà collegato direttamente alla fornitura di energia esistente e verrà esercito con la convenzione "scambio sul posto".

Il secondo, denominato "fotovoltaico Municipio", avrà una potenza di 20kWp, sarà collegato ad un nuovo punto di connessione con la rete e verrà esercito con la convenzione "scambio sul posto altrove", appositata per i Comuni con meno di 20.000 abitanti.

In fase esecutiva andrà verificata comunque l'eventuale disponibilità di ulteriori opzioni economiche migliori messe a disposizione dagli Enti preposti.

## 5) Alimentazione

Di seguito si riportano i dati relativi ai punti di consegna esistenti delle forniture di rete:

<b>Fornitura Scuola</b>	
<i>Sistema e tensione di alimentazione:</i>	TT, 400V concatenata trifase
<i>Corrente di corto circuito presunta:</i>	≤ 6kA
<i>Potenza contrattuale:</i>	20kW

<b>Fornitura Municipio (installata presso l'edificio antistante)</b>	
<i>Sistema e tensione di alimentazione:</i>	TT, 400V concatenata trifase
<i>Corrente di corto circuito presunta:</i>	≤ 6kA
<i>Potenza contrattuale:</i>	35kW

## 6) Normativa di riferimento

- CEI 0-2:* guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI 0-10:* guida alla manutenzione degli impianti elettrici
- CEI 100-7:* Guida per l'applicazione delle norme sugli impianti di ricezione televisiva
- CEI 17-13:* apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)
- Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
- Parte 2: prescrizioni particolari per i condotti a sbarre
- Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi accessibili a personale non addestrato
- Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC)
- CEI 17-70:* guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
- CEI 20-107:* Cavi elettrici - Cavi di energia con tensione nominale fino a 450/750V
- CEI 23-50:* Prese e spine per usi domestici e similari
- CEI 23-51:* Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 23-81/2/3:* sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche

- CEI 64-8:* Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua  
Parte 1: oggetto, scopo e principi fondamentali  
Parte 2: definizioni  
Parte 3: caratteristiche generali  
Parte 4: prescrizioni per la sicurezza  
Parte 5: scelta ed installazione dei componenti elettrici  
Parte 6: verifiche  
Parte 7: ambienti ed applicazioni particolari
- CEI 64-12:* guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14:* guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- CEI 64-16:* impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua  
Protezione contro le interferenze elettromagnetiche (EMI) negli impianti elettrici
- CEI 70-1:* gradi di protezione degli involucri
- D.M. 37/08:* dd 22/01/08 e s.m.i. – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11 - quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- CEI 81-25:* Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
- CT 82:* sistemi di conversione fotovoltaica dell'energia

## 7) Descrizione generale

Gli impianti in oggetto sono stati dimensionati per soddisfare il fabbisogno di energia degli edifici, con un'analisi dei consumi medi annui degli ultimi due anni.

Gli impianti saranno suddivisi in più parti, installate sulla copertura a falde dell'edificio in maniera complanare alla copertura stessa. Complessivamente verranno realizzate 6 parti, 4 aventi 24 pannelli ciascuna e due aventi 20 pannelli ciascuna, per un complessivo di 116 pannelli. Non è stato possibile far coincidere la suddivisione in parti con le stringhe.

La falde oggetto di intervento si trovano orientate a sud - sud ovest e presentano una inclinazione di circa 17° rispetto l'orizzonte, pertanto i pannelli saranno installati con orientamento pari rispettivamente a +35° e inclinazione pari a 17°. L'inclinazione ideale di progetto alla latitudine di installazione sarebbe pari a 30°, ma

considerati lo scarso incremento di produzione tra 17° e 30° e la necessità di installazione dei pannelli in sostituzione di parte della copertura esistente si è optato per una installazione complanare.

## 8) Quadri elettrici e distribuzione principale

Gli inverter, i dispositivi di sezionamento lato DC e AC ed i gruppi di misura della produzione troveranno tutti posti in un vano al piano interrato dell'edificio, in posizione protetta sia dagli agenti atmosferici che dalle temperature, in modo da aumentarne l'efficienza e la durata.

Vista la presenza di tutti i dispositivi di comando in un unico posto, si è optato per realizzare un quadro elettrico unico in cui troveranno posto tutti gli interruttori, unitamente agli scaricatori di sovratensione. In particolare verranno realizzati i seguenti quadri:

- Quadro fotovoltaico scuola QFS, costituito da una carpenteria in materiale plastico a 36 moduli grado di protezione minimo IP55;
- Quadro fotovoltaico municipio QFM, costituito da una carpenteria in materiale plastico a 54 moduli grado di protezione minimo IP55.

All'interno del sottotetto troveranno posto due centralini, rispettivamente da 8 e 24 moduli, grado di protezione IP55, contenenti gli scaricatori di sovratensione posti a valle dei moduli fotovoltaici.

Dalla copertura i conduttori verranno posati nel sottotetto, all'interno di tubazioni rigide tipo RK. Dal sottotetto verrà effettuata la discesa al piano cantina, mediante la posa dei cavi entro canalette in materiale plastico fissate a parete o soffitto.

Le linee in AC per il collegamento dal vano posto in cantina ai rispettivi punti di connessione posti al piano terra lungo il vano scale, verranno realizzati con la posa dei conduttori entro canalette in materiale plastico fissate a parete o soffitto. Essendo i conduttori DC del tipo a doppio isolamento, si potranno posare all'interno dello stesso canale sia i conduttori AC che DC.

Al piano terra, tra il gruppo di misura esistente a servizio della scuola ed il quadro elettrico generale QEG, verrà installato il quadro generale nuovo QGN, che conterrà i seguenti dispositivi:

- Interruttore magnetotermico differenziale a protezione del fotovoltaico scuola;
- Interruttore magnetotermico differenziale a protezione del fotovoltaico municipio;
- Scaricatori di sovratensione a varistore di tipo 2;
- Portafusibili a protezione della linea di alimentazione del pulsante di sgancio.

Gli interruttori a protezione dei due impianti fotovoltaici saranno dotati di una bobina di sgancio a lancio di corrente, comandate entrambe dal pulsante di sgancio a rottura di vetro posto in facciata in prossimità dell'ingresso principale.



## 9) Scelta dei moduli

### A) CARATTERISTICHE DEI MODULI:

Tipologia:	Silicio Policristallino
Numero di celle in serie:	60
Certifcazioni:	IEC/EN 61215; IEC/EN 61730; UNI 9177
Classe di protezione:	II
Potenza nominale massima Pmax	250 W (± 5 W)
Tensione a vuoto (Uoc)	37,2 V
Corrente di cortocircuito (Isc)	8,64 A
Corrente inversa massima (Ir)	16 A
Tensione MPP (Umpp)	30,84 V
Corrente MPP (Impp)	8,15 A
Coeff. termico della tensione	- 0,33 %/°K
Coeff. termico della corrente	+ 0,05 %/°K
Tensione di sistema massima	1000 V
Temperatura NOCT	46°C (± 2 °C)
Dimensioni	1645x990x35 mm
Peso	17,9 kg

### B) TEMPERATURE MODULI IPOTIZZATA:

Tmax	70 °C
Tmin	-10 °C

Considerati i dati sopra indicati ne derivano i seguenti valori:

Tensione max a vuoto del modulo:	$37,2 + [0,33*(25 + 10)]\% = 41,5 \text{ V}$
Tensione MPP minima del modulo:	$30,84 + [0,33*(25 - 70)]\% = 26,2 \text{ V}$
Tensione MPP massima del modulo	$30,84 + [0,33*(25 + 10)]\% = 34,4 \text{ V}$

A favore della sicurezza, secondo quanto indicato all'art. 4.1.8 della IEC 62257-7-1, per la scelta dei componenti dell'impianto si può assumere una tensione massima a vuoto del modulo pari a  $1,2 \times U_{oc}$ , ovvero:  $1,2 \times 37,2 \text{ V} = 44,6 \text{ V}$

## 10) Composizione delle stringhe – FOTOVOLTAICO SCUOLA

### A) CARATTERISTICHE DELLE STRINGHE:

In considerazione dei valori sopra indicati e della conformazione del campo fotovoltaico, si è scelto di realizzare 2 stringhe da 18 moduli. Le caratteristiche elettriche di ciascuna stringa pertanto saranno le seguenti:

Potenza massima	$18 \times 250 \text{ W} = 4500 \text{ W}$
Tensione MPP	$18 \times 30,84 \text{ V} = 555 \text{ V}$
Corrente MPP	8,15 A
Corrente di corto massima	$1,25 \times 8,64 \text{ A} = 10,8 \text{ A}$
Tensione a vuoto massima	$18 \times 41,5 \text{ V} = 747 \text{ V}$
Tensione a vuoto massima	$18 \times 44,6 \text{ V} = 802,8 \text{ V}$ (a favore della sicurezza)
Tensione MPP minima	$18 \times 26,2 \text{ V} = 471,6 \text{ V}$
Tensione MPP massima	$18 \times 34,4 \text{ V} = 619,2 \text{ V}$

Il campo fotovoltaico ha pertanto una potenza complessiva di progetto di 9000 W.

Pur essendo classificati con isolamento di classe II i pannelli andranno collegati a terra mediante l'apposito morsetto presente sulla cornice, ed opportunamente segnalato mediante serigrafia dal costruttore, in deroga alla regola generale CEI 64-8 per permettere il corretto funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento dell'inverter (CEI 82-27).

Andrà inoltre posta particolare attenzione al collegamento sui moduli onde evitare il fenomeno di corrosione elettrolitica rame/alluminio mediante la protezione della giunzione dalle intemperie o mediante l'utilizzo giunzioni idonee con materiali intermedi.

Per quanto possibile andrà evitata la formazione di spire nel collegamento in serie dei pannelli di ciascuna stringa disponendo i cavi in maniera idonea fissandoli saldamente alla struttura.

## 11) Scelta dell'inverter – FOTOVOLTAICO SCUOLA

Considerata la consistenza dell'impianto sarà sufficiente un unico inverter con due ingressi MPPT indipendenti di caratteristiche tali da soddisfare i valori calcolati ai paragrafi precedenti.

L'inverter presenta già a bordo la protezione di interfaccia (SPI + DDI) conforme alla norma CEI 0-21, pertanto non è previsto un dispositivo di interfaccia dedicato esterno, soluzione ammessa fino ai 20kW e fino ad un massimo di tre inverter.

Per una maggiore durata ed efficienza inoltre, l'inverter sarà installato in un vano al piano interrato dell'edificio in maniera tale da garantire per tutto l'anno una temperatura ambiente al di sotto del massimo consentito e migliorando inoltre il rendimento dello stesso.

Si riportano di seguito le caratteristiche elettriche necessarie al dimensionamento e verifica:

## **A) INVERTER**

### *Caratteristiche lato CC:*

Potenza massima del generatore PV	10300 W
Intervallo di tensione MPP tracker	300 - 750 V
Tensione minima/Tensione d'avviamento	360 V
Tensione massima a vuoto	900 V
Corrente massima	34,0 A (17,0 per ogni MPPT)
Numero di inseguitori MPP/Stringhe	2

### *Caratteristiche lato CA:*

Potenza nominale	10000 W
Potenza apparente max.	11500 VA
Tensione nominale	400 V
Frequenza nominale	50 Hz
Frequenza min. - max.	50, 60 Hz
Corrente massima	16,6 A
Fattore di potenza	0,90 – 0,99 ind./cap.
Fasi di immissione	3

### *Dispositivi di protezione*

Sezionatore CC	Presente
Monitoraggio della dispersione verso terra	Presente
Separazione galvanica	Assente
Classe di protezione	I

### *Caratteristiche interne:*

Rendimento massimo	97,8 %
Rendimento Europeo	97,61 %

Autoconsumo da fermo

< 1 W

Si è scelto di mantenere isolato da terra il sistema, esercendolo di fatto come un impianto IT, in considerazione sia della presenza, a bordo dell'inverter, di un sistema di controllo dell'isolamento verso terra. Inoltre, essendo presente un dispositivo di rilevamento delle dispersioni interno, con relativa protezione, non è necessaria l'adozione di un differenziale di tipo "B".

## **B) VERIFICA DEL CORRETTO ACCOPPIAMENTO CAMPO - INVERTER:**

*Verifica della potenza:*

Campo 1:                    P = 9000 Wp                    97,8% P = 8802 Wp ≤ 10300 W max. Inverter    OK

Per verificare inoltre il corretto accoppiamento tra inverter e ciascuna stringa bisogna verificare sostanzialmente tre parametri fondamentali con altrettante disuguaglianze di seguito riportate e calcolate singolarmente:

1. La massima tensione di stringa non deve superare la massima tensione tollerata dall'inverter:

$$747 \text{ V} < 900 \text{ V}$$

2. La minima tensione MPP di stringa e la massima tensione MPP di stringa devono essere comprese nel range di tensioni di ingresso dell'inverter:

$$300 \text{ V} < 471,6 \text{ V} < 619,2 \text{ V} < 750 \text{ V}$$

3. La somma delle correnti MPP massima delle stringhe deve essere inferiore alla massima corrente in ingresso lato CC dell'inverter:

$$2 \times 8,64 \text{ A} < 2 \times 17,0 \text{ A}$$

(Si considera come corrente massima MPP di stringa la corrente I<sub>sc</sub> fornita dal costruttore del pannello)

## **12) Cavi e quadro di campo – FOTOVOLTAICO SCUOLA**

Dalla stringa al quadro di campo saranno impiegati cavi solari tipo FG21M21 posati e idoneamente fissati alla stessa struttura di fissaggio dei pannelli e successivamente posati in tubazioni dedicate fissate a parete o soffitto per l'attraversamento della copertura e il transito nel locale sottotetto.

Ciascuna stringa sarà connessa all'inverter mediante due cavi tipo FG21M21 in formazione 2x(1x6), più un cavo tipo N07V-K 1x6mm<sup>2</sup> G/V posati in tubazione dedicata.

I conduttori transiteranno successivamente ai piani terra e cantina, per attestarsi sul quadro di campo fotovoltaico scuola QFS posti in cantina, entro canalette in materiale plastico fissate a parete o soffitto.

Il cavo scelto presenta le seguenti caratteristiche (alcune caratteristiche, indicate fra parentesi, variano da produttore a produttore):

Sezione nominale	6mm <sup>2</sup>
Tensione nominale CA	0,6/1 kV (1,2/1,2 kV)
Tensione nominale CC	0,9/1,5 kV (1,8/1,8 kV)
Isolante	HEPR G21
Temperatura ambiente di esercizio	-40 - 90 °C
Portata in aria libera (60°C)	70 A

Si considera la posa in tubo di un circuito adiacente in fascio alla temperatura massima di funzionamento di 70°C:

$$I_z = k_1 \times k_2 \times 0,9 \times I_0 = 0,91 \times 1 \times 0,9 \times 70 = 57 \text{ A}$$

$k_1$  = Correzione per temperatura ambiente

$k_2$  = Correzione per circuiti adiacenti (tre circuiti in fascio)

0,9 = Riduzione per posa in tubo

La portata è nettamente maggiore della corrente di cortocircuito massima della stringa ( $1,25 \times I_{sc} = 10,8 \text{ A}$ ) così come la massima corrente inversa (16 A) tollerata dai moduli. Per tali motivi quindi non è necessaria e si può omettere, la protezione da sovraccarico e cortocircuito.

Ogni modulo inoltre è dotato di tre diodi di by-pass incorporati nella morsettiera in maniera tale da escludere le celle eventualmente ombreggiate ed essendo prevista una unica stringa per un singolo MPPT; non è necessario prevedere il diodo di blocco a protezione della stringa.

Nel quadro fotovoltaico scuola, costituito da una carpenteria in materiale plastico con grado di protezione minimo IP55, troveranno posto i dispositivi di sezionamento delle stringhe, gli scaricatori di sovratensione, il dispositivo di sezionamento lato corrente alternata ed il dispositivo di sezionamento a valle del gruppo di misura dell'energia prodotta.

Si rimanda agli schemi unifilari allegati per ulteriori dettagli.

### **13) Lato CA e connessione all'impianto – FOTOVOLTAICO SCUOLA**

Immediatamente accanto all'inverter, come indicato nelle tavole grafiche allegate, sempre con fissaggio a parete è prevista l'installazione del misuratore di produzione. Il collegamento dell'inverter sarà realizzato con cavo tipo N07V-K in formazione 5x6mm<sup>2</sup>. A valle del gruppo di misura è prevista l'installazione di un interruttore di manovra sezionatore caratteristica e una coppia di scaricatori in classe II del tipo a varistore più spinterometro idoneo per sistemi TT.

Il collegamento al quadro generale sarà realizzato con cavo tipo N07V-K di sezione 6mm<sup>2</sup> posati entro canalette in materiale plastico.

L'impianto fotovoltaico abbinato alla fornitura esistente a servizio della scuola verrà collegato allo stesso mediante la realizzazione di una nuova derivazione a monte del quadro generale esistente, denominato QEG nello schema planimetrico allegato. A tal fine si provvederà alla realizzazione di un nuovo quadro, denominato nuovo quadro generale, che conterrà l'interruttore automatico magnetotermico differenziale a protezione del montante e la derivazione per il quadro generale esistente.

L'interruttore a protezione del fotovoltaico sarà dotato di uno sganciatore a lancio di corrente, comandato dal pulsante di sgancio a rottura di vetro posto sulla facciata dell'edificio, in prossimità dell'ingresso principale.

Il gruppo di misura del distributore, di pertinenza dell'edificio in oggetto, si trova in nicchia dedicata nelle vicinanze del quadro elettrico generale.

### **14) Composizione delle stringhe – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO**

#### **A) CARATTERISTICHE DELLE STRINGHE:**

In considerazione dei valori sopra indicati e della conformazione del campo fotovoltaico, si è scelto di realizzare 4 stringhe da 20 moduli. Le caratteristiche elettriche di ciascuna stringa pertanto saranno le seguenti:

Potenza massima	$20 \times 250 \text{ W} = 5000 \text{ W}$
Tensione MPP	$20 \times 30,84 \text{ V} = 616,8 \text{ V}$
Corrente MPP	8,15 A
Corrente di corto massima	$1,25 \times 8,64 \text{ A} = 10,8 \text{ A}$
Tensione a vuoto massima	$20 \times 41,5 \text{ V} = 830 \text{ V}$
Tensione a vuoto massima	$20 \times 44,6 \text{ V} = 892 \text{ V}$ (a favore della sicurezza)
Tensione MPP minima	$20 \times 26,2 \text{ V} = 524 \text{ V}$
Tensione MPP massima	$20 \times 34,4 \text{ V} = 688 \text{ V}$

Il campo fotovoltaico ha pertanto una potenza complessiva di progetto di 20000 W.

Pur essendo classificati con isolamento di classe II i pannelli andranno collegati a terra mediante l'apposito morsetto presente sulla cornice, ed opportunamente segnalato mediante serigrafia dal costruttore, in deroga alla regola generale CEI 64-8 per permettere il corretto funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento dell'inverter (CEI 82-27).

Andrà inoltre posta particolare attenzione al collegamento sui moduli onde evitare il fenomeno di corrosione elettrolitica rame/alluminio mediante la protezione della giunzione dalle intemperie o mediante l'utilizzo giunzioni idonee con materiali intermedi.

Per quanto possibile andrà evitata la formazione di spire nel collegamento in serie dei pannelli di ciascuna stringa disponendo i cavi in maniera idonea fissandoli saldamente alla struttura.

## 15) Scelta dell'inverter – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO

Considerata la consistenza dell'impianto sarà sufficiente un unico inverter con due ingressi MPPT indipendenti, di caratteristiche tali da soddisfare i valori calcolati ai paragrafi precedenti. Ad ogni ingresso verrà collegata una coppia di stringhe.

L'inverter presenta già a bordo la protezione di interfaccia (SPI + DDI) conforme alla norma CEI 0-21, pertanto non è previsto un dispositivo di interfaccia dedicato esterno, soluzione ammessa fino ai 20kW e fino ad un massimo di tre inverter.

Per una maggiore durata ed efficienza inoltre, l'inverter sarà installato in un vano al piano interrato dell'edificio in maniera tale da garantire per tutto l'anno una temperatura ambiente al di sotto del massimo consentito e migliorando inoltre il rendimento dello stesso.

Si riportano di seguito le caratteristiche elettriche necessarie al dimensionamento e verifica:

### A) INVERTER

*Caratteristiche lato CC:*

Potenza massima del generatore PV	20750 W
Intervallo di tensione MPP tracker	440 - 800 V
Tensione minima/Tensione d'avviamento	440 V
Tensione massima a vuoto	1000 V
Corrente massima	50,0 A (25,0 per ogni MPPT)
Numero di inseguitori MPP/Stringhe	2

*Caratteristiche lato CA:*

Potenza nominale	22000 W
------------------	---------

Potenza apparente max.	22200 VA
Tensione nominale	400 V
Frequenza nominale	50 Hz
Frequenza min. - max.	50, 60 Hz
Corrente massima	33,0 A
Fattore di potenza	0,90 – 0,99 ind./cap.
Fasi di immissione	3

*Dispositivi di protezione*

Sezionatore CC	Presente
Monitoraggio della dispersione verso terra	Presente
Separazione galvanica	Assente
Classe di protezione	I

*Caratteristiche interne:*

Rendimento massimo	98,2 %
Rendimento Europeo	98,0 %
Autoconsumo da fermo	< 1 W

Si è scelto di mantenere isolato da terra il sistema, esercendolo di fatto come un impianto IT, in considerazione sia della presenza, a bordo dell'inverter, di un sistema di controllo dell'isolamento verso terra. Inoltre, essendo presente un dispositivo di rilevamento delle dispersioni interno, con relativa protezione, non è necessaria l'adozione di un differenziale di tipo "B".

**B) VERIFICA DEL CORRETTO ACCOPPIAMENTO CAMPO - INVERTER:**

*Verifica della potenza:*

Campo 1:                     $P = 20000 \text{ Wp}$                      $98,2\% P = 19640 \text{ Wp} \leq 22000 \text{ W max. Inverter OK}$

Per verificare inoltre il corretto accoppiamento tra inverter e ciascuna stringa bisogna verificare sostanzialmente tre parametri fondamentali con altrettante disuguaglianze di seguito riportate e calcolate singolarmente:

1. La massima tensione di stringa non deve superare la massima tensione tollerata dall'inverter:

$$830 \text{ V} < 1000 \text{ V}$$



2. La minima tensione MPP di stringa e la massima tensione MPP di stringa devono essere comprese nel range di tensioni di ingresso dell'inverter:

$$440 \text{ V} < 524 \text{ V} < 688 \text{ V} < 880 \text{ V}$$

3. La somma delle correnti MPP massima delle stringhe deve essere inferiore alla massima corrente in ingresso lato CC dell'inverter:

$$2 \times 8,64 \text{ A} < 25,0 \text{ A}$$

(Coppia di stringhe < massima corrente per ogni ingresso MPPT)

(Si considera come corrente massima MPP di stringa la corrente I<sub>sc</sub> fornita dal costruttore del pannello)

## 16) Cavi e quadro di campo – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO

Dalla stringa al quadro di campo saranno impiegati cavi solari tipo FG21M21 posati e idoneamente fissati alla stessa struttura di fissaggio dei pannelli e successivamente posati in tubazioni dedicate fissate a parete o soffitto per l'attraversamento della copertura e il transito nel locale sottotetto.

Ciascuna stringa sarà connessa all'inverter mediante due cavi tipo FG21M21 in formazione 2x(1x6), più un cavo tipo N07V-K 1x6mm<sup>2</sup> G/V posati in tubazione dedicata.

I conduttori transiteranno successivamente ai piani terra e cantina, per attestarsi sul quadro di campo fotovoltaico scuola QFS posti in cantina, entro canalette in materiale plastico fissate a parete o soffitto.

Il cavo scelto presenta le seguenti caratteristiche (alcune caratteristiche, indicate fra parentesi, variano da produttore a produttore):

Sezione nominale	6mm <sup>2</sup>
Tensione nominale CA	0,6/1 kV (1,2/1,2 kV)
Tensione nominale CC	0,9/1,5 kV (1,8/1,8 kV)
Isolante	HEPR G21
Temperatura ambiente di esercizio	-40 - 90 °C
Portata in aria libera (60°C)	70 A

Si considera la posa in tubo di un circuito adiacente in fascio alla temperatura massima di funzionamento di 70°C:

$$I_z = k_1 \times k_2 \times 0,9 \times I_0 = 0,91 \times 1 \times 0,9 \times 70 = 57 \text{ A}$$

k<sub>1</sub> = Correzione per temperatura ambiente

$k_2$  = Correzione per circuiti adiacenti (tre circuiti in fascio)

0,9 = Riduzione per posa in tubo

La portata è nettamente maggiore della corrente di cortocircuito massima della stringa ( $1,25 \times I_{sc} = 10,8 \text{ A}$ ) così come la massima corrente inversa (16 A) tollerata dai moduli. Per tali motivi quindi non è necessaria e si può omettere, la protezione da sovraccarico e cortocircuito.

Ogni modulo inoltre è dotato di tre diodi di by-pass incorporati nella morsettiera in maniera tale da escludere le celle eventualmente ombreggiate ed essendo prevista una unica stringa per un singolo MPPT; non è necessario prevedere il diodo di blocco a protezione della stringa.

Nel quadro fotovoltaico scuola, costituito da una carpenteria in materiale plastico con grado di protezione minimo IP55, troveranno posto i dispositivi di sezionamento delle stringhe, gli scaricatori di sovratensione, il dispositivo di sezionamento lato corrente alternata ed il dispositivo di sezionamento a valle del gruppo di misura dell'energia prodotta.

Si rimanda agli schemi unifilari allegati per ulteriori dettagli.

## **17) Lato CA e connessione all'impianto – FOTOVOLTAICO MUNICIPIO**

Immediatamente accanto all'inverter, come indicato nelle tavole grafiche allegate, sempre con fissaggio a parete è prevista l'installazione del misuratore di produzione. Il collegamento dell'inverter sarà realizzato con cavo tipo N07V-K in formazione  $5 \times 6 \text{ mm}^2$ . A valle del gruppo di misura è prevista l'installazione di un interruttore di manovra sezionatore caratteristica e una coppia di scaricatori in classe II del tipo a varistore più spinterometro idoneo per sistemi TT.

Il collegamento al quadro generale sarà realizzato con cavo tipo N07V-K di sezione  $6 \text{ mm}^2$  posati entro canalette in materiale plastico.

L'impianto fotovoltaico municipio sarà collegato ad un punto di connessione con la rete pubblica dedicato e di nuova installazione, in modo da poter esercire l'impianto con la convenzione "scambio sul posto altrove".

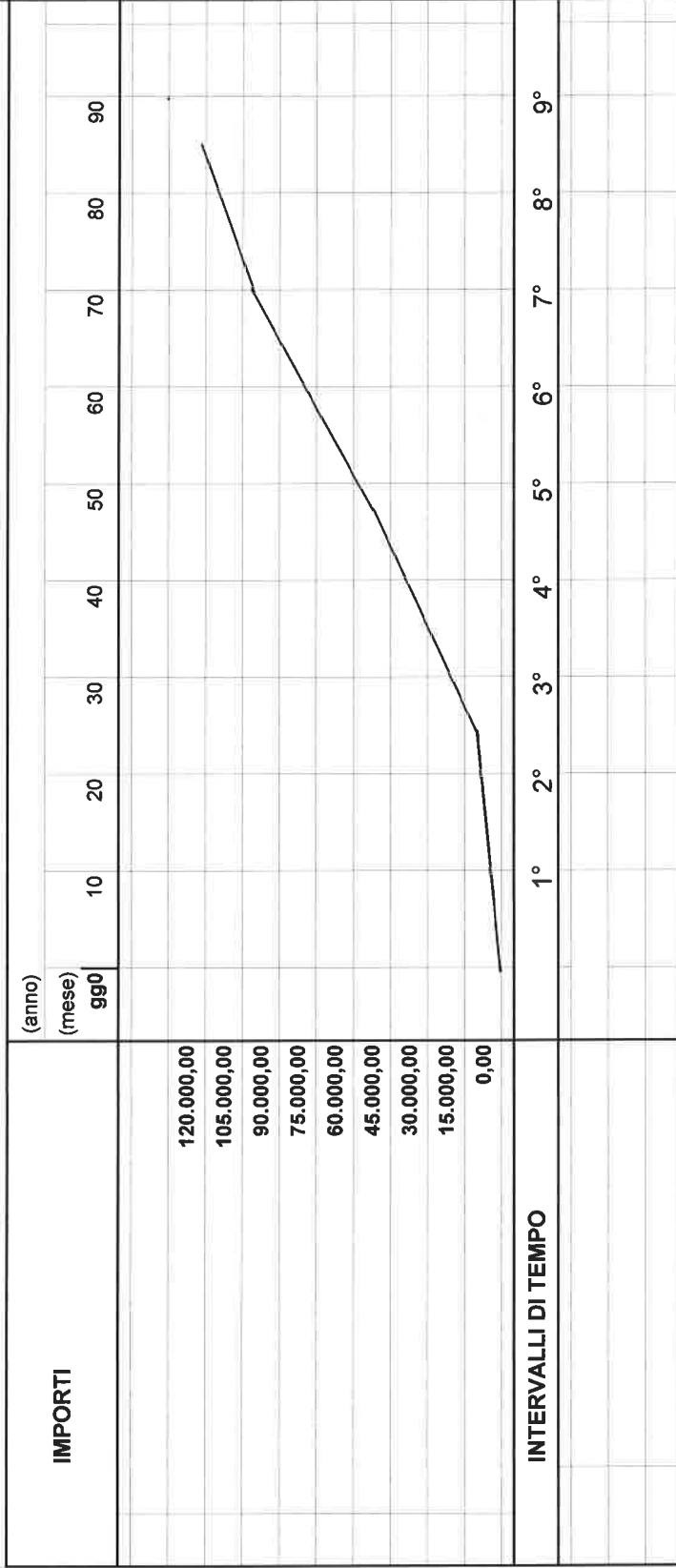
L'interruttore a protezione del fotovoltaico verrà installato nel quadro generale nuovo QGN e sarà dotato di uno sganciatore a lancio di corrente, comandato dal pulsante di sgancio a rottura di vetro posto sulla facciata dell'edificio, in prossimità dell'ingresso principale.

Il pulsante di sgancio sarà unico per entrambi gli impianti fotovoltaici.

## Cronoprogramma delle lavorazioni/diagramma tempi-imperti

Scuola elementare di Sgonico-Osnovna šola Zgonik

Riparazione copertura ed installazione pannelli fotovoltaici



## Cronoprogramma delle lavorazioni

Scuola elementare di Sgonico-Osnovna šola Zgonik

Riparazione copertura ed installazione pannelli fotovoltaici

CATEGORIE DI LAVORI	(anno)												
	(mese) ggg	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
1		€ -											
2			€ 5.496,47										
4				€ 34.308,63									
5					€ 16.736,00								
6						€ 64.368,68							
8													
TOTALE													
<b>AREE DI CANTIERE</b>													
<b>AC 0</b>	Aree di intervento interna												
<b>AC I</b>	Aree di intervento esterna												
<b>SOVRAPPOSIZIONI DI FASI LAVORATIVE</b>													
<b>IMPORTI PROGRESSIVI</b>													
			5.496		39.805		39.805		39.805		120.910		