

# COMUNE DI BONORVA

PROVINCIA DI SASSARI



*“BANDO PER IL COFINANZIAMENTO DI IMPIANTI SOLARI INTEGRATI  
NELLE STRUTTURE E NELLE COMPONENTI EDILIZIE”*

## **IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SOLARE TERMICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL PALAZZETTO DELLO SPORT**

### ***PROGETTO PRELIMINARE-DEFINITIVO***

#### **RELAZIONE TECNICO – ILLUSTRATIVA**

##### **1 PREMESSA**

Nel quadro degli interventi finalizzati alla riduzione del consumo energetico, l'Amministrazione Comunale di Bonorva ha predisposto uno studio per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il presente lavoro è stato redatto dal sottoscritto professionista a seguito di formale incarico conferitogli in data 01/03/2010, con determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica n. 35, relativamente alla sola progettazione preliminare/definitiva, alla contabilità e direzione lavori e ai servizi relativi alla sicurezza nei cantieri, ai sensi della normativa vigente.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 18,90 kWp, da installare nel palazzetto dello sport, sito nel Comune di Bonorva in via Cavalieri di Vittorio Veneto. L'impianto sarà del tipo grid-connected cioè connesso alla rete di media tensione dell'Enel con una distribuzione dettata dalle modalità tecniche e procedurali stabilite dal gestore di rete. La soluzione tecnica di connessione farà riferimento ad una linea MT presente in prossimità dell'impianto. L'energia prodotta verrà utilizzata in parte per i normali consumi relativi alla gestione dell'impianto sportivo, mentre la quota eccedente verrà ceduta alla rete elettrica nazionale.

## 2 NORME DI RIFERIMENTO

Per la progettazione e realizzazione del sistema fotovoltaico il quadro normativo e legislativo generale di riferimento è articolato sulle seguenti principali disposizioni:

### LEGISLAZIONE TECNICA DESCRIZIONE

- DPR 547/55 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"
- Legge 186/68 "Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici"
- Legge 46/90 "Norme per la sicurezza degli impianti"
- DPR 447/91 "Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990, n. 46 in materia di sicurezza degli impianti"
- D.Lgs 626/94 "Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro"
- DM 09/01/1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"
- DM LL.PP. 16 Gennaio 1996 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi"
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi"
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Decreto Legge n. 387/03 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità"
- DM 27/02/2007 "Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare"

### NORME DESCRIZIONE

- UNI 10349 Atlante Europeo della Radiazione Solare Dati di radiazione standardizzati di supporto per il dimensionamento del generatore fotovoltaico
- CEI 62-85 "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione"
- CEI 64-8 (V edizione, giugno 2004, fasc.7321) "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- CEI EN 60265-1 (CEI 17-9/1) "Interruttori di manovra ed interruttori di manovra-sezionatori per alta tensione. Parte 1: interruttori di manovra ed interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 KV e inferiori a 52 KV"
- CEI EN 62271-105 (CEI 17-88) "Interruttori di manovra ed interruttori di manovra sezionatori combinati con fusibili per corrente alternata"
- CEI EN 60694 (CEI 17-21) "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione"
- CEI EN 50052 (CEI 17-55) "Involucri in lega di alluminio fusa per apparecchiatura ad alta tensione contenenti gas in pressione"
- CEI EN 50064 (CEI 17-56) "Involucri saldati in alluminio ed in lega di alluminio per apparecchiatura ad alta tensione contenenti gas in pressione"
- CEI EN 50068 (CEI 17-57) "Involucri saldati in acciaio per apparecchiatura ad alta tensione contenenti gas in pressione"
- CEI EN 50069 (CEI 17-58) "Involucri saldati in lega di alluminio composta da parti saldate e fuse per apparecchiatura ad alta tensione contenenti gas in pressione"
- CEI 62-85 "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione"
- CEI EN 62271-102 (CEI 17-83) "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione"
- CEI EN 60044-1 (CEI 38-1) "Trasformatori di misura parte 1: Trasformatori di corrente"
- CEI EN 60044-2 (CEI 38-2) "Trasformatori di misura. Parte 2: trasformatori di tensione induttivi"
- CEI 20-19 "Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V"
- CEI 20-22/II "Prove d'incendio su cavi elettrici. Parte 2: prova di non propagazione dell'incendio"
- CEI EN 60270 (CEI 42-3) "Scariche parziali – misure"

- CEI EN 60529 (CEI 70-1) “Gradi di protezione degli involucri - Codice IP”
- CEI 11-35 “Guida alla esecuzione delle cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale”
- CEI EN 60137 (CEI 36-2) “Isolatori passanti per tensioni alternate oltre 1000V”
- CEI EN 60904-1 Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione corrente
- CEI EN 60904-2 Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento
- CEI EN 60904-3 Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
- CEI EN 61727 Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
- Serie CEI EN 62056 “Misura dell'energia elettrica – Scambio dei dati per la lettura dei contatori, il controllo delle tariffe e del carico”
- CEI 11-20 “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria-variante”
- CEI EN 11-20 V1 “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”
- CEI EN 60076-1 (CEI 14-4/1) “Trasformatori di potenza” – Parte 1 “Generalità”
- CEI EN 60076-2 (CEI 14-4/2) “Trasformatori di potenza” – Parte 2 “Riscaldamento”
- CEI EN 60076-3 (CEI 14-4/3) “Trasformatori di potenza” – Parte 3 “Livello di isolamento, prove dielettriche e distanze isolanti in aria”
- CEI EN 60076-10 (CEI 14-4/10) “Trasformatori di potenza” – Parte 10 “Determinazione dei livelli di rumore”
- CEI 14-8 “Trasformatori di potenza a secco”
- CEI 14 “Guida per l'esecuzione delle prove sui trasformatori di potenza”
- CEI 14-7 “Marcatura dei terminali dei trasformatori di potenza”
- CEI EN 60076-5 (CEI 14-4/5) “Trasformatori di potenza” – Parte 5- Capacità di tenuta al corto circuito”
- CEI 82-24 “Componenti di sistemi fotovoltaici – moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali”
- Serie CEI EN 60146 “Convertitori a semiconduttori e convertitori commutati dalla linea”
- Serie CEI EN 61000 “Compatibilità elettromagnetica (EMC)”
- ENEL DISTRIBUZIONE DK5600 “Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della distribuzione”
- ENEL DISTRIBUZIONE DK5740 “Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete MT di ENEL DISTRIBUZIONE”

### 3 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLA TECNOLOGIA

#### IMPIANTO FOTOVOLTAICO

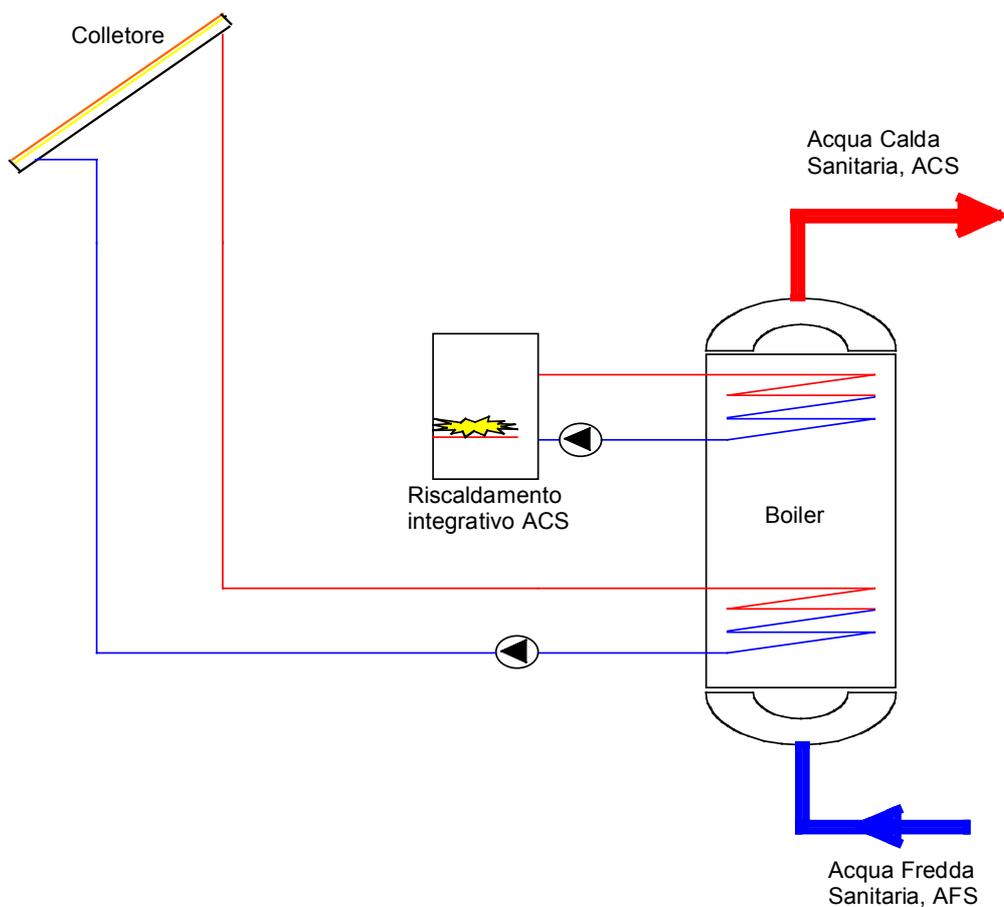
Gli impianti fotovoltaici non sono fonte di emissioni inquinanti, sono esenti da vibrazioni e, data la loro modularità, possono assecondare la morfologia dei siti di installazione. L'impatto ambientale di un impianto alimentato a fonte solare è nullo in particolare per quanto riguarda il rilascio di inquinanti nell'aria e nell'acqua. Con la produzione di energia da fonte solare si contribuisce alla riduzione dei gas responsabili dell'effetto serra e delle piogge acide.

L'energia irradiata dal sole si propaga nello spazio circostante, e dopo aver attraversato l'atmosfera arriva al suolo con un'intensità mediamente pari, in funzione dell'inclinazione del sole, a circa  $1000 \text{ W/m}^2$  (irraggiamento al suolo, in condizioni di giornata serena e sole a mezzogiorno). Il flusso di energia che giunge sulla terra è circa 15.000 volte superiore all'attuale consumo energetico mondiale. Di questa enorme quantità di energia, solo una parte può essere trasformata in energia utile. L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche (nuvolosità, foschia, ecc.) e dipende dalla latitudine del luogo. In Sardegna, l'irraggiamento solare medio annuale è di circa  $4,7 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$ . Un sistema fotovoltaico è in grado di trasformare istantaneamente una parte della radiazione solare in energia elettrica, in corrente continua. Questa potrà successivamente essere utilizzata, accumulata o trasformata in corrente alternata da un dispositivo chiamato inverter. Il generatore fotovoltaico (FV) è costituito da un insieme di moduli collegati tra loro in modo da ottenere la potenza desiderata. I moduli sono costituiti da un insieme di celle, generalmente in silicio cristallino (mono o poli). Un insieme di moduli FV collegati in serie costituisce una stringa. Oggi, la tecnologia FV è matura ed affidabile. Essa è disponibile oltre che in substrati di silicio cristallino anche in substrati in silicio amorfo e in multistrato di materiali diversi da silicio. Questi ultimi sistemi, detti *thin film* sono oggi poco diffusi, ma rappresentano il futuro prossimo per due peculiarità:

- presentano costi di produzione sensibilmente minori;
- presentano buone rese anche in condizioni non ottimali di esposizione solare.

## IMPIANTO SOLARE TERMICO

Il collettore solare è ormai diventato un dispositivo comune e diffuso anche in Italia, impiegato per il riscaldamento di ACS, acqua per piscine, e talvolta anche per il riscaldamento di fluidi di processi industriali. Il collettore solare assorbe la frazione dello spettro della radiazione solare (infrarosso -visibile) che sollecitando le molecole del fluido vettore (solitamente acqua o acqua-glicole) e lo riscalda. In particolare, le molecole del fluido termo-vettore assorbono la radiazione IR-visibile trasformandola in energia vibrazionale e rotazionale tra gli atomi delle stesse molecole. Ciò implica l'incremento della temperatura del fluido vettore, senza l'uso di alcun combustibile e quindi senza costi energetici e ambientali.



*Figura 1 – Schema descrittivo impianto ST*

## 4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 4.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO

L'edificio oggetto dell'intervento è ubicato nella periferia nord-ovest dell'abitato, in una zona dove sono concentrati la maggior parte dei servizi comunali (il palazzetto è adiacente alla scuola media che diventerà il prossimo istituto comprensivo per la scuola dell'obbligo) ed è prospiciente il campo sportivo comunale. Nelle immediate vicinanze sono ubicate anche la scuola materna ed un edificio precedentemente destinato a casa dello studente che viene trasformato in laboratori per gli istituti superiori. L'asse longitudinale dell'edificio è di  $10^\circ$  rispetto all'asse nord-sud. La facciata dell'ingresso si presenta perciò in condizioni ottimali per l'installazione di un impianto fotovoltaico. La struttura portante è in cemento armato e i pilastri sono inclinati rispetto all'orizzontale di  $45^\circ$ , per cui costituiscono un ottimo supporto, idoneo oltre tutto dal punto di vista statico.



*prospetto principale*

L'ipotesi progettuale prevede l'inserimento dell'impianto nella facciata sud, sulla pensilina che accompagna tutta la facciata, e collegando la struttura di sostegno dei pannelli, in alluminio, alla strutture portanti dell'edificio, in c.a. In particolare verranno inseriti 60 moduli sulla parte delle travi a ginocchio disposte a  $45^\circ$  rispetto al piano orizzontale, mentre i rimanenti 30 moduli verranno posizionati nella parte alta delle travi, disposte a formare un angolo di  $6^\circ$  rispetto al piano orizzontale (tav. 5). Di fatto, il diverso angolo di tilt dei pannelli non implica una grande differenza di produzione annua di energia e consente una disposizione fedele all'andamento della facciata dell'edificio. Globalmente l'impianto così disposto consentirà una produzione annua di 37.416,88 kWh.

In considerazione della presenza di finestre nella muratura arretrata, la scelta progettuale è caduta sui pannelli in silicio policristallino definiti "vetro-vetro", che consentono il passaggio dei raggi luminosi attraverso il supporto inferiore trasparente.

All'impianto fotovoltaico è associato un sistema solare integrato foto-termico, che consiste in un

impianto solare termico con *boiler indoor* per migliorarne le prestazioni di efficienza, affidabilità e durabilità. Il sistema integrato foto-termico è stato dimensionato per soddisfare buona parte del fabbisogno energetico, sia di ACS (acqua calda sanitaria) sia di energia elettrica, dell'edificio. È stato previsto dunque un impianto FV di potenza nominale di 18,90 kWp ed un impianto solare termico che prevede 5 collettori solari per una superficie di circa 12 mq ed un boiler di 500 lt.



*rendering*

Il sistema foto-termico sarà installato come segue:

- L'impianto FV sulla parete sud dell'edificio in modalità complanare all'estradosso delle strutture portanti in c.a., ricorrendo a moduli a tecnologia in silicio policristallino con pannelli delle dimensioni di 2470x1010 mm.
- L'impianto solare termico prevede l'installazione dei collettori solari sulla parte verso sud della copertura, in continuità con l'impianto fotovoltaico.

L'architettura elettrica del sistema in corrente continua sarà realizzata con serie di moduli fotovoltaici (stringhe) isolate da terra e composte da moduli identici in numero, marca, prestazioni elettriche ed esposizione. Il sistema in corrente continua sarà collegato a più quadri di parallelo stringhe fino al gruppo di conversione, composto da inverter che convertiranno la corrente da continua in alternata, idonea al trasferimento della potenza del generatore fotovoltaico alla rete, secondo la normativa vigente. L'uscita elettrica degli inverter confluirà ad un quadro di collegamento ed all'interfaccia di rete, necessari per il parallelo alla stessa (20 kV c.a. trifase 50 Hz).

L'impianto prevede l'installazione di 90 pannelli delle caratteristiche indicate nella relazione di calcolo. Dal punto di vista impiantistico si avranno 15 moduli per stringa e due stringhe per

ciascun inverter.



*modulo fotovoltaico vetro/vetro, del tipo solarday serie PX 60HT*

Il sistema di conversione è costituito da 3 inverter, per assicurare la massima flessibilità dell'impianto ed il miglior rendimento dello stesso. Gli inverter utilizzati nel dimensionamento dell'impianto hanno in ingresso (in CC), potenza massima di 6800 W e tensione di 800 V con corrente di ingresso fino a 26 A. In uscita si hanno 6000 W in CA e corrente 26 A. La tensione nominale è di 220-240 V con intervallo 190-264 V alla frequenza di 50 Hz. L'allacciamento in CA è monofase. Il grado di efficienza dell'inverter utilizzato è del 96,3%. L'alloggiamento del gruppo di conversione e del quadro di interfaccia saranno in idoneo locale ubicato lungo il prospetto laterale, lato campo sportivo (tav. 2.1), mentre i quadri di parallelo stringhe verranno fissati all'esterno al di sotto delle strutture di sostegno moduli. Le strutture di sostegno che sorreggono i moduli sono in alluminio e acciaio zincato e orientano i moduli in direzione sud con inclinazione di 45° e 6° rispetto l'orizzontale.

I cavi elettrici di collegamento fra le varie stringhe e il gruppo di conversione saranno posizionati in cavidotti interrati, fino ad una profondità massima di circa 1 metro (tav. 2.1).

Tutti i componenti del sistema saranno cablati con idonei conduttori per tipologia e sezione, i conduttori in esterno (cablaggio stringhe) saranno in cavo per applicazioni fotovoltaiche di opportuna sezione, mentre i cavi di collegamento fra i quadri di parallelo stringa ed il gruppo di conversione saranno interrati ed avranno sezione adeguata in base alla portata, ed alla distanza. Il cablaggio all'interno dei locali di alloggiamento convertitori sarà eseguito concordemente alle normative vigenti in materia. I quadri elettrici saranno certificati e marchiati dal costruttore secondo le norme CEI. Sull'involucro esterno verrà posto il marchio CE. Il montaggio di ogni componente sarà tale da impedire contatti accidentali con parti in tensione come richiesto dalle norme CEI presente all'interno del gruppo di conversione.

L'impianto fotovoltaico verrà progettato con riferimento a materiali e componenti di fornitori primari, dotati di marchio di qualità, di marchiatura o di autocertificazione del costruttore, attestanti la loro costruzione a regola d'arte secondo la normativa tecnica e la legislazione vigente. In corrispondenza della parte con maggiore pendenza dell'area di impianto verranno realizzate apposite canalizzazioni e canali di scolo per il corretto deflusso dell'acqua piovana verso la parte bassa. In sede di progettazione esecutiva potrà verificarsi, in seguito ad eventuali aggiustamenti tecnici, una diminuzione del numero di stringhe e/o, a seguito di eventuale

diversa disponibilità commerciale dei moduli fotovoltaici attualmente scelti, una variazione della potenza elettrica di impianto.

#### 4.2 GENERATORE SOLARE TERMICO

L'impianto è costituito da:

- n. 5 pannelli solari;
- n. 1 serbatoio in acciaio smaltato da 500 litri, con doppia serpentina;
- n. 1 pompa elettrica di circolazione: pompa elettrica per la circolazione forzata della miscela di acqua-glicole all'interno del circuito solare;
- n. 1 centralina a microprocessore: centralina elettronica a microprocessore per controllare il funzionamento dell'impianto;
- tubi di raccordo che collegano i pannelli solari al serbatoio o alla pompa;
- cavi elettrici di alimentazione della pompa e delle sonde;
- liquido antigelo: miscela di acqua e glicole da versare all'interno del circuito, una volta montato, per evitare i problemi dati dal gelo;
- sono inclusi anche: 3 sonde, pozzetti per sonde, un vaso d'espansione per il circuito solare da 18 lt., manometro, termometro, valvole di sicurezza, valvole di chiusura, valvola carico liquido, rubinetto di scarico, sfiato manuale, valvola miscelatrice meccanica manuale;

#### Impianto solare termico ACS

Impianto, dimensionato con collettori "Chromagen" CR-120, destinato alla produzione di ACS, è costituito da n° 5 collettori piani collegati in due serie composte rispettivamente da 2 e 3 collettori e prevede l'installazione di un boiler di accumulo da 500 lt con doppia serpentina alimentato dall'impianto. L'impianto consentirà la produzione di acqua calda sanitaria che dovrà essere integrata dall'impianto termico previsto nel progetto di completamento del palazzetto dello sport. La produzione, infatti, non può essere sufficiente in quanto la produzione di ACS, nei periodi più caldi può generare al max 800-1.000 litri d'acqua a 40 gradi al giorno, durante tutto il periodo che va da fine maggio a metà settembre.

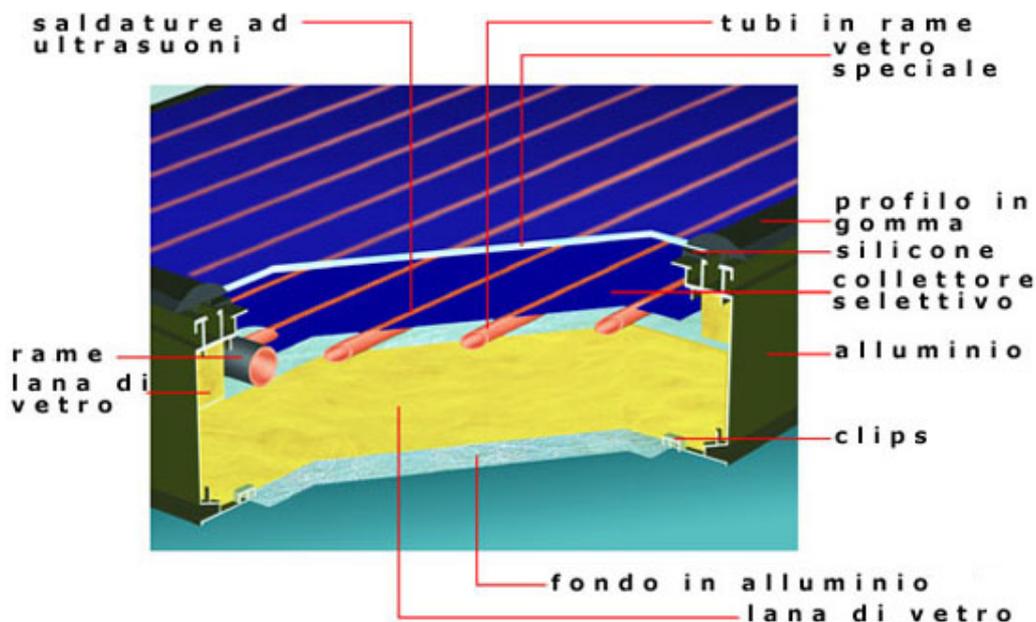
L'impianto è formato da due circuiti idraulici separati: quello **primario** del pannello, in cui circola il liquido riscaldato dal sole e quello **secondario** in cui circola acqua sanitaria e che è collegato all'impianto idraulico di casa.

La dimensione ottimale dell'accumulatore consente di soddisfare al meglio le esigenze suddette e dipende dalle condizioni climatiche, dal tipo di richiesta dell'energia e da condizioni di carattere economico. Se si tengono presenti sia gli aspetti tecnici che economici il campo dei valori ottimali è generalmente compreso tra i 50 e i 100 lt per mq di area captante. Oltre al dimensionamento, l'isolamento del boiler costituisce un fattore importante nel buon funzionamento del sistema in quanto, riducendo l'energia dispersa, aumenta quella disponibile all'utenza. Negli impianti solari a circolazione forzata il serbatoio è montato separatamente (nel locale caldaia) ed il liquido del circuito primario è spinto da una pompa.

La pompa di circolazione viene messa in moto da una centralina che confronta le temperature dei collettori e dell'acqua nel serbatoio di accumulo rilevata da apposite sonde.

Il pannello solare vetrato risulta essere così composto: un assorbitore della luce solare, costituito da una lastra simile ad un radiatore (che può essere in acciaio o in rame), all'interno della quale è inserito un fascio di tubi in cui scorre il liquido del circuito primario destinato ad essere riscaldato.

Tale fluido è normalmente acqua addizionata con antigelo in modo da resistere al freddo invernale senza congelarsi. Una lastra di vetro trasparente, posta superiormente all'assorbitore, che permette il passaggio dei raggi solari.



*schema di pannello solare a circolazione forzata*

L'assorbitore, scaldandosi, emette energia sotto forma di radiazione infrarossa: ma il vetro, nei confronti di queste radiazioni, attenua la dispersione all'esterno perché è opaco (effetto serra). Nella parte sottostante del pannello è inserito un isolante termico (in fibra o lana di vetro o in poliuretano espanso privo di CFC) che riduce le dispersioni di calore. Il pannello è chiuso posteriormente da una scocca, spesso realizzata in lamiera. Il tutto (vetro, assorbitore e fascio tubiero, isolante termico e scocca posteriore) è tenuto assieme da uno chassis che assembla le parti e conferisce al pannello robustezza e stabilità.

L'acqua sanitaria proveniente dall'acquedotto viene convogliata nel sistema di accumulo, costituito da un serbatoio da 500 lt. Il boiler è di tipo verticale, in acciaio, idoneo per acqua potabile, con trattamento interno anticorrosivo (termoflonatura) e rivestiti a un mantello isolante in schiuma poliuretanic.

### Serbatoio 500 litri

Capienza	: 500 litri
Isolamento	: lana di vetro 10 cm.
Materiale	: acciaio vetroporcellanato



*schema di boiler a doppia serpentina da 500lt*

## 5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV

L'impianto sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- 5.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO;
- 5.2 GRUPPO DI CONVERSIONE;
- 5.3 QUADRO DI PARALLELO E DI CONSEGNA;
- 5.4 QUADRO ELETTRICO GENERALE;
- 5.5 CAVI, RETE DI TERRA E ALTRI COMPONENTI;

### 5.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico è costituito da 90 moduli fotovoltaici semitrasparenti disposti su sei file, con potenza di picco pari a 210 W ciascuno, inclinati a 45° e 6°, orientati a 10° in direzione Nord-Sud. La potenza nominale complessiva del generatore sarà quindi di 18,90 kW di potenza di picco installata. La superficie coperta sarà di circa 230 mq.

#### *Moduli fotovoltaici*

I moduli utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono in silicio multicristallino del tipo "vetro-vetro", dotati di un'innovativa soluzione che utilizza vetro sia nella parte anteriore che posteriore del pannello, anziché il materiale polimerico usato tradizionalmente. Tale soluzione consente di ottenere un elevato coefficiente di trasparenza. Questo tipo di modulo è autoportante, strutturale, conforme alle normative Europee EN 12543, qualificandolo come vetro di sicurezza. I moduli fotovoltaici saranno montati su una struttura di supporto fissa opportunamente ancorata alle travi in cls armato per fornire l'idonea rigidità strutturale. La struttura è realizzata in alluminio e acciaio zincato in modo da garantire resistenza alla corrosione e massima durata. In particolare le travature saranno in profilato di alluminio estruso, i montanti in acciaio zincato e le minuterie in acciaio inossidabile. I profili trasversali saranno dotati di un canale integrato per posare i cavi tra i moduli. La struttura permetterà di conferire ai pannelli la giusta inclinazione rispetto all'orizzontale.

### 5.2 GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è costituito da tre dispositivi, ciascuno dei quali contiene:

- due connettori per stringhe in parallelo;
- il sistema di protezione lato continua (fusibili, diodi di blocco, sistemi di protezione da sovraccarico, sezionatori di stringa e protezione da sovratensioni);
- convertitore statico c.c./a.c. monofase a 220 V (inverter);
- il dispositivo di interfaccia di rete (conforme CEI 11-20) contenente le apparecchiature di comando, misura e controllo affinché l'energia trasferita alla rete abbia i necessari requisiti di qualità e sicurezza
- eventuale scheda di Interfaccia per connessione a PC;

La connessione in parallelo dei gruppi di conversione comporta l'introduzione di interruttori magnetotermici bipolari che consentono di sezionare singolarmente i gruppi.

### *Inverter*

La conversione dell'energia prodotta dalle stringhe di moduli fotovoltaici da corrente continua in corrente alternata verrà realizzata mediante 3 inverter in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPP) e che costruiscono l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da ottenere l'ampiezza delle armoniche entro valori stabiliti dalle norme. Il gruppo di conversione sarà conforme alla normativa vigente, applicabile sia all'eventuale connessione alla rete che alla compatibilità elettromagnetica. Saranno inoltre previste tutte le protezioni contemplate dalla normativa vigente. In funzione delle condizioni di insolazione l'inverter riceve in ingresso l'energia prodotta dai moduli individuando istante per istante quel particolare punto sulla caratteristica I-V del generatore fotovoltaico per cui risulta massimo il trasferimento di potenza verso il carico posto a valle. I gruppi di conversione sono di tipo monofase, idonei alla configurazione "grid-connected".

### *Quadro inverter*

La funzione principale di ciascun quadro inverter è quella di interfacciare ciascun quadro di parallelo inverter alla sezione inverter. Si avrà inoltre la possibilità di configurare il collegamento con la sezione inverter in modo da ottenere nelle diverse condizioni di produzione di energia solare spegnendo quelli non necessari. Da quanto esposto si evince che gli inverter saranno utilizzati, per quanto possibile, alla massima potenza che corrisponde al massimo rendimento dell'impianto nel suo complesso. E' prevista inoltre una rotazione dello spegnimento degli inverter in modo da renderne omogeneo l'utilizzo e quindi la manutenzione programmata.

### *Dispositivo di interfaccia*

Il quadro elettrico d'interfaccia è stato progettato per soddisfare le richieste della normativa CEI 11-20 e provvedere contemporaneamente alla corretta connessione degli inverter e al monitoraggio delle prestazioni del sistema. Esso contiene 3 interruttori magnetotermici bipolari, Wattmetro e contatore di energia digitale (per la misura della potenza in uscita da ciascun campo e della potenza totale prodotta dal sistema e per la contabilizzazione dell'energia prodotta), un contattore alimentato a 230 Volt c.a. collegato a 3 relè comandati ognuno da una scheda di monitoraggio di rete (interfaccia di rete), un magnetotermico tetrapolare (per il sezionamento dell'impianto).

Il quadro di interfaccia per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione energia elettrica secondo la CEI 11-20 e DK5940 contiene dispositivo d'interfaccia rete-inverter, organi di protezione e sezionamento e sistema di monitoraggio. Esso assolverà la funzione di:

- protezione e sezionamento elettrico di ognuno degli inverter dell'impianto (interruttori automatici);
- protezione delle linee da sovratensioni indotte (scaricatori) in ingresso lato rete;
- protezione di interfaccia verso la rete elettrica (relè di protezione di max, min tensione e frequenza + dispositivo di interfaccia) conforme alle prescrizioni Enel DK 5940 e DK 5740.
- nodo equipotenziale di terra.

### **5.3 QUADRI DI PARALLELO E DI CONSEGNA**

Il quadro di parallelo e di consegna è costituito dal quadro elettrico dove vengono effettuate le connessioni degli inverter al quadro elettrico generale e alla rete, contenente tre interruttori magnetotermici (uno per ciascun inverter), un contatore analogico dell'energia prodotta e due scaricatori che connettono la fase e il neutro in uscita alla rete di terra e proteggono il gruppo di conversione da eventuali sovratensioni provenienti dalla rete.

I quadri di parallelo provvederanno:

- al parallelo elettrico delle stringhe afferenti tramite scatole in PVC;
- alla protezione elettrica delle stringhe da sovratensione indotta tramite limitatori (scaricatori).

Il montaggio di ogni componente sarà tale da impedire contatti accidentali con parti in tensione come richiesto dalle norme CEI 17-13. Il fissaggio al suolo sarà tramite supporto dedicato. La disposizione dei cavi elettrici in arrivo ai suddetti quadri dovrà permettere la facile sostituzione di ogni pannello con il sezionamento di ciascuna stringa, realizzato con sezionatori adatti all'uso fotovoltaico nel numero di 1 per ogni stringa.

Le apparecchiature contenute saranno:

- n. 2 scaricatori di sovratensione sulle due sbarre per la protezione contro le scariche atmosferiche;
- Diodo di protezione in serie al sezionatore;
- n. 1 sezionatore di uscita verso inverter  $I_n = 32A$  in corrente continua;
- n. 1 sistema di Controllo e Monitoraggio Stringhe.

Il quadro elettrico sarà certificato e marchiato secondo le norme CEI.

Prima delle connessioni in parallelo saranno installati 2 interruttori magnetotermici 2P-12A per il sezionamento di ciascuno dei campi.

Per ogni stringa saranno inseriti dei diodi di blocco (il cui scopo è quello di impedire che, qualora l'erogazione di potenza delle singole stringhe non sia bilanciata, gli squilibri di tensione tra le stesse possano provocare dei ricircoli di corrente verso quelle a tensione minore) e dei sezionatori portafusibili; in uscita, un organo di sezionamento generale in grado di aprire la corrente continua (con eventualmente abbinato un dispositivo che rilevi la perdita di isolamento della sezione in continua attinente a quel quadro) ed uno scaricatore di sovratensione indotta.

### **5.4 QUADRO ELETTRICO GENERALE**

Il quadro elettrico generale contenente l'interruttore magnetotermico generale e il limitatore di potenza, è un quadro elettrico dove vengono effettuate le connessioni della rete e del generatore fotovoltaico ai quadri elettrici di settore (contenenti gli interruttori differenziali per la protezione dell'utenza). A valle degli inverter il cablaggio sarà eseguito in modo da limitare lo sbilanciamento delle fasi. Il gruppo di conversione, il quadro di parallelo ed il quadro generale saranno posizionati in apposito locale tecnico ubicato lungo il prospetto laterale (lato campo sportivo – tav. 2.1) per dare la possibilità agli utenti di controllare le prestazioni del sistema tramite il contatore di energia.

## 5.5 CAVI, RETE DI TERRA E ALTRI COMPONENTI

### *Cablaggio elettrico*

I cavi usati nella sezione in corrente continua hanno caratteristiche spinte (doppio isolamento, anti-UV, flessibilità, ecc.) e sono unipolari, mentre quelli in alternata sono multipolari.

Per collegare le stringhe del generatore al quadro di parallelo, si affrancheranno i cavi alla struttura di sostegno con collari che garantiscono la durata nel tempo: questi ultimi saranno di colore nero del tipo anti-UV e di lunghezza adeguata al fascio circoscritto.

Nell'impianto saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

- cavo multipolare/unipolare in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate o entro canalizzazioni metalliche;
- cavo unipolare in rame isolato in PVC, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-20, da posare in tubazioni isolanti incassate o in vista;
- cavo unipolare precordato in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7, sotto guaina in PVC, con semiconduttore elastomerico estruso schermatura a filo di rame rosso tipo, conforme alle Norme CEI 20-13, da posare in tubazioni interrate per alimentazione MT.

La scelta delle sezioni dei cavi è effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. Tutti i cavi appartenenti ad uno stesso circuito seguiranno lo stesso percorso e saranno quindi infilati nella stessa canalizzazione, cavi di circuiti a tensioni diverse saranno inseriti in tubazioni separate e faranno capo a scatole di derivazione distinte; qualora facessero capo alle stesse scatole, queste avranno diaframmi divisorii. I cavi che seguono lo stesso percorso ed in special modo quelli posati nelle stesse tubazioni, verranno chiaramente contraddistinti mediante opportuni contrassegni applicati alle estremità. Il collegamento dei cavi in partenza dai quadri e le derivazioni degli stessi cavi all'interno delle cassette di derivazione saranno effettuate mediante appositi morsetti. I cavi non trasmetteranno nessuna sollecitazione meccanica ai morsetti delle cassette, delle scatole, delle prese a spina, degli interruttori e degli apparecchi utilizzatori. I terminali dei cavi da inserire nei morsetti e nelle apparecchiature in genere, saranno muniti di capicorda oppure saranno stagnati.

### *Canalizzazioni*

La posa dei cavi elettrici costituenti gli impianti in oggetto è stata prevista in canalizzazioni distinte o comunque dotate di setti separatori interni per quanto riguarda le seguenti tipologie di circuiti:

- energia elettrica;
- segnalazione e speciali.

Le tubazioni impiegate per realizzare gli impianti saranno dei seguenti tipi:

- tubo flessibile in PVC autoestinguente, serie pesante, con Marchio di Qualità, conforme alle Norme EN 50086, con colorazione differenziata in base all'impiego, posato entro cavedio/parete prefabbricata o incassato a parete/pavimento
- tubo flessibile corrugato a doppia parete in polietilene alta densità, o tubo rigido in PVC serie pesante, conforme alle norme EN50086 per posa interrata 450N; caratteristiche dello scavo e profondità di interramento sono riportate negli elaborati grafici di progetto.

I cavi avranno la possibilità di essere infilati e sfilati dalle tubazioni con facilità; nei punti di derivazione dove risulti problematico l'infilaggio, saranno installate scatole di derivazione, in metallo o in PVC a seconda del tipo di tubazioni.

Tutte le derivazioni e le giunzioni dei cavi saranno effettuate entro apposite cassette di derivazione di caratteristiche congruenti al tipo di canalizzazione impiegata. Tutte le cassette disporranno di coperchio rimovibile soltanto mediante l'uso di attrezzo. Per tutte le connessioni verranno impiegati morsetti da trafilato o morsetti volanti a cappuccio con vite isolati a 500 V. Per quanto riguarda lo smistamento e l'ispezionabilità delle tubazioni interrate verranno impiegati pozzetti prefabbricati in cemento vibrato. I chiusini saranno carrabili (ove previsto). I pozzetti saranno installati in corrispondenza di ogni punto di deviazione delle tubazioni rispetto all'andamento rettilineo, in ogni punto di incrocio o di derivazione di altra tubazione.

#### *Sistema di acquisizione dati*

L'impianto potrà essere dotato di un sistema di monitoraggio delle prestazioni (data logger) al fine di verificarne, attraverso un software dedicato, la corretta funzionalità.

#### *Variatione della tensione con la temperatura per la sezione in c.c.*

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi si temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino essere verificate le seguenti disuguaglianze:

a)  $V_{m_{min}} \geq V_{inv} MPPT_{min}$

b)  $V_{m_{max}} \leq V_{inv} MPPT_{max}$

c)  $V_{oc_{max}} < V_{inv_{max}}$

Nelle quali  $V_{inv} MPPT_{min}$  e  $V_{inv} MPPT_{max}$  rappresentano, rispettivamente i valori massimo e minimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza, mentre la  $V_{inv_{max}}$  è il valore massimo di tensione in c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter. Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza della temperatura pari a  $-0,38\% / ^\circ C$  ed i limiti di temperatura estremi pari a  $- 10^\circ C$  e  $+ 70 ^\circ C$ ,  $V_m$  e  $V_{oc}$  assumono valori differenti rispetto a quelli misurati in STC ( $25^\circ C$ ).

#### *Protezione contro il corto circuito*

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto-circuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo

limitatore contenuto all'interno dell'inverter. L'interruttore magnetotermico posto a valle di ciascun inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione all'interno all'inverter stesso.

#### *Protezione contro i contatti diretti*

Tutte le parti attive saranno adeguatamente isolate e l'isolamento si potrà rimuovere solo mediante distruzione. Gli involucri assicureranno un grado di protezione minimo IP20 (minimo IP44 per le zone di lavorazione e le utenze esterne) e potranno essere rimovibili soltanto con l'uso di attrezzo. Gli interruttori automatici magnetotermici-differenziali installati, svolgeranno anche una funzione di protezione addizionale nei riguardi dei contatti diretti.

#### *Protezione contro i contatti indiretti*

Gli impianti utilizzatori avranno un'alimentazione del tipo TT e la protezione contro i contatti indiretti sarà effettuata per mezzo di un impianto di terra locale al quale saranno collegate tutte le masse metalliche tramite conduttore di protezione (che sarà separato dal neutro). La protezione avverrà con interruzione automatica del circuito tramite l'interruttore automatico differenziale coordinato con l'impianto di terra in modo tale da garantire una tensione verso terra non superiore a 50V.

#### *Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche*

L'abbattersi di scariche elettriche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare, il convertitore.

#### *Rete di terra*

Gli involucri metallici dei gruppi di conversione e le terminazioni degli scaricatori di sovratensione saranno connessi alla rete di terra dell'utente con un cavo da 16 mmq.

## 6 MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

- *Moduli fotovoltaici*

La manutenzione preventiva sui singoli moduli non richiede la messa fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

- *Ispezione visiva*, tesa all'identificazione dei danneggiamenti ai vetri (o supporti plastici) anteriori, deterioramento del materiale usato per l'isolamento interno dei moduli, microscariche per perdita di isolamento ed eccessiva sporcizia del vetro (o supporto plastico);
- *Controllo cassetta di terminazione*, mirata ad identificare eventuali deformazioni della cassetta di terminazione, la formazione di umidità all'interno, lo stato dei contatti elettrici della polarità positive e negative, lo stato dei diodi di by-pass, il corretto serraggio dei morsetti di intestazione dei cavi di collegamento delle stringhe e l'integrità della siliconatura dei passacavi.

- *Stringhe Fotovoltaiche*

La manutenzione preventiva sulle stringhe, viene effettuata dal quadro elettrico in continua, non richiede la messa fuori servizio di parte o tutto l'impianto e consiste nel:

- *Controllo delle grandezze elettriche*: l'ausilio di un normale multimetro controllare l'uniformità delle tensioni a vuoto e delle correnti di funzionamento per ciascuna delle stringhe che fanno parte dell'impianto; se tutte le stringhe sono nelle stesse condizioni di esposizione, risultano accettabili scostamenti fino al 10%.

- *Quadri Elettrici*

La manutenzione preventiva sui quadri elettrici non comporta operazioni di fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

- *Ispezione visiva*: tesa alla identificazione di danneggiamenti dell'armadio e dei componenti contenuti ed alla corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti sul fronte quadro;
- *Controllo protezioni elettriche*: per verificare l'integrità dei diodi di blocco e l'efficienza degli scaricatori di sovratensione;
- *Controllo organi di manovra*: per verificare l'efficienza degli organi di manovra;
- *Controllo cablaggi elettrici*: per verificare, con prova di sfilamento, i cablaggi interni dell'armadio ( solo in questa fase è opportuno il momentaneo fuori servizio) ed il serraggio dei morsetti;
- *Controllo elettrico*: per controllare la funzionalità e l'alimentazione del relè di isolamento installato, se il generatore è flottante, e l'efficienza delle protezioni di interfaccia.

- *Convertitore*

Le operazioni di manutenzione preventiva sono limitate ad una ispezione visiva mirata ad identificare danneggiamenti meccanici dell'armadio di contenimento, infiltrazione di acqua, formazione di condensa, eventuale deterioramento dei componenti contenuti e controllo della

corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti. Tutte le operazioni è bene che vengano eseguite con impianto fuori servizio.

- *Collegamenti Elettrici*

La manutenzione preventiva sui cavi elettrici di cablaggio non necessita di fuori servizio e consiste, per i soli cavi a vista, in un'ispezione visiva tesa all'identificazione di danneggiamenti, bruciature, abrasioni, deterioramento isolante, variazioni di colorazioni del materiale usato per l'isolamento e fissaggio saldo nei punti di ancoraggio (per esempio la struttura di sostegno dei moduli).

## 7 CRONOPROGRAMMA INTERVENTO

Considerata l'entità dei lavori è ipotizzabile una successione delle varie fasi secondo il seguente schema:

ATTIVITÀ	SETTIMANE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
allestimento cantiere	X												
scavi per cavidotti		X											
posa in opera pozzetti			X										
posa in opera tubazioni in PVC			X										
posa in opera cavi e condutture			X										
posa in opera e cablaggio quadri di campo				X	X								
posa in opera e cablaggio inverter						X	X						
posa in opera strutture di sostegno					X	X	X						
posa in opera e cablaggio dei moduli fotovoltaici e solari termici								X	X	X	X		
allaccio al distributore locale												X	
collaudo												X	
smantellamento cantiere													X

## 8 ANALISI SOMMARIA DEI COSTI

### 8.1 – Costi della sicurezza

Le opere in riferimento presentano particolari rilievi sotto l'aspetto della sicurezza, che dovrà essere valutata con attenzione durante tutte le fasi trattandosi di lavorazioni in quota, su apparecchiature sottoposte a tensione elettrica.

Con tali premesse è corretto, ai sensi del T.U. di cui al D.Lgs 81/08, che possano ipotizzarsi costi della sicurezza non inferiori al 2% dell'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta. In fase di redazione della progettazione esecutiva, i costi della sicurezza verranno valutati con maggiore dettaglio

### 8.2 – Costi dell'intervento

Complessivamente, la spesa prevista per la realizzazione delle opere ammonta a **euro 139.000,00**, come evidenziato nel quadro economico, comprensiva di lavori, oneri per la sicurezza, IVA ed altre spese, così ripartita:

- pannelli FV vetro-vetro:	€	63.000,00
- inverter e cablaggi vari:	€	15.610,00
- pannello solare termico in opera:	€	11.000,00
- elementi di fissaggio in opera:	€	10.000,00
- oneri per la sicurezza (2%):	€	1.992,20
- progettazione esecutiva:	€	4.062,59
		<hr/>
- <b>TOTALE LAVORAZIONI (A):</b>	<b>€</b>	<b>105.664,79</b>
- IVA sui lavori (10%):	€	10.160,22
- IVA e Cassa progettazione esecutiva:	€	910,02
- Spese tecniche IVA e Cassa comprese:	€	20.837,60
- incentivi RUP (1%):	€	1.016,02
- Imprevisti:	€	411,35
		<hr/>
- <b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE (B):</b>	<b>€</b>	<b>33.335,21</b>
		<hr/>

**SOMMANO (A+B): € 139.000,00**

## 9 QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

Sulla base delle scelte progettuali sono stati analizzati e definite lavorazioni per un importo a base d'asta di **euro 139.000,00**. Gli importi preventivati, comprensivi delle strutture di fissaggio, sono di 126.600,00 euro per l'impianto fotovoltaico e di 12.400,00 euro per i pannelli solari.

Le somme a disposizione ammontano a euro 33.335,21, la quota relativa agli oneri per la sicurezza (2%) a euro 1.992,20.

Sinteticamente il quadro economico è riportato nella seguente tabella:

	<b>Importo</b>	<b>Totale</b>
Impianto FV e solare termico	99.610,00	
Progettazione esecutiva	4.062,59	
<b>TOTALE A BASE DI GARA</b>	<b>103.672,59</b>	
Oneri per la sicurezza, non soggetti a ribasso (2% lavori)	1.992,20	
<b>SOMMANO</b>		<b>105.664,79</b>
<b>SOMME A DISPOSIZIONE</b>		
IVA su lavori (10%)	10.160,22	
IVA e Cassa sulla progettazione esecutiva	910,02	
Spese tecniche, IVA e Cassa comprese	20.837,60	
Incentivo RUP (1% lavori)	1.016,02	
Imprevisti sui lavori, IVA inclusa:	411,35	
<b>SOMMANO SOMME A DISPOSIZIONE</b>		<b>33.335,21</b>
<b>TOTALE</b>		<b>139.000,00</b>

## 10 ELENCO ELABORATI

- **All. A** – relazione tecnico-descrittiva e quadro economico
- **All. B** – relazione di calcolo impianto FV e solare termico
- **All. C** – computo metrico estimativo
- **All. D** – stima della sicurezza
- **All. E** – piano di sicurezza e coordinamento
- **All. F** – schema di contratto
- **All. G** – capitolato tecnico prestazionale

### ELABORATI GRAFICI

- **Tav. 1** – INQUADRAMENTO URBANISTICO;
- **Tav. 2** – PROGETTO: pianta – prospetto principale e laterale - rendering;
- **Tav. 2.1** – PROGETTO: pianta locali tecnici;
- **Tav. 3** – PROGETTO: schema unifilare impianto FV;
- **Tav. 4** – PROGETTO: schema impianto solare termico;
- **Tav. 5** – PROGETTO: ripartizione delle stringhe;
- **Tav. 6** – PROGETTO: particolari costruttivi impianto FV e impianto solare termico;