



I.A.C.P - CATANIA

COMPLETAMENTO DEL PROGRAMMA COSTRUTTIVO EX 162/CT RELATIVO ALLA COSTRUZIONE DI
SESSANTA ALLOGGI IN LOCALITA' JUNGO DEL COMUNE DI GIARRE

Deliberazione n. 207 Giunta Regionale del 10 giugno 2009

Deliberazione n. 224 Giunta Regionale del 6 agosto 2014



Elaborato

IMPIANTO FOTOVOLTAICO
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TAV.
E.1

rapp:

data

agg. FEB./2019

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore Bella (dal 04/02/2019)

SUPPORTO AL RUP

Geom. Alfio Mirabella

Geom. Marco Rapisarda

PROGETTO

Dott. Arch. Ida Maria Baratta

Dott. Arch. Giuseppe Lanza

Dott. Ing. Valeria Vadalà

VISTI E APPROVAZIONI:

**Oggetto: COMPLETAMENTO DI 60 ALLOGGI POPOLARI, OPERE CONNESSE ED OPERE
DI URBANIZZAZIONE NEL COMUNE DI GIARRE (CT) IN LOCALITÀ JUNGO, EX
PROGRAMMA COSTRUTTIVO 162/CT.**

COMMITTENTE: I.A.C.P. di Catania

PROGETTO DI n.5 IMPIANTI FOTOVOLTAICI DA 7,8 kWp

Data: Ottobre 2018

PROGETTO TIPO DI IMPIANTO ELETTRICO

Redatto per le finalità previste dalla Legge 22 gennaio 2008 n. 37 (ex Legge 46/90) e conformità alla guida CEI 0-2.

INDICE

RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO

1. DATI DI PROGETTO

- 1.1 Dati di progetto di carattere generale**
- 1.2 Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio**
- 1.3 Dati di progetto relativi alle influenze esterne**
- 1.4 Dati di progetto relativi alla rete di collegamento**
- 1.5 Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico**

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

3. DESCRIZIONE E FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

4. PRESTAZIONI PREVISTE DEL SISTEMA

5. SCHEMI ELETTRICI E PLANIMETRIE

- 5.1 Schemi elettrici**
- 5.2 Planimetrie**

RELAZIONE TECNICA

6. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

- 6.1 Accoppiamento tra campo fotovoltaico ed inverter**
 - 6.1.1 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.**
 - 6.1.2 Accoppiamento in potenza tra campo fotovoltaico e inverter**
 - 6.1.3 Accoppiamento in corrente tra campo fotovoltaico e inverter**
- 6.2 Portata dei cavi in regime permanente**
 - 6.2.1 Cavi in corrente continua**
 - 6.2.2 Cavi in corrente alternata**
- 6.3 Condotture**
- 6.4 Protezione contro il corto circuito**
 - 6.4.1 Circuito in corrente continua**
 - 6.4.2 Circuito in corrente alternata**
- 6.5 Stipamento dei cavi in tubi**
- 6.6 Sezione dei conduttori di protezione**
- 6.7 Misure di protezione contro i contatti diretti**
- 6.8 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**
 - 6.8.1 Sistema in corrente alternata**
 - 6.8.2 Sistema in corrente continua**
- 6.9 Misure di protezione per il collegamento alla rete elettrica**
 - 6.9.1 Dispositivo del generatore**
 - 6.9.2 Dispositivo generale**
 - 6.9.3 Dispositivo di interfaccia**
- 6.10 Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche**
 - 6.10.1 Fulminazione diretta**

6.10.2 Fulminazione indiretta

7 DETTAGLI DI INSTALLAZIONE

7.1 Posa dei moduli fotovoltaico

7.2 Posa del quadro di sezionamento e manovra (QSM)

7.3 Posa dell'inverter

7.4 Posa del quadro corrente alternata (QCA)

7.5 Posa del sistema di misura (CEP)

7.6 Posa del quadro dispositivo generale (QDG)

8 COLLEGAMENTI ELETTRICI E CAVIDOTTI

COMPUTO GENERALE DEI COMPONENTI

10 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI COMPONENTI PRINCIPALI

10.1 Modulo fotovoltaico

10.2 Inverter

10.3 Quadro di sezionamento e manovra QSM

10.3.1 Interruttori di manovra-sezionatori

10.3.2 SPD

10.4 Cassette diodi di blocco

10.5 Quadro corrente alternata QCA

10.5.1 Interruttori magnetotermici

10.6 Quadro dispositivo generale QDG

10.6.1 Interruttore magnetotermico quadripolare

10.6.2 Interruttore magnetotermico differenziale quadripolare

11 COLLAUDO DEGLI IMPIANTI

12 ELENCO ELABORATI GRAFICI

RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO

OGGETTO E VALENZA DELL'INIZIATIVA

Il presente documento costituisce il progetto ESECUTIVO per 5 impianti fotovoltaici da 5,0 kWp (uno per palazzina) a servizio delle parti condominiali del plesso in oggetto.

Ogni impianto in oggetto si propone di consentire un risparmio energetico alla struttura che lo ospita, ricorrendo alla fonte energetica alternativa rappresentata dal solare fotovoltaico.

In generale la realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione consente:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- l'applicazione di soluzioni di progettazione del sistema perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio;

La produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici consente per ogni kWh di elettricità prodotta di evitare di bruciare 0,25 kg di petrolio con una conseguente diminuzione di emissioni in atmosfera di 0,7kg di CO₂.

L'impianto in oggetto è del tipo "grid-connected" cioè connesso alla rete di distribuzione pubblica nella quale riversa l'energia prodotta, non vi è pertanto la necessità di accumulatori di energia elettrica.

L'impianto prevede un campo con pannelli fotovoltaici per la conversione dell'energia solare in energia elettrica, un sistema che converte l'energia generata da continua ad alternata alla frequenza di rete, il tutto integrato dai dispositivi di protezione per assicurare la protezione delle persone e dei vari componenti.

Il campo fotovoltaico sarà posizionato, con apposite strutture metalliche di supporto direttamente ancorate al solaio terrazzato di copertura di ogni palazzina, presso il quale verrà effettuato l'intervento. Le strutture di ancoraggio consentiranno di orientare i moduli tutti con inclinazione (angolo di tilt) pari a 25-30° ed orientamento (azimut) pari a 0°.

Sono utilizzati inverter connessi al sistema di distribuzione trifase.

I dispositivi di conversione c.c./c.a. (CCA), il quadro di sezionamento e manovra (QSM), il misuratore dell'energia prodotta (CEP), il quadro elettrico c.a. (QCA), con i relativi dispositivi di manovra e protezione, sono posizionati in apposito vano/armadio coperto ed opportunamente dislocati in base allo sviluppo del campo fotovoltaico; il quadro del dispositivo generale (QDG) e il contatore bidirezionale (CS) dell'energia immessa e prelevata dalla rete sono posizionati in esterno in apposito armadio coperto in prossimità dell'ingresso dello stabile oggetto dell'intervento.

1. DATI DI PROGETTO

I dati riportati nel seguito saranno strutturati e divisi secondo quanto riportato nella guida CEI 0-2.

1.1 Dati di progetto di carattere generale

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
1.1	Committente	IACP DI CATANIA	
1.2	Scopo del lavoro	Realizzazione di un impianto fotovoltaico SU EDIFICIO (Terrazza) collegato alla rete elettrica di distribuzione	
1.3	Vincoli progettuali da rispettare	<ul style="list-style-type: none">- Zona non soggetta a vincolo ambientale con presentazione di COMUNICAZIONE al comune di GIARRE.- Interfacciamento alla rete consentito nel rispetto delle norme CEI- Impatto visivo contenuto.- Inserimento dei moduli in strutture di sostegno direttamente ancorate al SOLAIO.	
1.4	Informazioni di carattere generale	<ul style="list-style-type: none">- Sito raggiungibile con strada asfaltata- Presenza di spazio disponibile non coperto per materiale da cantiere (spazio antistante alla costruzione facente parte della proprietà del Committente)- Presenza della linea telefonica (possibilità di connessione per un eventuale monitoraggio da remoto)	

1.2 Dati di progetto relativi all'utilizzazione dell'edificio

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
2.1	Destinazione d'uso	<ul style="list-style-type: none">- Classificazione tecnica: TERBT secondo Guida CEI 0-2	
2.2	Barriere architettoniche	Strada comunale per 'accesso all'immobile oggetto dell'installazione	
2.3	Ambienti soggetti a normativa specifica CEI	Nessuna parte dell'impianto è ubicata in zone soggette a normativa specifica CEI	

1.3 Dati di progetto relativi alle influenze esterne

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
3.1	Radiazione solare	Vedi Tabella 1	
3.2	Formazione di condensa	Possibile	
3.3	Altitudine s.l.m.	93 m	
3.4	Latitudine	37°43'35" Nord	
3.5	Longitudine	15°11'2" Est	
3.6	Presenza di corpi solidi estranei Presenza di polvere	NO SI	Protezione quadri da insetti ed utensili
3.7	Presenza di liquidi: Tipo di liquido: - Trascurabile - Possibilità di stillicidio - Esposizione alla pioggia - Esposizione agli spruzzi - Possibilità di getti d'acqua	Acqua NO NO SI SI SI	Dati relativi al posizionamento delle apparecchiature elettriche in esterno
3.8	Condizioni del terreno: Carico specifico ammesso (N/m ²) - Livello della falda freatica (m) - Profondità della linea di gelo - Resistività elettrica terreno (Ω m) - Resistività termica del terreno	Non applicabili	
3.9	Ventilazione dei locali - Naturale - Artificiale - Naturale assistita da ventilazione artificiale - Numero di ricambi	In esterno in area coperta SI --- NO ---	Dati riferiti al posizionamento del quadro QSM, cassetta diodi QD, quadro QCA, inverter (CCA) e CEP
3.10	Dati relativi al vento - Massima velocità di progetto	28 m/s	DM 16/01/96
3.11	Carico di neve	0,75 kN/m ²	DM 16/01/96

Tabella 1- Radiazione media giornaliera calcolata sul piano dei moduli

Dati solari: UNI 10349 – Giarre (CT)

Orizzonte: edifici di pari altezza

Albedo: 0.20

Dati di ingresso del generatore fotovoltaico:

- Inclinazione: 30 gradi

- Azimut: 0°

Mese	Irraggiamento globale [kWh/ m ²]
Gen	88.2
Feb	103.1
Mar	146.9
Apr	168.6
Mag	182.5
Giu	187.3
Lug	191.5
Ago	185.3
Set	163.2
Ott	137.7
Nov	95.0
Dic	80.7
Med	1729.3

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
Gennaio	8.53	265	3.6	112
Febbraio	9.93	278	4.24	119
Marzo	12.4	383	5.4	167
Aprile	13.7	412	6.07	182
Maggio	14.1	436	6.36	197
Giugno	14.1	423	6.5	195
Luglio	14.3	444	6.67	207
Agosto	14.2	439	6.63	206
Settembre	13.5	405	6.16	185
Ottobre	11.6	360	5.21	161
Novembre	8.86	266	3.84	115
Dicembre	7.64	237	3.25	101
Media Annuale	11.905	362.333333333	5.3275	162.25
Totale Annuo		4348		1947

Legenda

Ed: Produzione media giornaliera di energia elettrica di un Impianto Fotovoltaico (kWh);

Em: Media della produzione di energia elettrica di un Impianto Fotovoltaico (kWh);

Hd: Somma media giornaliera di irradiazione globale per metro quadrato ricevuti dai moduli del sistema Fotovoltaico (kWh/m²);

Hm: Somma media di irradiazione globale per metro quadrato ricevuti dai moduli di un Impianto Fotovoltaico (kWh/m²).

1.4 Dati di progetto relativi alla rete di collegamento

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
4.1	Tipo d'intervento richiesto - Nuovo impianto	--- SI	
4.2	Dati del collegamento elettrico - Descrizione della rete di collegamento - Punto di consegna - Tensione nominale (Un) - Potenza contrattualmente impegnata - Potenza disponibile - Stato del neutro	- Bassa tensione 3F+N - Ingresso della proprietà - tensione 380 V – BT - 15 kW - 15 kW - Sistema di alimentazione TT	
4.3	Misura dell'energia	Contatore generale installato in esterno	

1.5 Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
5.1	Caratteristiche dell'area di installazione	- i moduli fotovoltaici sono disposti con inclinazione di 30°. - Telai in carpenteria metallica in acciaio direttamente ancorata al SOLAIO	
5.2	Posizione convertitore statico e quadro QSM di sezionamento e manovra	- Posti in armadio di protezione nelle immediate vicinanze del campo fotovoltaico. - A parete	
5.3	Posizione cassette diodi di blocco QD.	- Posti in armadio di protezione a bordo del campo fotovoltaico.	
5.4	Posizione quadro d'interfaccia QCA. corrente alternata	- Posti in armadio di protezione in prossimità dell'edificio principale. - A parete	
5.5	Posizione quadro QDG.	- In esterno, in prossimità del contatore di	

		scambio CS. - A parete	
--	--	---------------------------	--

2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Gli impianti, come detto in precedenza, DEVONO ESSERE realizzati a regola d'arte, e le caratteristiche degli stessi, nonché dei componenti utilizzati sono rispondenti alle norme di Legge, Norme tecniche e Regolamenti in materia antinfortunistica, di protezione contro gli incendi e di costruzione d'apparecchiature ed impianti in vigore alla data del contratto d'appalto dei lavori.

A titolo indicativo, ma non limitativo, l'installatore si è attenuto alle seguenti disposizioni di Legge e Normative:

- D.P.R. n. 547 del 27.04.1955 – “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”.
- Legge n. 186 del 01.03.1968 – “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”.
- Legge n. 791 del 18.10.1977 – “Attuazione della Direttiva del Consiglio della Comunità Europea (79/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione”.
- D.M. del 16.02.1982 – “Elenco delle attività soggette al controllo dei vigili del fuoco”.
- D.M. del 08.03.1985 – “Direttive sulle misure più urgenti ed essenziali di prevenzione incendi ai fini del rilascio del nullaosta provvisorio di cui alla Legge n. 818 del 7 Dicembre 1984”.
- Decreto 22 gennaio 2008 n. 37, - “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”.
- DL09-04-2008 n.81 - “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (Testo unico sulla sicurezza)
- D.Lgs n. 493 del 14.08.1996 – “Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro”.
- D.M. del 16.01.1996 – “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circolare 04.07.1996 – “Istruzioni per l'applicazione delle - Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi -”.
- Norma CEI 0-2 – “Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli impianti elettrici”.
- Norma CEI 11-1 – “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione d'energia elettrica – Norme generali”.
- Norma CEI 11-17 – “Impianti di produzione , trasporto e distribuzione d'energia elettrica - Linee in cavo”.
- Norma CEI 11-20 – “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”.

- Norma CEI 20-19 – “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V”.
- Norma CEI 20-20 – “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V”.
- Norma CEI EN 22-2 – “Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione”.
- Norma CEI 64-8 – “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”.
- Guida CEI 64-12 – “Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario”.
- Guida CEI 64-14 – “Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori”.
- Guida CEI 64-50 – “Guida per l’integrazione nell’edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici”.
- Norma CEI 81-1 – “Protezione delle strutture contro i fulmini”.
- Guida CEI 82-25 – “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”.
- Norma CEI EN 60099-1-2 – “Scaricatori”.
- Norma CEI EN 60146-1-1 – “Convertitori a semiconduttori –Prescrizioni generali parte1”.
- Norma CEI EN 60439-1-2-3 – “Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione”.
- Norma CEI EN 60445 – “Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico”.
- Norma CEI EN 60529 – “Gradi di protezione degli involucri (codice IP)”.
- Norma CEI EN 60555-1 – “Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni”.
- Norma CEI EN 60904-1 – “Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente”.
- Norma CEI EN 60904-2 – “Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento”
- □ Norma CEI EN 60904-3 – “Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento”.
- Norma CEI EN 6100-3-2 – “Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso=16A per fase)”.
- Norma CEI EN 61215 – “Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto ed omologazione del tipo”.

- Norma CEI EN 61724 “Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l’analisi dei dati”.
- Norma CEI EN 61727 “Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell’interfaccia di raccordo con la rete”.
- Norma CEI EN 62305-1 – “Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali”.
- Norma CEI EN 62305-2 – “Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio”.
- Norma CEI EN 62305-3 – “Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone”.
- Norma CEI EN 62305-4 – “Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture”.
- Norma UNI 10349 – “Per il calcolo dell’energia producibile”.
- IEC 60364-7-712 – “Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installation or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems”.

Dovrà inoltre essere assicurato il rispetto delle tabelle UNI-UNEL applicabili, delle prescrizioni dei VV.F., delle Autorità Locali, dell'Ente Erogatore del Servizio di Energia Elettrica. In particolare sono state tenute in considerazione i documenti di Unificazione Enel, ovvero, nella fattispecie, Guida alla Rete elettrica di Enel Distribuzione ed. dicembre 2008. Essendo stati elencati a titolo puramente indicativo i documenti succitati potrebbero risultare, dunque non esaustivi.

DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO E FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Un sistema fotovoltaico collegato alla rete ha il solo compito di convertire l’energia solare elettrica con la migliore efficienza possibile, immettendola nella rete.

Disponendo della rete elettrica che assicura la continuità del servizio, non vi è la necessità di un accumulo di energia.

L’impianto fotovoltaico è costituito da n° 1 generatore fotovoltaico composto da n° 20 moduli fotovoltaici e da n° 1 inverter con classificazione architettonica “SU EDIFICIO”.

La potenza nominale complessiva è di 5,0 kWp per una produzione di oltre 7.000 kWh annui distribuiti su una superficie di 45,0 m².

Modalità di connessione alla rete Trifase in Bassa tensione con tensione di fornitura 400 V.

L’impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella annuale:

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO ₂)	31,17 Kg
Ossidi di azoto (NO _x)	10,39 Kg

Polveri	1,21 Kg
Anidride carbonica (CO2)	7,47 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H2S) (fluido geotermico)	0,67 Kg
Anidride carbonica (CO2)	0,08 t

Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP)	3,04 TEP
--	----------

Il dimensionamento di un impianto collegato alla rete sarà quindi mirato a stabilire la taglia del generatore fotovoltaico, e conseguentemente quella del convertitore statico, sulla base di:

- budget per l'investimento B_{inv} (euro)
- costo al Wp di un sistema fotovoltaico collegato alla rete C_w (euro/Wp)
- densità di potenza dei moduli da installare D_{mod} (Wp/m²) (oppure si considera l'area del modulo A_{mod})
- superficie di installazione disponibile A_{disp} (m²)
- potenza di picco del modulo P_{mod} (Wp)
- consumi attesi dalle utenze del committente E_{UC} (kWh/anno)

Per il dimensionamento dell'impianto in oggetto sono stati considerati i consumi attesi e la superficie di installazione disponibile; Si è deciso, pertanto, di installare un numero massimo di 20 moduli da 250Wp, realizzando quindi un impianto di 5,00 KWp.

Considerando

$$P_{mod} = 250 \text{ Wp}$$

$$N_{mod \text{ max}} = 20$$

$$N_{mod \text{ max}} * P_{mod} = 5000 \text{ Wp (} P_{prevista} \text{)}$$

Stima dell'energia prodotta e ritorno economico dell'investimento

Località d'installazione:

Giarre

Energia prodotta stimata per kWp installato su base annua : nelle condizioni ottimali

1.400 Kwh

Costo medio per kWp installato:

2.600,00 €

Potenza complessiva installata:

5,00 kWp

Schema riassuntivo dell'investimento:

Costo impianto	12.600,00	€
Producibilità totale annua dell'impianto FV	7000	kWh
Disponibilità energia annua	7000	kWh
Valore dell'energia prodotta a prezzo di mercato	1.680,00	€
Costi di gestione annui	250,00	€
Valore annuo redditività netta	1430,00	€
Tempo di ritorno dell'impianto	8,8	anni

L'accoppiamento moduli inverter e quindi la suddivisione in stringhe è stato effettuato in modo da far lavorare gli inverter in condizioni ottimali massimizzando quindi la produzione di energia.

Il generatore fotovoltaico è composto complessivamente da 34 moduli costituiti ciascuno da 60 celle di silicio policristallino.

Il campo è suddiviso in 1 stringhe da 20 moduli ciascuna. Un inverter ogni stringhe La potenza complessiva di picco lato corrente continua risulta essere 5,0 Wp.

L'involucro esterno è in grado di resistere alla penetrazione di solidi e liquidi con grado di protezione IP55.

L'uscita degli inverter confluisce verso il punto di consegna della fornitura ENEL attraverso:

- il DDG - dispositivo di generatore, conforme alla CEI 11-20, costituito da un interruttore magnetotermico differenziale
- DI – dispositivo d'interfaccia, conforme alla CEI 11-20, costituito da un interruttore automatico magnetotermico , completo di bobina di apertura a mancanza di tensione e richiusura motorizzata;
- PI – protezione d'interfaccia, conforme alla CEI 11-20 ed alla guida alle connessioni allla rete elettrica Enel, completa di relè di min/max tensione, relè di min/max frequenza;
- DG – dispositivo generale, conforme alla CEI 11-20, costituito da un interruttore automatico magnetotermico ;

4 PRESTAZIONI PREVISTE DEL SISTEMA

Considerata l'installazione di un generatore fotovoltaico di $P_n = 5,00$ kWp, si riportano di seguito i dati principali dell'impianto.

Azimet dei pannelli	0°
Tilt o inclinazione dei pannelli sull'orizzonte	30 °
Dimensione dei pannelli:	lunghezza Lu: 1650 mm ±1 larghezza La: 991 mm ±1 spessore h 46 mm
superficie $S = Lu*La =$	1,63 m ²
Potenza nominale del pannello $P_p =$	250 Wp
Numero di moduli: $N =$	34
Potenza nominale del generatore $P_n = P_p*N=$	5,0 kWp
Superficie del generatore $A = S*N =$	55,42 m ²
Irraggiamento medio annuo sul piano orientato e inclinato: H	1.700 kWh/m ²
Efficienza nominale del generatore fotovoltaico $E_n =$	0,135
Percentuale di ombreggiamento $K_o =$	4,00 %

Tabella 2- Esempio riassuntivo dei valori di rendimento η_{bos} indicativi per un sistema collegato alla rete

Tipo di perdita	Rendimento associato
Scostamento della temperatura dei moduli dalle condizioni STC	0,92 ÷ 0,96
Mismatch fra i moduli e fra le stringhe	0,90 ÷ 0,97
Circuiti in corrente continua	0,98 ÷ 0,99
Inverter	0,88 ÷ 0,94
Circuiti in corrente alternata	0,98 ÷ 0,99
η_{bos} per impianti in parallelo alla rete	0,70 ÷ 0,86

Tabella 3- Valori indicativi dei rendimenti di conversione η_{mod} [%] utilizzati nel calcolo di dimensionamento semplificato

Silicio monocristallino	12 ÷ 15
Silicio policristallino	11 ÷ 14
Silicio amorfo	5 ÷ 7

5 SCHEMI ELETTRICI E PLANIMETRIE

5.1 Schemi elettrici

Nell'Allegato grafico di pertinenza è riportato lo schema elettrico unifilare dell'impianto.

Gli schemi elettrici contengono indicazioni circa: il numero delle stringhe e numero dei moduli per stringa, i dispositivi di protezione lato corrente continua esterni agli inverter (dispositivi di generatore Dgen1-16), i dispositivi di protezione lato corrente alternata esterni all'inverter (DDG dispositivo del generatore), il trasformatore d'isolamento, i contatori dell'energia prodotta e/o prelevata/immessa dalla rete elettrica di distribuzione, il punto di collegamento alla rete con in dettaglio gli organi di manovra e protezione presenti (DG dispositivo generale e DI dispositivo d'interfaccia completo di PI protezione d'interfaccia) nonché gli eventuali punti di derivazione dei carichi.

5.2 Planimetrie

Nell'Allegato grafico di pertinenza è riportato un disegno planimetrico atto ad identificare la disposizione delle stringhe fotovoltaiche nel campo fotovoltaico, dei principali tracciati elettrici e delle principali apparecchiature.

RELAZIONE TECNICA

6 CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 Accoppiamento tra campo fotovoltaico ed inverter

6.1.1 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

In corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici, risultano verificate le seguenti disuguaglianze:

- $V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT } \min}$
- $V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT } \max}$
- $V_{oc \max} < V_{inv \max}$

Nelle quali:

$V_{inv \text{ MPPT } \min}$ e $V_{inv \text{ MPPT } \max}$ rappresentano rispettivamente i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza, V_m è la tensione della stringa nel punto MPPT, mentre la $V_{inv \max}$ è il valore massimo di tensione c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter e la $V_{oc \max}$ rappresenta la tensione massima di corto circuito della stringa fotovoltaica. Considerando, quindi, una variazione della tensione di circuito aperto (V_{oc}) per ciascun modulo pari a $-135 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ (dato fornito dal costruttore) e limiti di temperatura estremi pari a -10°C e 70°C , V_m e V_{oc} assumono valori differenti da quelli misurati a STC (25°C).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze nei vari casi diventano come riportato in Tabella 4.

Tabella 4

Condizione	Risultati
$V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT min}}$	$489 \geq 350$
$V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT max}}$	$597 \leq 700$
$V_{oc \max} < V_{inv \max}$	$746 < 850$

6.1.2 Accoppiamento in potenza tra campo fotovoltaico e inverter

Per un accoppiamento ottimale tra il campo fotovoltaico e l'inverter è stato tenuto conto della relazione tra la potenza consigliata dal costruttore dell'inverter e la potenza nominale del campo fotovoltaico. La potenza consigliata dal costruttore è rappresentata da un valore minimo e massimo. Pertanto:

$$P_{INV \text{ MIN}} < P_{NOM \text{ FV}} < P_{INV \text{ MAX}}$$

ovvero:

$P_{INV \text{ MIN}}$ = Potenza minima ammessa del campo fotovoltaico

$P_{INV \text{ MAX}}$ = Potenza massima ammessa del campo fotovoltaico

6.1.3 Accoppiamento in corrente tra campo fotovoltaico e inverter

La massima corrente del generatore fotovoltaico o della parte di generatore collegata all'inverter, nel funzionamento MPP, non supera la massima corrente di ingresso tollerata dall'inverter (I_{CCMAX}). Si può considerare per maggiore sicurezza la corrente di cortocircuito I_{sc} del generatore fotovoltaico.

Risulta verificata la seguente relazione:

$$I_{CCMAX} \geq I_{sc}$$

6.2 Portata dei cavi in regime permanente

Le condutture elettriche sopportano le condizioni ambientali cui sono sottoposte (elevata temperatura, radiazione solare, pioggia, ecc.) in modo da garantire le prestazioni richieste per tutta la durata di vita dell'impianto.

6.2.1 Cavi in corrente continua

I cavi hanno una tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico, ovvero la tensione del sistema elettrico non deve superare 1,5 volte la tensione nominale dei cavi, quindi i cavi con tensione nominale 0,6/ 1kV sono adatti per impianti fino a 900 V cc. Le condutture sul lato c.c. hanno isolamento doppio o rinforzato (classe II) (CEI 64-8).

Per la connessione dei moduli delle stringhe sono impiegati i cavi solari in dotazione ai moduli, polo positivo e polo negativo, di lunghezza e sezione adeguati, completi di connettori DC premortati "Twin-Lock" per scatole di giunzione poste dietro il modulo. Ove le lunghezze dei cavi solari in dotazione non siano sufficienti per collegare i moduli tra loro sono utilizzati segmenti di cavi FG16O)R16 2x(1x6) mm² di opportuna lunghezza, cablati alle estremità con connettori DC "Twin-Lock". Tale circostanza si

verifica in particolare modo per la stringhe dove la distanza, tra alcuni moduli della stessa stringa, supera i 20m.

Le stringhe sono collegate al quadro di sezionamento e manovra (QSM), alla cassetta diodi (QD) e all'inverter (CCA) mediante cavi FG16(O)R16 0,6/1kV 2x(1x6) mm². Ciascuna linea è posata entro canalizzazione portacavi di sezione adeguata.

CARATTERISTICHE TECNICHE cavo FG16(O)R16 0,6/1kV:

Tensione nominale - 0,6/1 KV

Temperatura d'esercizio - 90°C

Temperatura di corto circuito - 250°C fino alla sezione 240 mmq. oltre 220°C

Temperatura max d'immagazzinaggio - 40°C

Sforzo di trazione per posa max - 50N per mm² di sezione del rame

Raggio minimo di curvatura - 4 volte il diametro esterno max

Portata di corrente I₀ (A) in tubo/canale in aria, con temperatura di 30° pari a 48A per una sezione da 6 mm².

PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI

I cavi hanno una portata maggiore della massima corrente di cortocircuito che li può interessare, quindi non sono soggetti a sovraccarico.

CADUTA DI TENSIONE

Facendo riferimento alle tabelle CEI-Unel 35364, 35747 e 35746 per i cavi in rame, si ottengono le cadute di tensione sui circuiti di potenza. Il dimensionamento dei cavi della parte c.c. garantisce una ridotta caduta di tensione (< 4%).

6.2.2 Cavi in corrente alternata

I cavi in corrente alternata hanno tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico.

Il collegamento tra inverter (CCA) e QCA è effettuato mediante cavi FG16(O)R16 0,6/1kV di sezione pari a 6 mm², lunghi fino a 10 m ciascuno, posati entro canalizzazioni portacavi, in aria, di sezione adeguata.

I_{max} è la massima corrente fornita dall'inverter per fase pari a 17,4 A.

I_z è la massima portata del cavo utilizzato nelle condizioni di posa previste I_z= 48 A.

I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione D_{gen} pari a 25 A.

La portata I_z è maggiore della massima corrente fornita dall'inverter e della corrente nominale del dispositivo di protezione.

Per i collegamenti tra il QCA e gruppo di misura dell'energia prodotta CEP (installato dal Distributore e posizionato in prossimità degli inverter) è utilizzato un cavo FG16(O)R16 0,6/1kV di sezione pari a 16 mm², lungo fino a 10 m, posati entro canalizzazioni portacavi, in aria, di sezione adeguata.

I_{max} è la massima corrente fornita dagli inverter per fase pari a 30 A.

I_z è la massima portata del cavo utilizzato nelle condizioni di posa previste

I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione DI

La portata I_z è maggiore della massima corrente fornita dagli inverter e della corrente nominale del dispositivo di protezione.

PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI

I cavi tra l' inverter e il punto di consegna hanno una portata superiore alla massima corrente che l' inverter è in grado di erogare, quindi non sono soggetti a sovraccarico.

CADUTA DI TENSIONE

Facendo riferimento alle tabelle CEI-Unel 35364, 35747 e 35746 per i cavi in rame, si ottengono le cadute di tensione sui circuiti di potenza. Il dimensionamento dei cavi della parte c.a. garantisce una ridotta caduta di tensione (< 4%).

6.4 Protezione contro il corto circuito

6.4.1 Circuito in corrente continua

Per la parte del circuito in corrente continua, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che erogano una corrente di cortocircuito di valore noto e di poco superiori alla loro corrente nominale.

6.4.2 Circuito in corrente alternata

Sebbene gli inverter siano dotati di dispositivo di limitazione della massima corrente fornita è necessario proteggere il lato c.a. da possibile corrente di cortocircuito fornita dalla rete.

A protezione della linea è stato utilizzato l'interruttore generale posto nel DDG.

6.5 Stipamento dei cavi in tubi

La sezione delle canalieri portacavi viene occupata dai cavi sia come prescritto dalle norme CEI 64-8, ovvero minore del 50%.

6.6 Sezione dei conduttori di protezione

La cornice dei moduli è resa equipotenziale con la struttura di ancoraggio, connessa a terra con conduttore di protezione di sezione 16 mm². Il conduttore di protezione collegato al convertitore ha sezione pari a 6 mm².

Il conduttore di protezione a valle degli scaricatori di sovratensione ha una sezione di 16 mm².

6.7 Misure di protezione contro i contatti diretti

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchi CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (tubo) idoneo allo scopo. I brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in tubi o canali. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche.

6.8 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

6.8.1 Sistema in corrente alternata

L'inverter e quanto contenuto nel quadro elettrico c.a. sono collegati all'impianto elettrico dell'edificio e quindi fanno parte del sistema elettrico TT di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è, in questo caso, assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al collettore equipotenziale di tutte le masse ad eccezione degli involucri metallici ed apparecchiature di classe II;
- utilizzo dell'interruttore differenziale posto nel montante di alimentazione del generatore FV.

6.8.2 Sistema in corrente continua

La presenza del trasformatore di isolamento tra la sezione in c.c. e la sezione in c.a. impone di classificare come IT il sistema in corrente continua del campo fotovoltaico.

La protezione per i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti costruttivi, nonché dalle sotto elencate caratteristiche dei componenti:

- protezione dell'isolamento dell'inverter: monitoraggio e controllo della dispersione verso terra;
- collegamento a terra delle masse del sistema PV.
- dispositivo di protezione differenziale di tipo B.

6.9 Misure di protezione per il collegamento alla rete elettrica

La protezione del sistema fotovoltaico sia dalla rete di produzione che dalla rete di distribuzione pubblica è fatta in accordo alla norma CEI 11-20. e alla GUIDA PER LE CONNESSIONI ALLA RETE ELETTRICA DI ENEL DISTRIBUZIONE ed. 1.1 anno 2009.

Risulta quindi articolata su tre livelli: dispositivo del generatore (DDG), dispositivo d'interfaccia (DI) e dispositivo generale (DG).

6.9.1 Dispositivo del generatore

Il dispositivo del generatore, uno per convertitore, interviene per guasto interno al sistema di generazione fotovoltaico. Ciascun inverter limita internamente la corrente sul lato c.a.. L'interruttore magnetotermico denominato Dgen e posto nel QCA è in aggiunta alla protezione interna di ogni singolo inverter e funge, quindi, da ricalzo o da dispositivo atto alle comuni procedure di manutenzione.

6.9.2 Dispositivo generale

Il dispositivo generale interviene per guasto dell'impianto fotovoltaico oppure per guasto del sistema fotovoltaico o del circuito utenze. Questo dispositivo è costituito da un interruttore termomagnetico posto nel quadro elettrico QDG.

6.9.3 Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo d'interfaccia interviene nel caso di anomalie nella rete di distribuzione alla quale l'impianto fotovoltaico è collegato. Esso è composto da un dispositivo di interfaccia costituito da un interruttore automatico con bobina di apertura a mancanza di tensione e richiusura motorizzata associato ad un relè di protezione di interfaccia dotato delle protezioni 27, 59 e 81 (relè di min/max tensione, relè di min/max frequenza) complete delle necessarie certificazioni e tarate secondo quanto previsto dalla DK 5940 ed alla guida per le connessioni alla rete elettrica Enel Ed. 1.1 (2009).

6.10 Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

6.10.1 Fulminazione diretta

L'impianto fotovoltaico essendo posto in terrazza non altera la sagoma dell'edificio e quindi la frequenza delle fulminazioni. Non è necessaria alcuna precauzione specifica contro il rischio di fulminazione.

6.10.2 Fulminazione indiretta

La fulminazione indiretta crea sovratensioni nei circuiti elettrici, principalmente per accoppiamento induttivo, tali da compromettere il funzionamento dei componenti dell'impianto ed in particolar modo dell'inverter.

Gli inverter utilizzati sono protetti dalle sovratensioni in ingresso ed in uscita, in modo da limitare i guasti derivanti da fenomeni esterni (ad es. fulmini e sovratensioni), questa funzione è rafforzata dagli scaricatori (SPD) installati nel quadro QSM.

7 DETTAGLI DI INSTALLAZIONE

7.1 Posa dei moduli fotovoltaici

Il campo fotovoltaico è costituito da 288 moduli fotovoltaici. Il sistema di fissaggio è costituito da profili in acciaio zincato a caldo e supporti in acciaio inox ancorati con zavorre al terreno.

7.2 Posa dei quadri di sezionamento e manovra (QSM)

Questi quadri sono alloggiati in armadi posti in prossimità delle stringhe di moduli FV che compongono il campo fotovoltaico.

7.3 Inverter (CCA)

Gli inverter CCA sono alloggiati in armadi, posto in prossimità al limite iniziale dell'appezzamento di terreno che ospiterà il parco fotovoltaico, fissati a parete e protetti dalle intemperie da tettoia.

7.4 Posa del quadro corrente alternata (QCA)

Questo quadro è alloggiato in un armadio posto in prossimità degli inverter, fissato a parete e protetto da tettoia.

7.5 Posa del sistema di misura M1 (CEP)

Il contatore verrà alloggiato in un armadio posto in prossimità del blocco di inverter, fissato a parete e protetto.

7.6 Posa del quadro dispositivo generale (DG)

Questo quadro è alloggiato in esterno, in prossimità del contatore di scambio (M2).

8 COLLEGAMENTI ELETTRICI E CAVIDOTTI

I moduli fotovoltaici sono connessi in serie mediante appositi cavi solari forniti in dotazione ai moduli. Nel collegare moduli della stessa stringa, distanti tra loro oltre la lunghezza dei cavi solari in dotazione, sono utilizzate prolunghe di cavo FG16OR16.

Questi cavi vengono stesi lungo percorsi ricavati nei profili delle strutture di fissaggio.

Raccolti in un punto, vengono convogliati in canaliera portacavi di sezione adeguata e portati ai dispositivi di Sezionamento e Manovra (SM).

Con la stessa canaliera sopra descritta per linea in aria, I dispositivi SM sono collegati agli inverter.

Utilizzando la stessa canaliera portacavi viene effettuato il collegamento degli inverter ai dispositivi di generatore (Dgen) che costituiscono il QCA .

9 COMPUTO GENERALE DEI COMPONENTI

Tabella 6 - Computo generale

Componente	Quantità
Moduli Fotovoltaici	34
Inverter	2
Quadro di sezionamento e manovra QSM	2
Quadro corrente alternata QCA	1
Quadro dispositivo generale QDG	1

10.3 Quadri di sezionamento e manovra (QSM)

I quadri elettrici sono componenti dell'impianto ai quali si applicano le norme EN 60439 (CEI 17-13).

I quadri QSM ha un grado di protezione IP65. Di seguito vengono precisati gli elementi alloggiati all'interno.

10.3.1 Interruttori manovra – portafusibili sezionatori

- Nei quadri di sezionamento e manovra sono installati interruttori di manovra portafusibili di protezione con attitudine al sezionamento dedicati per la c.c. secondo EN69047-2.

10.3.2 SPD

Nel quadro di sezionamento e manovra sono installati scaricatori di sovratensione di classe II.

Caratteristiche tecniche:

- configurazione 2P;
- cartucce estraibili;
- $U_c = 1000V$;
- corrente massima di scarica = 20 kA;
- livello di protezione $U_p (L-PE) = 2kV$;

10.4 Cassetta diodi di blocco (QD)

Non si è ritenuto necessaria l'installazione di una cassetta diodi

10.5 Quadro corrente alternata QCA

Il quadro QCA ha grado di protezione IP55.

Di seguito vengono precisati gli elementi alloggiati all'interno.

10.5.1 Interruttore magnetotermico Dgen

Nel quadro corrente alternata sono installati interruttori magnetotermici bipolari.

10.6 Quadro dispositivo generale QDG

Di seguito vengono precisati gli elementi alloggiati all'interno.

10.6.1 Interruttore magnetotermico quadri polare DG

Nel quadro dispositivo generale è installato un interruttore termomagnetico quadripolare.

10.6.2 Interruttore differenziale quadri polare Protezione Montante

A protezione del montante di adduzione dell'impianto FV è installato 1 interruttore automatico differenziale.

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 "AS BUILT" (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;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- 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.

11 COLLAUDO DEGLI IMPIANTI

Al termine dei lavori e prima della messa in servizio degli impianti sono state effettuate le verifiche previste dalle CEI 64-8/6 e dalla Legge n.37 del 27-01-2008 provvedendo al rilascio della "Dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola d'arte" e del "certificato di collaudo".

12 ELENCO ELABORATI GRAFICI

1. Schema elettrico unifilare
2. Schema planimetrico impianto fotovoltaico

IL PROGETTISTA