

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Comune di Selargius

Progetto: "OPERE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL PALAZZO MUNICIPALE E
INSTALLAZIONE DI IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI"
Contributo ex Legge 27 dicembre 2019, n° 160 – Annualità 2020.
ex comma 14 - art. 32 - D. Lgs 18 aprile 2016, n° 50. – CIG: Z722CD7B77.

FASE DI PROGETTAZIONE

Studio di fattibilità: Prog. Preliminare: Prog. Definitiva: Prog. Esecutiva: Dett. Cantiere:

Riferimento:

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Committente:

Comune di Selargius

Progettista Responsabile:

Ing. Ilaria Mura

Tav.:

ESE/ET/C

Gruppo di progettazione:

Ing. Salvatore Mura

Ing. Ilaria Mura

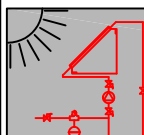
Geom. Luciano Orrù

Descrizione della revisione:

Data:

N°:

Descrizione della revisione:	Data:	N°:
Prima emissione	14/07/2020	01



Studio di consulenza e progettazione impianti termici di condizionamento,
antincendio, idrico-sanitari ed elettrici, impianti per energie da fonti rinnovabili.
indagini e certificazioni energetiche.
VIA ALGHERO, 33 - 09127 CAGLIARI - TEL. e FAX n°070.651513 - e-mail: studiosm.ing@gmail.com

Dimensioni stampa:

A4

Scala:

f.s.

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE O TOTALE DEL PRESENTE ELABORATO

Contributo ex Legge 27 dicembre 2019, n° 160 – Annualità 2020. “OPERE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL PALAZZO MUNICIPALE E INSTALLAZIONE DI IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI” ex comma 14 - art. 32 - D. Lgs 18 aprile 2016, n° 50. – CIG: Z722CD7B77.



COMUNE DI SELARGIUS

Contributo ex Legge 27 dicembre 2019, n° 160 – Annualità 2020.

“OPERE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL PALAZZO MUNICIPALE E INSTALLAZIONE DI IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI”

ex comma 14 - art. 32 - D. Lgs 18 aprile 2016, n° 50. – CIG: Z722CD7B77.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Cagliari, 13-07-2020

I progettisti
Ing. Salvatore Mura
Ing. Ilaria Mura

Indice

1. Premessa	3
2. Norme di riferimento	3
3. Dati di progetto.....	8
4. Descrizione dell'impianto FV	8
4.1 Generatore fotovoltaico.....	8
4.2. Gruppi di conversione DC/AC.....	9
4.3. Sezione interfaccia rete.....	10
4.4. Quadri elettrici in corrente continua	11
5. Criteri di scelta e dimensionamento dei componenti principali	11
5.1. Moduli fotovoltaici	11
5.2. Inverter.....	12
5.3. Quadri elettrici.....	13
6. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini.....	14
7. Schema elettrico unifilare.....	15
8. Calcoli	16
8.1. Producibilità annua.....	16
8.2. Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC.....	18
9. Calcoli	20

1. Premessa

L'impianto previsto sarà da circa 10 kWp composto da n.33 collettori solari, diviso in n. 3 stringhe e verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione trifase in corrente alternata a 400 V di competenza del gestore di rete.

2. Norme di riferimento

Criteri di progetto e documentazione

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

Sicurezza elettrica

- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems CEI EN 60529 (70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

Norme fotovoltaiche

- IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols CEI EN 50380 (82-22) Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI EN 60891 (82-5) Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
- CEI EN 60904-1 (82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI EN 60904-2 (82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle solari di riferimento
- CEI EN 60904-3 (82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
- CEI EN 61173 (82-4) Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida
- CEI EN 61215 (82-8) Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI EN 61646 (82-12) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo
- CEI EN 61277 (82-17) Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI EN 61345 (82-14) Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)

- CEI EN 61701 (82-18) Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61724 (82-15) Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
- CEI EN 61727 (82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI EN 61829 (82-16) Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- CEI EN 61683 (82-20) Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza
- CEI EN 62093 (82-24) Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali

Quadri elettrici

- CEI EN 60439-1 (17-13/1) 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)
- CEI EN 60439-3 (17-13/3) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- CEI 0-16, Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle Imprese distributrici di energia elettrica
- CEI EN 50110-1 (11-48) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160 (110-22) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

Cavi, cavidotti e accessori

- CEI 20-19/1 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-19/4 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi flessibili
- CEI 20-19/9 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi unipolari senza guaina, per installazione fissa, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi
- CEI 20-19/10 Cavi isolati con gomma con tensione

nominale non superiore a 450/750 V – Parte 10: Cavi flessibili isolati in EPR e sotto guaina di poliuretano

- CEI 20-19/11 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 11: Cavi flessibili con isolamento in EVA
- CEI 20-19/12 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili isolati in EPR resistenti al calore
- CEI 20-19/13 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 470/750 V – Parte 13: Cavi unipolari e multipolari, con isolante e guaina in mescola reticolata, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi
- CEI 20-19/14 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750V – Parte 14: Cavi per applicazioni con requisiti di alta flessibilità
- CEI 20-19/16 Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 16: Cavi resistenti all'acqua sotto guaina di policloroprene o altro elastomero sintetico equivalente
- CEI 20-20/1 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-20/3 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 3: Cavi senza guaina per posa fissa
- CEI 20-20/4 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi con guaina per posa fissa
- CEI 20-20/5 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 5: Cavi flessibili
- CEI 20-20/9 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi senza guaina per installazione a bassa temperatura
- CEI 20-20/12 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili resistenti al calore
- CEI 20-20/14 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V - Parte 14: Cavi flessibili con guaina e isolamento aventi mescole termoplastiche prive di alogeni
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI EN 50086-1 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-1 (23-54) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori

- CEI EN 50086-2-2 (23-55) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- CEI EN 50086-2-3 (23-56) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- CEI EN 50086-2-4 (23-46) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50262 (20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 (23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori

Conversione della potenza

- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146-1-1 (22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
- CEI EN 60146-1-3 (22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori
- CEI UNI EN 45510-2-4 Guida per l’approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza

Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d’Italia, in ordine alfabetico
- CEI 81-8 Guida d’applicazione all’utilizzo di limitatori di sovratensioni sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione
- CEI EN 50164-1 (81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- CEI EN 61643-11 (37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 (81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2 (81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3 (81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4 (81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Dispositivi di potenza

- CEI EN 50123 (serie) (9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
- CEI EN 60898-1 (23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60947-4-1 (17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici

Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50082-1 (110-8) Compatibilità elettromagnetica – Norma generica sull’immunità – Parte 1: Ambienti residenziali, commerciali e dell’industria leggera
- CEI EN 50263 (95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 (77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000-2-2 (110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 61000-2-4 (110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 (110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso □ 16 A per fase)
- CEI EN 61000-3-3 (110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 3: Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale < 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione
- CEI EN 61000-3-12 (210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e ≤ 75 A per fase.
- CEI EN 61000-6-1 (210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell’industria leggera
- CEI EN 61000-6-2 (210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche – Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 (210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell’industria leggera
- CEI EN 61000-6-4 (210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche

Energia solare

- UNI 8477 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell’energia raggiante ricevuta
- UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

3. Dati di progetto

Sito d'installazione	
Località	Selargius
Vincoli	non è soggetta ad alcun tipo di vincolo
Latitudine	39,258°
Longitudine	9,17°
Altitudine	11 metri
Temperatura massima	0 °C
Temperatura minima	0 °C
Irraggiamento globale sul piano orizzontale	1635,65 kWh/m ²
Dati di irraggiamento	UNI 10349
Albedo	20%
Dati relativi al vento e al carico di neve	Da DM 16 Gennaio 1996 e successive modifiche ed integrazioni

4. Descrizione dell'impianto FV

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 10,4 kW verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in Bassa tensione Trifase in corrente alternata di tipo Tri a 400 V.

In esso si distinguono:

Il generatore fotovoltaico composto da:

3 stringhe di 11 moduli collegati in serie

- Il gruppo di conversione formato da 3 inverter Monofase
- Il sistema di protezione di interfaccia esterno all'inverter e certificato
- Il gruppo di protezione

4.1 Generatore fotovoltaico

Sarà costituito da:

- moduli fotovoltaici connessi in serie per la formazione delle stringhe;
- strutture di supporto dei moduli;

Di seguito vengono riportate le caratteristiche del generatore fotovoltaico e dei suoi componenti principali, ovvero stringhe e moduli.

Caratteristiche elettriche del Generatore fotovoltaico	
Potenza nominale	10,4 kWp
Numero moduli fotovoltaici	33
Superficie captante	54,12 m ²

Numero di stringhe	3
Tilt, Azimuth	15°, 0°
Tensione massima @STC (Voc)	440 V
Tensione alla massima potenza @STC (Vm)	361,9 V
Corrente di corto circuito @STC (Isc)	9,87 A
Corrente alla massima potenza @STC (Im)	9,57 A

Il generatore fotovoltaico della potenza nominale di 10,4 kW utilizza la configurazione serie-parallelo (S-P) e sarà suddiviso in 3 stringhe di moduli collegati in serie. Di seguito si elencano le composizioni delle stringhe dell'impianto.

Caratteristiche elettriche delle stringhe	
Numero moduli fotovoltaici in serie	11
Potenza nominale	3,465 kW
Tensione a circuito aperto (Voc)	440 V
Corrente di corto circuito (Isc)	9,87 A
Corrente alla massima potenza (Im)	9,57 A

Dati costruttivi dei Moduli:

Dati costruttivi dei moduli	
Produttore	Viessmann
Modello	Vitovolt 300 M-WB
Tecnologia	Si-Mono
Potenza nominale	315 W
Tolleranza	2%
Tensione a circuito aperto (Voc)	40 V
Tensione alla massima potenza (Vm)	32,9 V
Corrente di corto circuito (Isc)	9,87 A
Corrente alla massima potenza (Im)	9,57 A
Superficie	1,64 m ²
Efficienza	19,2%
Certificazioni	

4.2. Gruppi di conversione DC/AC

Il gruppo di conversione dell'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 3 inverter Monofase per una potenza nominale complessiva di circa 10,4 kW. Ciascun inverter sarà

costituito da un ponte di conversione DC/AC e da un insieme di componenti quali dispositivi di protezione contro guasti interni e contro le sovratensioni, e da filtri che rendono il gruppo idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete elettrica in corrente alternata in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. Per aumentare l'efficienza operativa d'impianto, l'inverter non avrà un trasformatore di isolamento.

Dati costruttivi dell'inverter	
Produttore	MPP SOLAR INC
Modello	MPI-3000
Potenza nominale	3,5 kW
Potenza massima	3,5 kW
Efficienza massima	95%
Efficienza europea	94%
Tensione massima da PV	500 V
Minima tensione Mppt	150 V
Massima tensione Mppt	500 V
Massima corrente in ingresso	15 A
Tensione di uscita	230 V
Uscita	Monofase
Trasformatore di isolamento	False
Frequenza	50 Hz
Certificazioni	

4.3. Sezione interfaccia rete

La sezione di interfaccia rete conterrà il sistema di protezione di interfaccia (SPI), il dispositivo di interfaccia (DI) e il sistema di misura dell'energia prodotta.

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), costituito essenzialmente da relé di frequenza e di tensione, è richiesto, secondo la norma CEI 11-20, a tutela degli impianti del Gestore di Rete in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica durante il regime di parallelo.

Nel caso dell'impianto in oggetto, Il sistema di protezione di interfaccia (SPI) e il dispositivo di interfaccia (DI) sono installati sul lato BT dell'impianto. Inoltre, il sistema di protezione di interfaccia (SPI) e dispositivo di interfaccia (DI) sono esterni all'inverter MPP SOLAR INC MPI-3000, , e sono conformi alla normativa applicabile: norme CEI 11-20 e documento ENEL DK 5940 ed 2.2.

Il sistema di misura dell'energia elettrica prodotta sarà collocato all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile.

La potenza nominale dell'impianto è inferiore a 20 kW pertanto, ai sensi della delibera AEEG 88/07, il Gestore di rete sarà responsabile dell'installazione e della manutenzione del sistema di misura dell'energia prodotta, nonché del servizio di misura dell'energia prodotta.

4.4. Quadri elettrici in corrente continua

L'impianto fotovoltaico è costituito da 3 quadri di campo così costituiti:

Composizione quadro elettrico	
Numero di ingressi	1
Max corrente per ciascun ingresso	9,87 A
Max tensione ingresso	484,66 V
Max corrente uscita	9,87 A
Dispositivo in ingresso	ABB OTDC16F2
Corrente nominale del dispositivo in ingresso	25 A
Protezione	Nessuno
Corrente nominale della protezione	0 A
Dispositivo in uscita	ABB S802PV-S20
Corrente nominale del dispositivo in uscita	18,6 A
Scaricatori	ABB OVR PV 40 600 P

5. Criteri di scelta e dimensionamento dei componenti principali

5.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono stati scelti in base alle seguenti specifiche tecniche:

- utilizzare la tecnologia del
- essere in classe II ed avere una tensione di isolamento superiore a 1000 V
- essere accompagnato da un foglio-dati e da una targhetta posta sul retro del modulo che riportano le principali caratteristiche elettriche secondo la norma CEI EN 50380;
- dovranno avere caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch. In assenza di queste informazioni, il criterio di scelta è quello di scegliere moduli con piccole tolleranze sulla potenza nominale ($\leq 3\%$);
- essere dotati di diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa anche con danneggiamento o ombreggiamenti di una o più celle;
- avere una cassetta di terminazione con grado di protezione IP 65 da cui dipartono i cavi a loro volta dotati di connettori ad innesto rapido tipo multicontact;
- avere una potenza nominale sufficientemente elevata in modo da ridurre i cablaggi elettrici

- dotati di certificazione emessa da un laboratorio accreditato che certifichi la rispondenza del prodotto alla normativa applicabile;
- avere una garanzia di prodotto contro difetti di fabbricazione e di materiale di almeno 2 anni;
- avere una garanzia sul decadimento delle prestazioni tale per cui il costruttore del modulo garantirà che la potenza nominale del modulo dopo 20 anni non sarà inferiore all' 80% della potenza nominale indicata dal costruttore all'atto dell'acquisto del modulo stesso;
- avere il numero di serie e il nome del costruttore indelebili e ben visibili;
- essere provvisti di cornice, tipicamente in alluminio, per facilitare le operazioni di montaggio;
- avere una tensione massima di sistema superiore a 1000 V.

5.2. Inverter

Gli inverter sono stati scelti e dimensionati in base alle seguenti caratteristiche:

- La potenza complessiva degli inverter dovrà essere superiore al 90 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico.
- Essere a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a “sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale”, in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20.
- Dovranno operare in modalità MPPT (Maximum Power Point Tracking)
- Ingressi in continua preferibilmente gestibili con poli non connessi a terra ("floating"), ovvero come sistemi IT.
- Presentare preferibilmente un isolamento galvanico tra generatore fotovoltaico e rete
- Disporre di un dispositivo per controllo continuo dell'isolamento verso terra, lato dc, conforme alle prescrizioni CEI per gli impianti gestiti con sistema IT (CEI 64-8). Eventualmente tale protezione può essere esterna
- Disporre di filtri di ingresso per contenimento eventuale ripple di tensione e corrente su generatore fotovoltaico.
- Avere una efficienza europea superiore al 93% se trattasi di inverter con trasformatore di isolamento, o superiore al 95 % in assenza di tale trasformatore.
- Disporre di filtri in uscita per limitare le armoniche di corrente e contenere i disturbi indotti sulla rete, in conformità alle norme CEI applicabili (EMC).
- Rispondere alle norme applicabili in materia di EMC
- Avere un controllo del fattore di potenza della corrente di uscita su valori prescritti (norma CEI 11-20) con eventuale sistema di rifasamento lato ca, ove risulti necessario.
- Poter funzionare in modo automatico (avviamento, modalità MPPT e spegnimento automatico
- Possibilità di funzionamento in sovraccarico (eventualmente con funzione di limitazione della corrente).

- Possibilità di operare in condizioni di temperatura gravose (protezione mediante limitazione di potenza nel caso in cui i dispositivi di potenza raggiungano temperature elevate)
- Avere protezioni e dispositivi per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20.
- Essere protetto contro guasti interni.
- Essere protetto contro fulminazioni indirette (presenza di scaricatori lato DC e AC)
- Avere il marchio CE.
- Disporre di una certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alle norme applicabili, compresi i documenti tecnici dei Distributori relativamente all'interfacciamento con la rete pubblica.
- Avere un grado di protezione (IP) compatibile con le condizioni di installazione prevista in fase di progettazione.

Inoltre, gli inverter verranno scelti in modo tale che il campo di variazione delle tensioni e delle correnti lato DC sia compatibile con i valori di tensione e corrente erogate dal campo fotovoltaico a cui verranno connessi, in qualsiasi condizioni di irraggiamento e temperatura ambiente. La verifica di tale compatibilità verrà fatta nel capitolo “calcoli preliminari”.

Analogamente, i valori di tensione e frequenza in uscita dagli inverter saranno compatibili con la rete AC alla quale l'impianto fotovoltaico sarà connesso.

5.3. Quadri elettrici

I quadri elettrici dovranno avere un grado di protezione IP idoneo alla tipologia di installazione (IP 65 per installazioni esterne) ed essere dotati di apposita morsettiera su cui attestare i cavi entranti ed uscenti. La morsettiera dovrà essere provvista di morsetto di terra al quale collegare tutte le masse interne al quadro per il loro collegamento a terra. I quadri dovranno preferibilmente essere fissati a parete e possibilmente non dovranno essere esposti alla radiazione solare diretta.

I quadri elettrici dovranno contenere i dispositivi di manovra, protezione che dovranno essere scelti in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione. In particolare, per la sezione in corrente continua dovranno essere utilizzati dispositivi di protezione e manovra appositamente realizzati per l'impiego in corrente continua. Non sono quindi ammessi dispositivi di protezione e manovra realizzati per l'impiego in corrente alternata a meno che il costruttore non indichi chiaramente il coefficiente di declassamento necessario per poterli utilizzare in tutta sicurezza anche in corrente continua.

La scelta del quadro, in particolare le sue dimensioni, sarà fatta in modo che la temperatura al proprio interno non raggiunga valori tali da compromettere il buon funzionamento delle apparecchiature e dei dispositivi presenti al proprio interno. Il dimensionamento termico dei quadri sarà oggetto di progettazione esecutiva e terrà conto della resistenza termica del quadro, degli elementi presenti al loro interno che durante il normale funzionamento

dell'impianto potranno dissipare potenza (dispositivi di protezione e sezionamento, comprese sbarre e cavi) e dalla massima temperatura ambiente.

I quadri elettrici dovranno infine riportare chiaramente ed in modo indelebile il nominativo del costruttore del quadro.

6. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini

Il riferimento normativo in questo ambito sono le norme CEI 81-10 1/2/3/4 e CEI 82-4. Per proteggere il generatore fotovoltaico contro gli effetti prodotti da sovratensioni indotte a seguito di scariche atmosferiche verranno utilizzati scaricatori (SPD di classe II) sul lato DC da posizionare dentro i quadri di campo. Per il dettaglio si rimanda agli schemi elettrici riportati nel documento.

La scelta degli scaricatori è stata fatta in modo da rispettare la condizione:

$$U_c > 1,25 * V_{oc,genFV}$$

Dove:

U_c : è la tensione di servizio continuo dell'SPD

$V_{oc,genFV}$: è la tensione a circuito aperto @STC del generatore fotovoltaico

Inoltre, il punto di installazione degli SPD è stato scelto in modo che non vengano superate le distanze di protezione l_{po} e l_{pi} definite nella norma CEI 81-10/4:

- Distanza di protezione l_{po} determinata dai fenomeni di oscillazione;
- Distanza di protezione l_{pi} determinata dai fenomeni d'induzione.

8. Calcoli

8.1. Producibilità annua

La valutazione della fonte solare per la località in esame è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la provincia che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze del Comune di Selargius. La norma UNI 10349 fornisce una serie di dati climatici tra cui l'irraggiamento globale giornaliero medio mensile su piano orizzontale con le sue componenti diretto e diffuso. Per la località in esame i valori di irraggiamento giornaliero medio mensile sono i seguenti:

Mese	Diffuso giornaliero [kWh/m ²]	Diretto giornaliero [kWh/m ²]	Totale giornaliero [kWh/m ²]
Gennaio	0,89	1,13	2,02
Febbraio	1,16	1,56	2,72
Marzo	1,52	2,48	4,00
Aprile	1,91	3,23	5,14
Maggio	2,11	4,15	6,26
Giugno	2,14	4,82	6,96
Luglio	1,80	5,79	7,59
Agosto	1,72	4,92	6,64
Settembre	1,58	3,32	4,90
Ottobre	1,25	2,14	3,39
Novembre	0,94	1,30	2,24
Dicembre	0,80	0,97	1,77
Annuale	542,51	1093,14	1635,65

Tenendo conto dell'irraggiamento giornaliero medio mensile e del numero di giorni di cui si compongono i dodici mesi dell'anno, è possibile determinare il valore di irraggiamento globale annuale su piano orizzontale per la località di (). Tale valore è pari a 1635,65 [kWh/m²].

Calcolo della producibilità

La producibilità dell'impianto è stata calcolata sulla base dei dati storici del sito di installazione relativi ai valori medi mensili dell'irraggiamento solare globale incidente su superficie orizzontale desunti dalla Norma UNI 10349 per la località in questione.

La procedura per il calcolo dell'energia prodotta dall'impianto tiene conto della potenza nominale dell'impianto (10,4 kW), dell'angolo di tilt e di azimut (15°, 0°) del generatore fotovoltaico, delle perdite sul generatore fotovoltaico (perdite resistive, perdite per scostamento di temperatura dei moduli, per riflessione e per mismatching tra stringhe),

Contributo ex Legge 27 dicembre 2019, n° 160 – Annualità 2020. “OPERE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL PALAZZO MUNICIPALE E INSTALLAZIONE DI IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI” ex comma 14 - art. 32 - D. Lgs 18 aprile 2016, n° 50. – CIG: Z722CD7B77.

dell'efficienza europea degli inverter nonché del coefficiente di riflettanza del suolo antistante i moduli (20%) (albedo).

Pertanto, l'energia prodotta dall'impianto su base annua ($E_{p,a}$) si calcola come segue:

$$E_{p,a} = P_{nom} * I_{rr} * (1-Perdite) = 14\ 223,50 \text{ kWh}$$

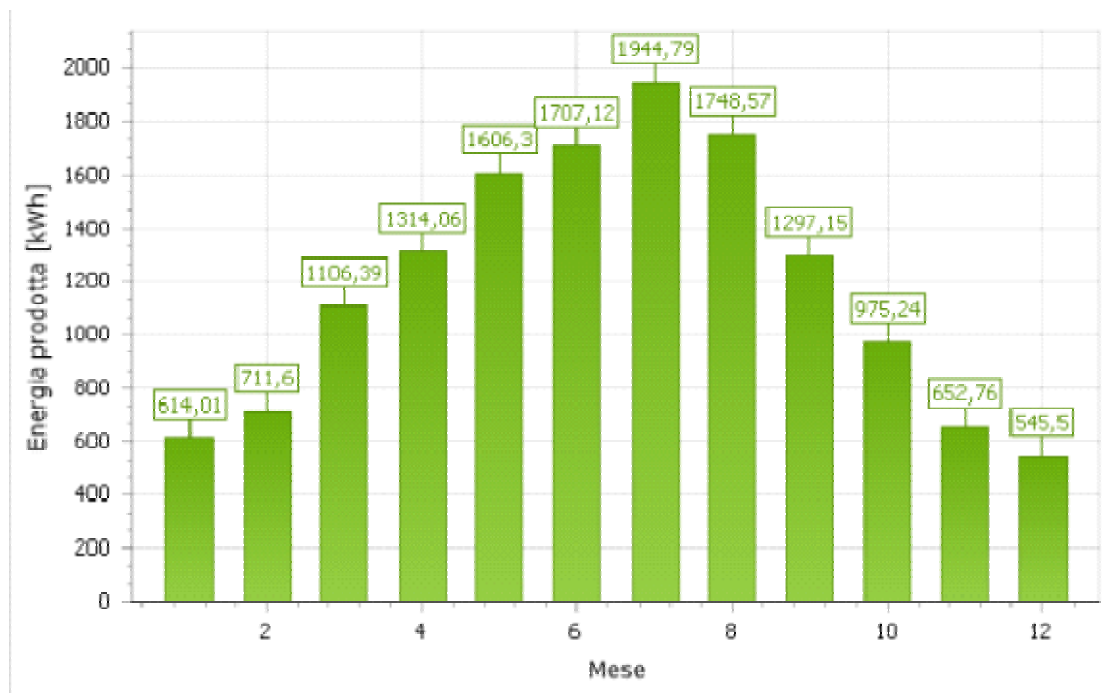
Dove:

- P_{nom} = Potenza nominale dell'impianto: 10,4 kW
- I_{rr} = Irraggiamento annuo sul piano dei moduli: 1785,82 kWh/m²
- Perdite = Perdite di potenza: 23,38 %

Le perdite di potenza sono dovute a vari fattori. Nella tabella sottostante vengono riportati tali fattori di perdita e i relativi valori assunti dalla procedura per il calcolo della producibilità dell'impianto.

Fattori di perdita elettrica	
Perdite per aumento di temperatura dei moduli	5,00 %
Perdite di mismatch elettrico	5,00 %
Perdite resistive	4,00 %
Perdite per conversione DC/AC	6,00 %
Altre perdite	2,00 %
Perdite totali	23,38 %

Il grafico sotto indicato riporta l'andamento della produzione mensile di energia attesa nel corso dell'anno.



8.2. Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC

Per poter scegliere un inverter correttamente occorre preventivamente verificare la compatibilità tra gli inverter utilizzati ed i relativi campi fotovoltaici.

Le verifiche sugli inverter si riferiscono alla sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico e riguardano:

- La verifica sulla tensione DC
- La verifica sulla corrente DC
- La verifica sulla potenza

Verifica sulla tensione DC

La verifica sulla tensione DC consiste nel controllare che l'insieme delle tensioni fornite dal campo fotovoltaico sia compatibile con il campo di variazione della tensione di ingresso dell'inverter.

In altri termini, è necessario calcolare la tensione minima e massima del campo fotovoltaico e verificare che la prima sia superiore alla tensione minima di ingresso ammessa dall'inverter, e la seconda sia inferiore alla tensione massima di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla corrente DC

La verifica sulla corrente DC consiste nel controllare che la corrente di cortocircuito @ STC del campo fotovoltaico sia inferiore alla massima corrente di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla potenza

La verifica sulla potenza consiste nel controllare la potenza nominale del gruppo di conversione DC/AC (somma delle potenze nominali degli inverter) sia superiore all'80 % e inferiore al 120 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico (somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici).

Le tabelle che seguono riportano il risultato di tali verifiche.

Inverter:1	
Limiti sulla tensione	Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (304,48 V) > Tensione minima di Mppt (150 V)
Limiti sulla tensione	Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (406,56 V) < Tensione massima di Mppt (500 V)
Limiti sulla tensione	Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (484,66 V) < Tensione massima dell'inverter (500 V)
Limiti sulla corrente	Corrente di corto circuito (9,87 A) < Massima corrente dell'inverter (15 A)
Limiti sulla potenza	Dimensionamento in potenza (80 %) < (99%) < (120 %)

Inverter:2	
Limiti sulla tensione	Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (304,48 V) > Tensione minima di Mppt (150 V)
Limiti sulla tensione	Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (406,56 V) < Tensione massima di Mppt (500 V)
Limiti sulla tensione	Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (484,66 V) < Tensione massima dell'inverter (500 V)
Limiti sulla corrente	Corrente di corto circuito (9,87 A) < Massima corrente dell'inverter (15 A)
Limiti sulla potenza	Dimensionamento in potenza (80 %) < (99%) < (120 %)

Inverter:3	
Limiti sulla tensione	Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (304,48 V) > Tensione minima di Mppt (150 V)
Limiti sulla tensione	Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (406,56 V) < Tensione massima di Mppt (500 V)
Limiti sulla tensione	Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (484,66 V) < Tensione massima dell'inverter (500 V)
Limiti sulla corrente	Corrente di corto circuito (9,87 A) < Massima corrente dell'inverter (15 A)
Limiti sulla potenza	Dimensionamento in potenza (80 %) < (99%) < (120 %)

9. Calcoli

In termini di energia l'impianto, tenendo conto del sito di installazione (), dovrà avere una capacità produttiva teorica annua superiore a circa 1 368,30 kWh/kWp.

In termini di efficienze operative DC e AC, l' impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

$$\begin{array}{ll} P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I_{rr} / I_{STC} & \text{(per } I_{rr} > 600 \text{ W/m}^2\text{)} \\ P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc} & \text{(per } P_{ca} > \text{ del } 90\% \text{ della potenza di targa del} \\ & \text{gruppo di conversione)} \end{array}$$

Dove:

P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;

P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata (in kVA) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;

P_{nom} è la potenza nominale (in kWp) del campo fotovoltaico;

I_{rr} è l'irradianza solare (in W/m²) misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 3%;

I_{STC} è l'irradianza solare in STC pari a 1000 W/m².

Inoltre, al fine di assicurare il rispetto dei suddetti requisiti di efficienza operativa del generatore fotovoltaico e del gruppo di conversione dovrà essere emesso:

- la dichiarazione attestante la verifica tecnico-funzionale;
- il certificato di collaudo.