



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO
DELL'INTERNO

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE 5 COMPONENTE 2 INVESTIMENTO 2.1
"RIGENERAZIONE URBANA" (Codice misura M5C2I2.1)



Città di Lucca

Amministrazione comunale

Dirigente
Ing. Antonella Giannini
Responsabile Unico del Procedimento
Geom. Marco Acampora
Ufficio impiantistica sportiva
Ing. Agnese Caturegli

PALESTRA SAN LORENZO A VACCOLI,
VIA PER S.LORENZO A VACCOLI, RISANAMENTO CONSERVATIVO E
ADEGUAMENTO SISMICO - CUP J63D21000490004

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

ALLEGATO N.

TAVOLA N.

SCALA

IE

04

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

DATA

GENNAIO 2023

REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione
00	24 Dicembre 2021	Prima emissione
01	02 Maggio 2022	Seconda emissione
02	30 Gennaio 2023	Terza emissione

PROGETTISTI



SICURING SRL
DIRETTORE TECNICO
DOTT. ING. CARLO LA FERLITA

GEOLOGIA
GEOL. LUCA TOFACCHI

Sommario

RELAZIONE DI CALCOLO.....	<u>1</u>
CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	<u>1</u>
CONSIDERAZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	<u>1</u>
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	<u>1</u>
- Caratteristiche dei pannelli fotovoltaici.....	<u>1</u>
- Caratteristiche inverter.....	<u>1</u>
- Dispositivo di interfaccia (DDI).....	<u>2</u>
- Dimensionamento dell'impianto.....	<u>2</u>
Quadro di campo.....	<u>2</u>
Conduttori.....	<u>2</u>
Quadro alternata.....	<u>2</u>
- Caratteristiche dei materiali e delle installazioni.....	<u>3</u>
- Tubi protettivi, cassette di derivazione.....	<u>3</u>
Canalette porta cavi.....	<u>4</u>
VALUTAZIONE DELLA PRODUTTIVITÀ ATTESA.....	<u>4</u>

Relazione di calcolo

L'impianto di generazione di energia con pannelli fotovoltaici sarà montato sulla copertura della struttura, in corrispondenza degli spogliaioi. La superficie disponibile per ottenere la resa ottimale dell'impianto e ridurre al minimo fenomeni di mutuo ombreggiamento, consente di installare un massimo di 24 pannelli.

Per evitare di forare la copertura per il fissaggio della struttura di sostegno dei pannelli e quindi ridurre il rischio di infiltrazioni, i pannelli verranno appoggiati alla copertura utilizzando zavorre in cemento.

I pannelli dovranno essere orientati a Sud, con una inclinazione pari a 30° e disposti su tre file da 4 pannelli ciascuna. L'impianto sarà composto da due stringhe da 12 pannelli cadauna, i pannelli saranno da 310Wp, per un totale di 7,44 kW.

Le due stringhe saranno collegate, lato continua, ad un inverter trifase che verrà installato nell'ufficio e lato alternata al Quadro Alternata (QA) che verrà ricollegato a sua volta al Quadro Fornitura (QF).

Calcolo delle correnti di corto circuito

Per la determinazione del potere di interruzione degli interruttori di automatici si fa riferimento alla CEI 0-21. In presenza di una fornitura trifase in BT, con potenza disponibile superiore a 33 kW, si assume una corrente di cortocircuito massima pari a 15 kA in corrispondenza del punto di consegna.

L'incremento della corrente di corto circuito apportato dall'impianto fotovoltaico è inferiore a 25A.

Considerazioni per il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

Nel dimensionamento dell'impianto fotovoltaico sono state prese di riferimento le seguenti considerazioni:

- l'inclinazione è approssimativamente pari a 30°, azimuth = 0° rispetto al sud;
- relativamente all'energia immessa in rete l'impianto adotterà il sistema contrattuale di "scambio sul posto";
- l'impianto sarà distribuito sulle tre fasi;
- è previsto un solo inverter;

Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

- Caratteristiche dei pannelli fotovoltaici

La tipologia dei pannelli scelta per l'impianto è al silicio monocristallino con 60 celle a quattro busbar.

Per la configurazione sono stati considerati dei pannelli di misura standard facilmente reperibili sul mercato.

Nel dimensionamento sono stati considerati pannelli con le seguenti caratteristiche:

- dimensioni (l x h x p): 990 x 1645 x 35 mm
- tipo celle: 60 celle silicio monocristallino
- potenza di picco: 310 W_p
- peso: 17,9 kg
- tensione a circuito aperto (V_{oc}): 39,78 V
- corrente di corto circuito (I_{sc}): 9,68 A
- tensione al punto di massima potenza (V_{mp}): 33,84 V
- corrente al punto di massima potenza (I_{mp}): 9,17 A
- tensione massima di sistema: 1000 V
- temperatura di esercizio cella (NOCT): 46 ± 2 °C
- coefficiente di temperatura a P_{max}: - 0,40 %/C
- coefficiente di temperatura a V_{oc}: -0,31 %/C
- coefficiente di temperatura a I_{sc}: 0,04 %/C
- temperatura di esercizio: -40 / +85 °C
- efficienza modulo: 19,03 %
- classe di reazione al fuoco: 1
- resistenza alla grandine: 25 mm – 23 m/s
- vetro frontale: temperato con rivestimento antiriflesso, spessore minimo 3,2 mm
- scatola di giunzione: IP 67 con 3 diodi bypass
- cavi d'uscita: E317230-C PV 4 mmq
- connettori: PV4 (compatibilità MC4 approvata)
- garanzia sul prodotto: 25 anni

- Caratteristiche inverter

L'inverter utilizzato sarà del tipo trifase, tensione 400V, frequenza 50Hz, il rendimento dovrà essere non inferiore al 95%, il fattore di potenza pari a 1 e essere coperto da una garanzia della durata minima di 5 anni.

L'inverter ed il Dispositivo di Interfaccia dovranno essere conformi alla Norma CEI 0-21 in vigore al momento della messa in servizio dell'impianto.

L'inverter scelto per il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico ha le seguenti caratteristiche:

- trifase;
- conforme alla norma CEI 0-21;V1, per connessione alla rete (grid connected);
- sistema di conversione DC / AC composto da un ponte realizzato con IGBT e al suo interno integra una protezione contro l'inversione di polarità;
- misura della corrente residua (RCMU);

- varistori di classe 2 e controllore di isolamento lato corrente continua;
- varistori di classe 3 lato corrente alternata;
- sistema di protezione anti-isola;
- sistema di protezione di interfaccia integrato;
- dispositivo di distacco automatico dalla rete;
- sistema di raffreddamento a ventilazione regolata;
- n° 2 MPPT con n° 2+2 connettori DC con morsetti a vite;
- range di tensione MPPT 228-800 V;
- massima tensione in ingresso 1000 V;
- massima corrente in ingresso lato DC 16 A;
- massimo contributo alla corrente di corto circuito lato DC 24 A;
- potenza nominale in corrente alternata 7000 W;
- massima corrente in uscita 11,2 A;
- tensione di uscita 230/400 V c.a. (280- 480V) con frequenza 50 Hz;
- fattore di potenza 0,85-1 e distorsione armonica < 3%;
- grado di efficienza massima 98%;
- gamma di temperatura ambiente -40 +55 °C;
- display Matrix con tasti capacitivi;
- emissione acustica massima 60 dB(A);
- interfacce WLAN-Ethernet LAN/, 6 ingressi digitali + 4 ingressi o uscite digitali programmabili / USB / 2 prese RJ45 / MODBUS RS485;
- involucro in materiale metallico con grado di protezione IP 65 adatto al montaggio sia in interno che in esterno.

- Dispositivo di interfaccia (DDI)

Il dispositivo di interfaccia, conforme alla Norma CEI 0-21:2019, dovrà essere integrato nell'inverter.

Tale dispositivo, deve essere in grado di disconnettere l'inverter dalla rete elettrica nel caso in cui i valori di tensione e frequenza superino le soglie imposte dalla Norma e dovrà essere testato al momento dell'installazione della macchina e comunque prima dell'allaccio alla rete elettrica.

La verifica del SPI potrà avvenire tramite la procedura di autotest, che fornirà come risultato una serie di schermate a display in cui sono riportate:

- le soglie di tensione e frequenza assieme ai tempi di intervento imposti dalla Normativa;
- le soglie di tensione e frequenza assieme ai tempi di intervento rilevati al momento dell'esecuzione dell'autotest.

- Dimensionamento dell'impianto

Sulla base dei dispositivi scelti si realizza un impianto trifase più neutro.

I parametri di calcolo sono i seguenti:

- temperatura esterna minima: - 20 °C
- temperatura massima ai pannelli: 60 °C
- coefficiente di derating dei pannelli: 0,925

Avendo considerato pannelli da 310W_p ed base a considerazioni sulla tensione di innesco dell'inverter coordinando la stessa con le tensioni di funzionamento dei pannelli si è scelto di realizzare un campo formato da due stringhe simmetriche. Questa scelta comporta il raggiungimento di una tensione a vuoto in condizioni STC pari a 477,36 V circa (@-10°C), tensione che aumenta proporzionalmente al calare della temperatura.

L'impianto fotovoltaico sarà composto da 24 pannelli suddivisi in due stringhe, ognuna delle quali è composta da 12 pannelli in serie.

Ciascuna stringa sarà connessa, dal quadro di campo che verrà installato sulla parete esterna del fabbricato, a ciascun MPPT dell'inverter. I quadri di campo dovranno essere protetti dalle intemperie con un armadio in vetroresina o altra struttura di protezione.

Quadro di campo

Ciascun quadro di campo sarà composto da un interruttore magnetotermico ed uno scaricatore combinato di Tipo 1 + Tipo 2. La protezione avrà corrente nominale 10 A, U_e = 600 V cc; il dispositivo di protezione dovrà essere accessoriatato con bobina a lancio di corrente da collegare al sistema di sgancio di emergenza dell'intero impianto.

Per la protezione da corrente di fulmine è stato previsto uno scaricatore combinato di Tipo 1 + Tipo 2, bipolare, con tensione massima fino a 1000V, tenuta al cortocircuito 1000A, corrente impulsiva nominale di scarica (8/20 microsec) 15 kA e corrente di scarica totale (8/20 microsec) 30 kA. La configurazione scelta è indicata per sistemi isolati da terra.

Conduttori

Per il collegamento tra i pannelli fotovoltaici e i Quadri di Campo (QC) e tra i quadri di campo (QC) e l'inverter, si prevede l'uso di cavo solare H1Z2Z2-K, U_o/U DC 1,2/1,8 kV, conforme ai requisiti CPR UE 305/11, avente sezione 4 mmq, contenendo la caduta di tensione entro valori percentuali inferiori a 1%.

Quadro alternata

Per quanto riguarda la protezione sul lato corrente alternata, immediatamente a valle dell'inverter, dovrà essere installato un interruttore magnetotermico differenziale, 4x16 A, curva "C", P_{di}=6kA, I_{dn}=300mA, Classe F.

Il Quadro Alternata (QA), l'inverter e il contatore di energia prodotta saranno installati nell'ufficio, mentre i quadri in continua saranno installati a parete, in prossimità delle rispettive stringhe.

Dal Quadro Alternata dovrà essere posata una linea in cavo FG16OM16, 5G4 mmq, per il collegamento all'interruttore, nel Quadro Fornitura. La linea dovrà essere priva di giunzioni intermedie.

La protezione dell'impianto fotovoltaico nel Quadro Fornitura, dovrà essere accessoriata con bobina a lancio di corrente da collegare al sistema di sgancio di emergenza dell'intero impianto.

- Caratteristiche dei materiali e delle installazioni

a) isolamento dei cavi:

la tipologia dei cavi sia lato continua che lato alternata è stata indicata in base alla normativa in vigore al momento della stesura del progetto. Le imminenti modifiche alla classificazione dei cavi che verranno introdotte con l'entrata in vigore del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR), ne modificherà la sigla identificativa, che dovrà essere effettuata in funzione del livello di rischio e della classe di Reazione al Fuoco. In fase di realizzazione dell'impianto di raccomanda di effettuare una verifica della corrispondenza dei cavi tenendo conto anche della classe di rischio degli ambienti in cui verranno installati e posare in opera i corrispondenti o, in mancanza, di cavi di classe immediatamente superiore.

Tutti i cavi utilizzati, lato AC, devono essere conformi alla CPR e adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 0,6/1 kV e LS0H, mentre quelli lato DC, devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 0,6/1 kV .

b) colori distintivi dei cavi:

i conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone;

lato continua, i conduttori devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero e rosso;

c) sezioni minime e cadute di tensione massime ammesse:

le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

d) sezione minima dei conduttori di neutro:

la sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm², la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm² (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni degli articoli: 522, 524.1-2-3, 543.1.4. della norma CEI 64-8;

e) propagazione del fuoco lungo i cavi:

i cavi in aria installati individualmente, cioè distanziati tra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione delle norme CEI 20-35. Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, devono rispettare i requisiti di non propagazione dell'incendio in conformità alle norme CEI 20-22;

f) provvedimenti contro il fumo:

allorché i cavi siano installati in notevole quantità in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione si devono adottare sistemi di posa atti ad impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o in alternativa ricorrere all'impiego di cavi a bassa emissione di fumo secondo le norme CEI 20-37 e 20-38;

g) problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi:

qualora cavi in quantità rilevanti siano installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi bruciando sviluppino gas tossici o corrosivi. Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi ad alte temperature secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente; dette protezioni possono essere tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc.

h) resistenza agli agenti atmosferici:

i cavi installati all'esterno devono essere adatti al tipo di installazione e alle sollecitazioni atmosferiche che devono sopportare (in particolare dovute agli effetti del sole)

- Tubi protettivi, cassette di derivazione

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente entro tubazioni o canalette.

Nell'impianto previsto i tubi protettivi devono essere in materiale metallico e il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti e comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 20mm; il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi; ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione.

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei, deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta; il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

È ammesso collocare i cavi a tensione o di circuiti differenti nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

I cavi in continua e in alternata seguono la stessa regola di cui sopra.

Canalette porta cavi

Le canalette e/o passerelle portatavi saranno metalliche del tipo zincato e (ove previsto) smaltato.

Il numero dei cavi installati deve essere tale da consentire una occupazione non superiore al 50% della sezione utile dei canali, secondo quanto prescritto dalle norme CEI 64-9.

Per il grado di protezione contro i contatti diretti, si applica quanto richiesto dalle norme CEI 64-8 utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni ecc.), opportune barriere devono separare cavi a tensioni nominali differenti (salvo quanto prescritto nel precedente articolo).

I cavi vanno utilizzati secondo le indicazioni delle norme CEI 20-20.

Devono essere previsti per canali metallici i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali secondo quanto previsto dalle norme CEI 64-8.

Le caratteristiche di resistenza al calore anormale e al fuoco dei materiali utilizzati devono soddisfare quanto richiesto dalle norme CEI 64-8.

Le cabalette e le passerelle dovranno essere ancorate a parete o a soffitto mediante apposite mensole; nei tratti verticali i conduttori in esse contenute dovranno essere fissati alle stesse per mezzo di opportune fascette. Tutte le cabalette/passerelle saranno dotate di coperchio di chiusura.

Valutazione della produttività attesa

Valutazione della produttività attesa per l'impianto FV, nella situazione di installazione (collocazione, tilt, azimuth), basata sul sistema di valutazione PV GIS.

Località:	Lucca (LU)
Latitudine:	43°79'96" Nord
Longitudine:	10°48'22" Est
Potenza nominale del sistema fotovoltaico:	7,44 kW
Perdite stimate dovute alla temperatura e basso irraggiamento: (sulla base della locale temperatura media ambiente)	7,7%
Perdite stimate dovute ad effetti di riflessione angolare:	2,8%
Altre perdite (cablaggi, inverter, ecc.):	4,0%
Predite complessive del sistema fotovoltaico:	14,0%
Inclinazione dei moduli:	30°
Orientazione dei moduli (azimuth):	0°

mese	Em	Hm	SDm	Pm
gennaio	475,4	79,1	73,8	3157,1
febbraio	559,4	97,4	73,7	2860,8
marzo	756,9	129,7	141,4	3167,1
aprile	925,8	163,8	103,5	3047,1
maggio	1048,3	189,4	130,8	2291,4
giugno	1066,2	197,7	70,4	1416,0
luglio	1182,9	222,6	82,2	1442,4
agosto	112,6	208,4	72,4	47,2
settembre	909,4	165,9	62,8	1428,9
ottobre	706,7	124,1	446,6	3153,6
novembre	473,8	80,9	87,8	3082,5
dicembre	453,3	75,8	78,4	3176,4

Em: Produzione media mensile del sistema [kWh]

Hm: Valore medio dell'irradiazione globale per metro quadro ricevuta dai pannelli fotovoltaici del sistema [kWh/mq]

SDm: Deviazione standard della produzione mensile a causa della variazione di anno in anno [kWh]

Pm: Potenza media stimata in assorbimento

Previsione di Energia prodotta annua: 9670,68 kWh

Previsione di Energia consumata annua: 28270,50 kWh

Fabbisogno di energia coperto dall'impianto fotovoltaico: 34,2 %