



COMUNE DI NAPOLI

“INTERVENTO DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'EDIFICIO PER UFFICI IN VIA COMMISSARIO AMMATURO”

PON METRO 2014 - 2020 NA 2.1.2,a LOTTO 8 NA 2.1.2, a 14

PROGETTO ESECUTIVO

IL DIRIGENTE

Ing. Vincenzo Brandi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Maria Iaccarino

DIRETTORE ESECUZIONE DEL CONTRATTO

Arch. Stefania Ferraiuolo

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA: ODINIPA INGEGNERIA SRL



S.G.Q. UNI EN ISO 9001:2015 N°737/34
Corso Resina, 310 - Ercolano (NA)
e-mail: odinipaingegneria@gmail.com
PEC: odinipaingegneria@postecert.it
Tel: 081-7773637 - P.IVA: 08550281219

COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

DT.Arch. Monica Vitrone

PROGETTISTI:

Ing. Improta Francesca

Ing. I. Scognamiglio Nicola

GIOVANE PROFESSIONISTA: Ing. Mometti Gabriella

MANDANTE: Arch. Daniele Galeano



RELAZIONE TECNICA - IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Livello Progettazione	Codice disciplina	N° Elaborato/ Nom. Specifica	Data	Revisione	Scala
ESE	IF	RT	maggio 2022	-	-

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3.	PRODUZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO.....	10
4.	ASPETTI TECNICI E DESCRITTIVI	Errore. Il segnalibro non è definito.
5.	VERIFICHE ELETTRICHE	16
6.	CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	17
7.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	19

1. PREMESSA

L'edificio sarà dotato di un impianto fotovoltaico da **6 kWp**. Sarà installato sulla copertura piana dell'edificio posta al primo piano che insiste sul sottostante archivio esistente.

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da 15 moduli (potenza di ciascuno modulo: 400 Wp) suddivisi in due stringhe una da 8 e l'altra da 7 moduli (per una superficie captante pari a circa **26,52 m²**). La coppia di stringhe confluirà ad un inverter trifase da 6 kW dotato di 2 MPPT lato c.c..

Per l'aspetto elettrico è prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica; pertanto in base alla norma CEI 64/8, tale impianto è da considerarsi classificato in categoria 1a e la messa a terra sarà:

- Lato corrente continua (CC) del tipo IT con tutte le parti attive isolate da terra e le masse metalliche (strutture metalliche di sostegno dei moduli e conici dei pannelli) collegate all'impianto di terra dell'utente;
- Lato corrente alternata (CA) del tipo TT.

Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel seguito. Si riportano le definizioni più volte riportate nella presente relazione.

Cella Fotovoltaica

Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.

Modulo fotovoltaico

Assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice di alluminio anodizzato.

Stringa

Un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.

Campo

Un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto.

Corrente di cortocircuito

Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Tensione a vuoto

Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Potenza massima di un modulo o di una stringa

Potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente/tensione dove il prodotto corrente/tensione ha il valore massimo.

Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo opera alle "condizioni standard" quando la temperatura delle giunzioni delle celle è 25°C. La radiazione solare è 1.000 W/m² e la distribuzione spettrale della radiazione è quella standard (AM 1,5).

2. NORMATIVE 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 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 ED 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

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 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 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 81-8 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 similari – 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.

COMPATIBILITA' 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 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)

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. PRODUZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

La quantità di energia elettrica producibile dall'impianto è stata calcolata sulla base dei dati radiometrici riportati dalla norma UNI 10349, sulla base di quanto previsto dalla norma UNI 8477; l'efficienza del generatore fotovoltaico è numericamente data dal rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kW) e la relativa superficie (espressa in m² e intesa come somma della superficie dei moduli).

Inoltre l'impianto viene progettato per avere:

- una potenza lato corrente continua superiore all'85 % della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 90 % della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione).
- In tal modo la potenza attiva, lato corrente alternata, sarà superiore al 75 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento.

Località: NAPOLI (NA) -- Coordinate 40.864 N, 14.326 E

Dati Irraggiamento utilizzati: UNI 10349

Metodologia scomposizione radiazione diretta/diffusa: UNI 10349

Fattore di albedo = 0.13

Inclinazione (tilt) del piano fotovoltaico: 29,5° (rispetto al piano orizzontale).

Azimuth del piano fotovoltaico: 0 ° SUD

Il calcolo dell'energia producibile dell' impianto fotovoltaico è stato basato sui seguenti dati:

- radiazione giornaliera media mensile su superficie orizzontale;
- caratteristiche del sito (latitudine e riflettanza);
- esposizione del generatore PV;
- caratteristiche del generatore PV e dell'inverter.

Nelle perdite del generatore PV sono state considerate quelle per temperatura, riflessione, sporcamento, mismatching, cavi, ombeggiamento.

Edificio : Edificio per uffici in via Commissario Ammaturo

Energia elettrica da produzione fotovoltaica **7609** kWh/anno
 Fabbisogno elettrico totale dell'impianto **79369** kWh/anno
 Percentuale di copertura del fabbisogno annuo **9,6** %

Energia elettrica da rete **71760** kWh/anno
 Energia elettrica prodotta e non consumata **0** kWh/anno

Energia elettrica mensile dell'impianto fotovoltaico ($E_{el,pv,out}$)

Mese	$E_{el,pv,out}$ [kWh]
Gennaio	418
Febbraio	458
Marzo	558
Aprile	726
Maggio	853
Giugno	838
Luglio	854
Agosto	849
Settembre	772
Ottobre	609
Novembre	379
Dicembre	294
TOTALI	7609

Descrizione sottocampo: **Campo Fotovoltaico da 6 kWp**

Modulo utilizzato **Sanpower MAXEON 3**
 Numero di moduli **15**
 Potenza di picco totale **6000** Wp
 Superficie utile totale **25,50** m²

Dati del singolo modulo

Potenza di picco W_{pv} **400** Wp
 Superficie utile A_{pv} **1,70** m²
 Fattore di efficienza f_{pv} **0,75** -
 Efficienza nominale **0,24** -

Dati posizionamento pannelli

Orientamento rispetto al sud γ **0,0** °
 Inclinazione rispetto al piano orizzontale β **29,5** °
 Coefficiente di riflettenza (albedo) **0,13**

Ombreggiamento **Nuovo ombreggiamento 1**

Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo

Mese	E_{pv} [kWh/m ²]	$E_{el,pv,out}$ [kWh]
gennaio	92,8	418
febbraio	101,9	458
marzo	123,9	558
aprile	161,4	726
maggio	189,6	853
giugno	186,2	838
luglio	189,8	854
agosto	188,7	849
settembre	171,5	772
ottobre	135,4	609
novembre	84,2	379
dicembre	65,3	294
TOTALI	1690,9	7609

Legenda simboli

E_{pv} Irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico

$E_{el,pv,out}$ Energia elettrica mensile prodotta dal sottocampo

4. ASPETTI TECNICI E DESCRITTIVI

Come già detto il generatore fotovoltaico è composto da 2 sezioni ciascuna costituita da rispettivamente da 8 e 7 moduli FV, per un totale di **15 moduli fotovoltaici**. La potenza complessiva lato corrente continua risulta essere di **6 kW_p** in relazione alla potenza di picco del singolo pannello (400 Wp).

Il tipo di inverter utilizzato è in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT), costruendo l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, che permette di contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori accettabili.

L'uscita dall'inverter, a 400 V c.a. trifase + N, è collegata alla rete elettrica dell'edificio. In particolare sarà realizzato un quadretto in PVC con l'installazione dell'interruttore generale dell'impianto fotovoltaico ubicato nei pressi (a meno di 3m) dell'esistente quadro generale dell'edificio (in un locale denominato "cabina elettrica") in modo da permettere il collegamento in parallelo alla rete esistente.

Per il posizionamento dei pannelli, al fine di evitare l'ombreggiamento reciproco, si è tenuto conto della distanza tra file stringhe contigue.

Poiché i moduli sono montati su un piano orizzontale, inclinati su file parallele, occorre distanziare le file per minimizzare l'ombra che ogni fila genera sulla successiva.

L'esigenza di evitare le ombre contrasta con quella di ridurre la superficie del campo PV.

Quale compromesso tra queste opposte esigenze si adotta la idonea distanza tra le file per cui non si ha ombra alle ore 12 (esposizione a sud) del 21 dicembre (solstizio invernale); in questo modo, i moduli sono in ombra solo nelle ore mattutina e serali dei mesi invernali. Per il collegamento in parallelo alla rete elettrica esistente, l'impianto sarà provvisto di protezioni che ne impediscono il funzionamento in isola elettrica, così come previsto dalla norme CEI vigenti e dalle prescrizioni del distributore.

Inoltre l'impianto FV verrà disconnesso dalla rete elettrica di distribuzione quando i valori di funzionamento relativi a tensione e frequenza di rete dovessero uscire dall'intervallo di valori definito di seguito:

- minima tensione: $0,8 V_n$ (tempo di intervento 0,2 s);
- massima tensione: $1,2 V_n$ (tempo di intervento 0,15 s);
- minima frequenza 49,7 Hz (tempo di intervento 0,0 s) (senza ritardo intenzionale);
- massima frequenza: 50,3 Hz (tempo di intervento 0,0 s) (senza ritardo intenzionale).

Poiché l'impianto ha una potenza inferiore a 11,08 kW non è necessario installare (come da CEI 0-21) un dispositivo di interfaccia esterno; l'inverter è dotato di dispositivo di interfaccia interno.

In corrispondenza della porta del locale ed in copertura (dove ubicato il campo fotovoltaico) sarà installata idonea segnaletica di sicurezza con cartellonistica conforme al D. Lgs. 81/2008 riportante la seguente

scritta: "ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE (1000V)".

La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, sarà installata ogni 10m per i tratti di condotta.

I pannelli fotovoltaici sono certificati come reazione al fuoco di CLASSE 1, come alla risoluzione dell'area V della DCPST-settore reazione al fuoco del 28/03/2012 con le procedure di prova previste dal DM 20/06/1984 mod. con DM del 03/09/2001.

Sarà installato un pulsante per lo sgancio di emergenza dell'impianto FV.

Dal punto di vista energetico, il criterio utilizzato nella scelta dell'esposizione del generatore fotovoltaico è quello di massimizzare la quantità di energia solare raccolta su base annua. Generalmente, l'esposizione ottimale si ha scegliendo per i moduli un orientamento a Sud ed una inclinazione rispetto al piano orizzontale leggermente inferiore al valore della latitudine del sito di installazione. In casi particolari, sono ammessi esposizioni diverse qualora siano presenti vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore fotovoltaico che impediscono l'ottenimento dell'esposizione ottimale. E' compito del progettista valutare di volta in volta la convenienza di una scelta non ottimale dell'esposizione.

Generalmente tutti i moduli fotovoltaici devono avere la stessa esposizione. Qualora questa condizione non potrà essere ottenuta a causa di vincoli di natura architettonica, dovranno essere messe in atto soluzioni impiantistiche atte ad evitare conseguenti perdite di mismatching.

Nel caso dell'impianto in oggetto, il generatore fotovoltaico presenta un'unica esposizione (angolo di tilt, e angolo di azimuth uguale per tutti i moduli fotovoltaici).

Le scelte installative sono state dettate dalla necessità di ridurre il carico aggiuntivo in kg/mq dovuto alle zavorre da utilizzare per rispondere alla normativa per carichi da vento e neve e dalla necessità di facilitare le operazioni di installazione e manutenzione, con particolare attenzione alla sicurezza, da cui la disposizione parallela alla struttura ospitante in modo da massimizzare le distanze rispetto ai bordi della copertura.

Inoltre, per ridurre le perdite di energia sul generatore fotovoltaico e quindi massimizzare la produzione di energia, sono state fatte le seguenti scelte progettuali:

- Al fine di smaltire agevolmente il calore prodotto dai moduli causato dall'irraggiamento solare diretto e, quindi, di limitare le perdite per temperatura, si è favorita la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie su cui essi sono posati.
- Le caratteristiche elettriche dei moduli (corrente di cortocircuito e corrente alla massima potenza) che fanno parte della stessa stringa sono simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching corrente.

- Le caratteristiche elettriche delle stringhe (tensione a vuoto e tensione alla massima potenza) che fanno parte dello stesso campo fotovoltaico sono simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching di tensione.
- Il dimensionamento delle condutture elettriche è stato fatto in modo da limitare le cadute di tensione al massimo entro il 2 % della tensione nominale del circuito, ma anche da assicurare una durata di vita delle condutture pari almeno a quella dell'impianto (30 anni) tenendo conto delle particolari condizioni di posa delle stesse.
- La scelta della tensione del generatore fotovoltaico è stata fatta in modo da ridurre le correnti in gioco e, quindi, le perdite di potenza per effetto Joule.

La scelta, poi, della potenza nominale dell'impianto è stata fatta in modo da poter accedere al regime di cessione dell'energia elettrica alla rete pubblica più conveniente per l'utente che ha la titolarità o la disponibilità dell'impianto. Il criterio di scelta è quindi quello di rendere massimo il valore economico dell'energia prodotta.

L'impianto dovrà essere connesso alla rete elettrica di distribuzione pubblica e dovrà erogare l'energia prodotta a tensione Trifase alternata di 400 V, con frequenza 50 Hz, nei limiti di fluttuazione previsti dalle vigenti norme tecniche.

La tensione del generatore fotovoltaico (tensione DC) è stata scelta in base al tipo di moduli e di inverter che si prevede verranno utilizzati. In particolare, poiché la tensione DC è influenzata dalla temperatura delle celle e dall'irraggiamento solare, per un corretto accoppiamento tra generatore fotovoltaico e gruppo di conversione, la tensione del generatore fotovoltaico è stata scelta in modo che le sue variazioni siano sempre contenute all'interno della finestra di tensione ammessa dall'inverter.

Inoltre, si è scelta una tensione DC in modo che il suo valore massimo non superi mai la tensione massima di sistema del modulo fotovoltaico, pena la distruzione del modulo stesso. Il valore massimo della tensione DC si ha in condizioni di alto irraggiamento solare, bassa temperatura di cella e in condizioni di circuito aperto.

Essendo l'impianto in oggetto collegato ad una rete in BT, la tensione DC non dovrà mai superare 1000 V sia per non incorrere nelle prescrizioni del D. Lgs. 81/2008, relativamente all'alta tensione, sia per facilitare la reperibilità sul mercato e l'economicità della componentistica elettrica che verrà utilizzata.

5. VERIFICHE ELETTRICHE

Ai fini delle verifiche e del dimensionamento dell'impianto è stato scelto un pannello modello **MAXEON 3 COM (SPR-MAX3-400-COM)** della **SUNPOWER** da 400Wp o similare mentre per l'inverter il modello **SYMO 6.0-3-M trifase** della **FRONIUS** da 6 kW o similare.

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

- utilizzare la tecnologia del silicio monocristallino;
- essere in classe II ed avere una tensione di isolamento non inferiore a 1000 V;
- essere accompagnati 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;
- hanno caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch;
- 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;
- 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 10 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.

6. CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

Il modulo fotovoltaico ha le seguenti specifiche:

- Vetro anteriore: Vetro temperato antiriflesso ad alta trasmittanza
- Carico max.: neve - 550 kg /m² (5400 Pa) fronte; vento - 244 kg /m² (2400 Pa) fronte e retro
- Resistenza all'impatto: Grandine – 25 mm a 23 m/s
- Scatola di giunzione: IP 68, connettori MultiContact (MC4)
- Lunghezza cablaggio (mm) : 1200
- Efficienza di conversione totale del 22,6%.

SPECIFICHE PANNELLO FOTOVOLTAICO	
Potenza di picco (W):	400
Tensione MPP – Vmp (V)	65,8
Corrente a Pmax-Imp (A):	6,08
Tensione di circuito aperto Voc (V)	75,6
Corrente di circuito chiuso Isc (A)	6,58
Tensione max del sistema VDC (V)	1000
Efficienza del pannello (%)	22,6
Dimensioni pannello (mm)	1690x1046x40

Si considerano come temperature massime e minime di lavoro dei moduli, rispettivamente 70°C e -10° C; si tiene conto che la temperatura relativa alle condizioni di prova standard è 25°C.

COEFFICIENTI DI TEMPERATURA	
Coeff. di temperatura di potenza (%/°C) [Cp]	-0,27
Coeff. di temperatura di tensione (mV/°C) [Cv]	-0,236
Coeff. di temperatura di corrente (mA/°C) [Ci]	3,5
NOCT (%)	46±2°C

L'inverter ha l'interfaccia web integrata consente una rapida messa in servizio mediante smartphone o tablet – senza necessità di aprire l'inverter stesso. Esso ha:

- Elevato grado di rendimento
- Gestione dell'ombreggiamento e gestione attiva della temperatura
- Tensione d'ingresso CC fino a 1000V
- Funzioni di gestione di rete integrate
- Immissione della potenza reattiva
- Comunicazione Bluetooth®
- Relè multifunzione di serie

- Immissione trifase
- Collegamento cavi senza attrezzi
- Sezionatore integrato

SPECIFICHE INVERTER
LATO C.C.
Potenza massima: 6000 W
Tensione di ingresso massima: 1000 V
Range di tensione MPP: 195-800 V
Tensione nominale di ingresso: 595 V
Tensione minima di ingresso: 150 V
Numero ingressi indipendenti: 2
Numero stringhe ingresso A: 2
Numero stringhe ingresso B: 2
Corrente di ingresso massima (ingresso A): 16 A
Corrente di ingresso massima (ingresso B): 16 A
LATO C.A. (trifase)
Potenza massima: 6000 W
Tensione nominale : 3-NPE 400V/230V o 3-NPE 380V/220V
Frequenza di rete : 50Hz
Corrente di uscita max/nominale : 8,7 A

Sono state effettuate le verifiche (positive) del corretto accoppiamento tra i moduli fotovoltaici ed inverter. Più precisamente:

a) Verifica sulla tensione CC

- La massima tensione a vuoto di stringa non deve superare la massima tensione tollerata dall'inverter.
- La tensione MPP minima di stringa non deve essere inferiore alla minima tensione dell'MPPT dell'inverter.
- La tensione MPP massima di stringa non deve superare la massima tensione dell'MPPT dell'inverter.

b) Verifica sulla corrente CC

- Il valore della corrente MPP massima della stringa ($1.25I_{sc}$) che alimenta ogni ingresso indipendente dell'inverter non deve superare la corrente in ingresso massima dell'inverter.

7. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

PORTATA DELLE CONDUTTURE

La corrente trasportata dai conduttori nell'esercizio ordinario non deve far superare ai conduttori stessi la temperatura limite stabilita nelle rispettive Norme in relazione al tipo di isolante usato.

ISOLAMENTO DEI CAVI

I cavi utilizzati per la realizzazione dell'impianto sono del tipo "solare" per le linee elettriche dal generatore fotovoltaico agli inverter, ovvero conformi alla Norma CEI 20-67 siglati H1Z2Z2-K; da quest'ultimi verso i misuratori e la rete si utilizzeranno cavi CPR multipolari FG16OM16 o unipolari FG16M16 EUROCLASSE Cca-s1b, d1, a1, 0,6/1kV, adatti per posa interna ed esterna.

Per il cablaggio all'interno dei quadri di distribuzione sono previsti cavi unipolari con isolamento in PVC qualità R2 antifiamma tipo FS17 ($U_0/U = 450/750$ V) e comunque adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiore a 450/750 V.

SEZIONE MINIMA DEI CAVI

Per la scelta dei cavi da usare in relazione alle condizioni di impiego ci si è attenuto alle prescrizioni della Normativa CEI, raccomandazioni sulla scelta e installazione dei cavi contenute nelle Norme CE e secondo i criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI UNEL. Per ogni tipo di cavo la sezione minima da usare è quella specificata nelle rispettive Norme.

I conduttori di neutro devono avere una sezione non inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase ad eccezione dei circuiti polifase con conduttori di fase superiore a 16 mm², nel cui caso può essere ridotta fino alla metà di quella dei conduttori di fase col minimo tuttavia di 16 mm² (rame) purché siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- il carico sia essenzialmente equilibrato e comunque il neutro di sezione ridotta assicuri la necessaria portata in servizio ordinario;
- sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti.

In merito alla protezione del neutro, è vietato installare dispositivi di protezione che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente il conduttore o i conduttori di fase.

COLORE DISTINTIVO DEI CAVI

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL.

In particolare, i conduttori di neutro e protezione dovranno essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde; i circuiti in c.c. saranno chiaramente siglati con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI TERRA E DI PROTEZIONE

Le sezioni dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano al dispersore di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non devono essere inferiori a quelle indicate nella Norma CEI 64-8.

In particolare per i conduttori di protezione le sezioni minime devono essere:

- sezione del conduttore di protezione uguale al conduttore di fase aventi sezione inferiore a 16 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari a 16 mm² per conduttore di fase maggiore di 16 mm² e minore o uguale a 35 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari alla metà del conduttore di conduttore di fase maggiore a 35 mm²;
- la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica; 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.
- Per il conduttore di terra la sezione deve essere non inferiore a quella dei conduttori di protezione di cui ai punti precedenti e con i seguenti valori minimi:
- per i conduttori di rame protetti meccanicamente e contro la corrosione il valore minimo di tale sezione deve essere non inferiore a 16 mm² (rame);
- per i conduttori di cui sopra, ma non protetti contro la corrosione, la sezione minima deve essere non inferiore a 25 mm² (rame).

Per quanto non espressamente menzionato si rimanda alla Norma CEI 64-8.

CADUTA DI TENSIONE

Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto fotovoltaico.

I cavi, quindi, sono stati scelti per non superare l'1% della tensione nominale della sezione in CC tra la stringa di moduli fotovoltaici più sfavorita e l'inverter e l'1 % della tensione nominale del lato CA tra l'inverter e il contatore di produzione. Il valore della caduta di tensione lato CC è stato determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k \times I_n \times L \times R$$

Il valore della caduta di tensione lato CA è determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k \times I_n \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

dove:

I= corrente nominale;

k= coefficiente pari a 2 per circuiti monofasi e 1,73 per i circuiti trifasi;

L= lunghezza della linea;

R= resistenza del cavo;

X= reattanza del cavo;

$\cos \phi$ = fattore di potenza.

TUBAZIONI E CANALI

Il riempimento di canali e passerelle non supererà il 50% dello spazio disponibile (non sono ammesse giunzioni all'interno dei canali e passerelle).

Tutti i tubi di materiale termoplastico sono del tipo pesante (rigido o flessibile).

VICINANZA A CONDUTTURE DI SERVIZI NON ELETTRICI

Quando una conduttura elettrica sia posta nelle immediate vicinanze di una conduttura non elettrica, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- le condutture elettriche devono essere protette in modo adeguato contro i pericoli che potrebbero derivare dalla presenza di condutture di altri servizi;
- la protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata in accordo con le prescrizioni della Norma CEI 64-8 contro i contatti indiretti, considerando le condutture metalliche non elettriche come masse estranee.

COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE PRINCIPALE

Devono essere collegati al collettore o nodo principale di terra:

- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- il conduttore di terra;
- le parti strutturali metalliche dell'impianto fotovoltaico (sostegni e cornici dei pannelli).

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Contro i contatti diretti vengono utilizzati appropriati involucri con gradi di protezione, isolamento e resistenza meccanica scelti in base alla normativa vigente e al luogo di utilizzo.

Le parti attive saranno collocate all'interno di custodie fornite di grado di protezione minimo non inferiore a IP55.

Le superfici orizzontali delle custodie hanno un grado di protezione minimo non inferiore a IP55. Il grado di protezione dovrà essere in ogni caso idoneo al luogo di utilizzo.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti consiste nell'installazione di sistemi di interruzione automatica differenziale.

PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

Al fine di assicurare la protezione contro il sovraccarico:

- la corrente nominale del dispositivo di protezione (I_n) è superiore alla corrente di impiego del circuito (I_B) ma inferiore alla portata a regime della conduttura (I_z) in base alla relazione:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

- la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite non è maggiore di 1,45 volte la portata a regime della conduttura (I_z) in base alla relazione:

$$I_B \leq 1,45 I_z$$

PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

Sono previsti dei dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori dei circuiti elettrici che possono essere fonte di pericolo dovuti a effetti termici e meccanici o di invecchiamenti precoci dell'isolamento dei conduttori.

Al fine di assicurare la protezione contro il cortocircuito:

- il potere di interruzione dei dispositivi di protezione non è inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione;
- l'energia lasciata passare dal dispositivo di protezione ($I^2 t$), data dal quadrato della corrente effettiva di cortocircuito per la durata dell'evento, è inferiore o uguale a quella massima consentita per non portare la conduttura alla temperatura limite ammissibile ($K^2 S^2$), data dal prodotto fra il quadrato di un coefficiente funzione del tipo di isolante del cavo e il quadrato della sezione del cavo stesso, secondo la relazione:

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI

I componenti che durante il loro funzionamento possono raggiungere temperature elevate e quelli che possono essere riscaldati indirettamente da altri saranno installati in modo da non costituire pericolo per

le persone che ne possono venire a contatto, non danneggiare componenti vicini e non costituire possibile causa d'incendio.

Tutti i componenti e i materiali sono comunque conformi e installati in ottemperanza a quanto prescritto nel capitolo 42 della Norma CE 64-8.

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE

L'impianto fotovoltaico non influisce sulla forma e volumetria dell'edificio e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

L'inserzione di SPD (scaricatori di sovratensione) lato corrente alternata tuttavia garantisce una migliore protezione dei componenti dell'impianto contro eventuali sovratensioni indotte da fulminazioni indirette che eventualmente potrebbero abbattersi in prossimità dell'impianto stesso.

Gli inverter contengono al loro interno, sul lato corrente continua, protezioni da sovratensioni; pur tuttavia sono previsti SPD all'arrivo delle linee al campo FV.

STRUTTURA DI APPOGGIO MODULI

I moduli fotovoltaici sono fissati per mezzo di apposite strutture metalliche in grado di consentire il montaggio e lo smontaggio di ciascun modello in maniera indipendente dalla presenza o meno di quelli contigui.

La sopraelevazione dei moduli rispetto al piano di riferimento consente il passaggio di aria favorendo la ventilazione retrostante dei moduli e il miglioramento dell'efficienza degli stessi.

La struttura di sostegno dei moduli, in uno con le zavorre, è calcolata per resistere alle sollecitazioni di carico permanente dovute al peso dei moduli, delle strutture e ai sovraccarichi dovuti a neve e spinta del vento.

I materiali utilizzati saranno in alluminio anodizzato e acciaio inox.

I moduli fotovoltaici avranno caratteristiche meccaniche adeguate, tali da sopportare i carichi di neve e vento, così come la struttura dovrà essere fissata in modo tale da non compromettere la stabilità dell'impianto.

La verifica dei sostegni è effettuata secondo le NTC 2018.