

Impianto Fotovoltaico di

POTENZA NOMINALE PARI A 18,48 kWp

PROGETTO DENOMINATO:

IMPIANTO ORATORIO

Sito nel comune di

VILLA CARCINA

VIA DANTE

Committente

FRANCO FERRARI

GECO SRL

VIA VERDI 6

25100 - BRESCIA (BS)

PROGETTO DEFINITIVO

Progettista

ING. MARIO ROSSI

ECOPROJECT

VIA GERMANIA 6

35010 - VIGONZA (PD)

DATA:
VIGONZA, 30/04/2012

Scopo e contenuti del documento

Il documento riporta il progetto definitivo di impianto fotovoltaico al fine di beneficiare dell'incentivazione alla produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica dell'energia solare, di cui al D.M. del 5 maggio 2011 del Ministero dello Sviluppo Economico.

Il documento individua i profili e le caratteristiche più significative dei successivi livelli di progettazione, descrivendo e fornendo gli elementi e le indicazioni di carattere generale necessari per:

- la preparazione del progetto esecutivo dell'impianto fotovoltaico;
- le prove e le verifiche da effettuare a fine lavori.

Nel documento sarà identificata l'opera, saranno forniti i dati di progetto e descritti i criteri utilizzati per le scelte progettuali, le caratteristiche dei materiali prescelti (moduli fotovoltaici, inverter, sistema di protezione di interfaccia e gruppi di misura dell'energia), i criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche e i criteri di dimensionamento dei componenti principali. Inoltre, saranno riportati i calcoli preliminari necessari al dimensionamento, il computo metrico estimativo e gli elaborati grafici (schemi elettrici e planimetrie).

1 - RELAZIONE DESCRITTIVA

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 18,48 kW costituisce un esempio di impianto del tipo: Realizzato su edificio ai sensi del D.M. del 5 maggio 2011 del Ministero dello Sviluppo Economico, sarà installato su sito a Villa Carcina (BS), Via Dante e verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in Bassa tensione Trifase in corrente alternata di tipo Tri a 400 V di competenza del gestore di rete.

L'impianto, che entrerà in esercizio a seguito di Nuova costruzione, sarà individuato da un unico punto di connessione alla rete elettrica in uscita dal gruppo di conversione, rispetto al quale sarà presentata domanda al gestore di rete per la connessione alla rete.

1.1 - DESCRIZIONE DEI CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Le scelte progettuali hanno riguardato i tre aspetti della progettazione di un impianto fotovoltaico, ovvero gli aspetti energetici, gli aspetti impiantistici e di sicurezza, e gli aspetti architettonici - strutturali.

1.1.1 GLI ASPETTI ENERGETICI

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale¹ di 18,48 kW sarà collegato ad una fornitura elettrica Tri in BT a tensione nominale di 400 V con una potenza impegnata di 12 kW ed un consumo annuale medio di 11000 kWh.

Producibilità

Dal punto energetico, il criterio utilizzato nella scelta dell'esposizione del generatore fotovoltaico² 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 inferiore³ 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), ovvero:

Esposizione del generatore fotovoltaico:

| | |
|---------|---------|
| Azimuth | : -42 ° |
| Tilt | : 17° |

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 dovranno essere, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching

1 La potenza nominale di un impianto fotovoltaico è intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurate in condizioni di test standard (STC).

2 Insieme dei moduli fotovoltaici e relative strutture di sostegno di un impianto fotovoltaico.

3 Tipicamente da 5° a 10° in meno della latitudine, in funzione del rapporto tra la radiazione annua diffusa e quella diretta del sito.

corrente.

- Le caratteristiche elettriche delle stringhe (tensione a vuoto e tensione alla massima potenza) che fanno parte dello stesso campo fotovoltaico dovranno essere, per quanto possibile, 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 di 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.

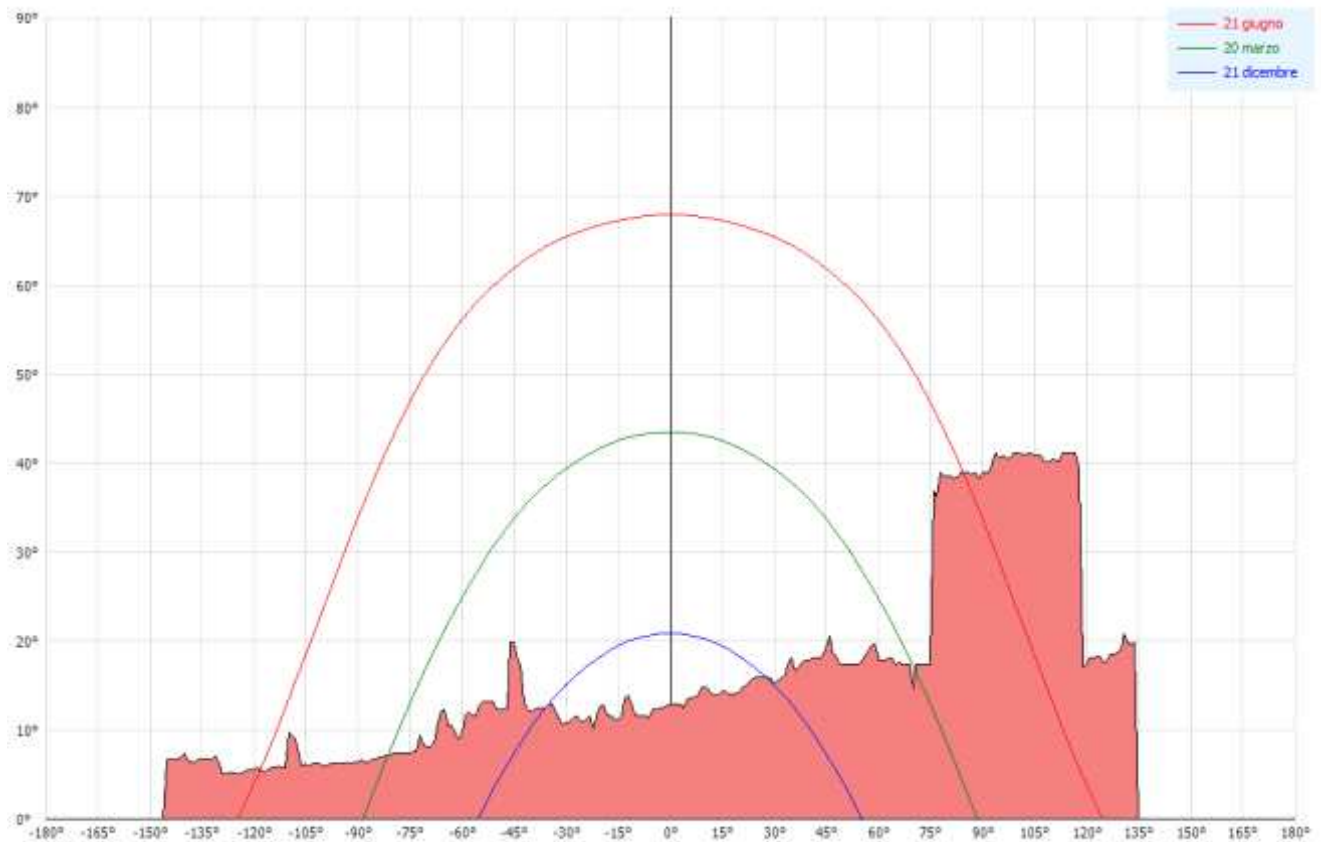
Considerazioni inerenti l'affidabilità (e di conseguenza la producibilità) dell'intero impianto fotovoltaico hanno indotto la scelta della conversione CC/CA decentralizzata basata su 3 inverter anziché uno. In questo modo l'eventuale guasto di un convertitore non coinvolgerà la produzione di tutto l'impianto ma solo quella del subcampo corrispondente..

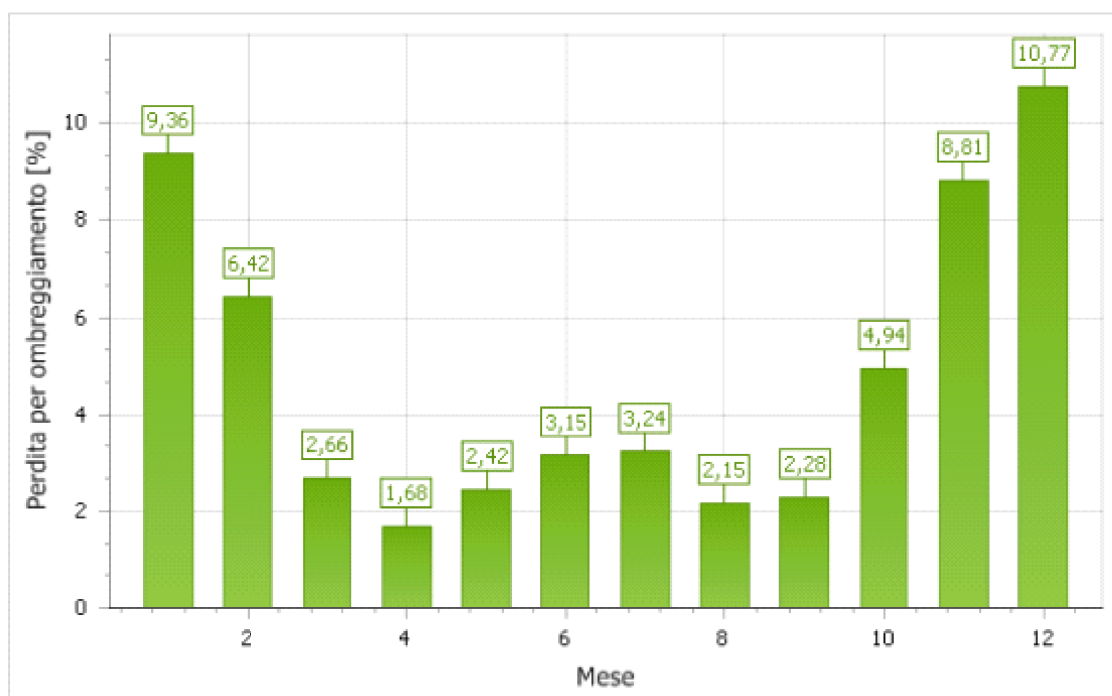
Ombreggiamenti

Di norma in un impianto fotovoltaico devono essere evitati fenomeni di ombreggiamento perché provocano perdite di potenza e quindi di energia prodotta. Tuttavia, limitati fenomeni di sono ammessi purché adeguatamente valutati.

Nel caso dell'impianto in oggetto sono presenti limitati fenomeni di ombreggiamento. In particolare, nelle due figure che seguono sono riportati il profilo dei corpi ombreggianti che vede un ipotetico osservatore posto sul campo fotovoltaico, e l'andamento del fattore di perdita mensile per ombreggiamento

Ombreggiamento: Ombreggiamento base





Fattore di perdita per ombreggiamento per mese

Complessivamente, su base annuale, le perdite di energia ammontano a circa 3,58 %.

Regime di cessione dell'energia

La scelta 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.

Nel caso specifico, verificato che la potenza nominale non supera il limite di 200 kW attualmente previsto dalla Deliberazione ARG/elt n.74/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, e che su base annua il valore economico dell'energia elettrica immessa in rete è inferiore all'onere sostenuto per il prelievo dell'energia elettrica dalla rete, si è scelto il regime di cessione dell'energia elettrica denominato "scambio sul posto" in quanto quello maggiormente conveniente per l'utente. Lo scambio sul posto consente all'utente la compensazione tra il valore economico associabile all'energia elettrica prodotta e immessa in rete e il valore economico associabile all'energia elettrica prelevata e consumata in un periodo differente da quello in cui avviene la produzione. Il regime dello scambio sul posto è regolato da una apposita convenzione che l'utente che ha titolarità dell'impianto stipula con il GSE (Gestore Servizi Energetici).

1.1.2 GLI ASPETTI IMPIANTISTICI E DI SICUREZZA

Interfacciamento con la rete

L'impianto dovrà essere connesso alla rete elettrica di distribuzione pubblica e dovrà erogare l'energia prodotta a tensione Tri alternata di 400 V, con frequenza 50 Hz, nei limiti di fluttuazione previsti dalle vigenti norme tecniche. Al fine di salvaguardare la qualità del servizio elettrico ed evitare pericoli per le persone e danni per le apparecchiature, l'impianto sarà dotato di un idoneo sistema di protezione di interfaccia (SPI) per il collegamento alla rete.

Inoltre, al fine di non iniettare correnti continue nella rete elettrica l'impianto sarà dotato di una separazione metallica tra la sezione DC e la sezione AC o, in alternativa, disporrà di una protezione elettromeccanica equivalente.

La scelta del SPI e del sistema atto ad evitare l'immissione di correnti continue in rete verrà fatta in conformità alla normativa applicabile CEI 11-20 e documento ENEL DK 5940 ed 2.2.

Scelta della tensione DC

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 dagli 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.

1.1.3 GLI ASPETTI ARCHITETTONICI - STRUTTURALI

L'impianto fotovoltaico è dimensionato in modo tale da rispondere ai requisiti strutturali, funzionali ed architettonici richiesti dall'installazione stessa.

Poiché non esistono particolari requisiti architettonici in termini di colorazione, trasparenza e forme, verranno utilizzati moduli fotovoltaici tradizionali.

Inoltre, non sono richiesti ai moduli requisiti di tipo strutturale e pertanto si sceglieranno moduli tradizionali che utilizzano vetri non strutturali.

In termini di tipologia di installazione, e con riferimento al D.M. del 5 maggio 2011, l'intervento che verrà realizzato sarà classificato come un impianto del tipo: Realizzato su edificio.

La scelta dell'orientamento del generatore fotovoltaico è stata fatta nel rispetto dei vincoli architettonici imposti della struttura e con l'obiettivo di massimizzare la produzione garantendo al tempo stesso un corretto inserimento architettonico.

2 - RELAZIONE TECNICA

2.1 DATI DI PROGETTO

I dati di progetto sono di seguito riportati e riguardano, il committente, il sito di installazione, i dati sulla fornitura elettrica e sull'impianto utilizzatore in corrente alternata e sulla presenza o meno di corpi ombreggianti.

| Committente | |
|-------------|----------------------|
| Nome | Franco |
| Cognome | Ferrari |
| Società | Geco srl |
| Indirizzo | Via Verdi 6 |
| Città | 25100 - Brescia (BS) |

| Sito d'installazione | |
|---|--|
| Località | Villa Carcina |
| Indirizzo | Via Dante |
| Vincoli | non è soggetta ad alcun tipo di vincolo |
| Foglio catastale | A33 |
| Numero di particella | 346 |
| Latitudine | 45,634° |
| Longitudine | 10,193° |
| Altitudine | 249 metri |
| Temperatura massima | 0 °C |
| Temperatura minima | 0 °C |
| Irraggiamento globale sul piano orizzontale | 1315,57 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 |

L'impianto fotovoltaico verrà collegato ad un impianto utilizzatore servito da una fornitura elettrica avente le seguenti caratteristiche:

| Fornitura elettrica | |
|---------------------|----------|
| Gestore di rete | Enel spa |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Fornitura | BT |
| Tipologia | Tri |
| Tensione di alimentazione | 400 V |
| Potenza contrattuale | 12 kW |
| Consumo annuo medio | 11000 kWh |
| Numero utenza | 267791449 |
| POD contratto | IT001E26779144(9) |

2.2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 18,48 kW verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in Bassa tensione Trifase in corrente alternata di tipo Tri a 400 V di competenza di Enel spa.

Le caratteristiche d'impianto sono riassunte di seguito, in particolare in figura 1 è riportato lo schema elettrico unifilare d'impianto.

In esso si distinguono:

Il generatore fotovoltaico composto da:

- 6 stringhe di 14 moduli collegati in serie
- Il gruppo di conversione formato da 3 inverter Monofase
- Il sistema di protezione di interfaccia non integrato nell'inverter
- I sistemi di misura dell'energia prodotta e/o immessa

2.2.1 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Sarà costituito da:

- moduli fotovoltaici connessi in serie per la formazione delle stringhe;
- cavi elettrici per il collegamento tra moduli e tra questi ai quadri elettrici;
- 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 | 18,48 kWp |
| Numero moduli fotovoltaici | 84 |
| Superficie captante | 116,76 m ² |
| Numero di stringhe | 6 |
| Tilt, Azimuth | 17°, -42° |
| Tensione massima @STC (Voc) | 579,6 V |
| Tensione alla massima potenza @STC (Vm) | 469 V |
| Corrente di corto circuito @STC (Isc) | 14,14 A |

| | |
|---|---------|
| Corrente alla massima potenza @STC (Im) | 13,14 A |
|---|---------|

Il generatore fotovoltaico della potenza nominale di 18,48 kW utilizza la configurazione serie-parallelo (S-P) e sarà suddiviso in 6 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 | 14 |
| Potenza nominale | 3,08 kW |
| Tensione a circuito aperto (Voc) | 579,6 V |
| Corrente di corto circuito (Isc) | 7,07 A |
| Corrente alla massima potenza (Im) | 6,57 A |

Dati costruttivi dei Moduli:

| Dati costruttivi dei moduli | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Produttore | Sanyo Electric Co., Ltd. |
| Modello | HIP-220HDE1 |
| Tecnologia | HIT |
| Potenza nominale | 220 W |
| Tolleranza | 10% |
| Tensione a circuito aperto (Voc) | 41,4 V |
| Tensione alla massima potenza (Vm) | 33,5 V |
| Corrente di corto circuito (Isc) | 7,07 A |
| Corrente alla massima potenza (Im) | 6,57 A |
| Superficie | 1,39 m ² |
| Efficienza | 15,8% |
| Certificazioni | |

2.2.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà realizzata mediante profilati in acciaio zincato a caldo, tenuti fra loro mediante bulloneria in acciaio inox. L'ancoraggio alla struttura edile/suolo verrà garantito da zavorre/cordoli in cls o da staffe metalliche in acciaio inox. I moduli fotovoltaici dovranno essere fissati ai profilati in modo da essere singolarmente smontabili indipendentemente dagli altri.

Le strutture di sostegno saranno progettate, realizzate e collaudate in base alle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" indicate dal DM del 14 Gennaio 2008 e pubblicate sulla Gazzetta ufficiale n° 29 del 4/2/2008 - Suppl. Ordinario n. 30, nonché tenendo conto delle indicazioni più specifiche contenute nei documenti riportati nell'Allegato B.

2.2.3 GRUPPO 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 18,48 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.

Le principali caratteristiche tecniche dell'inverter/degli inverter sono di seguito riassunte.

| Dati costruttivi dell'inverter | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Produttore | SCHÜCO International KG |
| Modello | SGI 5500 plus-02 |
| Potenza nominale | 6,8 kW |
| Potenza massima | 6,8 kW |
| Efficienza massima | 96,3% |
| Efficienza europea | 94,5% |
| Tensione massima da PV | 800 V |
| Minima tensione Mppt | 330 V |
| Massima tensione Mppt | 600 V |
| Massima corrente in ingresso | 18 A |
| Numero di Mppt | 1 |
| Tensione di uscita | 230 V |
| Uscita | Monofase |
| Trasformatore di isolamento | False |
| Frequenza | 50 Hz |
| Certificazioni | |

2.2.4 CAVI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC come meglio specificato più avanti
- Tipo S1ZZ-F 0.6/1 kV se in esterno o FG7 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo N07V-K se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o

l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Nel documento denominato "Distinta Cavi" saranno dettagliate tutte le condutture elettriche presenti nell'impianto. In particolare, per ciascuna di esse, verranno riportate la sigla, la descrizione, la formazione, il tipo di posa, la lunghezza e la sezione dei cavi, la tipologia e la caduta di tensione percentuale.

2.2.5 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, . Inoltre, il sistema di protezione di interfaccia (SPI) e dispositivo di interfaccia (DI) sono esterni all'inverter SCHÜCO International KG SGI 5500 plus-02, , 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.

2.2.6 QUADRI ELETTRICI IN CORRENTE CONTINUA

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

| Composizione quadro elettrico | |
|---|------------------------------------|
| Numero di ingressi | 2 |
| Max corrente per ciascun ingresso | 7,07 A |
| Max tensione ingresso | 633,213 V |
| Max corrente uscita | 14,14 A |
| Dispositivo in ingresso | Nessuno |
| Corrente nominale del dispositivo in ingresso | 0 A |
| Protezione | Nessuno |
| Corrente nominale della protezione | 0 A |
| Diodo di blocco | Nessuno |
| Corrente nominale del diodo di blocco | 0 A |
| Dispositivo in uscita | ABB OT16F8, sezionatore 16A 8 poli |

| | |
|---|----------------------|
| Corrente nominale del dispositivo in uscita | 16 A |
| Scaricatori | ABB OVR PV 40 1000 P |
| Classe dello scaricatore | II |
| Tensione di servizio continuativo | 1000 V |

2.3 CRITERI DI SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI PRINCIPALI: MODULI, INVERTER, QUADRI ELETTRICI E CONDUTTURE ELETTRICHE

In questo paragrafo verranno illustrati i criteri di scelta e di dimensionamento, nonché le caratteristiche elettriche e dimensionali dei principali componenti dell'impianto, ovvero dei moduli fotovoltaici, degli inverter, dei quadri elettrici e delle condutture elettriche.

2.3.1 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.

2.3.2 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 di 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.

2.3.3 CONDUITTE ELETTRICHE

I cavi saranno scelti in modo che la loro tensione nominale sia compatibile con quella massima del presente nella parte dell'impianto nel quale sono inseriti.

I cavi saranno in classe II e dovranno essere conformi alle norme applicabili, in particolare alle norme CEI 20-19 e CEI 20-20.

In generale dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- in generale devono essere posati dentro elementi protettivi (tubi, canaline, passerelle etc..)
- non propagatore di incendio;
- tipo unipolare per i circuiti di potenza in corrente continua;
- tipo multipolare per i circuiti di potenza in corrente alternata;
- estremità stagnate oppure terminate con idonei capicorda o connettori ad innesto rapidodi tipo multicontact.

I cavi dovranno essere sistemati in modo da semplificare e ridurre al minimo le operazioni di posa in opera e dimensionati in modo da contenere le perdite resistive. A tal proposito, la

caduta di tensione totale, valutata dal modulo fotovoltaico più lontano fino all'ingresso in corrente continua del convertitore dovrà essere mantenuta entro il 2%. In particolare, verranno definiti i tipi e le sezioni dei cavi e le caratteristiche della componentistica (connettori, cassette, canaline, morsetteria, ecc.) in accordo con le prescrizioni tecniche e di dimensionamento.

Le sezioni dei cavi saranno determinate inoltre in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore sarà calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore indicato nella Norma CEI 64-8.

Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare saranno verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024 (posa in aria) e CEI-UNEL 35026 (posa interrata), applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Le sezioni dei cavi saranno verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8. Le verifiche in oggetto saranno effettuate mediante l'uso delle tabelle CEI-UNEL 35023.

Il cablaggio fra i moduli fotovoltaici sarà realizzato mediante connettori del tipo Multicontact. I cavi a formare le stringhe dovranno essere, se necessario, fissati alla struttura di sostegno mediante fascette.

2.3.4 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 morsetteria su cui attestare i cavi entranti ed uscenti. La morsetteria 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.

2.4 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:

$$UC > 1,25 * V_{OC,GENFV}$$

Dove:

Uc : 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.

3. Elaborati grafici

3.1 - SCHEMA ELETRICO UNIFILARE

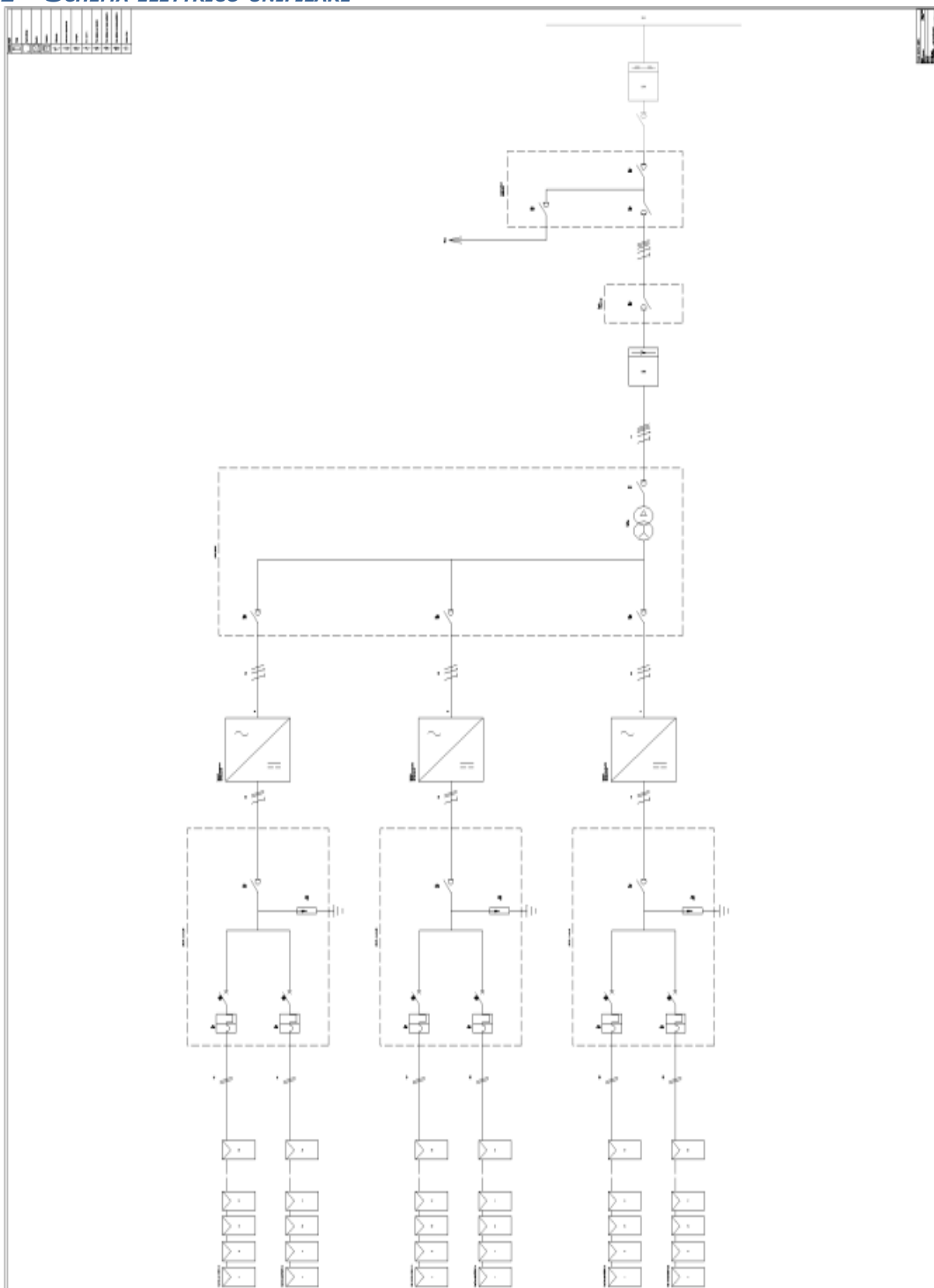


Fig.1: Schema elettrico unifilare

3.2 - PLANIMETRIA GENERALE D'IMPIANTO

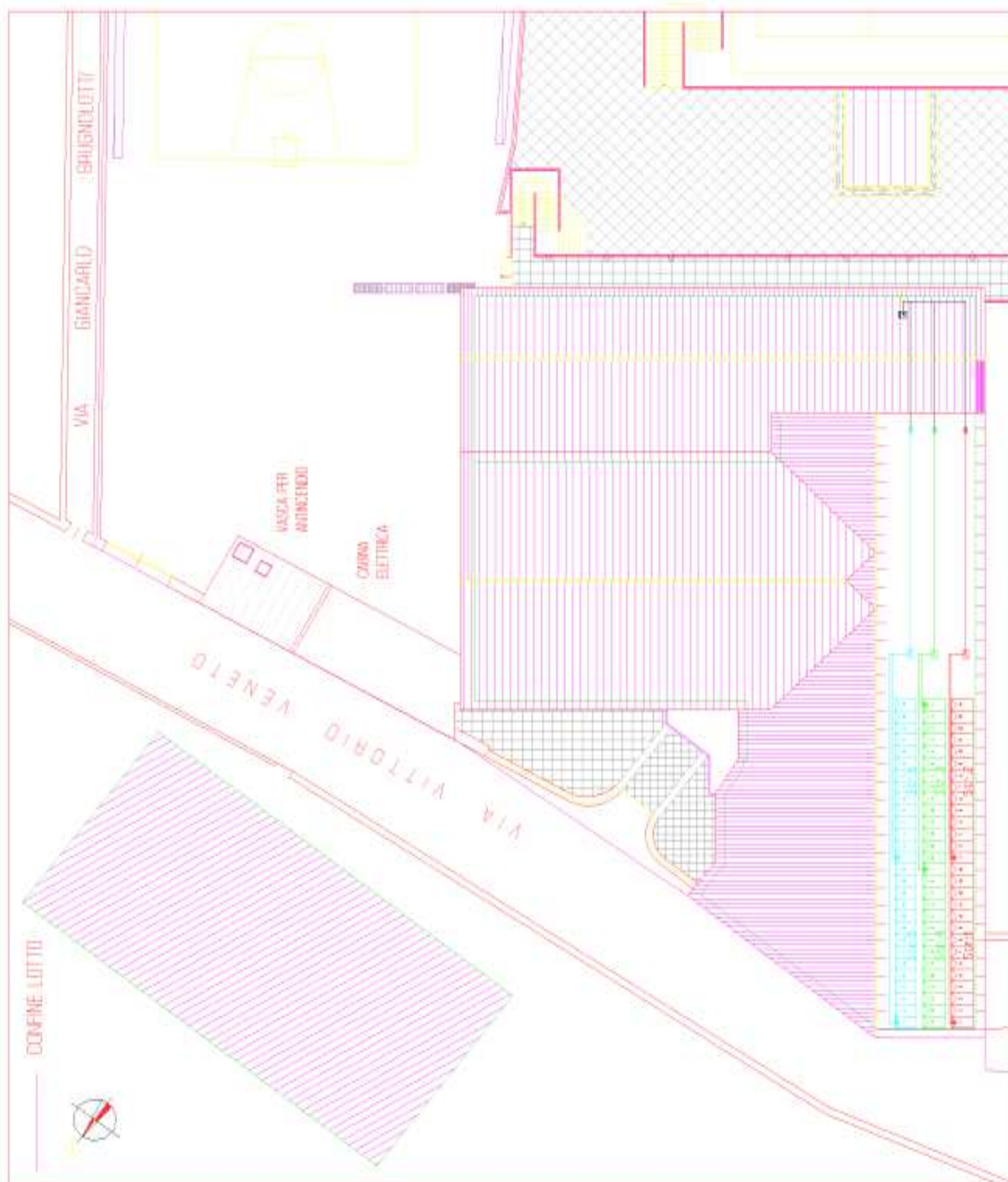


Fig.2: Posizionamento del generatore fotovoltaico, del gruppo di conversione e controllo della potenza e dei sistemi di misura

4. Calcoli preliminari

4.1 - PRODUCIBILITÀ ANNUA

Sito di installazione

L'impianto verrà installato in località Villa Carcina (BS), Via Dante. La tabella che segue riporta i principali dati geografici del sito di installazione.

| Dati geografici del sito | |
|--|--|
| Località | Villa Carcina |
| Latitudine | 45,634° |
| Longitudine | 10,193° |
| Altitudine | 249 metri |
| Temperatura massima | 0 °C |
| Temperatura minima | 0 °C |
| Fonte dati di irraggiamento | UNI 10349 |
| Dati relativi al vento e al carico di neve | Da DM 16 Gennaio 1996 e successive modifiche ed integrazioni |

La valutazione della fonte solare per la località Villa Carcina (BS) 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 di Villa Carcina (BS). 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 | 0,65 | 0,56 | 1,21 |
| Febbraio | 0,96 | 1,06 | 2,02 |
| Marzo | 1,39 | 1,88 | 3,27 |
| Aprile | 1,86 | 2,53 | 4,39 |
| Maggio | 2,18 | 3,28 | 5,46 |
| Giugno | 2,31 | 3,63 | 5,94 |
| Luglio | 2,12 | 4,33 | 6,45 |
| Agosto | 1,89 | 3,49 | 5,38 |
| Settembre | 1,52 | 2,45 | 3,97 |
| Ottobre | 1,08 | 1,46 | 2,54 |
| Novembre | 0,72 | 0,66 | 1,38 |

| | | | |
|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Dicembre | 0,58 | 0,55 | 1,13 |
| Annuale | 526,07 | 789,5 | 1315,57 |

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 Villa Carcina (BS). Tale valore è pari a 1315,57 [kWh/m²].

Diagramma di ombreggiamento

Si riportano i diagrammi degli ombreggiamenti a cui è sottoposto l'impianto. Questi diagrammi sono ricavati da rilevamenti manuali o da rilevamenti fotografici.

Nel caso dell'impianto in oggetto esistono fenomeni di ombreggiamento che portano ad una perdita pari al 3,58 %.

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 (18,48 kW), dell'angolo di tilt e di azimuth (17°, -42°) del generatore fotovoltaico, delle perdite sul generatore fotovoltaico (perdite resistive, perdite per scostamento di temperatura dei moduli, per riflessione e per mismatching tra stringhe), 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 (Ep,a) si calcola come segue:

$$E_{p,a} = P_{nom} * Irr * (1-Perdite) = 18.849,13 \text{ kWh}$$

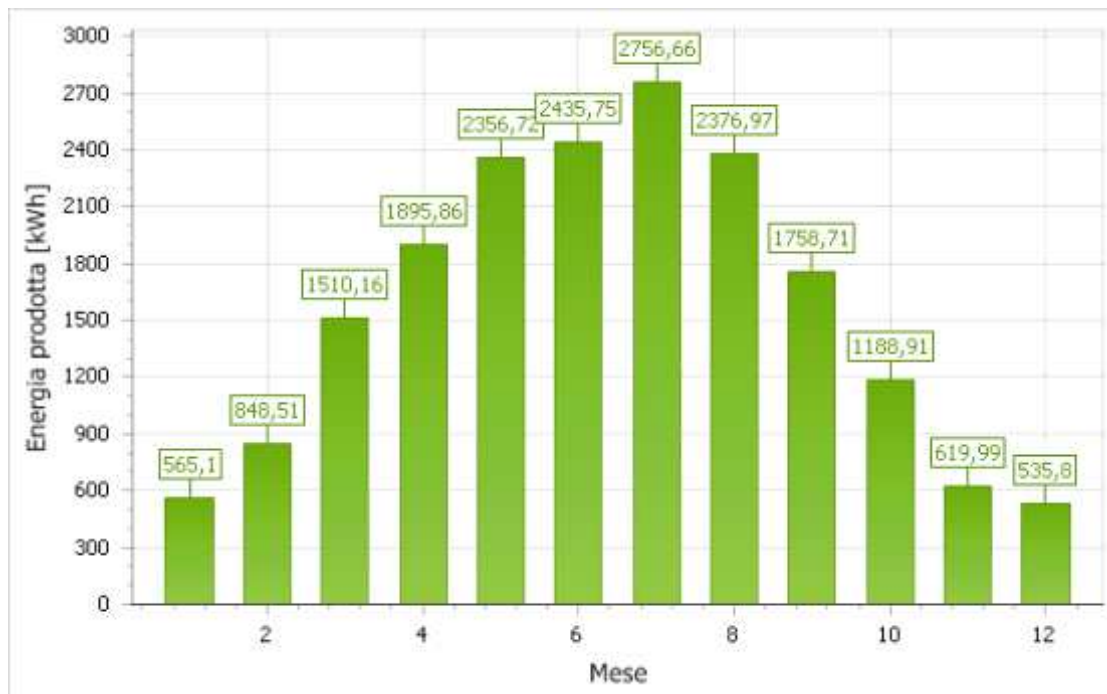
Dove:

- P_{nom} = Potenza nominale dell'impianto: 18,48 kW
- Irr = Irraggiamento annuo sul piano dei moduli: 1418,83 kWh/m²
- Perdite = Perdite di potenza: 28,11 %

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 | 6,00 % |
| Perdite per conversione DC/AC | 5,50 % |
| Altre perdite | 7,00 % |
| Perdite per ombreggiamento | 3,58 % |
| Perdite totali | 28,11 % |

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



4.2 - 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 74°C (398 V) > Tensione minima di Mppt (330 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione massima alla temperatura dei moduli di -12°C (522,61 V) < Tensione massima di Mppt (600 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -12°C (633,21 V) < Tensione massima dell'inverter (800 V) |
| Limiti sulla corrente | Corrente di corto circuito (14,14 A) < Massima corrente dell'inverter (18 A) |
| Limiti sulla potenza | Dimensionamento in potenza (80 %) < (91%) < (120 %) |

| Inverter:2 | |
|-----------------------|--|
| Limiti sulla tensione | Tensione minima alla temperatura dei moduli di 74°C (398 V) > Tensione minima di Mppt (330 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione massima alla temperatura dei moduli di -12°C (522,61 V) < Tensione massima di Mppt (600 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -12°C (633,21 V) < Tensione massima dell'inverter (800 V) |
| Limiti sulla corrente | Corrente di corto circuito (14,14 A) < Massima corrente dell'inverter (18 A) |
| Limiti sulla potenza | Dimensionamento in potenza (80 %) < (91%) < (120 %) |

| Inverter:3 | |
|-----------------------|--|
| Limiti sulla tensione | Tensione minima alla temperatura dei moduli di 74°C (398 V) > Tensione minima di Mppt (330 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione massima alla temperatura dei moduli di -12°C (522,61 V) < Tensione massima di Mppt (600 V) |
| Limiti sulla tensione | Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -12°C (633,21 V) < Tensione massima dell'inverter (800 V) |
| Limiti sulla corrente | Corrente di corto circuito (14,14 A) < Massima corrente dell'inverter (18 A) |
| Limiti sulla potenza | Dimensionamento in potenza (80 %) < (91%) < (120 %) |

4.3 - CONDUTTURE ELETTRICHE

Il dimensionamento delle condutture elettriche consiste nell'individuare la tipologia dei cavi, il tipo di isolante, la sezione e la lunghezza dei cavi e la tipologia di posa.

Il dimensionamento delle condutture elettriche implica i seguenti calcoli:

- Calcolo della caduta di tensione (c.d.t)
- Calcolo della portata delle condutture (criterio termico)

Calcolo della caduta di tensione

Note la lunghezza della conduttura, il tipo di cavo e la corrente massima che vi scorre, il calcolo della caduta di tensione percentuale per una conduttura in corrente continua è ottenibile con la relazione:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{R}{V_{nom}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

dove:

- L è la lunghezza della conduttura in metri;
- I_{nom} è la corrente che scorre nel cavo @STC;
- V_{nom} è la tensione sul cavo @STC;
- R è la resistenza al km del cavo alla temperatura di 80 °C (UNEL 35023-70)

Note la lunghezza della conduttura, il tipo di cavo e la corrente massima che vi scorre, il calcolo della caduta di tensione percentuale per una conduttura in corrente alternata è ottenibile con le relazioni:

Per una linea monofase:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

Per una linea trifase:

$$\Delta V_{\%} = 1,73 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

dove:

- L è la lunghezza della conduttura in metri;
- I_{nom} è la corrente nominale che scorre nel cavo (@STC);
- V_{AC} è la tensione di Rete (230/400 V);
- R, X sono la resistenza e la reattanza al km della linea, alla temperatura di 80 °C (UNEL 35023-70).

Calcolo della portata delle condutture

Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono state verificate secondo le Tabelle CEI-UNEL 35024/1, per posa in aria, e CEI-UNEL 35026, per posa interrata, applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente.

Le tabelle che seguono riportano l'elenco delle condutture utilizzati nell'impianto ed in particolare la sigla, la descrizione, la formazione, il tipo di posa, la lunghezza e la sezione dei cavi, la tipologia e la caduta di tensione percentuale.

Per ulteriori dettagli si rimanda al documento "Distinta Cavi"

Tabella cavi

| Sigla | Codice | Descrizione | Formazione | Caduta tensione | Lunghezza |
|-------|-------------|---------------------------------------|------------|-----------------|-----------|
| C1 | PRYG7P4X010 | Da: Quadro generale A: Rete Elettrica | 4x10 | 0,03% | 1,48 m |
| C2 | PRYPSUN006 | Da: Inverter:3 A: Quadro generale | 1x6 | 0,87% | 11,04 m |

| | | | | | |
|-----|------------|---|-----|-------|---------|
| C3 | PRYPSUN006 | Da: QDC-DC - Inverter:3:3 A: Inverter:3 | 1x6 | 0,49% | 23,38 m |
| C4 | PRYPSUN004 | Da: Str:6 A: QDC-DC - Inverter:3:3 | 1x4 | 0,3% | 19,43 m |
| C5 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:6 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |
| C6 | PRYPSUN004 | Da: Str:5 A: QDC-DC - Inverter:3:3 | 1x4 | 0,5% | 31,97 m |
| C7 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:5 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |
| C8 | PRYPSUN006 | Da: Inverter:2 A: Quadro generale | 1x6 | 1% | 12,75 m |
| C9 | PRYPSUN006 | Da: QDC-DC - Inverter:2:2 A: Inverter:2 | 1x6 | 0,49% | 23,38 m |
| C10 | PRYPSUN004 | Da: Str:4 A: QDC-DC - Inverter:2:2 | 1x4 | 0,32% | 20,41 m |
| C11 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:4 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |
| C12 | PRYPSUN004 | Da: Str:3 A: QDC-DC - Inverter:2:2 | 1x4 | 0,12% | 7,96 m |
| C13 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:3 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |
| C14 | PRYPSUN006 | Da: Inverter:1 A: Quadro generale | 1x6 | 1,33% | 16,93 m |
| C15 | PRYPSUN006 | Da: QDC-DC - Inverter:1:1 A: Inverter:1 | 1x6 | 0,49% | 23,38 m |
| C16 | PRYPSUN004 | Da: Str:2 A: QDC-DC - Inverter:1:1 | 1x4 | 0,3% | 19,18 m |
| C17 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:2 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |
| C18 | PRYPSUN004 | Da: Str:1 A: QDC-DC - Inverter:1:1 | 1x4 | 0,49% | 31,47 m |
| C19 | PRYPSUN004 | Cavo di stringa: Str:1 | 1x4 | 0,19% | 12,05 m |

Riepilogo dei cavi utilizzati nell'impianto

| Codice | Costruttore | Descrizione | Formazione | Sezione | Lunghezza |
|-------------|-------------|--------------------------------|------------|--------------------|-----------|
| PRYG7P4X010 | Prysmian | FG7(O)R G-SETTE+ 0.6/1 kV 4x10 | 4x10 | 10 mm ² | 1,48 m |
| PRYPSUN006 | Prysmian | FG21M21 P-Sun 1.2 kV 1x6 | 1x6 | 6 mm ² | 181 m |
| PRYPSUN004 | Prysmian | FG21M21 P-Sun 1.2 kV 1x4 | 1x4 | 4 mm ² | 333,14 m |

5 Quadro delle prestazioni richieste

In termini di energia l'impianto, tenendo conto del sito di installazione Villa Carcina (BS), dovrà avere una capacità produttiva teorica annua superiore a circa 1.019,97 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:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * Irr / I_{STC} \quad (\text{per } Irr > 600 \text{ W/m}^2)$$
$$P_{ca} > 0,9 * P_{cc} \quad (\text{per } P_{ca} > \text{del } 90\% \text{ della potenza di targa del gruppo di conversione})$$

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;
- Irr 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.

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 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 450/750 V – 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 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

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