

PROGETTO MULTILATERALE STRATEGICO

PROGRAMMA MIUR/CNR
USO RAZIONALE ENERGIA NEGLI EDIFICI

Dipartimento guida: Sistemi di Produzione

PROGETTO PILOTA PER IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO FINALIZZATO ALLO SVILUPPO E ALLA CREAZIONE DI
IMPRESE AD ALTO CONTENUTO INNOVATIVO NEL COMPARTO DELL'EDILIZIA E DELLA FILIERA DELLE
COSTRUZIONI DELLA REGIONE CALABRIA

OBIETTIVO REALIZZATIVO 5.1
Progetto esemplare di eccellenza tecnologica

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA DI VIBO VALENTIA



PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI

F₂ - RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

IL COMMITTENTE: ISTITUTO PER LE TECNOLOGIE DELLA COSTRUZIONE



IL TECNICO: ING. NERINO VALENTINI



Sommario

?	SITO DI INSTALLAZIONE	3
?	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	3
?	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	3
?	IRRAGGIAMENTO	4
?	GENERATORE N. 1	5
?	STRUTTURE DI SOSTEGNO	7
?	GRUPPO DI CONVERSIONE	8
?	DIMENSIONAMENTO.....	9
?	CAVI ELETTRICI E CABLAGGI.....	9
?	QUADRI ELETTRICI.....	10
?	SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA.....	10
?	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)	10
?	VERIFICHE	11
?	GENERATORE N. 2	13
?	STRUTTURE DI SOSTEGNO	15
?	GRUPPO DI CONVERSIONE	16
?	DIMENSIONAMENTO.....	17
?	CAVI ELETTRICI E CABLAGGI.....	17
?	QUADRI ELETTRICI.....	18
?	SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA.....	18
?	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)	18
?	VERIFICHE	19
?	RIFERIMENTI NORMATIVI	20
?	CONCLUSIONI	22

• SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche: .

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Vibo Valentia
Latitudine:	38°40'33"
Longitudine:	16°06'08"
Altitudine:	476 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349
Albedo:	20 %

• DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (*da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento*):

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$$

In cui:

P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;

P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I è l'irraggiamento espresso in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

I_{STC} pari a $1000 W/m^2$ è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione sarà verificata per $I > 600 W/m^2$.

$$P_{ca} > 0.9 * P_{cc}$$

In cui:

P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del $\pm 2\%$;

Tale condizione sarà verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

• DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 2 generatori fotovoltaici composti da n° 260 moduli fotovoltaici e da n° 7 inverter con classificazione architettonica Su edificio.

La potenza nominale complessiva è di 65 kWp per una produzione di 90.414,6 kWh annui distribuiti su una

superficie di 468 m².

Modalità di connessione alla rete Monofase in Bassa tensione con tensione di fornitura 231 V.

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

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO ₂)	231,85 kg
Ossidi di azoto (NO _x)	77,28 kg
Polveri	8,99 kg
Anidride carbonica (CO ₂)	55,59 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H ₂ S) (fluido geotermico)	4,96 kg
Anidride carbonica (CO ₂)	0,59 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP)	22,60 TEP

• IRRAGGIAMENTO

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Vibo Valentia.

TABELLA DI IRRAGGIAMENTO SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m ²]	Totale mensile [MJ/m ²]
Gennaio	7,08	219,48
Febbraio	10,86	304,08
Marzo	12,54	388,74
Aprile	18,09	542,7
Maggio	21,93	679,83
Giugno	25,54	766,2
Luglio	26,56	823,36
Agosto	24,75	767,25
Settembre	16,27	488,1
Ottobre	12,27	380,37
Novembre	7,63	228,9
Dicembre	6,2	192,2

• GENERATORE N. 1

Il Generatore n. 1 sarà esposto con un orientamento di $-22,50^\circ$ (azimut) rispetto al sud e avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di $27,00^\circ$ (tilt).

Il generatore è composto da n° 234 moduli del tipo Silicio policristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0 % annuo.

La produzione di energia del generatore Generatore n. 1 è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione dell'irraggiamento solare nella misura del 0,00 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

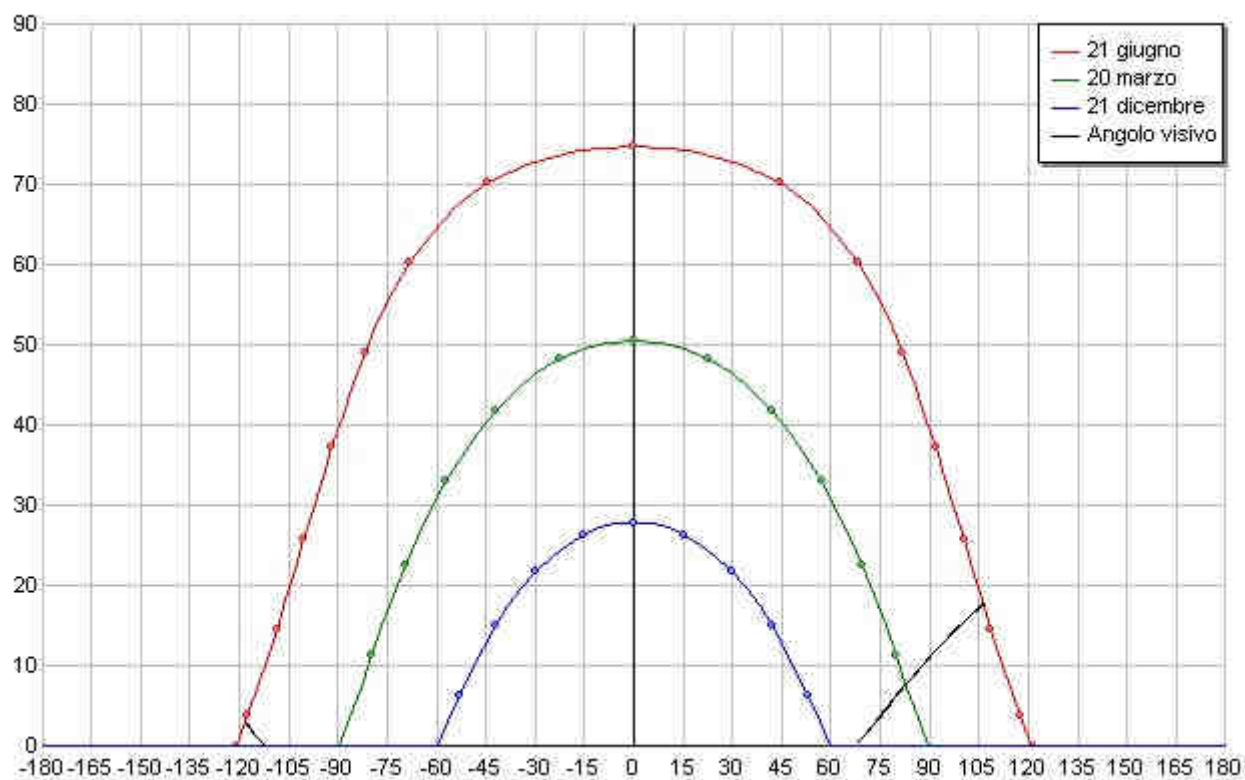


DIAGRAMMA IRRAGGIAMENTO

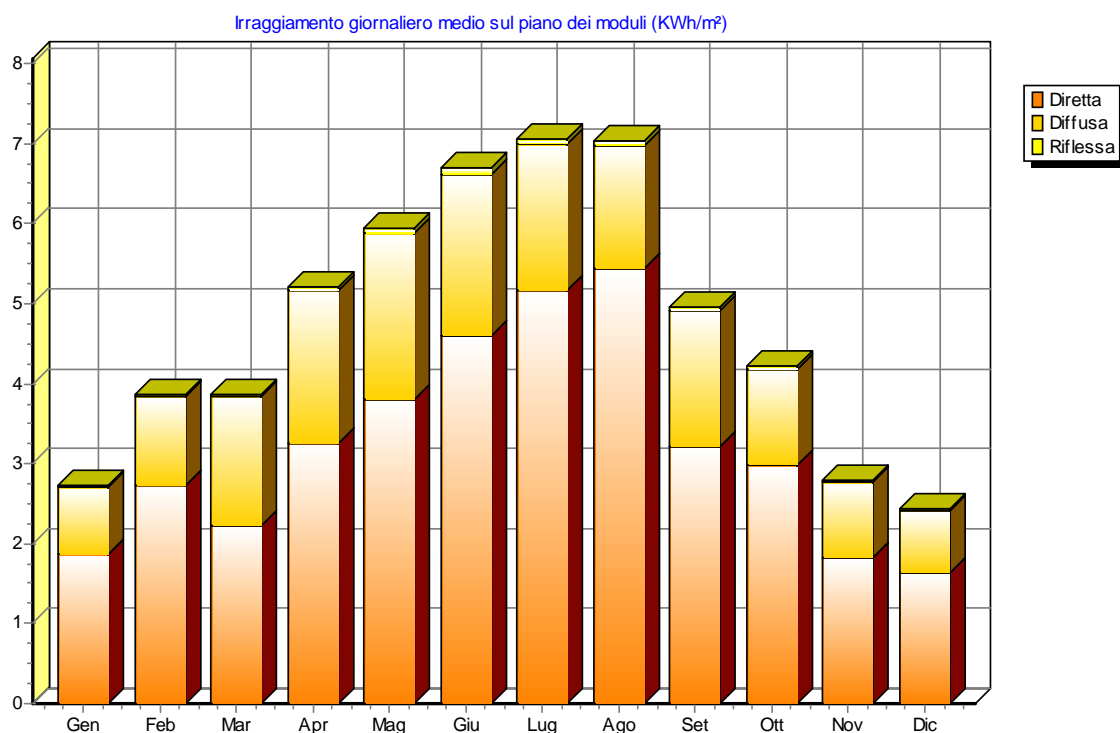


TABELLA DI IRRAGGIAMENTO SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m ²]	Radiazione Diffusa [kWh/m ²]	Radiazione Riflessa [kWh/m ²]	Totale giornaliero [kWh/m ²]	Totale mensile [kWh/m ²]
Gennaio	1,868	0,84	0,021	2,729	84,61
Febbraio	2,731	1,106	0,033	3,869	108,341
Marzo	2,218	1,615	0,038	3,871	120,008
Aprile	3,249	1,915	0,054	5,218	156,53
Maggio	3,802	2,072	0,066	5,94	184,149
Giugno	4,595	2,028	0,077	6,7	201,01
Luglio	5,175	1,81	0,08	7,065	219,02
Agosto	5,436	1,529	0,075	7,039	218,199
Settembre	3,216	1,697	0,049	4,962	148,858
Ottobre	2,974	1,211	0,037	4,221	130,858
Novembre	1,817	0,964	0,023	2,804	84,114
Dicembre	1,64	0,777	0,019	2,436	75,528

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di integrazione:	Su edificio
Tipo di installazione:	Inclinazione fissa
Orientamento (azimut):	-23°
Inclinazione (tilt):	27°
Numero di moduli:	234
Numero inverter:	6
Potenza nominale:	58500 W
Grado di efficienza:	95,1 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	SCHEUTEN SOLAR TECHNOLOGY GMBH
Sigla:	Multisol P6-66 250
Tecnologia costruttiva:	Silicio policristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	250 W
Rendimento:	13,7 %
Tensione nominale:	31,9 V
Tensione a vuoto:	40,5 V
Corrente nominale:	7,8 A
Corrente di corto circuito:	8,3 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1000 mm x 1820 mm
Peso:	24 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

• STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato aderenti al piano di copertura, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

• GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ☐ Inverter 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 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ☐ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ☐ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ☐ Protezioni 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 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ☐ Conformità marchio CE.
- ☐ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ☐ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ☐ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ☐ Efficienza massima \geq 90 % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 6 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	SMA TECHNOLOGIE AG
Sigla	Sunny Mini Central SMC 10000TL Sunny Mini Central
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	5
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	10 kW
Potenza massima	10,25 kW
Potenza massima per inseguitore	10,25 kW
Tensione nominale	500 V
Tensione massima	700 V
Tensione minima per inseguitore	333 V
Tensione massima per inseguitore	500 V
Tensione nominale di uscita	231 V
Corrente nominale	31 A
Corrente massima	31 A
Corrente massima per inseguitore	31 A

Rendimento	0,97
Inseguitori	
Moduli in serie	13
Stringhe in parallelo	3
Tensione di MPP (STC)	414,7 V
Numero di moduli	39
Superficie complessiva dei moduli	421,2 m ²

• DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{MODULO}} * N^{\circ} \text{MODULI} = 250 \text{ W} * 234 = 58500 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

$$E = P * \text{IRR} / 1000 * (1 - \text{DISP}) = 82013,1 \text{ kWh}$$

dove

Irr = Irraggiamento medio annuo: 1731,2 kWh/m²a

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,00 %
Perdite per aumento di temperatura	6,57 %
Perdite di mismatching	5,00 %
Perdite in corrente continua	1,50 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	5,00 %
Perdite per conversione	2,50 %
Perdite totali	19,02 %

• CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

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

- ☐ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ☐ Tipo FG21 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 "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

• QUADRI ELETTRICI

☐ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

☐ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

• SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

• SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

• VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ☐ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ☐ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ☐ messa a terra di masse e scaricatori;
- ☐ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

a) $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$

in cui:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m^2] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione deve essere verificata per $I > 600 W/m^2$.

b) $P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$

in cui:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2% .

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a $600 W/m^2$.

Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a $40^\circ C$, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

a') $P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$

Ove P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%.

Nota:

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv} , nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel} , possono essere determinate da:

☐ $P_{tpv} = (T_{cel} - 25) \cdot \gamma / 100$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

☐ $P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) \cdot I / 800] \cdot \gamma / 100$

in cui:

- γ : Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a $0,4 \div 0,5 \text{ } \%/^\circ C$).
- NOCT: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a $40 \div 50^\circ C$, ma può arrivare a $60^\circ C$ per moduli in vetrocamera).
- T_{amb} : Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto),

la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.

- T_{cel} : è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

Il generatore Generatore n. 1 soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70,00 °C (334,1 V) maggiore di $V_{mpp \text{ min.}}$ (333,0 V)

Tensione massima V_n a -10,00 °C (477,4 V) inferiore a $V_{mpp \text{ max.}}$ (500,0 V)

Tensione a vuoto V_o a -10,00 °C (589,2 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (700,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (24,9 A) inferiore alla corrente massima inverter (31,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (95,1%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

• GENERATORE N. 2

Il Generatore n. 2 sarà esposto con un orientamento di $0,00^\circ$ (azimut) rispetto al sud e avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di $0,00^\circ$ (tilt).

Il generatore è composto da n° 26 moduli del tipo Silicio policristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0 % annuo.

La produzione di energia del generatore Generatore n. 2 è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione dell'irraggiamento solare nella misura del 0,00 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

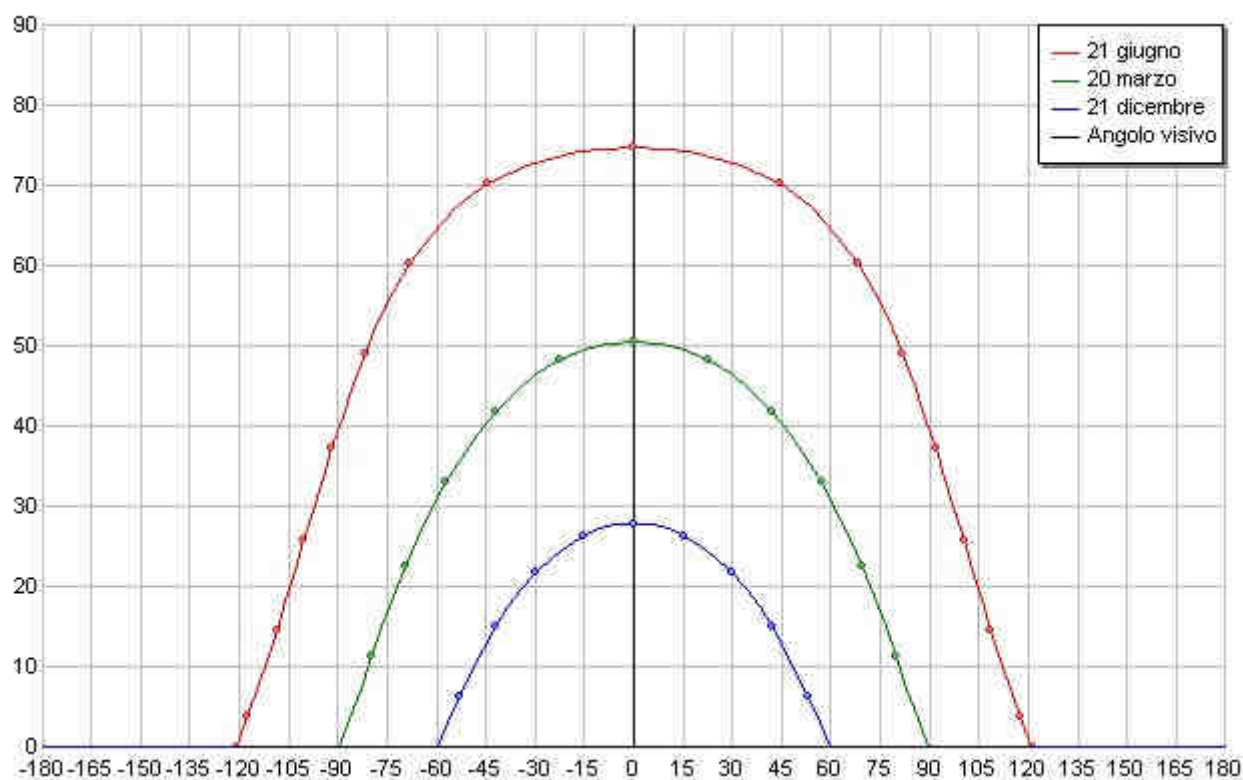


DIAGRAMMA IRRAGGIAMENTO

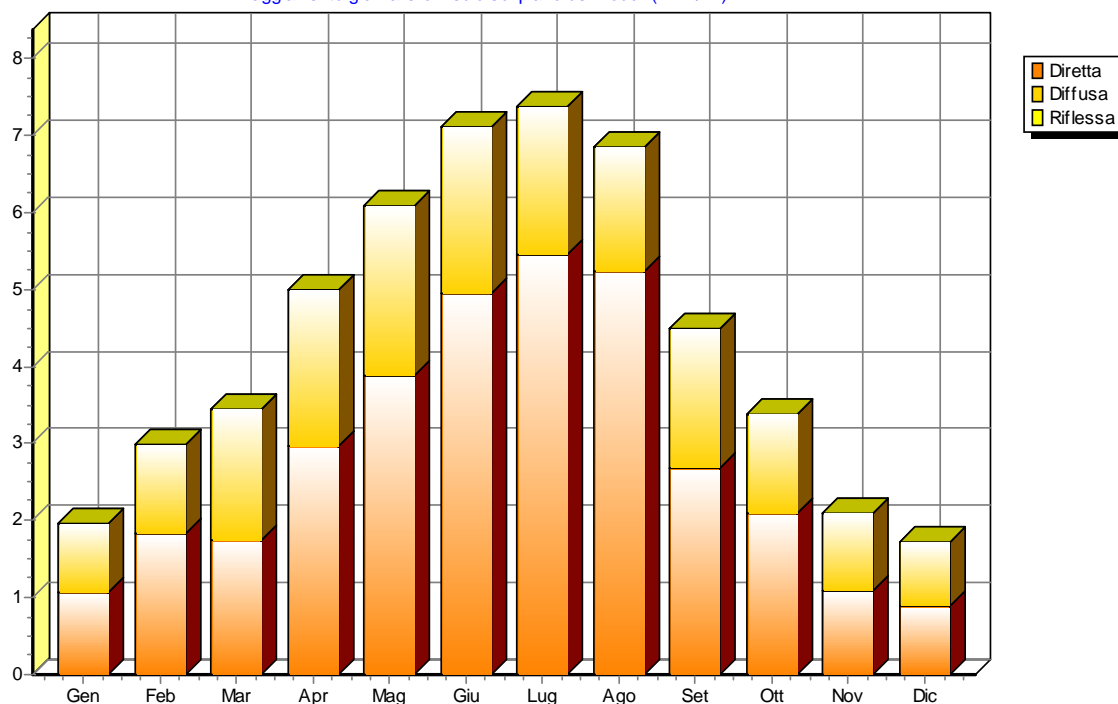
Irraggiamento giornaliero medio sul piano dei moduli (KWh/m²)

TABELLA DI IRRAGGIAMENTO SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m ²]	Radiazione Diffusa [kWh/m ²]	Radiazione Riflessa [kWh/m ²]	Totale giornaliero [kWh/m ²]	Totale mensile [kWh/m ²]
Gennaio	1,066	0,889	0	1,954	60,587
Febbraio	1,822	1,169	0	2,991	83,751
Marzo	1,745	1,708	0	3,453	107,048
Aprile	2,97	2,025	0	4,995	149,858
Maggio	3,89	2,192	0	6,081	188,516
Giugno	4,956	2,144	0	7,1	213,006
Luglio	5,461	1,914	0	7,375	228,628
Agosto	5,228	1,617	0	6,845	212,199
Settembre	2,689	1,794	0	4,484	134,509
Ottobre	2,098	1,281	0	3,378	104,725
Novembre	1,085	1,019	0	2,105	63,137
Dicembre	0,891	0,822	0	1,713	53,109

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Tipo di integrazione:	Su edificio
Tipo di installazione:	Inclinazione fissa
Orientamento (azimut):	0°
Inclinazione (tilt):	0°
Numero di moduli:	26
Numero inverter:	1
Potenza nominale:	6500 W
Grado di efficienza:	104,8 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	SCHEUTEN SOLAR TECHNOLOGY GMBH
Sigla:	Multisol P6-66 250
Tecnologia costruttiva:	Silicio policristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	250 W
Rendimento:	13,7 %
Tensione nominale:	31,9 V
Tensione a vuoto:	40,5 V
Corrente nominale:	7,8 A
Corrente di corto circuito:	8,3 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1000 mm x 1820 mm
Peso:	24 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

• STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato aderenti al piano di copertura, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

• GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ☐ Inverter 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 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ☐ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ☐ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ☐ Protezioni 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 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ☐ Conformità marchio CE.
- ☐ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ☐ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ☐ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ☐ Efficienza massima \geq 90 % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 1 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore	SMA TECHNOLOGIE AG
Sigla	Sunny Mini Central SMC 6000TL Sunny Mini Central
Inseguitori	1
Ingressi per inseguitore	4
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale	6 kW
Potenza massima	6,2 kW
Potenza massima per inseguitore	6,2 kW
Tensione nominale	500 V
Tensione massima	700 V
Tensione minima per inseguitore	333 V
Tensione massima per inseguitore	500 V
Tensione nominale di uscita	231 V
Corrente nominale	19 A
Corrente massima	19 A
Corrente massima per inseguitore	19 A

Rendimento	0,98
Inseguitori	
Moduli in serie	13
Stringhe in parallelo	2
Tensione di MPP (STC)	414,7 V
Numero di moduli	26
Superficie complessiva dei moduli	46,8 m ²

• DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{MODULO}} * N^{\circ} \text{MODULI} = 250 \text{ W} * 26 = 6500 \text{ W}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

$$E = P * \text{IRR} / 1000 * (1 - \text{DISP}) = 8401,5 \text{ kWh}$$

dove

Irr = Irraggiamento medio annuo: 1599,1 kWh/m²a

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento	0,00 %
Perdite per aumento di temperatura	6,93 %
Perdite di mismatching	5,00 %
Perdite in corrente continua	1,50 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...)	5,00 %
Perdite per conversione	2,30 %
Perdite totali	19,17 %

• CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

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

- ☐ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ☐ Tipo FG21 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 "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

• QUADRI ELETTRICI

☐ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

☐ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

• SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

• SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

• VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- ☐ corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- ☐ continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- ☐ messa a terra di masse e scaricatori;
- ☐ isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

c) $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$

in cui:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m^2] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione deve essere verificata per $I > 600 W/m^2$.

d) $P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$

in cui:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2% .

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a $600 W/m^2$.

Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a $40^\circ C$, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

b') $P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$

Ove P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%.

Nota:

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv} , nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel} , possono essere determinate da:

☐ $P_{tpv} = (T_{cel} - 25) \cdot \gamma / 100$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

☐ $P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) \cdot I / 800] \cdot \gamma / 100$

in cui:

- γ : Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a $0,4 \div 0,5 \%/^\circ C$).
- NOCT: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a $40 \div 50^\circ C$, ma può arrivare a $60^\circ C$ per moduli in vetrocamera).
- T_{amb} : Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto),

la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.

- T_{cel} : è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

Il generatore Generatore n. 2 soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70,00 °C (334,1 V) maggiore di $V_{mpp \text{ min.}}$ (333,0 V)

Tensione massima V_n a -10,00 °C (477,4 V) inferiore a $V_{mpp \text{ max.}}$ (500,0 V)

Tensione a vuoto V_o a -10,00 °C (589,2 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (700,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (16,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (19,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (104,8%) compreso tra 80,0% e il 120,0%

● RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

- 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 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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 50438 (CT 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- UNI 8477: Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia radiante ricevuta
- CEI EN 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61215 (CEI 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 62108 (82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto

in condizioni ambientali naturali;

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie composta da:
 - CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
 - CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
 - CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): 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 EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie composta da:
 - CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Principi generali;
 - CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Valutazione del rischio;
 - CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
 - CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/1990;
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);

CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- ☐ manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- ☐ progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- ☐ dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- ☐ dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- ☐ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- ☐ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- ☐ certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- ☐ garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.