



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Comunità di Montagna del Gemonese

**SVILUPPO DI UN MODELLO DI AZIENDA AGRICOLA
SOSTENIBILE CHE SIA ANCHE
ENERGICAMENTE INDIPENDENTE ATTRAVERSO LA
PRODUZIONE E L'USO DI ENERGIA
DA FONTI RINNOVABILI NEI SETTORI ELETTRICO,
TERMICO E DEI TRASPORTI.
INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON
ACCUMULO.
(PNRR: M2C1 - Intervento 3.2 - Next Generation EU)
CUP: G23D22000960002**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA - SPECIALISTICA

IL TECNICO



Elaborato

RTS

N°	DATA	EMISSIONE
01	AGO. 2024	PROGETTO ESECUTIVO
02		
03		

SOMMARIO

PREMESSA	2
DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	2
SITO DI INSTALLAZIONE	2
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	3
SISTEMA DI ACCUMULO	3
INVERTER DC/AC	4
GENERATORE AUSILIARIO	4
GENERATORE FOTOVOLTAICO	4
ESPOSIZIONI	5
GENERATORE	9
GRUPPO DI CONVERSIONE	9
DIMENSIONAMENTO	11
CONSUMO UTENZA	12
SIMULAZIONE ENERGETICA	13
QUADRI ELETTRICI	14
CAVI ELETTRICI E CABLAGGI	14
IMPIANTO DI MESSA A TERRA	15
PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE	15
PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI	15
PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	16
PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	16
VERIFICHE	17
RIFERIMENTI NORMATIVI	18
CONCLUSIONI	20

PREMESSA

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica a isola tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 10,08 kW.

L'impianto fotovoltaico agirà come generatore di ricarica per un sistema di accumulo di capacità nominale di 16 kWh.

Risulta presente un generatore ausiliario avente una potenza nominale di 12,3 kW che interverrà a sostegno dell'impianto fotovoltaico e della batteria in caso di consumi non coperti e come generatore di ricarica per la batteria, se necessario.

Per il dimensionamento dell'impianto e di tutti i componenti si è fatto riferimento alle prescrizioni di cui Norme CEI ed UNI in vigore.

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza nominale di 10 kW e potenza di picco di 10,08 kWp.

COMMITTENTE	
Committente:	Comunità di Montagna del Gemonese
Indirizzo:	Via C. Caneva n°25 33013 Gemona del Friuli (UD)
Codice fiscale/Partita IVA:	94140650303 - 02878510300
Telefono:	
Fax:	
E-mail:	

SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto oggetto della presenta relazione presenta le seguenti caratteristiche:

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Via Pragièl – 33010 Venzone (UD)
Latitudine:	046°20'33"N
Longitudine:	013°13'05"E
Altitudine:	272 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349
Albedo:	26 % Erba verde

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 10349-1:2016.

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*): in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

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.

SISTEMA DI ACCUMULO

L'impianto fotovoltaico agirà come generatore di ricarica per la batteria. Il flusso di energia tra la produzione di energia elettrica, l'accumulo ed i carichi sarà regolato da appositi regolatori di carica.

Il dimensionamento della batteria equivalente considera i seguenti parametri:

Dimensionamento	
Tensione di sistema	48 V
Mese per il dimensionamento	Mese con consumi maggiori
Consumo medio giornaliero	8,2 kWh
Autonomia della batteria	0 giorni e 13 ore
Scarica massima della batteria	90 %
Capacità della batteria equivalente	330 Ah
Energia della batteria equivalente	15,8 kWh

Batteria	
Tipo di batteria	BYD PREMIUM LVS 16
Capacità nominale	330 Ah
Batterie in serie	4
Batterie in parallelo	1
Capacità complessiva	330 Ah

INVERTER DC/AC

L'utenza è composta da carichi in AC, connessi a 3 inverter DC/AC.

Inverter DC/AC e Caricabatterie	
Tipo	SMA TECHNOLOGIE SUNNY ISLAND 4.4M
Rendimento AC/DC	0,95
Potenza apparente	3,3 kVA
Soglia accensione generatore (SOC min)	10,0 %
Soglia spegnimento generatore (SOC max)	90,0 %

GENERATORE AUSILIARIO

Dimensionamento	
Potenza nominale	11,2 kW
Potenza minima erogata	4,5 kW
Consumo carburante	0,3 l/kWh
Consumo in stand by	0 l/h

GENERATORE FOTOVOLTAICO

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 Ente di decentramento regionale di Udine.

TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m ²]	Totale mensile [MJ/m ²]
Gennaio	4,19	129,89
Febbraio	6,64	192,56
Marzo	10,31	319,61
Aprile	15,98	479,4
Maggio	19,23	596,13
Giugno	19,25	577,5
Luglio	22	682
Agosto	17,93	555,83
Settembre	13,47	404,1
Ottobre	9,4	291,4
Novembre	5,47	164,1
Dicembre	4,2	130,2

ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da 1 generatore distribuito su 2 esposizioni come di seguito definite:

Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Omb.
Esposizione sud	Su tetto a falda	Inclinazione fissa	24°	25°	1,38 %
Esposizione ovest	Su tetto a falda	Inclinazione fissa	-66°	25°	1,91 %

Esposizione 1

L'esposizione sud sarà esposta con un orientamento di 24,00° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 25,00° (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione Esposizione 1 è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 1,38 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

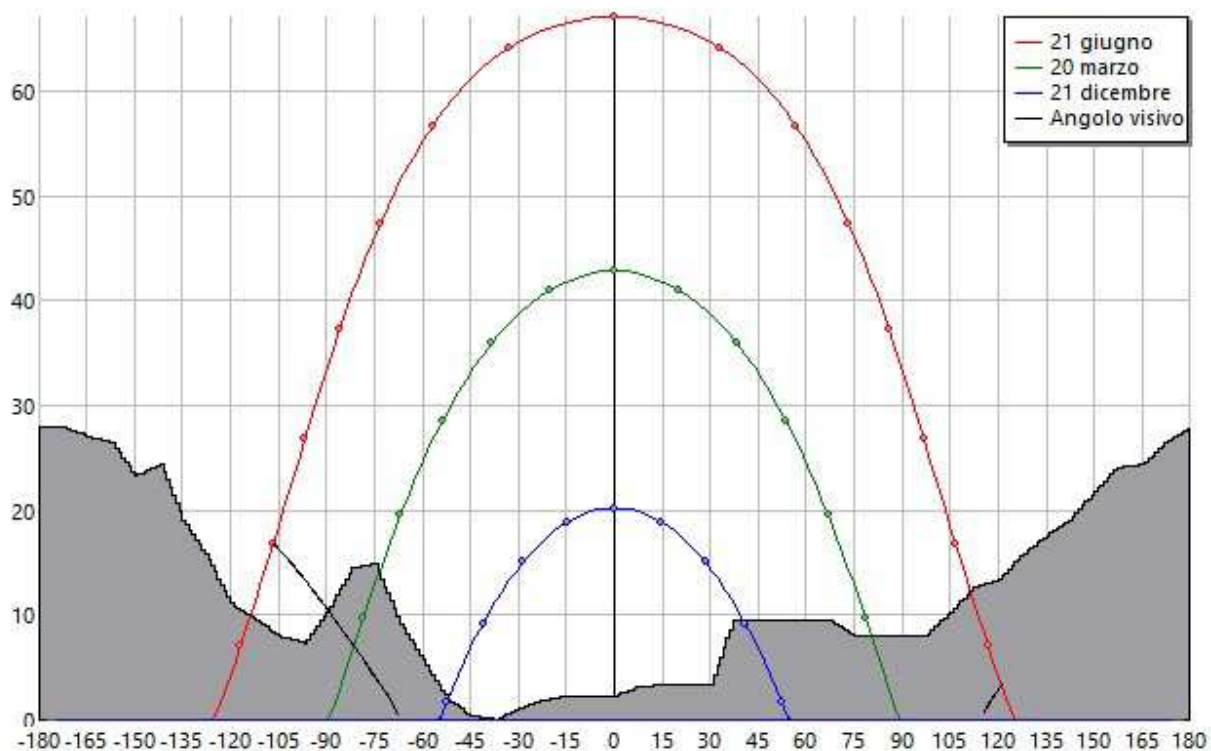


DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

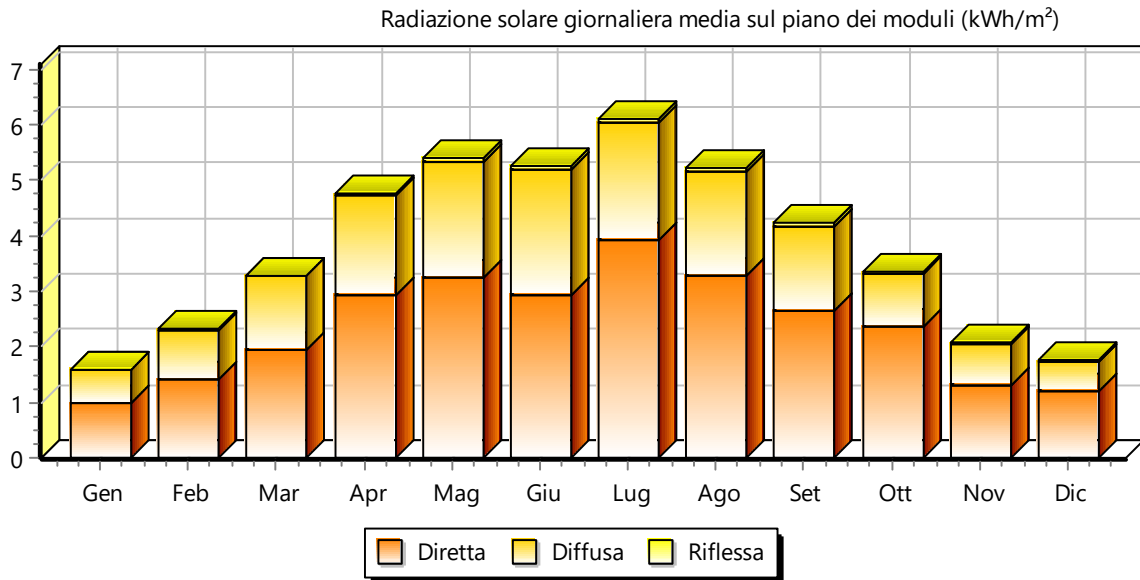


TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

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	0,981	0,609	0,014	1,604	49,729
Febbraio	1,4	0,9	0,022	2,322	67,341
Marzo	1,939	1,324	0,035	3,298	102,23
Aprile	2,94	1,774	0,054	4,768	143,045
Maggio	3,241	2,092	0,065	5,398	167,342
Giugno	2,914	2,285	0,065	5,264	157,92
Luglio	3,924	2,092	0,075	6,09	188,797
Agosto	3,27	1,888	0,061	5,218	161,754
Settembre	2,66	1,517	0,045	4,222	126,669
Ottobre	2,372	0,945	0,032	3,349	103,816
Novembre	1,298	0,749	0,018	2,066	61,969
Dicembre	1,211	0,53	0,014	1,755	54,41

STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 25°, fissati in modo complanare al piano di copertura, tutti la medesima esposizione.

Gli ancoraggi della struttura sono praticati avendo cura di ripristinare la tenuta stagna della copertura, e dimensionati per resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 150 km/h.

Esposizione 2

Esposizione 2 sarà esposta con un orientamento di $-66,00^\circ$ (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di $25,00^\circ$ (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione Esposizione 2 è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 1,91 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

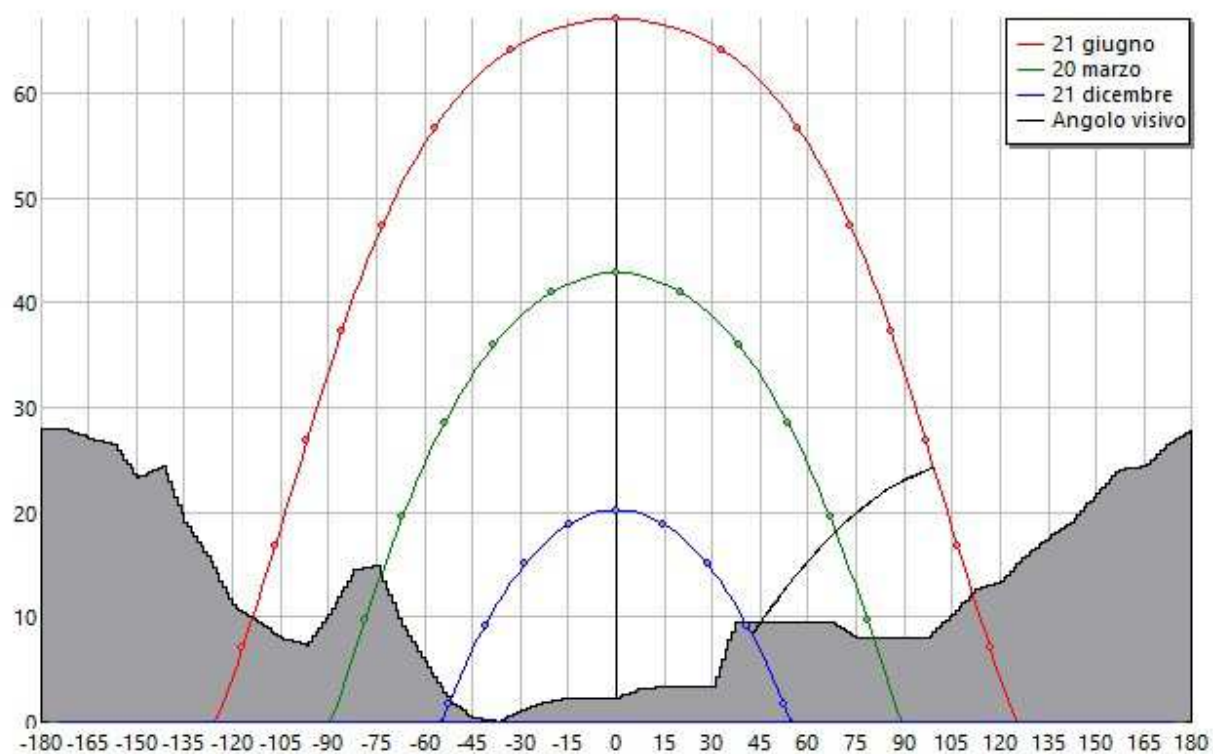


DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

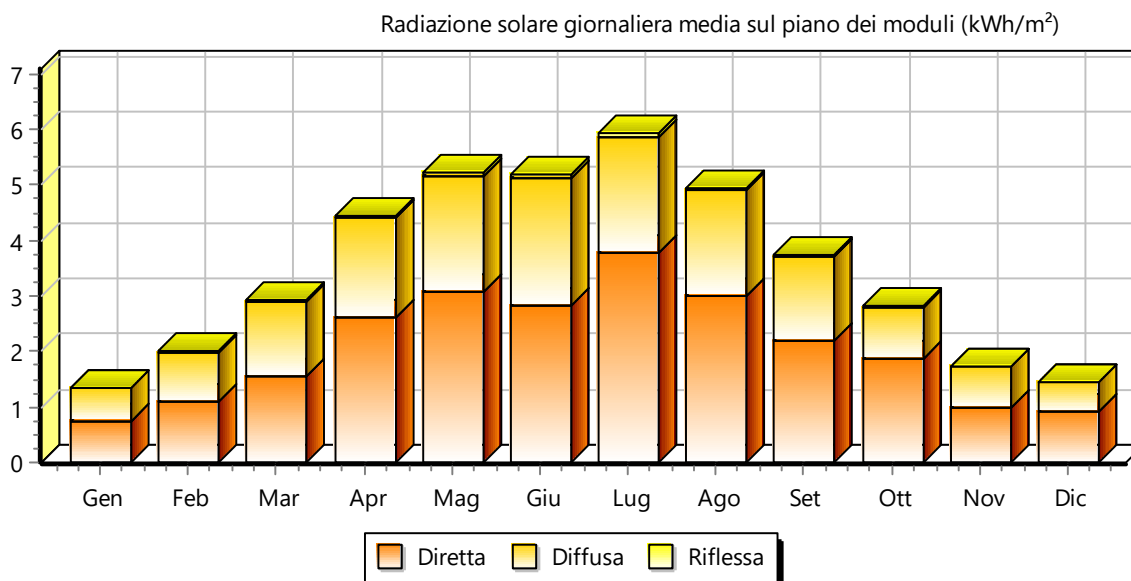


TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

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	0,728	0,609	0,014	1,351	41,891
Febbraio	1,082	0,9	0,022	2,004	58,122
Marzo	1,563	1,324	0,035	2,921	90,553
Aprile	2,62	1,774	0,054	4,448	133,442
Maggio	3,066	2,092	0,065	5,223	161,909
Giugno	2,823	2,285	0,065	5,174	155,215
Luglio	3,769	2,092	0,075	5,936	184,003
Agosto	3,003	1,888	0,061	4,952	153,497
Settembre	2,186	1,517	0,045	3,748	112,446
Ottobre	1,858	0,945	0,032	2,834	87,862
Novembre	0,974	0,749	0,018	1,742	52,251
Dicembre	0,9	0,53	0,014	1,444	44,76

STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 25°, fissati in modo complanare al piano di copertura, tutti la medesima esposizione.

Gli ancoraggi della struttura sono praticati avendo cura di ripristinare la tenuta stagna della copertura, e dimensionati per resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 150 km/h.

GENERATORE

Il generatore sarà composto da n° 24 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	24
Numero inverter:	1
Potenza nominale:	10 kW
Potenza di picco:	10,08 kWp
Performance ratio:	85,1 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	VISSMANN WERKE
Serie / Sigla:	Vitovolt 300 M-WM M420 WM
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	420 Wp
Rendimento:	21,1 %
Tensione nominale:	34,5 V
Tensione a vuoto:	41,6 V
Corrente nominale:	12,2 A
Corrente di corto circuito:	12,9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1096 mm x 1812 mm
Peso:	20,8 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.

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 0-21 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 0-21 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
Serie / Sigla:	Sunny TriPower STP10.0-3AV-40
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	10 kW
Potenza massima:	10,2 kW
Potenza massima per inseguitore:	6,4 kW, 3,8 kW
Tensione nominale:	580 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	320 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	32 A
Corrente massima:	32 A
Corrente massima per inseguitore:	20 A, 12 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	10	14
Stringhe in parallelo:	1	1
Esposizioni:	Esposizione 1	Esposizione 2
Tensione di MPP (STC):	345 V	483 V
Numero di moduli:	10	14

DIMENSIONAMENTO

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 420 \text{ Wp} * 24 = 10,08 \text{ kWp}$$

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

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	10	1.404,47	5.898,76
Esposizione 2	14	1.300,81	7.648,74

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 11163,7 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

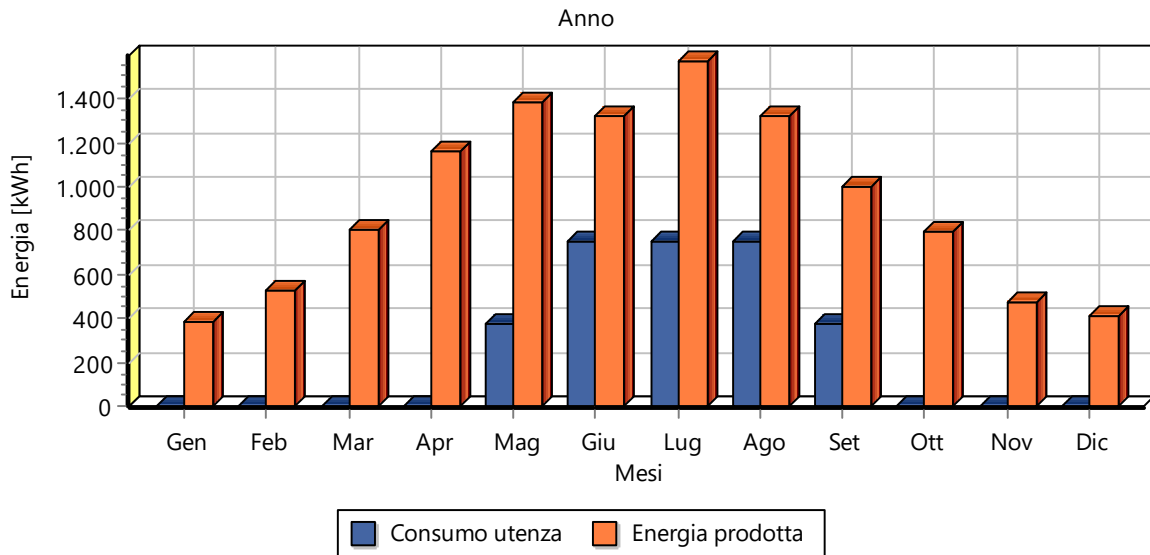
Perdite per ombreggiamento:	1,7 %
Perdite per aumento di temperatura:	2,8 %
Perdite di mismatching:	3,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	5,0 %
Perdite totali:	17,6 %

CONSUMO UTENZA

Consumo annuo utenza:	3.000 kWh
Consumo medio giornaliero:	8,2 kWh

PROFILO DI CARICO

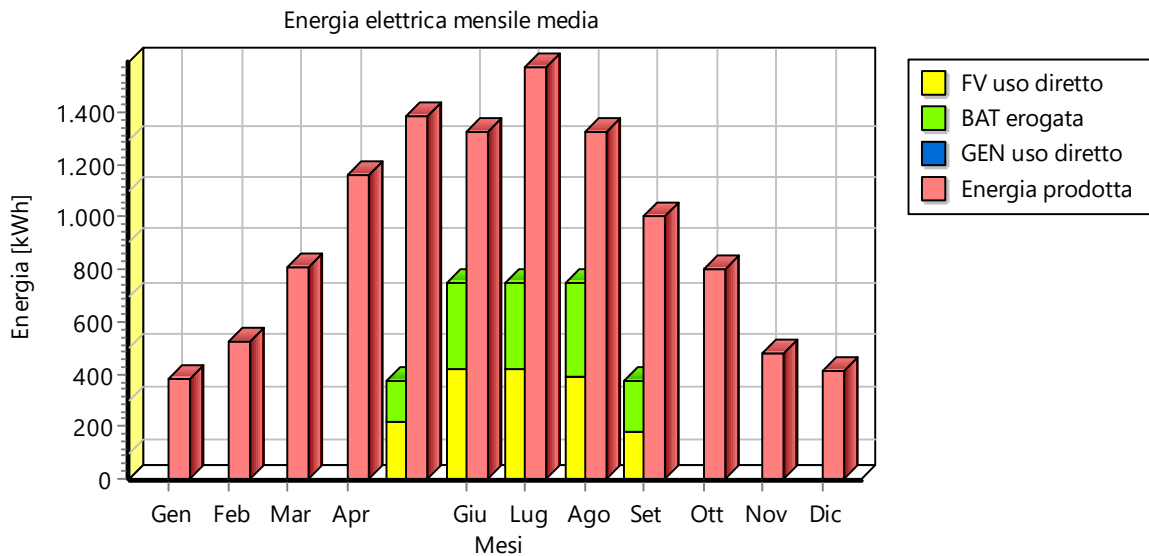
Descrizione	Consumo [kWh]	Potenza [W]
Gennaio	0	0
Febbraio	0	0
Marzo	0	0
Aprile	0	0
Maggio	375	0
Giugno	750	0
Luglio	750	0
Agosto	750	0
Settembre	375	0
Ottobre	0	0
Novembre	0	0
Dicembre	0	0



SIMULAZIONE ENERGETICA

Simulazione energetica dei consumi ed utilizzo delle risorse d'impianto:

Carica iniziale della batteria		90 %
Minimo stato di carica batteria (SOC)		10 %
Tempo senza energia elettrica		0 %
Consumi non coperti	0 kWh	0 %
Energia fotovoltaica totale prodotta	11.163,7 kWh	
Energia fotovoltaica inutilizzata	7.375,9 kWh	66,1 %
Energia fotovoltaica per ricarica batteria	2.086,7 kWh	18,7 %
Energia generatore ausiliario totale erogata	0 kWh	
Energia generatore ausiliario inutilizzata	0 kWh	0,0 %
Energia generatore ausiliario per ricarica batteria	0 kWh	0,0 %
Ore produzione energia generatore ausiliario	0 h	
Energia fotovoltaica direttamente utilizzata	1.616,1 kWh	53,9 %
Energia erogata dalla batteria	1.383,9 kWh	46,1 %
Energia generatore ausiliario direttamente utilizzata	0 kWh	0,0 %



QUADRI ELETTRICI

Per la protezione dei componenti sul lato c.c. e sul lato c.a. sono stati previsti:

- un quadro di campo e manovra **lato corrente continua**, installato a monte del convertitore, per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal relativo generatore;
- un quadro di interfaccia generatori **lato corrente alternata** per la protezione dei componenti e delle linee in uscita dal gruppo di conversione per il parallelo con il gruppo elettrogeno ed il parallelo con le utenze passive.

I quadri verranno realizzati e provati secondo le norme CEI 17-13/1 o CEI 23/51 e saranno accompagnati dalla relativa dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore del quadro.

I quadri saranno protetti con grado di protezione adatto all'ambiente d'installazione e protetti dall'eventuale caduta di liquidi od oggetti dall'alto.

Per la misurazione dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico, in conformità alla Delibera AEEG n. 88/07, sarà prevista l'installazione, a cura del Gestore della Rete elettrica, di un misuratore dell'energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico immediatamente a valle del gruppo di conversione.

Tale sistema di misura sarà posizionato in un locale all'interno della proprietà del cliente, in prossimità del convertitore in modo che la connessione tra l'apparato ed il sistema di misura sia facilmente controllabile mediante esame a vista.

CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

I cablaggi ed i collegamenti elettrici sono dimensionati ed impiegati in conformità alle Norme CEI in vigore ed al Regolamento Prodotti per Costruzione (UE305/2011).

In dipendenza delle condizioni di posa sono previsti:

- cavi unipolari con conduttori flessibili in rame stagnato con doppio isolamento XLPE+HFFR TPU del tipo H1Z2Z2-K (PV3 1.500 Vcc) Euroclasse E_{ca} per posa all'esterno ed all'interno di tubazioni o canali;
- cavi elettrici uni-multipolari tipo FG16(O)-R16 0,6/1 kV Euroclasse C_{ca}-s3, d1, a3, isolati in gomma con guaina esterna in PVC, conformi alle norme CEI 20-13, CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2, per posa all'esterno, in tubazioni nel terreno e all'interno in canalette, passerelle su murature e strutture metalliche;
- cavi con isolamento in PVC senza guaina tipo FS17 450/750V Euroclasse C_{ca}-Ss3, d1, a3, per i cablaggi interni ai quadri, all'interno di condutture sottotraccia, ecc.;

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722 e 00712.

Tutti i conduttori sono in rame e contraddistinti dai colori prescritti dalle tabelle CEI-UNEL 00722; in particolare il neutro "blu chiaro" e quello di protezione "giallo-verde".

I conduttori impiegati per i circuiti in c.c. saranno opportunamente identificati con indicazione del positivo con "+" o colore "rosso" e del negativo con "-" o colore "nero".

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., marchiatura CE, accompagnati dalla relativa "Dichiarazione di Prestazione" (DoP).

IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Il campo fotovoltaico sarà gestito con neutro a terra, ovvero connesso a terra tramite il centro stella del gruppo elettrogeno. Un eventuale guasto a terra su una massa lato c.c., determinerà l'intervento dell'interruttore automatico eventualmente differenziale di tipo A installato sul lato a.c..

Verrà realizzato un collettore Generale di terra ubicato in prossimità del nuovo Quadro Interfaccia Generatori, collegato al dispersore di terra esistente previa verifica della resistenza di terra dello stesso.

Il conduttore di protezione sarà collegato a tutte le prese a spina e/o alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere.

Le strutture di sostegno verranno collegate all'impianto di dispersione a terra.

PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

L'installazione del generatore fotovoltaico non altera le caratteristiche geometriche né la natura dell'edificio in analisi, non si è quindi provveduto alla valutazione del rischio relativo al fulmine poiché tale analisi ed i relativi provvedimenti saranno individuati nell'ambito della valutazione dei rischi da parte del datore di lavoro, non oggetto del presente incarico professionale.

In ogni caso, il rischio è stato comunque ridotto grazie all'impiego di un impianto integrativo (LPS interno) costituito da limitatori di sovratensione (SPD) sulle linee provenienti dal generatore fotovoltaico e sui componenti a.c. in uscita dai gruppi di conversione.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

La protezione contro i cortocircuiti sul lato in corrente continua sarà assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici, che limita la corrente di cortocircuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale e sicuramente inferiori alla portata I_z dei cavi.

La protezione contro i cortocircuiti sul lato in corrente alternata, in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 Cap. 434, sarà realizzata con interruttori automatici in grado di interrompere le correnti di cortocircuito che possono verificarsi nell'impianto in modo tale da garantire che nei conduttori protetti non si raggiungano temperature pericolose, secondo la relazione:

$$(I^2 \times t) \leq K^2 \times S^2$$

La protezione contro il sovraccarico sarà effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 Cap. 433.

In particolare i conduttori saranno scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente).

Gli interruttori automatici magnetotermici installati a protezione delle linee avranno una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente di funzionamento (I_f) minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z).

In tutti i casi saranno soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad I_f \leq 1,45 I_z$$

dove: I_b = corrente di impiego del circuito

I_n = corrente nominale dell'apparecchio di protezione

I_z = portata in regime permanente della conduttura.

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il criterio di calcolo adottato per la caduta di tensione percentuale sulle linee sarà il seguente:

$$\Delta V\% = K I L (R \cos\phi + X \sin\phi) 100 / V_n$$

dove: $K = 2$ nei sistemi monofase e circuiti c.c. / $1,73$ nei sistemi trifase

I = corrente di impiego del conduttore

L = lunghezza della conduttura (m)

R = resistenza del conduttore alla temperatura di 80°C (mOhm)

X = reattanza alla frequenza di 50 Hz (mOhm/m)

$\cos\phi$ = fattore di potenza

V_n = tensione nominale del sistema

I valori della resistenza e della reattanza specifica dei cavi unificati sono desunti dalle tabelle UNEL 35023 – Terza Edizione (2009) – Fascicolo 9737.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti diretti verrà attuata come segue:

- protezione mediante isolamento di parti attive: le parti attive risultano completamente ricoperte con isolamento che ne impedisca il contatto e possa essere rimosso solo mediante distruzione, in grado di resistere agli sforzi meccanici, termici ed elettrici cui può essere soggetto nell'esercizio;
- protezione totale mediante involucri o barriere: le parti attive sono racchiuse entro involucri o dietro barriere che assicurano almeno il grado di protezione minimo IP XXB o IP XXD nel caso di superfici superiori di involucri o barriere orizzontali se a portata di mano e comunque adatto all'ambiente di installazione;
- protezione addizionale mediante interruttori differenziali: l'impiego di interruttori differenziali sul lato c.a., con corrente differenziale nominale non superiore a 30 mA, è riconosciuto come protezione addizionale contro i contatti diretti.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti (lato c.a.) verrà realizzata mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, come previsto per i sistemi TN, che consiste nella protezione tramite interruttore differenziale coordinato con l'impianto di messa a terra secondo la formula:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

dove:

Z_s = impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a = corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo

definito dalla Tabella 41a (CEI 64-8) in funzione della tensione nominale U_0 ;
 U_0 = tensione nominale in c.a. come valore efficace tra fase e neutro.

La protezione contro i contatti indiretti si attua mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione:

- a) il sistema di protezione deve intervenire quando sulle masse si verificano tensioni di contatto pericolose per le persone;
- b) le tensioni di contatto devono essere eliminate in tempi sufficientemente brevi (stabiliti in base alla curva di sicurezza) per la protezione del corpo umano;

Devono essere protetti contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Il coordinamento $Z_s \times I_s \leq U_0$ è determinato dal valore d'intervento degli interruttori automatici nei tempi indicati di 5 sec. per le linee principali di distribuzione e per i circuiti terminali se protetti da dispositivi di sovracorrente con corrente nominale o regolata superiore a 32A, 0,4 secondi per le linee terminali protetti da dispositivi di sovracorrente con corrente nominale inferiore o uguale a 32A.

Ove non prevista la protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, la protezione contro i contatti indiretti è stata realizzata mediante l'impiego di componenti di classe 2 o con isolamento equivalente.

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 in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70,00 °C (294,5 V) inferiore a $V_{mpp \text{ min.}}$ (150,0 V) [MPPT 1]

Tensione massima V_n a -10,00 °C (538,0 V) inferiore a $V_{mpp \text{ max.}}$ (800,0 V)

Tensione a vuoto V_0 a -10,00 °C (637,4 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto V_0 a -10,00 °C (637,4 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (12,9 A) inferiore alla corrente max. inverter (30,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (153,7%) non compreso tra 80,0% e il 120,0% [MPPT 2]

RIFERIMENTI NORMATIVI

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

1) Moduli fotovoltaici

- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo.
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo.
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove.
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie.
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove.
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici.
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.
- EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters.

3) Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
-

4) Impianti elettrici e fotovoltaici

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.
- EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.
- 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 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 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.
- 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 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparatrici per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparatrici per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparatrici per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparatrici 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 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie.
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata.
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie.
- 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 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

- 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 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

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;
- ❑ 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.