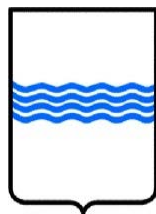


REGIONE BASILICATA



COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA



IMPIANTO AGRO - FOTOVOLTAICO

PROGETTO REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE
DI CONNESSIONE IN AGRO DI GENZANO DI LUCANIA - PZ

LOCALITA' FORMISIELLO

POTENZA NOMINALE 20 MW

Relazione Tecnica Impianto Fotovoltaico

COMMITTENTE

ANT SOLAR SRLS

VIA CERVELLINO N° 5

85015 OPPIDO LUCANO - PZ

P.IVA 02114030766

N° ALLEGATO
A5



Il Tecnico
Ing Francesco Dinota

DATA: APRILE 2021

Rev n° 1

Sommario

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO | 4 |
| 2 | NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 | DIMENSIONAMENTO IMPIANTO | 6 |
| 3.1 | SITO DI INSTALLAZIONE | 6 |
| 3.2 | DATI DI IRRAGGIAMENTO SOLARE E PREVISIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA | 7 |
| 4 | CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI..... | 10 |
| 5 | REQUISITI TECNICI MINIMI DEI COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI..... | 11 |
| 6 | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO: DIMENSIONI E CARATTERISTICHE | 12 |
| 7 | OPERE CIVILI IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 12 |
| 7.1 | STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI..... | 12 |
| 7.2 | CABINE ELETTRICHE | 12 |
| 7.3 | ALTRI LOCALI ACCESSORI..... | 12 |
| 7.4 | IMPIANTO GENERALE DI TERRA | 12 |
| 7.5 | RECINZIONE E CANCELLO | 12 |
| 7.6 | VIABILITÀ INTERNA E PIAZZALI..... | 12 |
| 7.7 | PREDISPOSIZIONI PER LA POSA IN OPERA DELLE CABINE ELETTRICHE | 12 |
| 7.8 | OPERE DI COMPLETAMENTO | 12 |
| 8 | OPERE IMPIANTISTICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 13 |
| 8.1 | DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA | 14 |
| 8.2 | DESCRIZIONE DEI COMPONENTI | 14 |
| 8.2.1 | MODULI FOTOVOLTAICI | 15 |
| 8.2.2 | QUADRI DI PARALLELO..... | 16 |
| 8.2.3 | CONVERTITORI DI POTENZA..... | 17 |
| 8.2.4 | TRASFORMATORE..... | 23 |
| 8.2.5 | STRUTTURE DI SUPPORTO..... | 24 |
| 8.2.6 | QUADRI MT..... | 20 |
| 9 | CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE | 20 |
| 9.1 | DEFINIZIONI | 20 |
| 9.2 | SIMBOLI E ABBREVIAZIONI..... | 21 |
| 9.3 | VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE | 22 |
| 9.3.1 | METODO DI VALUTAZIONE | 24 |

| | | |
|-------|---|----|
| 9.3.2 | COMPONENTI DI RISCHIO | 24 |
| 9.4 | DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI VITE UMANE (R1) | 25 |
| 9.5 | DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI SERVIZIO PUBBLICO (R2) | 25 |
| 9.6 | DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI PATRIMONIO CULTURALE INSOSTITUIBILE (R3) | 35 |
| 9.7 | DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA ECONOMICA (R4)..... | 25 |
| 9.8 | STRUTTURA IN ESAME | 26 |
| 9.9 | SCELTA SPD | 29 |

1 DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

L'impianto fotovoltaico "Ant Solar srls" verrà realizzato a terra, nel territorio del Comune di Genzano di Lucania (PZ) in località "FORMISIELLO", verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale della Stazione Elettrica della RTN denominata "Cacciapaglia".

I terreni su cui è progettato l'impianto ricadono nella porzione Est del territorio comunale di Genzano di Lucania, a circa 3,8 km direzione est del centro abitato, in una zona occupata da terreni agricoli.

L'estensione complessiva dell'impianto sarà pari a circa 24,36 ettari e la potenza complessiva dell'impianto sarà pari a 19.989 MW.

Il parco fotovoltaico sarà composto da sottocampi interconnessi tra loro, che saranno realizzati seguendo la naturale orografia del sito di progetto .

Dalla Cabina di Impianto parte il cavidotto interrato MT della lunghezza di circa 6,6 km e alla tensione di 20kV per il collegamento alla sezione a 20kV della stazione di utenza.

La stazione di utenza verrà realizzata in prossimità della stazione di rete di "Cacciapaglia" su un'area di circa 1400 m² individuata catastalmente al foglio 17 particella 328-329 del Comune di Genzano di Lucania.

Nel presente documento vengono descritte le attività ed i processi che saranno posti in essere sul sito, le caratteristiche prestazionali dell'impianto nel suo complesso e nelle sue componenti elementari, la sua producibilità annua e le modalità impiantistiche con cui si intende effettuare il collegamento con la RTN.

2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

Legge 186/68. Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici;

D. Lgs 37/08. Norme per la sicurezza degli impianti;

D.lgs. 81/08 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;

DM 16 gennaio 1996. Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi;

Circolare 4 luglio 1996. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";

CEI 0-2. Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

CEI 0-3 Guida per la compilazione della documentazione per la Legge 46/90 – CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese di energia elettrica.

CEI 20-19 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20 Cavi isolati con PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1550 V in corrente continua;

CEI 81-10/1: Protezione contro i fulmini. Principi generali;

CEI 81-10/2: Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio;

CEI 81-10/3: Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;

CEI 81-10/4: Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle CEI EN 60099-1-2 Scaricatori;

CEI EN 60439-1-2-3 Apparecchiature assiegate di protezione e manovra per bassa pressione;

CEI EN 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfa numerico;

CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in Si cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

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 60904-1 Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

CEI EN 60904-2 Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

CEI EN 60904-3 Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

CEI EN 61727 Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;

CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61000-3-2 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 Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439-1-2-3 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;

CEI EN 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

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;

UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici: Dati climatici;

CEI EN 61724 Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.

3 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

3.1 SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato a terra, nel territorio del Comune di Genzano di Lucania (PZ) in località "Formisiello".

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un quadrilatero individuato, nel sistema di riferimento WGS84. Si riportano nella tabella di seguito le coordinate dei vertici nel sistema di coordinate di cui sopra:

| Vertice | Nord (DD) | Est (DD) | Altitudine (m) |
|---------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 40°50'31.67"N | 16° 4'50.12"E | 401 |
| 2 | 40°50'32.41"N | 16° 5'48.47"E | 363 |
| 3 | 40°50'19.39"N | 16° 5'50.08"E | 353 |
| 4 | 40°50'16.86"N | 16° 4'56.55"E | 390 |

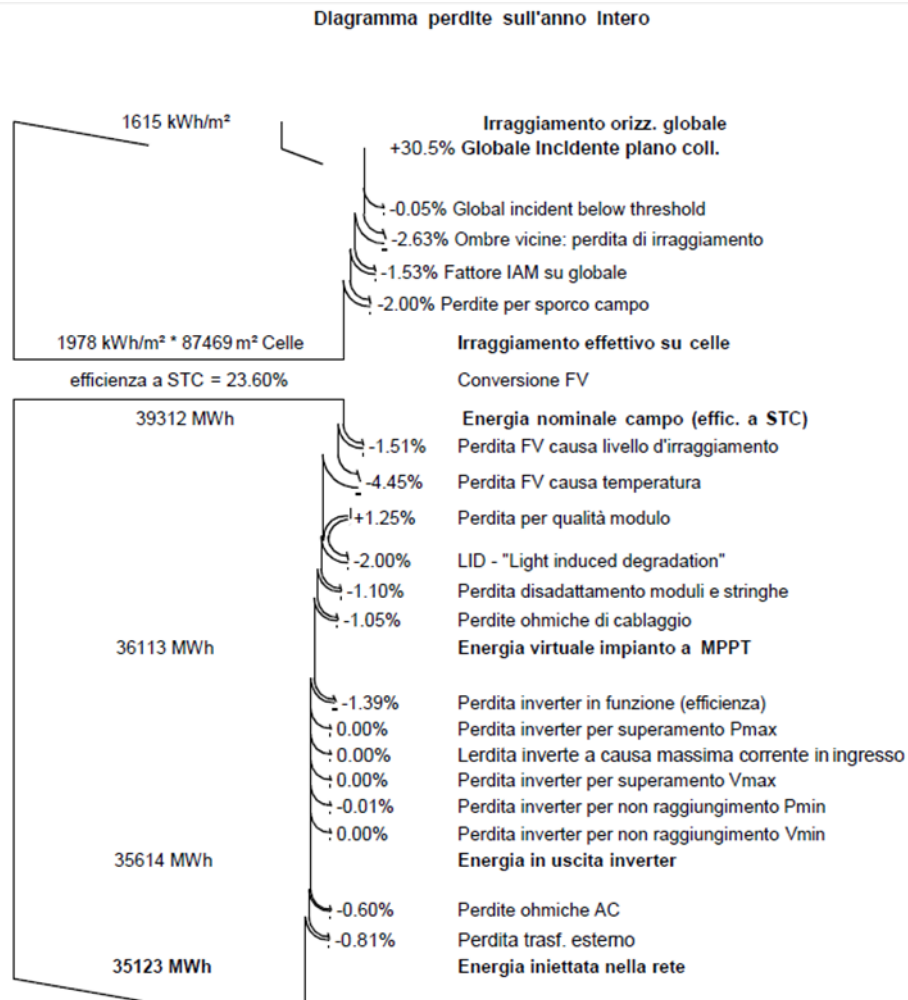


3.2 DATI DI IRRAGGIAMENTO SOLARE E PREVISIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA

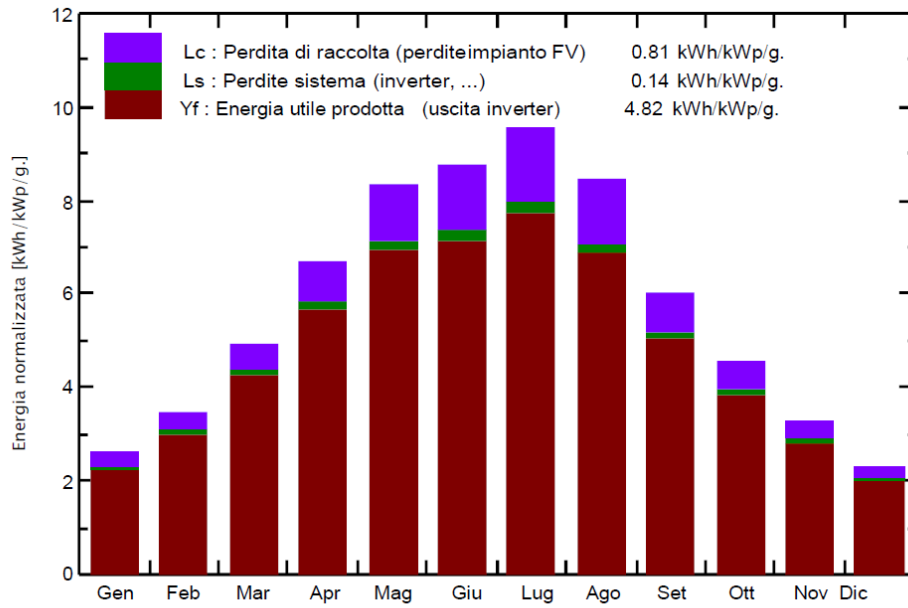
Come detto in precedenza il sito in esame si trova:

Latitudine 40°50'17,50" N e Longitudine 16°09'12,50" E

Per i dati di producibilità si sono ipotizzate le perdite del sistema come da grafico seguente:

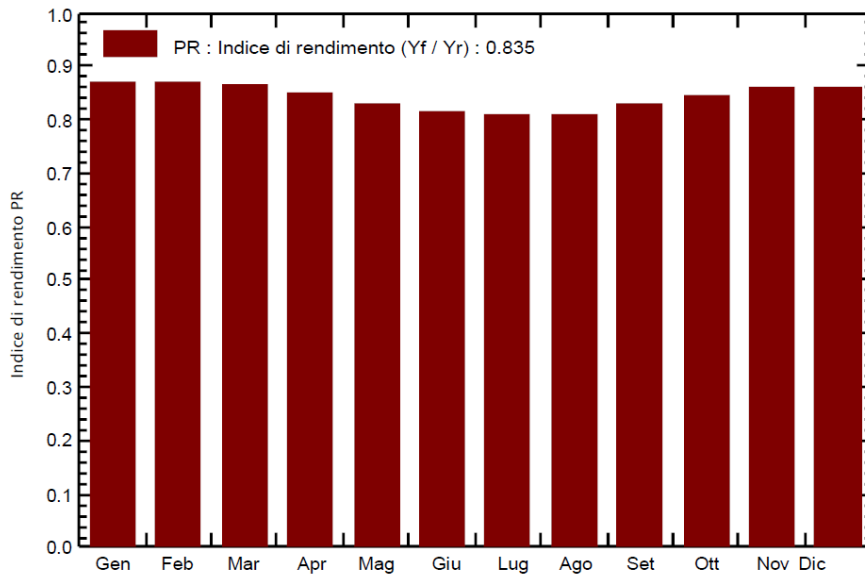


Impostando la potenza d'impianto pari a **19989 kWp** si arriva ad una produzione annuale pari a **35123 MWh/anno** pari ad una produzione specifica stimata di 1.759 kWh/kWp annue. Di seguito alcuni grafici riepilogativi di quanto sopra esposto, il primo mostra l'irraggiamento mensile nel piano del sistema FV, mentre il secondo mostra l'energia elettrica (stimata) che si può aspettare ogni mese da un sistema fotovoltaico (della potenza di 1 kWp) con i parametri scelti. L'applicativo mostra anche il profilo dell'orizzonte a giugno e a dicembre per il sito di progetto in modo da valutare le perdite di producibilità dovute a dovuti ad eventuali ombreggiamenti.



Produzione normalizzata (per KW installato): Potenza nominale 19989 kWp

Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

| | GlobHor kWh/m ² | DiffHor kWh/m ² | T_Amb °C | GlobInc kWh/m ² | GlobEff kWh/m ² | EArray MWh | E_Grid MWh | PR |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Gennaio | 61.0 | 25.58 | 6.29 | 81.7 | 75.7 | 1530 | 1489 | 0.871 |
| Febbraio | 73.8 | 34.99 | 6.31 | 97.0 | 90.2 | 1818 | 1770 | 0.872 |
| Marzo | 120.4 | 48.80 | 9.21 | 154.0 | 144.5 | 2862 | 2782 | 0.864 |
| Aprile | 156.9 | 63.93 | 12.17 | 200.2 | 188.2 | 3668 | 3565 | 0.852 |
| Maggio | 200.0 | 70.44 | 17.53 | 259.1 | 244.5 | 4630 | 4496 | 0.830 |
| Giugno | 204.7 | 74.84 | 21.71 | 261.9 | 247.1 | 4608 | 4476 | 0.817 |
| Luglio | 226.8 | 71.31 | 24.87 | 296.6 | 280.6 | 5165 | 5017 | 0.809 |
| Agosto | 197.9 | 64.25 | 24.43 | 261.6 | 247.0 | 4571 | 4440 | 0.812 |
| Settembre | 141.2 | 60.28 | 19.05 | 181.7 | 170.2 | 3247 | 3160 | 0.832 |
| Ottobre | 106.2 | 42.81 | 15.75 | 141.3 | 132.1 | 2563 | 2496 | 0.845 |
| Novembre | 72.0 | 27.76 | 11.04 | 99.0 | 92.0 | 1828 | 1782 | 0.860 |
| Dicembre | 53.6 | 24.57 | 7.73 | 72.2 | 66.4 | 1336 | 1300 | 0.861 |
| Anno | 1614.6 | 609.56 | 14.73 | 2106.4 | 1978.4 | 37827 | 35343 | 0.835 |

Legenda: GlobHor
Irraggiamento orizz. globale
DiffHor
Irraggiamento diffuso orizz.
T_Amb
Temperatura ambiente
GlobInc
Globale incidente piano coll.

GlobEff
Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
EArray
Energia effettiva in uscita campo
E_Grid
Energia iniettata nella rete
PR
Indice di rendimento

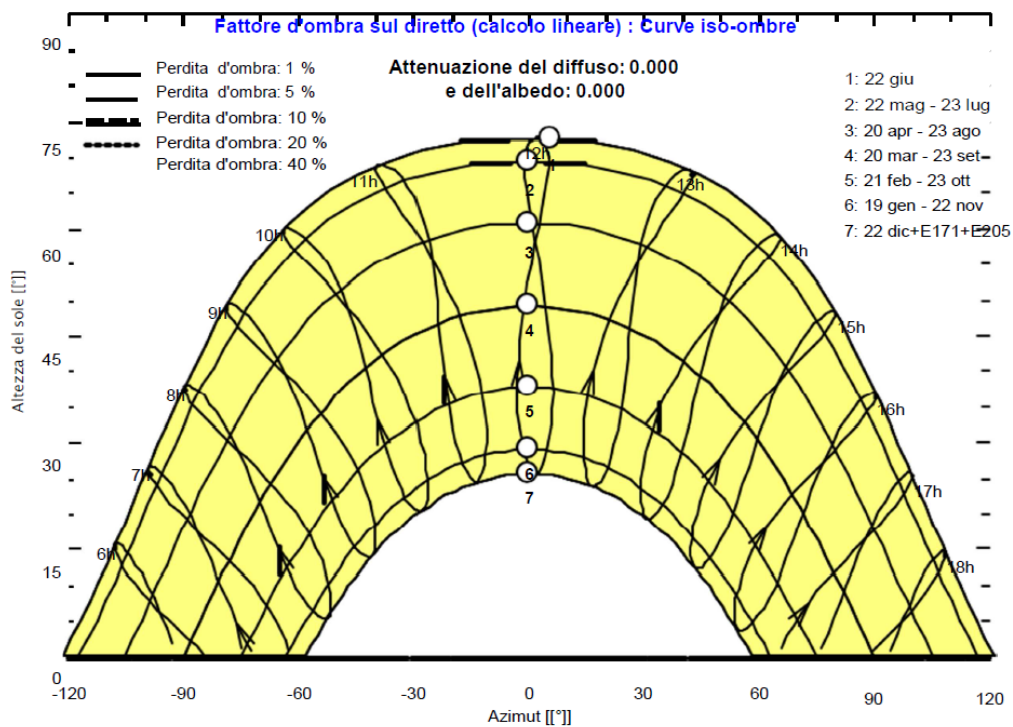


DIAGRAMMA ISO-OMBRE

4 CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico in progetto sono:

- Rispetto delle Leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- Conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- Ottimizzazione del rapporto costi/benefici ed impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- Riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete;

5 REQUISITI TECNICI MINIMI DEI COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato con componenti che assicurano l'osservanza delle due seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85 P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

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

(Tale condizione deve essere verificata per $PC > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata).

Dove:

P_{cc} = Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;

P_{nom} = Potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I = Irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

I_{stc} = $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

P_{ca} = Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$

Al fine del rispetto delle condizioni sopra descritte l'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato utilizzando moduli fotovoltaici ad elevate prestazioni e gruppi di conversione della corrente continua in alternata ad elevata efficienza.

Al termine dei lavori saranno effettuate tutte le verifiche tecnico-funzionali, in particolare:

- Esame a vista per accertare la rispondenza dell'opera e dei componenti alle prescrizioni tecniche e

- di installazione previste dal progetto definitivo;
- Verifica delle stringhe fotovoltaiche;
 - Misura dell'uniformità della tensione a vuoto;
 - Misura dell'uniformità della corrente di cortocircuito;
 - Misura della resistenza di isolamento dei circuiti tra le due polarità lato Corrente continua e terra e lato alternata tra conduttori e terra;
 - Verifica del grado di protezione dei componenti installati;
 - Verifica della continuità elettrica del circuito di messa a terra e scaricatori;

 - Verifica e controllo tramite battitura dei cavi di collegamento del circuito elettrico di tutto il sistema;
 - Isolamento dei circuiti elettrici e delle masse;
 - Corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dai gruppi di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete).

6 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO: DIMENSIONI E CARATTERISTICHE

L'impianto fotovoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su un unico lotto di terreno, completamente nella disponibilità della committenza, attualmente a destinazione agricola e condotto a seminativo, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 520 Wp.

I pannelli fotovoltaici saranno montati su strutture a inseguimento solare monoassiale est-ovest che consentiranno l'orientamento dei moduli fotovoltaici secondo le indicazioni progettuali. Le strutture di supporto moduli, chiamate "tracker", realizzati con profilo in acciaio zincato che saranno infissi nel terreno.

I particolari della struttura sono riportati nelle tavole di progetto **B9_ Particolari pannelli e strutture**.

Il progetto prevede la posa in opera di **1240 tracker** che saranno dimensionati per alloggiare ciascuno 26 moduli fotovoltaici per un totale di **32240** moduli fotovoltaici da installare e quindi una potenza complessiva di **19,989 MWp**. L'impianto sarà corredato di:

Le cabine di campo MT saranno fornite da SUNGROW POWER (cabina di Trasformazione e Protezione + cabina di parallelo Inverter)

La cabina di impianto MT sarà costituita da due moduli prefabbricati e all'interno verranno alloggiati gli arredi di cabina quali interruttori, quadri, cavedi, ecc.

La sottostazione di utenza per la trasformazione MT/AT occuperà un'area fuori dal perimetro dell'impianto e nelle immediate vicinanze della SE di trasformazione "Cacciapaglia" di Terna.

Il cavidotto a 20 KV esterno per il collegamento tra la cabina di impianto e la SE di utenza avrà lunghezza pari a 6,6 km.

7 OPERE CIVILI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

7.1 STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

La struttura di sostegno per i 32240 moduli FV permetterà la loro ottimale esposizione est -ovest .

Si vedano Elaborati Progettuali dei Tracker

7.2 CABINE ELETTRICHE

Per il progetto de quo si prevedono tre tipologie di cabine, le cabine di campo BT/MT, la cabina di Impianto MT e la cabina di consegna MT/AT.

Si prevede la realizzazione di 8 cabine di campo e una cabina di consegna .

Oltre alle cabine elettriche, sono previsti due control room come riportato in paragrafo precedente. La gestione e lo svuotamento dei serbatoi di scarico sarà affidata ad apposita ditta operante nel settore.

7.3 IMPIANTO GENERALE DI TERRA

Il sito verrà provvisto di un impianto generale di terra di protezione costituito da un sistema di dispersori a corda nude in rame direttamente interrata interconnessa con un collettore generale di terra dal quale poi mediante collegamento con conduttore di terra in rame di colore giallo-verde posato all'interno di un tubo in PVC verranno collegate le varie utenze.

7.4 RECINZIONE E CANCELLO

Lungo tutto il perimetro del campo sarà realizzata una recinzione che si interromperà solo in corrispondenza della cabina di consegna e dei cancelli di accesso. In particolar modo, perimetralmente a tutto l'impianto sarà installata una recinzione in rete elettrosaldata, zincata con altezza complessiva di 2,5 m. Per la recinzione si utilizzeranno dei montanti metallici di altezza da terra pari a circa 2.5 m ancorati al suolo mediante infissione con macchina battipalo, dello stesso tipo delle strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici, limitando al minimo i getti di fondazione. Si prevede la realizzazione di due accessi carrabili al sito, uno per ogni sottocampo, realizzati con cancelli metallici che avranno dimensioni pari a circa 500 x 230 cm cadauno e saranno realizzati con montanti scatolari in acciaio zincato, con interposti dei pannelli in grigliato del tipo. Lungo la recinzione ogni 50 metri saranno previsti pali di altezza pari ad $h = 5$ m, attrezzati con telecamere. I due cancelli di accesso avranno rispettivamente ubicazione:

7.5 VIABILITÀ INTERNA E PIAZZALI

In corrispondenza delle cabine di campo saranno realizzati dei piazzali a servizio delle stesse, sagomati secondo le pendenze di progetto e di dimensioni idonee a garantire la manovra degli automezzi di servizio.

La viabilità interna e i piazzali saranno realizzati nella modalità a seguito:

- Scavo di sbancamento della profondità di 80 cm;
- Posa di geotessuto posto in opera sopra il terreno precedentemente modellato e compattato;
- Posa di misto di cava con pezzatura grossa di spessore medio 30 cm;
- Posa di materiale di cava stabilizzato con pezzatura fine di spessore medio 20 cm.

Non si rendono necessarie opere di drenaggio delle acque superficiali in quanto non sono previste aree impermeabilizzate.

7.6 PREDISPOSIZIONI PER LA POSA IN OPERA DELLE CABINE ELETTRICHE

Le cabine elettriche sia di campo che di consegna e sezionamento saranno realizzate assemblando dei monoblocchi containerizzati (campo) o prefabbricati (consegna e sezionamento) in stabilimento completi di fondazioni del tipo a vasca, anch'esse prefabbricate.

Pertanto, le lavorazioni necessarie per montaggio di entrambi i tipi di cabina saranno le seguenti:

- Scavo e costipazione del terreno fino ad una profondità di circa 30 cm rispetto alla quota finita;
- Getto di una soletta di sottofondazione in cls armato con rete elettrosaldata spianata e lisciata in modo da garantire una base in piano idonea al montaggio dei monoblocchi;
- Rinterro lungo il perimetro con il terreno di matrice ghiaiosa e sabbio-ghiaiosa proveniente dagli sbancamenti.

7.7 OPERE DI COMPLETAMENTO

Tali opere riguardano una serie di lavorazioni da eseguirsi dopo la modellazione del terreno e consistono essenzialmente in:

- Scavi a sezione obbligata per la posa in opera di corda di rame nudo, pozzetti e tubi passacavi secondo le quantità, diametri e dimensioni previsti in progetto, posa in opera dei suddetti elementi e successivo rinterro con terra vagliata;
- Come sopra ma senza scavo a sezione obbligata in quei tratti che fiancheggiano le cabine e la recinzione;

8.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI

8.3 Moduli Fotovoltaici

JW-HD156N Series | N-type Bifacial High Efficiency Mono Silicon Half-Cell Double Glass Module

Electrical Properties | STC*

| Testing Condition | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Peak Power (Pmax) (W) | 595 | 600 | 605 | 610 | 615 | 620 |
| MPP Voltage (Vmp) (V) | 45.3 | 45.5 | 45.7 | 45.9 | 46.1 | 46.2 |
| MPP Current (Imp) (A) | 13.14 | 13.19 | 13.24 | 13.29 | 13.35 | 13.42 |
| Open Circuit Voltage (Voc) (V) | 54.3 | 54.5 | 54.7 | 54.9 | 55.1 | 55.2 |
| Short Circuit Current (Isc) (A) | 13.86 | 13.92 | 13.98 | 14.04 | 14.10 | 14.17 |
| Module Efficiency (%) | 21.29 | 21.46 | 21.64 | 21.82 | 22.00 | 22.18 |

*STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, AM1.5
The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing

Electrical Properties | NOCT*

| Testing Condition | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side | Front Side |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Peak Power (Pmax) (W) | 450 | 454 | 458 | 461 | 465 | 469 |
| MPP Voltage (Vmp) (V) | 42.5 | 42.7 | 42.9 | 43.1 | 43.2 | 43.3 |
| MPP Current (Imp) (A) | 10.59 | 10.63 | 10.67 | 10.72 | 10.76 | 10.82 |
| Open Circuit Voltage (Voc) (V) | 51.9 | 52.1 | 52.3 | 52.5 | 52.7 | 52.8 |
| Short Circuit Current (Isc) (A) | 11.17 | 11.22 | 11.27 | 11.32 | 11.37 | 11.42 |

*NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Operating Properties

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Operating Temperature (°C) | -40°C~+85°C |
| Maximum System Voltage (V) | 1500V (IEC) |
| Maximum Series Fuse Rating(A) | 25 |
| Power Tolerance | 0~+5W |
| Bifaciality* | 80% |

*Bifaciality=(Pmaxrear (STC) /Pmaxfront (STC) , Bifaciality tolerance:±5%

Temperature Coefficient

| | |
|---|------------|
| Temperature Coefficient of Pmax* | -0.320%/°C |
| Temperature Coefficient of Voc | -0.260%/°C |
| Temperature Coefficient of Isc | +0.046%/°C |
| Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) | 42±2°C |

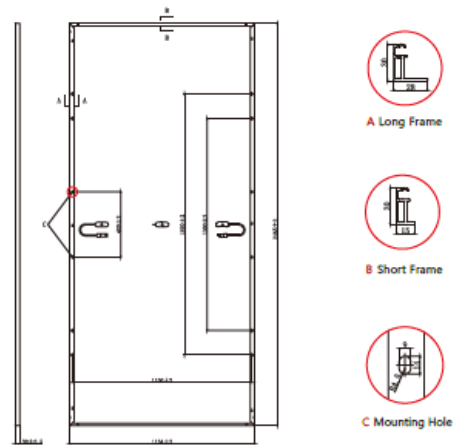
*Temperature Coefficient of Pmax:0.03%/°C

Mechanical Properties

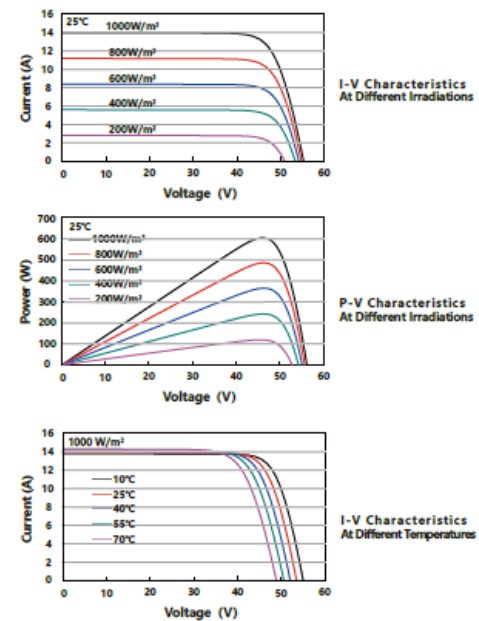
| | |
|--------------------|----------------------------|
| Cell Type | 182.00mm*91.00mm |
| Number of Cells | 156pcs(12*13) |
| Dimension | 2465mm*1134mm*30mm |
| Weight | 34.5kg |
| Front /Rear Glass* | 2.0mm/2.0mm |
| Frame | Anodized Aluminium |
| Junction Box | IP67 (3 diodes) |
| Length of Cable* | 4.0mm ² , 300mm |
| Connector | MC4 Compatible |

*Heat strengthened glass
*Cable length can be customized

Engineering Drawing (unit: mm)



Characteristic Curves | HD156N-605



4.1.1. Convertitori di potenza

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n° 78 convertitori statici SUNGROW. I principali dati tecnici relativi all'inverter sono riportati in figura di seguito.

SG250HX New

Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System

SUNGROW
Clean power for all



SG250HX

| Type designation | SG250HX |
|---|---|
| Input (DC) | |
| Max. PV input voltage | 1500 V |
| Min. PV input voltage / Startup input voltage | 600 V / 600 V |
| Nominal PV input voltage | 1160 V |
| MPP voltage range | 600 V – 1500 V |
| MPP voltage range for nominal power | 860 V – 1300 V |
| No. of independent MPP inputs | 12 |
| Max. number of input connectors per MPPT | 2 |
| Max. PV input current | 26 A * 12 |
| Max. current for input connector | 30 A |
| Max. DC short-circuit current | 50 A * 12 |
| Output (AC) | |
| AC output power | 250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C |
| Max. AC output current | 180.5 A |
| Nominal AC voltage | 3 / PE, 800 V |
| AC voltage range | 680 – 880V |
| Nominal grid frequency / Grid frequency range | 50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz |
| THD | < 3 % (at nominal power) |
| DC current injection | < 0.5 % I _n |
| Power factor at nominal power / Adjustable power factor | > 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging |
| Feed-in phases / connection phases | 3 / 3 |
| Efficiency | |
| Max. efficiency | 99.0 % |
| European efficiency | 98.8 % |

8.2.1 Trasformatore

Verranno installati n.8 trasformatori di elevazione BT/MT della potenza di 3.000 kVA. Tutti i trasformatori elevatori saranno a singolo secondario con tensione di 400V ed avranno una tensione al primario di 20kV e avranno le caratteristiche a seguito:

- Tipo resina
- frequenza nominale 50 Hz
- campo di regolazione tensione maggiore +/-2x2,5%
- livello di isolamento primario 1,1/3 V

- livello di isolamento secondario 24/50/95
- simbolo di collegamento Dyn 11
- collegamento primario stella+neutro
- collegamento secondario triangolo
- classe ambientale E2
- classe climatica C2
- comportamento al fuoco F1
- classe di isolamento primarie e secondarie F/F
- temperatura ambiente max. 40 °C
- sovratemperatura avvolgimenti primari e secondari 100/100 K
- installazione interna

- tipo raffreddamento aria naturale
- altitudine sul livello del mare $\leq 1000\text{m}$
- impedenza di corto circuito a 75°C 6%
- livello scariche parziali $\leq 10\text{ pC}$

8.2.2 Strutture di supporto

Saranno n° 1240 strutture in acciaio ad inseguimento solare (tracker) comandate da un azionamento lineare controllato da un programma astronomico per il supporto dei moduli ciascuna alloggiante 26 moduli fotovoltaici disposti in orizzontale su unica fila; ciascuna struttura ad inseguimento (tracker) costituisce una stringa elettrica collegata ad 1 MPPT dei 12 MPPT dell'inverter.

Si riportano di seguito foto di impianti simili in cui è stata già utilizzata la struttura di supporto di progetto.



Figura 5 – Sistema di azionamento monoassiale +/- 55° dei Tracker.

8.2.3 Quadri MT

Si prevede l'impiego di quadri MT di tipo protetto (METAL ENCLOSED), i quadri di progetto sono di tipo modulare in modo da formare quadri di distribuzione e trasformazione per quanto in progetto, la tensione nominale dei quadri MT sarà 20kV. Opportuni dispositivi di interblocco meccanico e blocchi a chiave fra gli apparecchi impediranno errate manovre, garantendo comunque la sicurezza per il personale. Gli scomparti verranno predisposti completi di bandella in piatto di rame interna ed esterna per il collegamento equipotenziale all'impianto di terra.

9 CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE

Nel presente capitolo si effettua la valutazione del rischio di fulminazione delle strutture facenti parti dell'impianto fotovoltaico in progetto. Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alla norma **CEI EN 62305-2** "Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio".

9.1 DEFINIZIONI

Fulmine su una struttura: Fulmine che colpisce una struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una struttura: Fulmine che colpisce tanto vicino ad una struttura da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Fulmine su una linea: Fulmine che colpisce una linea connessa alla struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una linea: Fulmine che colpisce tanto vicino ad una linea connessa alla struttura da proteggere, da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Danni ad esseri viventi: Danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine.

LEMP: Impulso elettromagnetico del fulmine, tutti gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo

LPL: Livello di protezione, numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura.

Misure di protezione: Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio.

LP: Protezione contro il fulmine, sistema completo usato per la protezione contro il fulmine delle strutture, dei loro impianti interni, del loro contenuto e delle persone, costituito in generale da un LPS e dalle SPM.

Z_s: Zona di una struttura, parte di una struttura con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

S_L: Sezione di una linea, parte di una linea con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un unico gruppo di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

LPS: Sistema di protezione contro il fulmine, impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

SPM: Misure di protezione contro il LEMP, misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP.

SPD: Limitatore di sovratensione, dispositivo che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive; contiene almeno un componente non lineare.

Sistema di SPD: Gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici.

9.2 SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

| | |
|-----------------------|--|
| A_D | Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata. |
| A_{DJ} | Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente. |
| A_I | Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea. |
| A_L | Area di raccolta dei fulmini su una linea. |
| A_M | Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura. |
| B | Struttura. |
| C_D | Coefficiente di posizione. |
| C_{DJ} | Coefficiente di posizione di una struttura adiacente. |
| C_E | Coefficiente ambientale. |
| C_I | Coefficiente di installazione di una linea. |
| C_L | Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione. |
| C_{LD} | Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa. |
| C_{LI} | Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa. |
| C_T | Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea. |
| D1 | Danno ad esseri viventi per elettrocuzione. |
| D2 | Danno materiale. |
| D3 | Guasto di impianti elettrici ed elettronici. |
| K_{S1} | Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura. |
| K_{S2} | Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura. |
| K_{S3} | Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura. |
| K_{S4} | Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno. |
| L_F | Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura. |
| L_O | Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura. |
| L_T | Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione. |
| L1 | Perdita di vite umane. |
| L2 | Perdita di servizio pubblico. |
| L3 | Perdita di patrimonio culturale insostituibile. |
| L4 | Perdita economica. |
| N_G | Densità di fulmini al suolo. |
| n_z | Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti). |
| n_t | Numero totale di persone (o utenti serviti). |
| P | Probabilità di danno. |
| P_A | Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura). |
| P_B | Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura). |
| P_C | Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura). |

| | |
|-----------|--|
| P_M | Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura). |
| P_U | Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa). |
| P_V | Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa). |
| P_W | Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa). |
| P_X | Probabilità di danno nella struttura. |
| P_Z | Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa). |
| P_{EB} | Probabilità che riduce P_U e P_V dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tensione di tenuta degli apparati in presenza di EB (equipotenzializzazione al fulmine). |
| P_{SPD} | Probabilità che riduce P_C , P_M , P_W e P_Z , quando sia installato un sistema di SPD. |
| P_{TA} | Probabilità che riduce P^A dipendente dalle misure di protezione contro le tensioni di contatto e di passo. |
| r_t | Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie. |
| r_f | Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio. |
| r_p | Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio. |
| R_T | Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere. |
| R_A | Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla struttura). |
| R_B | Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla struttura). |
| R_C | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. sulla struttura). |
| R_M | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità della struttura). |
| R_U | Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla linea connessa). |
| R_V | Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla linea connessa). |
| R_W | Componente di rischio (danno agli impianti – fulm. sulla linea connessa). |
| R_Z | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità di una linea). |
| $R1$ | Rischio di perdita di vite umane nella struttura. |
| $R2$ | Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura. |
| $R3$ | Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura. |
| $R4$ | Rischio di perdita economica in una struttura. |
| S | Struttura. |
| $S1$ | Sorgente di danno (fulm. sulla struttura). |
| $S2$ | Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura). |
| $S3$ | Sorgente di danno (fulm. sulla linea). |
| $S4$ | Sorgente di danno (fulm. in prossimità della linea). |
| t_z | Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno). |
| w_m | Lato di maglia. |

9.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE

La normativa CEI EN 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e, se necessario, individua le misure di protezione necessarie da realizzare per ridurre il rischio a valori non superiori a quello ritenuto tollerabile dalla norma.

Sorgente di rischio, S

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine.

- S1 Fulmine sulla struttura.
- S2 Fulmine in prossimità della struttura.
- S3 Fulmine su una linea.
- S4 Fulmine in prossimità di una linea.

Tipo di danno, D

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da proteggere. Nelle pratiche applicazioni della determinazione del rischio è utile distinguere tra i tre tipi principali di danno che possono

manifestarsi come conseguenza di una fulminazione. Essi sono le seguenti:

- D1 Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
- D2 Danno materiale.
- D3 Guasto di impianti elettrici ed elettronici.

Tipo di perdita, L

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite conseguenti nell'oggetto da proteggere. Il tipo di perdita che può verificarsi dipende dalle caratteristiche dell'oggetto stesso ed al suo contenuto.

- L1 Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L2 Perdita di servizio pubblico.
- L3 Perdita di patrimonio culturale insostituibile.

Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può verificarsi in una struttura può essere valutato il relativo rischio.













- R₁ Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R₂ Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R₃ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R₄ Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio tollerabile, R_T

La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN 62305-2 e di seguito riportati.

- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti (R_T = 10⁻⁵ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R_T = 10⁻³ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R_T = 10⁻⁴ anni⁻¹).

Per ogni tipologia di rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄), nella tabella seguente sono riportate le sue componenti:

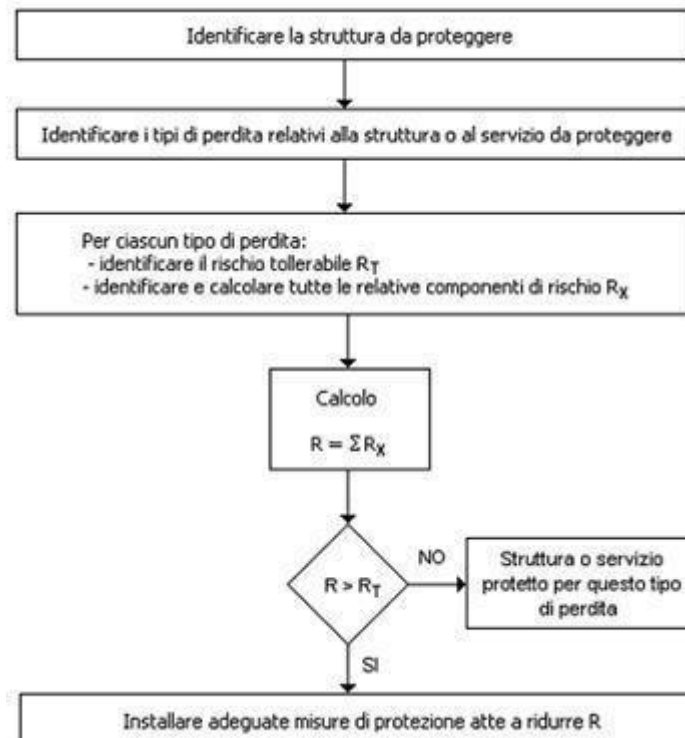
| Sorgente | S1 | | | S2 | S3 | | | S4 |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  | | |  |  | | |  |
| Danno | D1 | D2 | D3 | D3 | D1 | D2 | D3 | D3 |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Comp. di rischio | R _A | R _B | R _C | R _M | R _U | R _V | R _W | R _Z |
| R ₁ | SI | SI | SI ⁽¹⁾ | SI ⁽¹⁾ | SI | SI | SI ⁽¹⁾ | SI ⁽¹⁾ |
| R ₂ | NO | SI | SI | SI | NO | SI | SI | SI |
| R ₃ | NO | SI | NO | NO | NO | SI | NO | NO |
| R ₄ | SI ⁽²⁾ | SI | SI | SI | SI ⁽²⁾ | SI | SI | SI |

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

9.3.1 Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R_1, R_2, R_3 o R_4) si deve provvedere a:



- determinare le componenti $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ e R_Z che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R_x ;
- confrontare il rischio R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R_4)

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti R_x che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata R_x ;
- calcolo del rischio totale R ;
- identificazione del rischio tollerabile R_T ;
- confronto del rischio R con quello tollerabile R_T .

9.4 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI VITE UMANE (R1)

Il rischio di perdita di vite umane è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}$$

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

9.5 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI SERVIZIO PUBBLICO (R2)

Il rischio di perdita di servizio pubblico è determinato dalla formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

9.6 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI PATRIMONIO CULTURALE INSOSTITUIBILE (R3)

Il rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

9.7 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA ECONOMICA (R4)

Il rischio di perdita economica è determinato secondo la formula:

$$R_4 = R_A^{(1)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

(1) Solo in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

9.8 STRUTTURA IN ESAME

La struttura in esame è ubicata nel comune di Genzano(PZ), il numero di fulmini all'anno per km² è pari a 2.5 (Vedi CEI EN 62305-3 3° Edizione)

$N_t = 2,5$ fulmini/km² anno

Per l'impianto in oggetto le strutture da proteggere sono le seguenti:

- impianto FV (FV)
- cabina di campo (CP)
- cabina di consegna (CC)

Come si evince dagli schemi elettrici allegati, l'impianto fotovoltaico è connesso con le cabine di campo, e tutte le cabine di campo sono collegate a mezzo cavidotto e trafo alla cabina di consegna.

Sulla base delle caratteristiche delle strutture in esame e delle modalità di collegamento tra di esse si può affermare quanto segue:

- relativamente alle cabine campo, la componente N_{Da} che tiene conto del rischio di danno materiale causato da un fulmine che colpisce la struttura connessa a quella in esame, può ritenersi nullo, in quanto le cabine campo sono tra loro separate da due trasformatori. Pertanto, ai fini del calcolo del rischio dovuto a fulminazione indiretta lo schema equivalente da considerare è quello dove la singola cabina di campo è connessa con la cabina di consegna;

- relativamente alla cabina di consegna, poiché le linee che alimentano le cabine di campo sono caratterizzate per buona parte dallo stesso percorso, ai fini del calcolo della probabilità di fulminazione indiretta tali linee sono schematizzate come una unica linea equivalente, di lunghezza pari a 1000 m, ossia alla massima lunghezza da considerare ai fini del calcolo (par.A.4 della Norma);
- ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, per tale linea è stata considerata cautelativamente una tensione di tenuta all'impulso $U_m = 6$ kV, anche se, trattandosi di linee con tensione nominale di 20kV, la loro tensione di tenuta all'impulso è senz'altro maggiore;

- sempre ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, tale linea è caratterizzata da uno schermo avente resistenza $R_s < 1 \Omega/\text{km}$;
- per la linea di collegamento tra cabina campo e FV, trattandosi di una linea di bassa tensione, sono stati considerati i seguenti parametri: $U_m=1 \text{ kV}$ e $1 < R_s < 5 \Omega/\text{km}$
- la resistività del suolo ove è interrata tale linea non è nota quindi si assume $500 \Omega \text{ m}$.

Altri parametri in input al software di calcolo sono il tipo di struttura:

Struttura di tipo industriale

- **Tipo di suolo fino a 5m di distanza dalla struttura:**
 - Cabina di consegna, Cabina campo: cemento
 - FV: vegetale
- **Rischio di incendio:**
 - FV: ridotto
 - Cabina di consegna, Cabina campo: ordinario
- **Rischio ammissibile: 10^{-5} (n° morti/anno)**
- **Coefficiente di posizione delle strutture:**
 - Cabina di consegna, Cabina utente: $C_d = 0,5$ (struttura circondata da strutture di altezza uguale o inferiore)
 - FV: $C_d = 0,5$ (struttura circondata da strutture di altezza uguale o inferiore)

| | | cabina campo | cabina consegna | FV |
|----------------------|--|---------------------|------------------------|-----------------|
| N_g | numero annuo di fulmini a terra per km ² | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| L | lunghezza struttura [m] | 7,5 | 15,3 | 989 |
| W | larghezza struttura [m] | 3 | 4,6 | 364 |
| H | altezza struttura [m] | 3 | 3 | 2,45 |
| $A_{d/b}$ | Area di raccolta struttura all'estremità "b" [m ²] | 465,84 | 682,92 | 321069,2117 |
| $C_{d/b}$ | Fattore di posizione struttura all'estremità "b" | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| $A_{d/a1}$ | Area di raccolta struttura n°1 all'estremità "a" [m ²] | 682,92 | 465,84 | 465,84 |
| $A_{d/a2}$ | Area di raccolta struttura n°2 all'estremità "a" [m ²] | 321069,2117 | 0 | 0 |
| $C_{d/a1}$ | Fattore di posizione struttura n°1 all'estremità "a" | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| $C_{d/a2}$ | Fattore di posizione struttura n°2 all'estremità "a" | 0,5 | 0 | 0 |
| C_{t1} | Fattore di correzione per trasf. sulla linea 1 | 0,2 | 0,2 | 1 |
| C_{t2} | Fattore di correzione per trasf. sulla linea 2 | 0,2 | 0 | 0 |
| L_c | Lunghezza linea [m] | 1000 | 1000 | 1000 |
| H_{a1} | Altezza struttura connessa all'estremità "a" della linea 1 [m] | 3 | 3 | 3 |
| H_{a2} | Altezza struttura connessa all'estremità "a" della linea 2 [m] | 2,45 | 0 | 0 |
| H_b | Altezza struttura connessa all'estremità "b" della linea (struttura in oggetto) [m] | 3 | 3 | 2,45 |
| ρ | resistività del terreno [Ω m] | 500 | 500 | 500 |
| A_i | Area di raccolta dei fulmini su un servizio [m ²] | 379907,0369 | 379907,0369 | 379907,0369 |
| N_D | numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura | 0,00034938 | 0,00051219 | 0,285041048 |
| N_L | numero di eventi pericolosi per fulminazione sulla linea | 0,003269075 | 0,003293728 | 0,016496312 |
| N_{Da} | numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea | 0,057110648 | 0,000069876 | 0,00034938 |
| P_A | probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla struttura) | 1,00E-02 | 1,00E-02 | 1,00E-02 |
| P_B | probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura) | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| P_U | probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa) | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| P_V | probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa) | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| r_s | fattore di riduzione associato al tipo di superficie del suolo | 1,00E-02 | 1,00E-02 | 1,00E-02 |
| r_p | fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio | 0,5 | 0,5 | 3,21E-06 |
| r_u | fattore di riduzione associato al tipo di pavimentazione | 1,00E-02 | 1,00E-02 | 1,00E-02 |
| r_f | fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio | 1,00E-02 | 1,00E-02 | 1,00E-03 |
| h_z | fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari | 1,00E+00 | 1,00E+00 | 1,00E+00 |
| L_f | perdita per danni materiali in una struttura | 5,00E-02 | 5,00E-02 | 5,00E-02 |
| L_t | perdita per danni ad essere viventi per tensioni di contatto e di passo | 1,00E-02 | 1,00E-02 | 1,00E-02 |
| R_A | componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulm. sulla struttura) | 3,49E-10 | 5,12E-10 | 2,85E-07 |
| R_B | componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulm. sulla struttura) | 8,73E-08 | 1,28E-07 | 9,00E-06 |
| R_U | componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulm. sulla linea) | 1,21E-07 | 6,73E-09 | 5,05E-08 |
| R_V | componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulm. sulla linea) | 3,02E-07 | 1,68E-08 | 2,53E-08 |
| R | Rischio | 5,10E-07 | 1,52E-07 | 9,36E-06 |
| R_T | Rischio tollerabile | 1,00E-05 | 1,00E-05 | 1,00E-05 |

Il rischio complessivo $R1 = 9,36E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$ in quanto sono previsti idonei SPD a vari livelli di tensione che riducono il rischio a un livello inferiore a quello tollerato.

9.9 SCELTA SPD

Al fine di ridurre il rischio complessivo $R1$ devono essere previsti SPD su tutte le linee entranti nell'edificio collegate all'impianto utilizzatore (escluse quelle provenienti dall'impianto fotovoltaico), aventi le seguenti caratteristiche:

- classe III

Come protezione dagli effetti di una fulminazione indiretta sulle apparecchiature provenienti dall'impianto fotovoltaico si potrà ricorrere, a dispositivi per l'attenuazione delle sovratensioni (SPD Surge Protective Device) inseriti nei dispositivi fra le stringhe, lo scaricatore fra le stringhe deve essere di classe II.

CONCLUSIONI

L'impianto fotovoltaico è protetto contro il fulmine, in relazione alla perdita di vite umane (rischio $R1$), dagli SPD installati all'arrivo linea e dagli SPD.

Non è stato invece valutato il rischio di perdite economiche relative all'edificio (rischio $R4$), e non sono stati adottati i provvedimenti eventualmente necessari, avendo il committente espressamente accettato tale rischio.