



REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI GROSSETO
COMUNE DI ORBETELLO



FV02_ORBETELLO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{DC} 19,75 MW_p

UBICAZIONE IMPIANTO:

Strada vicinale del Guinzone, snc
58015 - Orbetello (GR)
Foglio 31-32, particelle 205-300-628; 139-148-149-150-340-341-358

ITER AUTORIZZATIVO:

VIA – Valutazione di Impatto Ambientale
D.Lgs. n. 152/2006 artt. 23
P.A.S. - Procedura Abilitativa Semplificata ai sensi dell'art. 6 comm. 9bis - D.Lgs. n.28 del 03-03-2011

TITOLO		RELAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE				
CODICE COMMESSA <i>Job Code</i>	TIPO PROG. <i>Proj. Type</i>	TIPO ELAB. <i>Design type</i>	ID ELAB. <i>Design ID</i>	CATEGORIA <i>Class</i>	LINGUA <i>Language</i>	REVISIONE <i>Revision</i>
FV02	PD	RE	08	EL	IT	01
REV. 2						
REV. 1			26/09/2023	V. LA SCHIAZZA	E. TRUOCCHIO	A. COSTANTINI
REV. 0	EMISSIONE		14/07/2023	V. LA SCHIAZZA	E. TRUOCCHIO	A. COSTANTINI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

COMMITTENTE:

ERMES S.p.A.

Piazza Albania, 10 – 00153, Roma, Italia
Tel: + 39 06 94838941
www.ermesgroup.it
info@ermesgroup.it
ermes@pec.ermesgroup.it
C.F.: 12730811002
P.IVA: IT12730811002

PROGETTISTA:

ERMES
SOLAR SOLUTION



SOMMARIO

1. PREFAZIONE	2
1.1 GENERALITÀ	2
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	2
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	2
2.1 CEI EN 62305/1-4 - EDIZIONE 02/2013	2
3. ALCUNE ABBREVIAZIONI	2
4. ALCUNE DEFINIZIONI da CEI EN 62305-2	3
4.1 DANNO E PERDITA	3
4.1.1 Sorgenti di danno	3
4.1.2 Tipi di danno	3
4.1.3 Tipi di perdita	3
4.2 RISCHIO E COMPONENTI DI RISCHIO	4
4.2.1 Tipi di rischio	4
4.2.2 Componenti di rischio	5
5. DATI INIZIALI	7
5.1 DENSITÀ ANNUA DEI FULMINI A TERRA	7
5.2 VALORI CHE SARANNO ASSUNTI PER L'ELABORAZIONE DEI CALCOLI	7
6. ANALISI DELLA STRUTTURA DELL'IMPIANTO	8
6.1 DESCRIZIONE STRUTTURA - (STRUTTURE ED IMPIANTI PRINCIPALI)	8
6.2 LOCALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA IN ESAME	10
6.2.1 Panoramica del sito	10
7. ALLEGATO A	11

1. PRAFAZIONE

1.1 GENERALITÀ

L'impianto Fotovoltaico avente una potenza nominale di 19,75 MW in corrente continua, è sito nel comune di Orbetello (GR) ed è costituito da 1102 tracker monoassiali 1x26 e 64 tracker in configurazione 1x13.

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il documento è redatto allo scopo di effettuare una valutazione dei rischi conseguenti alle fulminazioni dirette ed indirette delle strutture di tutta l'area e dei servizi ad essa afferenti.

Dalla valutazione dei rischi si potrà successivamente esaminare la necessità di adeguare le misure di protezione per ridurre il valore dei singoli rischi a valori inferiori a quelli accettabili previsti dalle Norme.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

2.1 CEI EN 62305/1-4 - EDIZIONE 02/2013

La serie di Norme CEI EN 62305/1-4 è composta dalle seguenti quattro parti:

- CEI EN 62305-1 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Principi generali"
- CEI EN 62305-2 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio"
- CEI EN 62305-3 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
- CEI EN 62305-4 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

3. ALCUNE ABBREVIAZIONI

- LPS: impianto completo usato per ridurre i danni dovuti alla fulminazione diretta della struttura.
- LEMP: impulso elettromagnetico del fulmine.
- N_g: densità annua dei fulmini a terra.
- SPD: limitatore di sovratensione.

4. ALCUNE DEFINIZIONI da CEI EN 62305-2

4.1 DANNO E PERDITA

4.1.1 Sorgenti di danno

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

- S1: fulmine sulla struttura;
- S2: fulmine in prossimità della struttura;
- S3: fulmine su un servizio;
- S4: fulmine in prossimità di un servizio

4.1.2 Tipi di danno

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da proteggere; i più importanti sono: tipo di costruzione, tipo di servizio e misure di protezione adottate.

Per la determinazione del rischio distinguiamo tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione.

Essi sono i seguenti:

- D1: danno ad esseri viventi;
- D2: danno materiale;
- D3: guasto di impianti elettrici ed elettronici.

4.1.3 Tipi di perdita

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.

Le perdite che possono verificarsi in una struttura sono:

- L1: perdita di vite umane;
- L2: perdita di servizio pubblico;
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- L4: perdita economica (struttura e suo contenuto).

Le perdite che possono verificarsi in un servizio sono:

- L'2: perdita di servizio pubblico;
- L'4: perdita economica (servizio e perdita di attività).

	FV02_ORBETELLO PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{DC} 19.75 MW Strada vicinale del Guinzone, snc – 58015 - ORBETELLO (GR)	DOCUMENTO: FV02_PD.RE.08.EL.IT.01	
		DATA: 26/09/2023	
		REV.: 01	PAG.: 4/12

4.2 RISCHIO E COMPONENTI DI RISCHIO

4.2.1 Tipi di rischio

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

I rischi da valutare in una struttura possono essere:

- R1: rischio di perdita di vite umane;
- R2: rischio di perdita di servizio pubblico;
- R3: rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- R4: rischio di perdita economica

Essendo obbligatoria, viene calcolata la componente R1 relativa al rischio di perdita di vite umane.

Tuttavia, non sarà presa in considerazione la perdita di patrimonio culturale insostituibile e la perdita di servizio pubblico essenziale perché la struttura non rientra in questi casi.

La seconda parte della presente relazione sarà dedicata al Rischio R1 per tensioni di contatto e di passo nelle aree esterne fino a 3 m di distanza dalla struttura (o dalle calate di eventuali impianti di captazione) causate dalla dispersione della corrente del fulmine nel terreno per fulminazione diretta sulla struttura stessa (Cabine elettriche). Una terza parte della presente relazione sarà dedicata alla valutazione delle perdite economiche per il rischio R4.

I rischi da valutare quindi, per un impianto di questo tipo possono essere:

- R'1: rischio di perdita di vite umane;
- R'4: rischio di perdita economica

Per valutare i rischi R , devono essere definiti e calcolati le relative componenti di rischio (rischi parziali dipendenti dalla sorgente e dal tipo di danno).

Come precedentemente accennato, in questa relazione ci occuperemo dunque dei rischi R_1 ed R_4 . Per questi due esamineremo ora solo le componenti ad essi relative che derivano dalle caratteristiche delle varie strutture e loro destinazioni d'uso.

4.2.2 Componenti di rischio

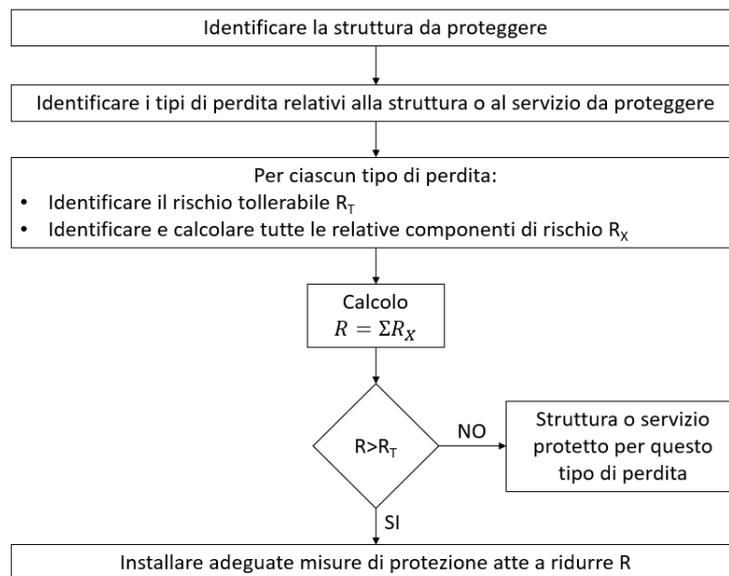
Sorgente	S1			S2	S3			S4
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
Comp. di rischio	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R ₂	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R ₃	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R ₄	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(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

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.



	FV02_ORBETELLO PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN_{DC} 19.75 MW Strada vicinale del Guinzone, snc – 58015 - ORBETELLO (GR)	DOCUMENTO: FV02_PD.RE.08.EL.IT.01	
		DATA: 26/09/2023	
		REV.: 01	PAG.: 6/12

Se $R_X \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se $R_X > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere $R_X \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per il rischio R_4 , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio R_4 , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Le componenti da considerare per i due tipi di rischio sono nel nostro caso:

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$$

$$R_4 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

In cui le componenti R_A , R_B ed R_C sono relative alla fulminazione diretta della struttura,

R_M , è relativa alla fulminazione in prossimità della struttura

R_U , R_V , ed R_W sono relative alla fulminazione diretta di un servizio connesso alla struttura

R_Z è relativa alla fulminazione in prossimità di un servizio connesso alla struttura.

DOVE:

- **A** indica la componente di rischio relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1.
- **B** Indica la componente di rischio relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita (L1, L2, nel nostro caso).
- **C** Indica la componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **M** Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **U** indica la componente di rischio relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1.
- **V** indica la componente di rischio relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita (L1, L2 nel nostro caso)
- **W** indica la componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **Z** è connessa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.

ERMES S.p.A.

Sede: Piazza Albania, 10 – 00153 Roma, Italia
 C.F. | P. IVA: IT 12730811002
 Iscr. R.E.A. RM – 1396086 Cap. Soc. € 1.500.000,00 i.v.

info@ermesgroup.it
 www.ermesgroup.it
 Tel. +39 06 94838941

Certificazioni:
 ISO 9001:2015 CERT. N. SC 20-4612
 UNI EN ISO 14001:2015 CERT.N.711294



5. DATI INIZIALI

5.1 DENSITÀ ANNUA DEI FULMINI A TERRA

La CEI fornisce per la posizione indicata dalle coordinate geografiche del Campo fotovoltaico in oggetto il seguente risultato:

$$N_g = 1,82 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$



CEI - Comitato Elettrotecnico

Milano, 06/07/2023 10:37:34

Valore Ng: 1.82

VALIDITA' DEI DATI: fino al 31/12/2027

Informazioni sulla posizione

Latitudine:	42.501997° N
Longitudine:	11.241106° E
Comune:	Orbetello
Codice Istat:	053018
Provincia:	GR
Regione:	Toscana

Figura 1: Valore Ng

5.2 VALORI CHE SARANNO ASSUNTI PER L'ELABORAZIONE DEI CALCOLI

- Resistività del terreno. Poiché tutta l'area giace su terreno agricolo, assumeremo pari a 400 Ohm*m la resistività generale simile a quella del terreno vegetale secco.
- Nel considerare le aree esterne alle strutture entro i 3 m, considereremo come equipotenziale tutta la zona circostante tutto il campo si può considerare percorso da una fitta rete di terra magliata (pali di sostegno dei tracker infissi profondamente nel terreno, collegati tutti all'impianto di terra di cabina) e connessa intimamente con il terreno e con il resto degli impianti.

- c. Le linee elettriche di energia e di segnale, esterne agli edifici, viaggiano in condutture interrate. L'ambito di posa delle linee sarà assimilato ad ambito rurale.
- d. Tutte le masse metalliche sono collegate rigorosamente in equipotenzialità.
- e. Le linee di segnale viaggiano in cavo schermato collegato a terra.
- f. Le cabine elettriche, e tutto l'impianto non è presidiato da personale presente in loco. La presenza di personale si può stimare in una decina di ore annue per 3 o 4 persone in occasione di controlli tecnici.

6. ANALISI DELLA STRUTTURA DELL'IMPIANTO

6.1 DESCRIZIONE STRUTTURA - (STRUTTURE ED IMPIANTI PRINCIPALI)

L'intero Campo è costituito da:

- 1102 tracker monoassiali 1x28 e 64 tracker in configurazione 1x14 (Fig. 1.)
- 58 inverter
- 6 Locale Utenti per la trasformazione BT/MT
- Recinzione in rete metallica che percorre tutto il perimetro esterno e avente una altezza di circa 2,50 m.
- Cannello metallico che si può considerare un prolungamento della recinzione.

Gli impianti energia

Gli impianti di energia sono distribuiti su tutto il campo:

Impianto di energia in tensione continua (Tensione massima 1500 V) che percorre tutti i tracker fino agli inverter.

Impianto di energia in tensione continua BT (50 Hz 1500 V) che viaggia in tubazione interrata dagli inverter al locale utente.

Impianto in Media Tensione (50 Hz 15.000 V) in arrivo dal locale utente fino alla Cabina di Distribuzione con cavi in tubazione interrata.

Gli Impianti trasmissione dati

Linee di trasmissione dati, parte in rame e/o fibra ottica e parte wireless, percorrono tutto in campo per il comando e controllo dei Tracker.

Non vi sono linee telefoniche/dati che entrano dall'esterno.

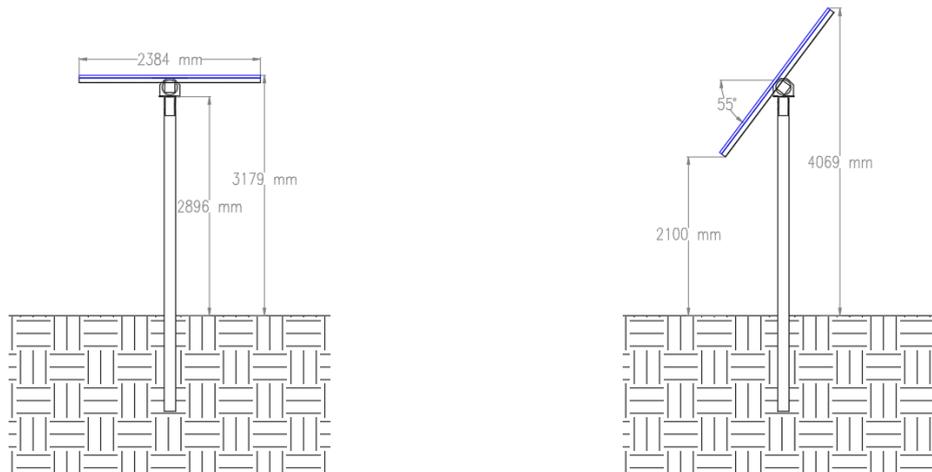
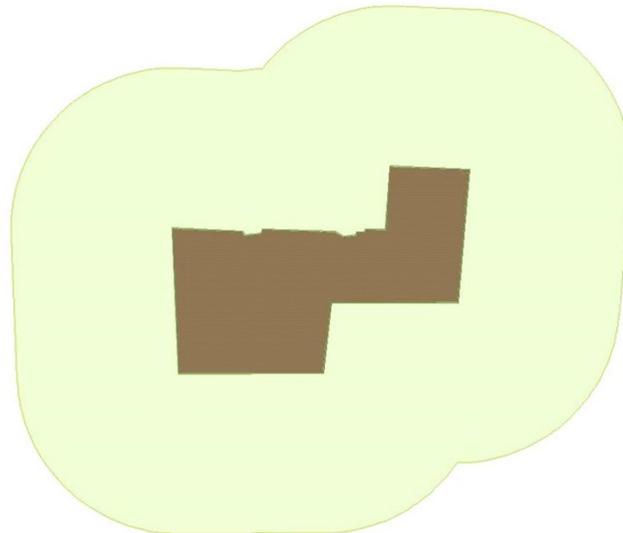


Figura 2 - Sezione di tracker monoassiale



- Struttura
- Area di raccolta A₀
- Area di raccolta A_m

Figura 3 – area di raccolta

6.2 LOCALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA IN ESAME

6.2.1 Panoramica del sito

Di seguito è mostrata una vista aerea panoramica del sito su ortofoto.

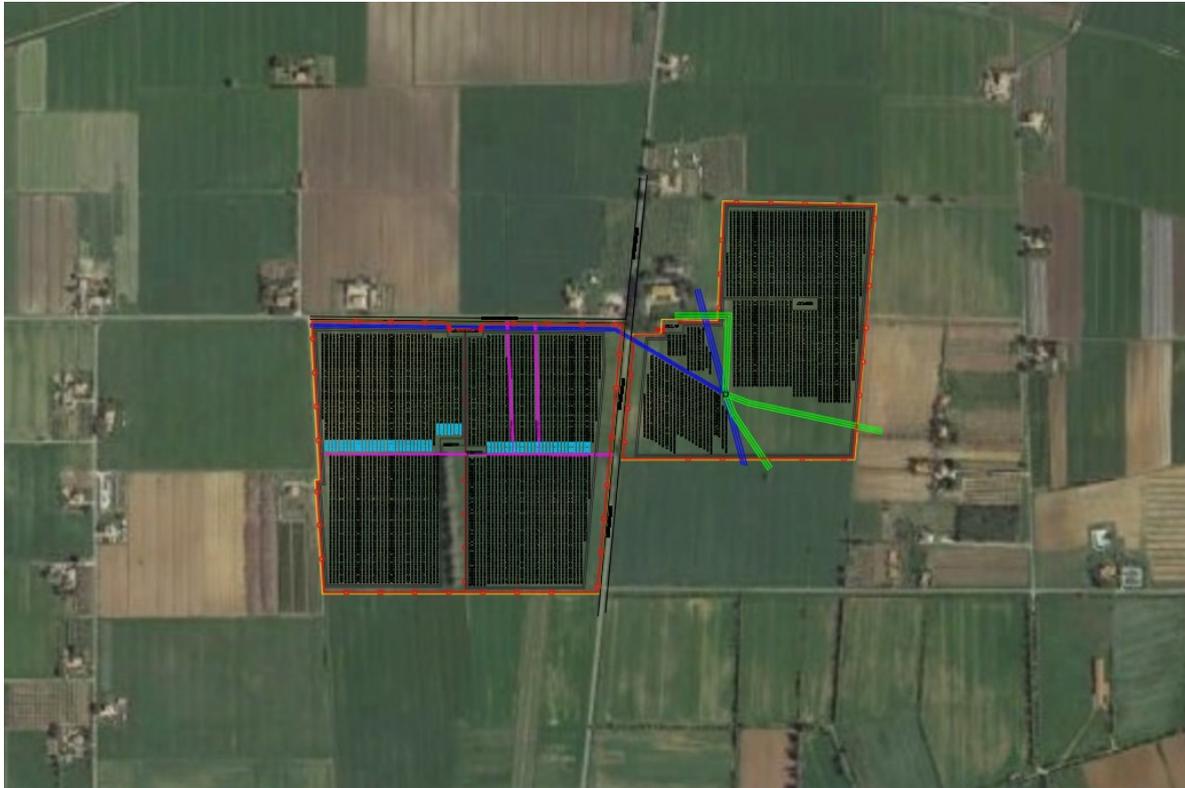


Figura 4 - Vista aerea panoramica del sito



Il Tecnico

ERMES S.p.A.

Sede: Piazza Albania, 10 – 00153 Roma, Italia
C.F. | P. IVA: IT 12730811002
Iscr. R.E.A. RM – 1396086 Cap. Soc. € 1.500.000,00 i.v.

info@ermesgroup.it
www.ermesgroup.it
Tel. +39 06 94838941

Certificazioni:
ISO 9001:2015 CERT. N. SC 20-4612
UNI EN ISO 14001:2015 CERT. N. 711294





RELAZIONE TECNICA

relativa alla

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

di struttura adibita a Impianto Fotovoltaico.

sita nel comune di Orbetello (GR)

Strada Vicinale del Guinzone, snc.

Valutazione del rischio dovuto al fulmine

e

scelta delle misure di protezione

7. ALLEGATO A

ERMES S.p.A.

ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

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".

Per ulteriori aggiornamenti e il calcolo della frequenza di danno si è fatto riferimento alla guida CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305".

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.

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_l	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_l	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.
D_1	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D_2	Danno materiale.
D_3	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.
L_1	Perdita di vite umane.
L_2	Perdita di servizio pubblico.
L_3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L_4	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).
R_1	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
R_2	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
R_3	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
R_4	Rischio di perdita economica in una struttura.
S	Struttura.
S_1	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
S_2	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
S_3	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
S_4	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.

Valutazione del rischio fulminazione

La normativa CEI EN 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e individua le misure di protezione, se 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 della struttura 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. I tipi di danno si distinguono in:

- 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 nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne consegue dipende dalle caratteristiche della struttura stessa e dal suo contenuto. I tipi di perdita sono:

- L1 Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L2 Perdita di servizio pubblico.
- L3 Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- L4 Perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

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).

Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R₁, R₂, R₃, R₄) 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 R₄).

La tabella seguente riporta tutti gli elementi da valutare:

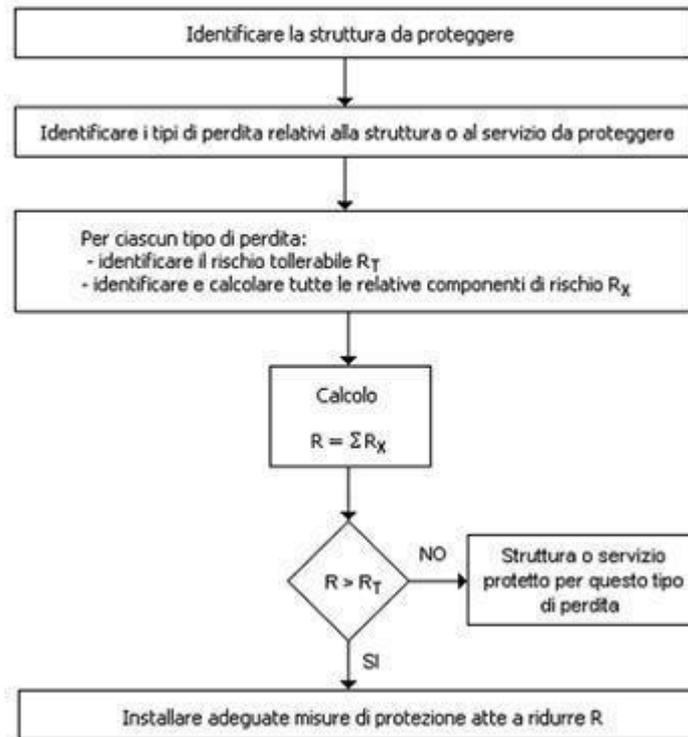
Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R ₂	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R ₃	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R ₄	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(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

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 .



Se $R_x \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se $R_x > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere $R_x \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per il rischio R_4 , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio R_4 , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Componenti di rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno, come si evince dalla precedente tabella.

Ciascuna delle componenti di rischio può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

dove

N_x è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN 62305-2].

P_x è la probabilità di danno alla struttura [Allegato B, CEI EN 62305-2].

L_x è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura), R_A
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_A Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2, CEI EN 62305-2].
- L_A Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura), R_B
Componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_B Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3, CEI EN 62305-2].
- L_B Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura), R_C
Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

dove:

- R_C Componente di rischio (guasto di apparati del servizio - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_C Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.43, CEI EN 62305-2].
- L_C Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura), R_M

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con

rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

dove:

- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura);
- N_M Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura) [§ A.3, CEI EN 62305-2];
- P_M Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5, CEI EN 62305-2];
- L_M Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso), R_U
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

dove:

- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio);
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{DJ} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2].
- P_U Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso) [§ B.6, CEI EN 62305-2].
- L_U Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

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

Componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

dove:

- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_V Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7, CEI EN 62305-2].
- L_V Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso), R_W
Componente relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di

strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_w = (N_L + N_{Da}) \times P_w \times L_w$$

dove:

- R_w Componente di rischio (danno agli apparati - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_w Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN 62305-2].
- L_w Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso), R_z

Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_z = N_i \times P_z \times L_z$$

dove:

- R_z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio).
- N_i Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- P_z Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9, CEI EN 62305-2].
- L_z Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

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).

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).

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)

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).

Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio per la struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

Caso 1 - Struttura autoprotetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e non sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Autoprotetta".

Caso 2 - Struttura protetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

Caso 3 - Struttura NON protetta

Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo R_T devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

Frequenza di danno

La frequenza di danno F è il numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad una apparecchiatura di un impianto interno e si valuta secondo la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S3} + F_{S4}$$

se i circuiti sono collegati ad una linea esterna all'edificio,

oppure con la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S2}$$

per i circuiti stand-alone o collegati ad una linea esterna all'edificio tramite una interfaccia isolante

dove:

- F_{S1} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1).
- F_{S2} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- F_{S3} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- F_{S4} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Di seguito le formule per il calcolo di queste frequenze parziali:

$$F_{S1} = N_D \times P_C$$

$$F_{S2} = N_M \times P_M$$

$$F_{S3} = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W$$

$$F_{S4} = N_I \times P_Z$$

Il significato di tali coefficienti è riportato nei paragrafi precedenti.

La frequenza di danno tollerabile F_T è il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni. Fissare i valori di F_T è responsabilità del proprietario o del gestore della struttura tenendo presente che tale valore, secondo la guida CEI 81-29, dovrebbe essere 0.1, e, in ogni caso, inferiore ad 1.

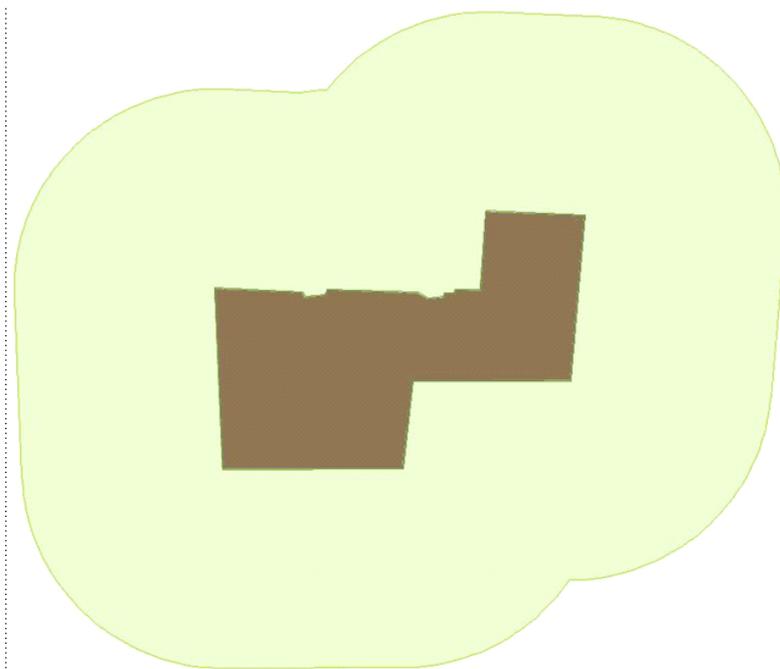
Se il valore di F risulta essere superiore al valore F_T stabilito, la frequenza di danno risulta essere non rispettata e, in tal caso, bisognerebbe agire migliorando le protezioni contro le sovratensioni al fine di fare rientrare il valore al di sotto di quello stabilito.

STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
Destinazione d'uso	PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA
Indirizzo	Strada vicinale del Guinzone, snc
Comune	Orbetello (GR)
Cap	58015
N _G	1.50 fulmini/anno km ²
Fonte dati	ProDis

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [$C_D = 1$]
Geometria della struttura	Calcolo aree da disegno: Distanza struttura: 500 m (per il calcolo di A_M) Area raccolta della struttura isolata A_D : 350 442.21 m ² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M : 2 558 703.71 m ²
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura non protetta con LPS [$P_B = 1.00$]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 4$
Valore complessivo della struttura (L4)	$C_t = \mathbf{10\ 124\ 000.00\ €}$

DISEGNO DELLA STRUTTURA



- Struttura
- Area di raccolta A_D
- Area di raccolta A_M

ZONE

Nella struttura sono presenti 3 zone.
I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

Zona Z1 - "Impianto moduli"

Dati generali	
Denominazione	Impianto moduli
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Agricolo ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Pericoli particolari	Nessuno [$hz = 1$]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [$rp = 1$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	2
Ore presenza/anno (t_z)	64
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-7}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 4 750 000.00
Valore contenuto zona	€ 3 800 000.00
Valore impianti interni zona	€ 475 000.00
L_T	10^{-3}
L_F	10^{-3}
L_o	1

Zona Z2 - "Cabine elettriche"

Dati generali	
Denominazione	Cabine elettriche
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Pericoli particolari	Nessuno [$hz = 1$]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Magliata Lato di magliatura: 0.1 m Presenti impianti interni a distanza inferiore al lato di magliatura $K_{S2} = 2.40 \times 10^{-2}$
Misure antincendio	Nessuna protezione [$rp = 1$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	2
Ore presenza/anno (t_z)	32
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-7}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 360 000.00
Valore contenuto zona	€ 450 000.00
Valore impianti interni zona	€ 270 000.00
L_T	10^{-3}
L_F	10^{-3}
L_o	1

Zona Z3 - "Perimetrale"

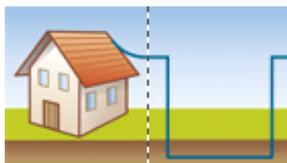
Dati generali	
Denominazione	Perimetrale
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Agricolo ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Pericoli particolari	Nessuno [$hz = 1$]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [$rp = 1$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	0
Ore presenza/anno (t_z)	0
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-7}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 5 000.00
Valore contenuto zona	€ 7 000.00
Valore impianti interni zona	€ 7 000.00
L_T	10^{-3}
L_F	10^{-3}
L_o	0.10

LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [$C_e = 1.00$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Multiselezione [$PTU = 1.00e-03$]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [$PEB = 1.00$]
Trasformatore AT/BT	Assente [$C_T = 1$]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Presente [$R_s = 0.2 \Omega/m$], connesso alla barra equipotenziale
Dispersore fittamente magliato	No

IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 4 impianti interni.
I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

Impianto I1 - "Moduli FV"

Dati generali	
Denominazione	Moduli FV
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Impianto moduli
Tensione di tenuta	2500
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I2 - "Illuminazione esterna"

Dati generali	
Denominazione	Illuminazione esterna
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Perimetrale
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

Impianto I3 - "Cabina MT"

Dati generali	
Denominazione	Cabina MT
Linea collegata all'impianto	Linea 1
Zone servite dall'impianto	Cabine elettriche
Tensione di tenuta	6000
Cavi impianto schermati	Sì
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	Sì
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

Impianto I4 - "Cabina BT"

Dati generali	
Denominazione	Cabina BT
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Cabine elettriche
Tensione di tenuta	2500
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

ESITO DELLA VALUTAZIONE

Perdite considerate e rischi tollerabili

Per la valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite:

- L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti (Rischio tollerabile $R_T = 10^{-5}$)
 L4 - Perdita economica

Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
Struttura	0.53			3.84	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	3×10^{-2}			3

Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P_A	P_B	P_C	P_M	P_U	P_V	P_W	P_Z
Z1	1	1	0	4.80×10^{-7}	0	0	0	0
- I1	-	-	0	4.80×10^{-7}	-	-	-	-
Z2	1	1	1	9.22×10^{-9}	2×10^{-5}	2×10^{-2}	2×10^{-2}	0
- I3	-	-	1	1.60×10^{-13}	-	-	-	-
- I4	-	-	0	9.22×10^{-9}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	2×10^{-5}	2×10^{-2}	2×10^{-2}	0
Z3	1	1	0	10^{-4}	0	0	0	0
- I2	-	-	0	10^{-4}	-	-	-	-

Ammontare delle perdite di vite umane, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	LA	LB	Lc	LM	Lu	Lv	Lw	Lz
Z1	3.65×10^{-7}	0	0	0	3.65×10^{-7}	0	0	0
Z2	1.83×10^{-7}	0	0	0	1.83×10^{-7}	0	0	0
Z3	0	0	0	0	0	0	0	0

Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	RA	RB	Rc	RM	RU	RV	Rw	Rz
Z1	1.92×10^{-7}	0			0	0		
Z2	9.60×10^{-8}	0			1.10×10^{-13}	0		
Z3	0	0			0	0		
Totale	2.88×10^{-7}	0			1.10×10^{-13}	0		

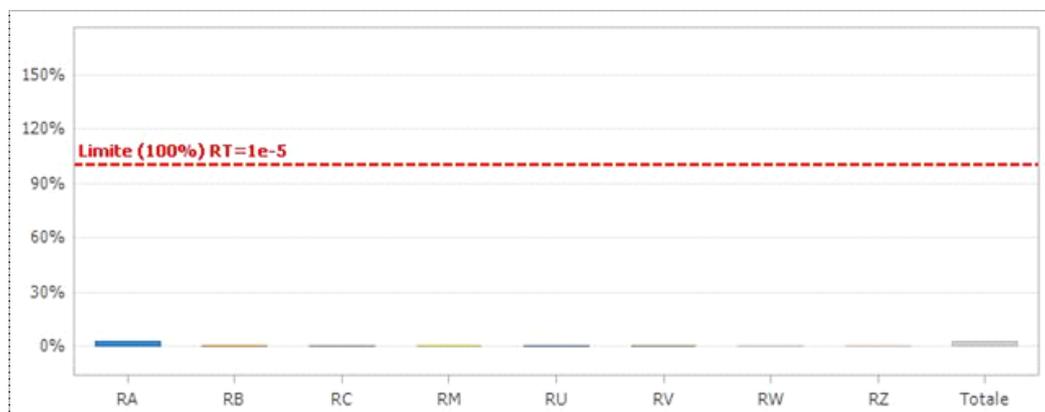
Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$

($R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)

2.88×10^{-7}

Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

Grafico delle componenti di rischio



Valutazione del rischio di perdita economica R4

Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	N_b			N_M	$N_L + N_{Dj}$			N_i
Struttura	0.53			3.84	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{Dj}$			N_i
L1	-			-	3×10^{-2}			3

Valori di probabilità di perdita economica, P_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P_A	P_B	P_C	P_M	P_U	P_V	P_W	P_Z
Z1	1	1	0	4.80×10^{-7}	0	0	0	0
- I1	-	-	0	4.80×10^{-7}	-	-	-	-
Z2	1	1	1	9.22×10^{-9}	2×10^{-5}	2×10^{-2}	2×10^{-2}	0
- I3	-	-	1	1.60×10^{-13}	-	-	-	-
- I4	-	-	0	9.22×10^{-9}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	2×10^{-5}	2×10^{-2}	2×10^{-2}	0
Z3	1	1	0	10^{-4}	0	0	0	0
- I2	-	-	0	10^{-4}	-	-	-	-

Ammontare delle perdite economica, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	0	0	4.69×10^{-2}	4.69×10^{-2}	0	0	4.69×10^{-2}	4.69×10^{-2}

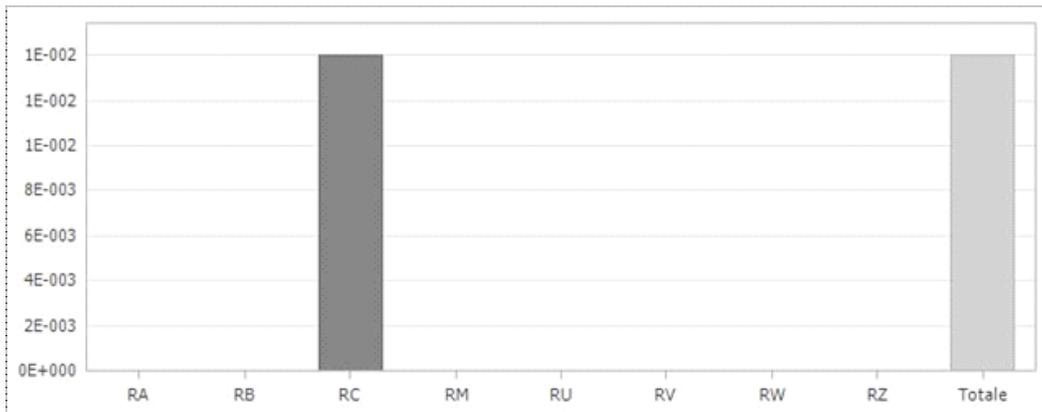
Z2	0	0	2.67×10^{-2}	2.67×10^{-2}	0	0	2.67×10^{-2}	2.67×10^{-2}
Z3	0	0	6.91×10^{-5}	6.91×10^{-5}	0	0	6.91×10^{-5}	6.91×10^{-5}

Componenti di rischio di perdita economica, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1		0	0	8.64×10^{-8}		0	0	0
Z2		0	1.40×10^{-2}	9.43×10^{-10}		0	1.60×10^{-5}	0
Z3		0	0	2.65×10^{-8}		0	0	0
Totale		0	1.40×10^{-2}	1.14×10^{-7}		0	1.60×10^{-5}	0

Rischio di perdita economica, $R_{4,Struttura}$ $(R_{4,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$	1.40×10^{-2}
--	-----------------------

Grafico delle componenti di rischio



CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

Quindi la struttura è da considerarsi PROTETTA.

In forza della legge n° 186 del 01/03/1968 che individua nelle norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

Per il rischio di perdite economiche R4, la valutazione della convenienza dell'installazione di misure di protezione deve essere valutata caso per caso.

Nell'appendice E della norma CEI EN 62305-2 è riportata una apposita procedura di valutazione.

FREQUENZA DI DANNO

La tabella seguente riporta il calcolo della frequenza di danno per ogni impianto della struttura corrente:

Impianto	Linea	F _{S1}	F _{S2}	F _{S3}	F _{S4}	F	F _T
Moduli FV	nessuna	0	1.84×10^{-6}	0	0	1.84×10^{-6}	0.10
Illuminazione esterna	nessuna	0	3.84×10^{-4}	0	0	3.84×10^{-4}	0.10
Cabina MT	Linea 1	4.91×10^{-4}	6.14×10^{-13}	6×10^{-4}	0	1.09×10^{-4}	0.10
Cabina BT	nessuna	0	3.54×10^{-8}	0	0	3.54×10^{-8}	0.10

Legenda:

Impianto Denominazione dell'impianto.

Linea Denominazione della linea a cui è collegato l'impianto.

F_{S1} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)

F_{S2} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)

F_{S3} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)

F_{S4} Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

F Frequenza di danno F: numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad **un'apparecchiatura di un impianto interno**

F_T Frequenza di danno tollerabile

La frequenza di danno tollerabile risulta essere RISPETTATA.