

COMUNE DI INVERUNO

NUOVO PLESSO SCOLASTICO – VIA IV NOVEMBRE

PROGETTO DEFINITIVO

UFFICIO TECNICO COMUNE DI INVERUNO

R.U.P.: Geom. Pietro Tiberti

Progettista: Arch. Claudia Soldati



CONSULENTE SCIENTIFICO:

Politecnico di Milano – Dipartimento ABC

Titolo progetto di ricerca:

Individuazione di un nuovo modello di scuola innovativa ad alta efficienza tecnologica-energetica con l'applicazione della metodologia BIM

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

prof. Tomaso Monestiroli

GRUPPO DI LAVORO:

Prof. Maurizio Acito

Prof. Giuseppe Martino Di Giuda

Prof. Paolo Oliaro

Prof. Franco Guzzetti

Arch. Francesco Menegatti

Arch. Luca Cardani

Arch. Alberto Cariboni

Ing. Vito Lavermicocca

Ing. Mariagrazia Calia

Ing. Agata Consoli

BIMGroup: Ing. Marco Schievano, Ing. Francesco Paleari, Ing. Elena Seghezzi

CONSULENTE SCIENTIFICO:

Università degli studi di Milano Bicocca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa"

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

Prof.ssa Elisabetta Nigris

GRUPPO DI LAVORO:

Prof.ssa Barbara Balconi

Prof.ssa Luisa Zecca

Prof.ssa Ambra Cardani

Oggetto:

Progetto impianti elettrici e speciali –
Relazione di calcolo del rischio di
fulminazione

Tavola n°:

IE-RC03

Comune di Inveruno
Settore 7 Governo e sviluppo del territorio

Determina n. 514 del 12/12/2019 - CIG commessa Z942B147A2

**RELAZIONE DI CALCOLO RELATIVA ALLA VERIFICA DI
PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE
DEGLI EDIFICI "A", "B" E "C" DEL NUOVO PLESSO
SCOLASTICO NEL COMUNE DI INVERUNO**

18 dicembre 2019

SOMMARIO

1.	Premessa	1
2.	Edificio "A"	1
2.1	<i>Individuazione della struttura</i>	1
2.2	<i>Dati iniziali</i>	1
2.2.1	Densità annua di fulmini a terra	1
2.2.2	Dati relativi alla struttura	2
2.2.3	Dati relativi alle linee elettriche esterne	2
2.2.4	Definizione e caratteristiche delle zone	2
2.3	<i>Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne</i>	2
2.4	<i>Valutazione dei rischi</i>	3
2.5	<i>Conclusioni</i>	3
2.6	<i>Appendici</i>	4
2.6.1	Caratteristiche della struttura	4
2.6.2	Caratteristiche delle linee elettriche	4
2.6.3	Caratteristiche delle zone.....	4
2.6.4	Frequenza di danno	5
2.6.5	Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi	6
2.6.6	Valori delle probabilità per la struttura non protetta	7
2.6.7	Disegno della struttura	8
2.6.8	Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD	8
2.6.9	Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM	9
3.	Edificio "B"	9
3.1	<i>Individuazione della struttura</i>	9
3.2	<i>Dati iniziali</i>	9
3.2.1	Densità annua di fulmini a terra	9
3.2.2	Dati relativi alla struttura	9
3.2.3	Dati relativi alle linee elettriche esterne	10
3.2.4	Definizione e caratteristiche delle zone	10
3.3	<i>Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne</i>	10
3.4	<i>Valutazione dei rischi</i>	11
3.5	<i>Conclusioni</i>	11
3.6	<i>Appendici</i>	12
3.6.1	Caratteristiche della struttura	12
3.6.2	Caratteristiche delle linee elettriche	12
3.6.3	Caratteristiche delle zone.....	12
3.6.4	Frequenza di danno	14
3.6.5	Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi	14
3.6.6	Valori delle probabilità per la struttura non protetta	15
3.6.7	Disegno della struttura	16
3.6.8	Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura A _D	16
3.6.9	Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura A _M	17
4.	Edificio "C"	17

4.1	<i>Individuazione della struttura</i>	17
4.2	<i>Dati iniziali</i>	17
4.2.1	Densità annua di fulmini a terra	17
4.2.2	Dati relativi alla struttura	17
4.2.3	Dati relativi alle linee elettriche esterne	18
4.2.4	Definizione e caratteristiche delle zone	18
4.3	<i>Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne</i>	18
4.4	<i>Valutazione dei rischi</i>	19
4.5	<i>Conclusioni</i>	19
4.6	<i>Appendici</i>	20
4.6.1	Caratteristiche della struttura	20
4.6.2	Caratteristiche delle linee elettriche	20
4.6.3	Caratteristiche delle zone	20
4.6.4	Frequenza di danno	22
4.6.5	Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi	22
4.6.6	Valori delle probabilità per la struttura non protetta	23

1. Premessa

La presente relazione di verifica di protezione contro le scariche atmosferiche è relativa agli edifici A, B e C del nuovo plesso scolastico previsto nell'area tra via 4 Novembre, via Brera e via Fratelli Bandiera nel comune di Inveruno.

La verifica sopracitata è stata condotta sulla base delle seguenti Norme:

- CEI 81-10/1 "Protezione contro i fulmini. - Parte 1: Principi generali";
- CEI 81-10/2 "Protezione contro i fulmini. - Parte 2: Valutazione del rischio", in seguito denominata Norma;
- CEI 81-10/3 "Protezione contro i fulmini. - Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone";
- CEI 81-10/4 "Protezione contro i fulmini. - Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";
- CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI 81-10";
- CEI 81-30 "Protezione contro i fulmini. Reti di localizzazione fulmini (LLS). Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di N_t (Norma CEI 81-10/2)".

2. Edificio “A”

2.1 Individuazione della struttura

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

2.2 Dati iniziali

2.2.1 Densità annua di fulmini a terra

La densità annuale di fulmini al suolo relativa alla zona ove è situata la struttura (latitudine 45,517036° N - longitudine: 8,851805° E) risulta:

$$N_t = 3,02 \text{ fulmini/km}^2 \cdot \text{anno}$$

2.2.2 Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura è riportata nel disegno allegato.

La destinazione d'uso prevalente della struttura è scolastico.

In accordo con la Norma per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve essere calcolato il rischio R_1 (perdita di vite umane).

2.2.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- linea d'energia in media tensione;
- linea di telecomunicazioni.

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle linee elettriche".

2.2.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro l'impulso elettromagnetico;
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare la natura degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

- Z_1 : "interno";
- Z_2 : "esterno".

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle zone".

2.3 Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne

Le seguenti grandezze:

- area di raccolta A_D dei fulmini diretti sulla struttura;
- area di raccolta A_M dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte;

sono state valutate graficamente secondo il metodo indicato nella Norma e sono riportate sui disegni allegati.

Le aree di raccolta A_L ed A_I di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma.

I valori delle aree di raccolta "A" ed i relativi numeri d'eventi pericolosi all'anno "N" sono riportati nell'appendice "Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi".

I valori delle probabilità di danno "P" per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'appendice "Valori delle probabilità per la struttura non protetta".

2.4 Valutazione dei rischi

I valori delle componenti ed il valore del rischio R_1 sono di seguito indicati.

Zona Z_1 "interno":

$$R_A = 1,07 \cdot 10^{-9}$$

$$R_B = 2,69 \cdot 10^{-7}$$

$$R_{U \text{ (imp. elettrico)}} = 1,65 \cdot 10^{-11}$$

$$R_{V \text{ (imp. elettrico)}} = 4,13 \cdot 10^{-9}$$

$$R_{U \text{ (rete dati)}} = 1,38 \cdot 10^{-10}$$

$$R_{V \text{ (rete dati)}} = 3,44 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{1Z1} = R_A + R_B + R_{U \text{ (imp. elettrico)}} + R_{V \text{ (imp. elettrico)}} + R_{U \text{ (rete dati)}} + R_{V \text{ (rete dati)}} = 3,09 \cdot 10^{-7}$$

Zona Z_2 "esterno":

$$R_A = 8,62 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{1Z2} = R_A = 8,62 \cdot 10^{-8}$$

Il valore totale del rischio per la struttura vale:

$$R_1 = R_{1Z1} + R_{1Z2} = 3,95 \cdot 10^{-7}$$

Considerando che il rischio accettabile vale:

$$R_T = 1 \cdot 10^{-5}$$

Essendo:

$$R_1 < R_T$$

l'edificio è da ritenersi autoprotetto sia contro le fulminazioni dirette che contro le fulminazioni indirette.

2.5 Conclusioni

Per il volume costituente il fabbricato oggetto della presente relazione il rischio di fulminazione diretta ed indiretta risulta inferiore al rischio accettabile, pertanto non è necessaria alcuna misura di protezione contro le scariche atmosferiche.

2.6 Appendici

2.6.1 Caratteristiche della struttura

Coefficiente di posizione: isolata ($C_D = 1$).

Schermo esterno alla struttura: assente.

2.6.2 Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: energia.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/bt.

Lunghezza: $L = 1000$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate: $1 < R \leq 5 \Omega/km$

Caratteristiche della linea: telecomunicazioni.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata.

Lunghezza: $L = 1000$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano

2.6.3 Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: interno.

Tipo di zona: interna.

Tipo di pavimentazione: legno e linoleum ($r_t = 0,00001$).

Rischio d'incendio: ridotto ($r_f = 0,001$).

Pericoli particolari: medio rischio di panico ($h = 5$).

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$).

Schermatura di zona: assente.

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Impianto interno: impianto elettrico:

– alimentato dalla: linea d'energia;

- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 2,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Impianto interno: rete dati:

- alimentato dalla: linea telecomunicazioni;
- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 1,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Valori medi delle perdite per la zona: interno.

Numero di persone nella zona: 350

Numero totale di persone nella struttura: 350

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 2'000 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = L_U = 2,28 \cdot 10^{-8}$

Perdita per danno fisico $L_B = L_V = 5,70 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: interno: R_A, R_B, R_U, R_V .

Caratteristiche della zona: esterno.

Tipo di zona: esterna.

Tipo di suolo: erba ($r_t = 0,01$).

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Valori medi delle perdite per la zona: esterno.

Numero di persone nella zona: 350

Numero totale di persone nella struttura: 350

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 160 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = 1,83 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: esterno: R_A .

2.6.4 Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile $F_T = 0,1$

Non è stata considerata la perdita di animali.

Applicazione del coefficiente r_f alla probabilità di danno PEB e PB: no.

Applicazione del coefficiente r_t alla probabilità di danno PTA e PTU: no.

FS_1 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura.

FS_2 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura.

FS_3 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura.

FS_4 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura.

Zona Z_1 : interno.

$$FS_1 = 4,71 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_2 = 3,55 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_3 = 7,06 \cdot 10^{-3}$$

$$FS_4 = 3,02 \cdot 10^{-1}$$

$$\text{Totale} = 3,92 \cdot 10^{-1}$$

Zona Z_2 : esterno.

$$FS_1 = 0$$

$$FS_2 = 0$$

$$FS_3 = 0$$

$$FS_4 = 0$$

$$\text{Totale} = 0$$

2.6.5 Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi

Struttura:

- area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_D = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_M = 4,88 \cdot 10^{-1} \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_D = 4,71 \cdot 10^{-2}$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_M = 1,47$

Linee elettriche:

linea d'energia:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,040000 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 4,000000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,001208$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,120800$

linea di telecomunicazione:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,040000 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 4,000000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,006040$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,604000$

2.6.6 Valori delle probabilità per la struttura non protetta

Zona Z_1 : interno

$$P_A = 1,00$$

$$P_B = 1,00$$

$$P_C \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_C \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_C = 1,00$$

$$P_M \text{ (imp. elettrico)} = 6,40 \cdot 10^{-3}$$

$$P_M \text{ (rete dati)} = 1,78 \cdot 10^{-2}$$

$$P_M = 2,41 \cdot 10^{-2}$$

$$P_U \text{ (imp. elettrico)} = 0,60$$

$$P_V \text{ (imp. elettrico)} = 0,60$$

$$P_W \text{ (imp. elettrico)} = 0,60$$

$$P_Z \text{ (imp. elettrico)} = 0$$

$$P_U \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_V \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_W \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_Z \text{ (rete dati)} = 0,50$$

Zona Z_2 : esterno

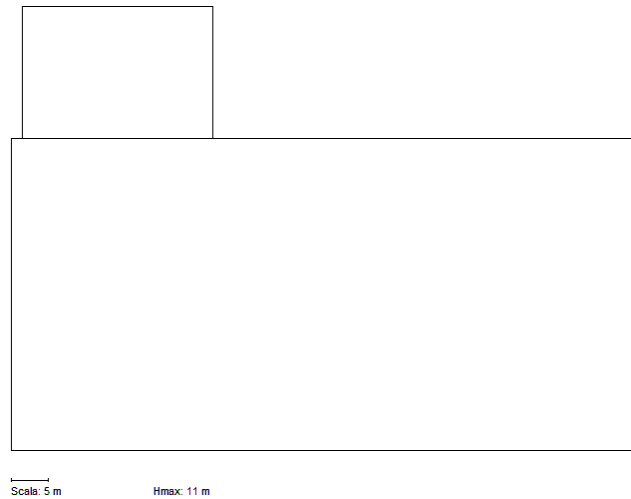
$$P_A = 1,00$$

$$P_B = 1,00$$

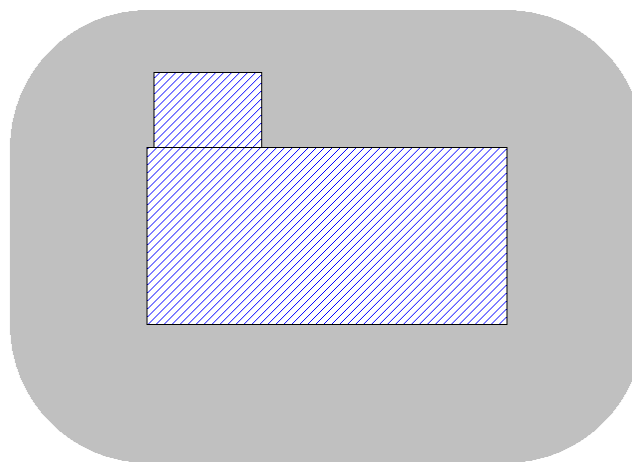
$$P_C = 0$$

$$P_M = 0$$

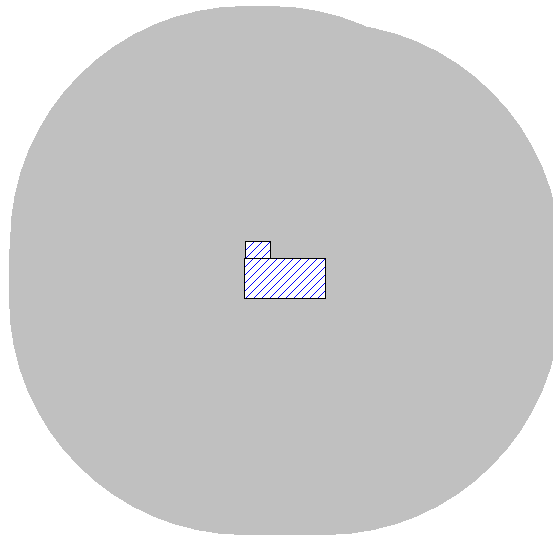
2.6.7 Disegno della struttura



2.6.8 Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD



2.6.9 Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM



3. Edificio "B"

3.1 Individuazione della struttura

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

3.2 Dati iniziali

3.2.1 Densità annua di fulmini a terra

La densità annuale di fulmini al suolo relativa alla zona ove è situata la struttura (latitudine 45,517036° N - longitudine: 8,851805° E) risulta:

$$N_t = 3,02 \text{ fulmini/km}^2 \cdot \text{anno}$$

3.2.2 Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura è riportata nel disegno allegato.

La destinazione d'uso prevalente della struttura è scolastico.

In accordo con la Norma per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve essere calcolato il rischio R_1 (perdita di vite umane).

3.2.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- linea d'energia;
- linea di telecomunicazioni.

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle linee elettriche".

3.2.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro l'impulso elettromagnetico;
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare la natura degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

- Z_1 : "interno";
- Z_2 : "esterno".

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle zone".

3.3 Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne

Le seguenti grandezze:

- area di raccolta A_D dei fulmini diretti sulla struttura;
- area di raccolta A_M dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte;

sono state valutate graficamente secondo il metodo indicato nella Norma e sono riportate sui disegni allegati.

Le aree di raccolta A_L ed A_I di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma.

I valori delle aree di raccolta "A" ed i relativi numeri d'eventi pericolosi all'anno "N" sono riportati nell'appendice "Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi".

I valori delle probabilità di danno "P" per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'appendice "Valori delle probabilità per la struttura non protetta".

3.4 Valutazione dei rischi

I valori delle componenti ed il valore del rischio R_1 sono di seguito indicati.

Zona Z_1 "interno":

$$R_A = 9,92 \cdot 10^{-10}$$

$$R_B = 2,48 \cdot 10^{-7}$$

$$R_{U \text{ (imp. elettrico)}} = 1,08 \cdot 10^{-9}$$

$$R_{V \text{ (imp. elettrico)}} = 2,71 \cdot 10^{-7}$$

$$R_{U \text{ (rete dati)}} = 1,08 \cdot 10^{-9}$$

$$R_{V \text{ (rete dati)}} = 2,71 \cdot 10^{-7}$$

$$R_{1Z1} = R_A + R_B + R_{U \text{ (imp. elettrico)}} + R_{V \text{ (imp. elettrico)}} + R_{U \text{ (rete dati)}} + R_{V \text{ (rete dati)}} = 7,92 \cdot 10^{-7}$$

Zona Z_2 "esterno":

$$R_A = 7,96 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{1Z2} = R_A = 7,96 \cdot 10^{-8}$$

Il valore totale del rischio per la struttura vale:

$$R_1 = R_{1Z1} + R_{1Z2} = 8,72 \cdot 10^{-7}$$

Considerando che il rischio accettabile vale:

$$R_T = 1 \cdot 10^{-5}$$

Essendo:

$$R_1 < R_T$$

l'edificio è da ritenersi autoprotetto sia contro le fulminazioni dirette che contro le fulminazioni indirette.

3.5 Conclusioni

Per il volume costituente il fabbricato oggetto della presente relazione il rischio di fulminazione diretta ed indiretta risulta inferiore al rischio accettabile, pertanto non è necessaria alcuna misura di protezione contro le scariche atmosferiche.

3.6 Appendici

3.6.1 Caratteristiche della struttura

Coefficiente di posizione: isolata ($C_D = 1$).

Schermo esterno alla struttura: assente.

3.6.2 Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: energia.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata.

Lunghezza: $L = 60$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano.

Dimensioni della struttura dalla quale proviene la linea:

- lunghezza = 86,6 m
- larghezza = 42,4 m
- altezza = 11 m

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (C_D): isolata.

Caratteristiche della linea: telecomunicazioni.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata.

Lunghezza: $L = 60$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano.

Dimensioni della struttura dalla quale proviene la linea:

- lunghezza = 86,6 m
- larghezza = 42,4 m
- altezza = 11 m

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (C_D): isolata.

3.6.3 Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: interno.

Tipo di zona: interna.

Tipo di pavimentazione: legno e linoleum ($r_t = 0,00001$).

Rischio d'incendio: ridotto ($r_f = 0,001$).

Pericoli particolari: medio rischio di panico ($h = 5$).

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$).

Schermatura di zona: assente.

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Impianto interno: impianto elettrico:

- alimentato dalla: linea d'energia;
- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 2,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Impianto interno: rete dati:

- alimentato dalla: linea telecomunicazioni;
- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 1,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Valori medi delle perdite per la zona: interno.

Numero di persone nella zona: 400

Numero totale di persone nella struttura: 400

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 2'000 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = L_U = 2,28 \cdot 10^{-8}$

Perdita per danno fisico $L_B = L_V = 5,70 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: interno: R_A, R_B, R_U, R_V .

Caratteristiche della zona: esterno.

Tipo di zona: esterna.

Tipo di suolo: erba ($r_t = 0,01$).

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Valori medi delle perdite per la zona: esterno.

Numero di persone nella zona: 400

Numero totale di persone nella struttura: 400

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 160 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = 1,83 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: esterno: R_A .

3.6.4 Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile $F_T = 0,1$

Non è stata considerata la perdita di animali.

Applicazione del coefficiente r_f alla probabilità di danno PEB e PB: no.

Applicazione del coefficiente r_t alla probabilità di danno PTA e PTU: no.

FS_1 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura.

FS_2 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura.

FS_3 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura.

FS_4 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura.

Zona Z_1 : interno.

$$FS_1 = 4,35 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_2 = 3,47 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_3 = 9,49 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_4 = 2,90 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Totale} = 2,02 \cdot 10^{-1}$$

Zona Z_2 : esterno.

$$FS_1 = 0$$

$$FS_2 = 0$$

$$FS_3 = 0$$

$$FS_4 = 0$$

$$\text{Totale} = 0$$

3.6.5 Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi

Struttura:

- area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_D = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_M = 4,77 \cdot 10^{-1} \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_D = 4,35 \cdot 10^{-2}$

- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_M = 1,44$

Linee elettriche:

linea d'energia:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,002400 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 0,240000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,000362$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,036240$

linea di telecomunicazione:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,002400 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 0,240000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,000362$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,036240$

3.6.6 Valori delle probabilità per la struttura non protetta

Zona Z_1 : interno

$$P_A = 1,00$$

$$P_B = 1,00$$

$$P_C \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_C \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_C = 1,00$$

$$P_M \text{ (imp. elettrico)} = 6,40 \cdot 10^{-3}$$

$$P_M \text{ (rete dati)} = 1,78 \cdot 10^{-2}$$

$$P_M = 2,41 \cdot 10^{-2}$$

$$P_U \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_V \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_W \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_Z \text{ (imp. elettrico)} = 0,30$$

$$P_U \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_V \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_W \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_Z \text{ (rete dati)} = 0,50$$

Zona Z_2 : esterno

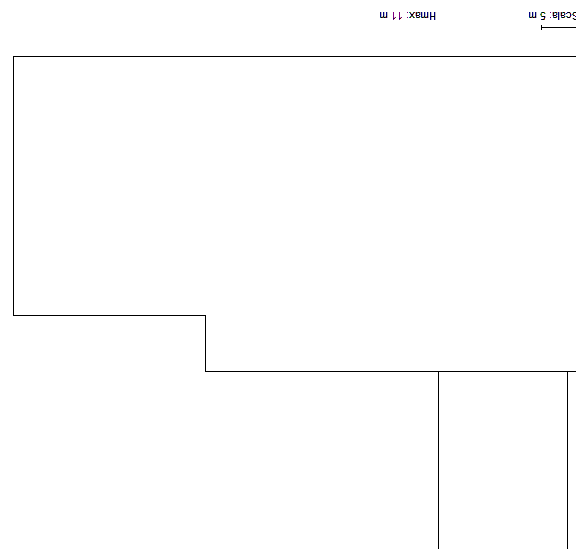
$$P_A = 1,00$$

$$P_B = 1,00$$

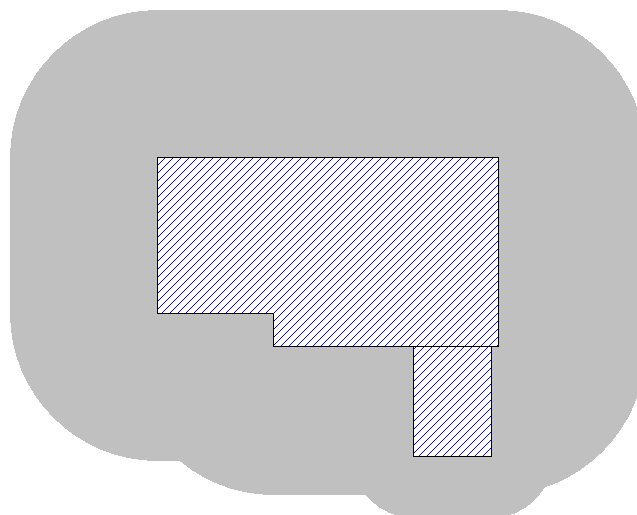
$$P_C = 0$$

$$P_M = 0$$

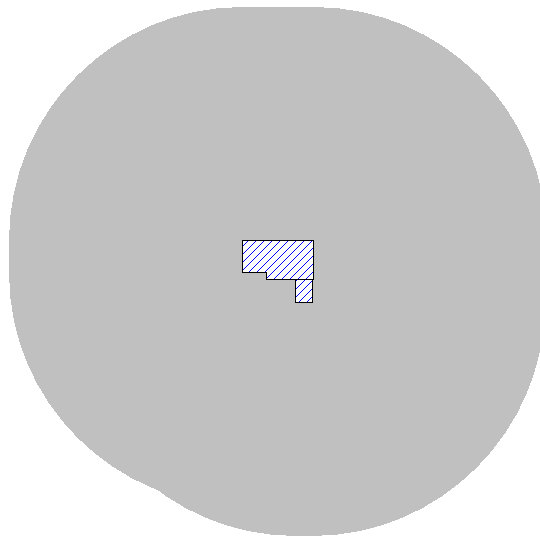
3.6.7 Disegno della struttura



3.6.8 Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura A_D



3.6.9 Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura A_M



4. Edificio "C"

4.1 Individuazione della struttura

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4.2 Dati iniziali

4.2.1 Densità annua di fulmini a terra

La densità annuale di fulmini al suolo relativa alla zona ove è situata la struttura (latitudine 45,517036° N - longitudine: 8,851805° E) risulta:

$$N_t = 3,02 \text{ fulmini/km}^2 \cdot \text{anno}$$

4.2.2 Dati relativi alla struttura

Le dimensioni massime della struttura sono:

- lunghezza = 22,4 m
- larghezza = 16,3 m
- altezza = 11 m

La destinazione d'uso prevalente della struttura è scolastico.

In accordo con la Norma per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve essere calcolato il rischio R_1 (perdita di vite umane).

4.2.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- linea d'energia;
- linea di telecomunicazioni.

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle linee elettriche".

4.2.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro l'impulso elettromagnetico;
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare la natura degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

- Z_1 : "interno";
- Z_2 : "esterno".

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'appendice "Caratteristiche delle zone".

4.3 Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne

Le seguenti grandezze:

- area di raccolta A_D dei fulmini diretti sulla struttura;
- area di raccolta A_M dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte;
- aree di raccolta A_L ed A_I di ciascuna linea elettrica esterna;

sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma.

I valori delle aree di raccolta "A" ed i relativi numeri d'eventi pericolosi all'anno "N" sono riportati nell'appendice "Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi".

I valori delle probabilità di danno "P" per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'appendice "Valori delle probabilità per la struttura non protetta".

4.4 Valutazione dei rischi

I valori delle componenti ed il valore del rischio R_1 sono di seguito indicati.

Zona Z_1 "interno":

$$R_A = 1,31 \cdot 10^{-10}$$

$$R_B = 3,28 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{U \text{ (imp. elettrico)}} = 3,27 \cdot 10^{-10}$$

$$R_{V \text{ (imp. elettrico)}} = 8,16 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{U \text{ (rete dati)}} = 3,27 \cdot 10^{-10}$$

$$R_{V \text{ (rete dati)}} = 8,16 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{1Z1} = R_A + R_B + R_{U \text{ (imp. elettrico)}} + R_{V \text{ (imp. elettrico)}} + R_{U \text{ (rete dati)}} + R_{V \text{ (rete dati)}} = 1,97 \cdot 10^{-7}$$

Zona Z_2 "esterno":

$$R_A = 3,50 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{1Z2} = R_A = 3,50 \cdot 10^{-8}$$

Il valore totale del rischio per la struttura vale:

$$R_1 = R_{1Z1} + R_{1Z2} = 2,32 \cdot 10^{-7}$$

Considerando che il rischio accettabile vale:

$$R_T = 1 \cdot 10^{-5}$$

Essendo:

$$R_1 < R_T$$

l'edificio è da ritenersi autoprotetto sia contro le fulminazioni dirette che contro le fulminazioni indirette.

4.5 Conclusioni

Per il volume costituente il fabbricato oggetto della presente relazione il rischio di fulminazione diretta ed indiretta risulta inferiore al rischio accettabile, pertanto non è necessaria alcuna misura di protezione contro le scariche atmosferiche.

4.6 Appendici

4.6.1 Caratteristiche della struttura

Coefficiente di posizione: isolata ($C_D = 1$).

Schermo esterno alla struttura: assente.

4.6.2 Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: energia.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata.

Lunghezza: $L = 90$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano.

Dimensioni della struttura dalla quale proviene la linea:

- lunghezza = 86,6 m
- larghezza = 42,4 m
- altezza = 11 m

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (C_D): isolata.

Caratteristiche della linea: telecomunicazioni.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata.

Lunghezza: $L = 90$ m

Resistività del terreno: $\rho = 400 \Omega \cdot m$

Coefficiente ambientale (C_E): urbano.

Dimensioni della struttura dalla quale proviene la linea:

- lunghezza = 86,6 m
- larghezza = 42,4 m
- altezza = 11 m

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (C_D): isolata.

4.6.3 Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: interno.

Tipo di zona: interna.

Tipo di pavimentazione: legno ($r_t = 0,00001$).

Rischio d'incendio: ridotto ($r_f = 0,001$).

Pericoli particolari: medio rischio di panico ($h = 5$).

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$).

Schermatura di zona: assente.

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Impianto interno: impianto elettrico:

- alimentato dalla: linea d'energia;
- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 2,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Impianto interno: rete dati:

- alimentato dalla: linea telecomunicazioni;
- tipo di circuito: conduttori attivi e conduttore di protezione con lo stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{S3} = 0,2$);
- tensione di tenuta: 1,5 kV;
- sistema di SPD: assente ($P_{SPD} = 1$).

Valori medi delle perdite per la zona: interno.

Numero di persone nella zona: 210

Numero totale di persone nella struttura: 210

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 600 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = L_U = 6,85 \cdot 10^{-9}$

Perdita per danno fisico $L_B = L_V = 1,71 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: interno: R_A, R_B, R_U, R_V .

Caratteristiche della zona: esterno.

Tipo di zona: esterna.

Tipo di suolo: erba ($r_t = 0,01$).

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna.

Valori medi delle perdite per la zona: esterno.

Numero di persone nella zona: 210

Numero totale di persone nella struttura: 210

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona: 160 h/anno

Perdita per tensioni di contatto e di passo $L_A = 1,83 \cdot 10^{-6}$

Componenti di rischio presenti nella zona: esterno: R_A .

4.6.4 Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile $F_T = 0,1$

Non è stata considerata la perdita di animali.

Applicazione del coefficiente r_f alla probabilità di danno PEB e PB: no.

Applicazione del coefficiente r_t alla probabilità di danno PTA e PTU: no.

FS_1 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura.

FS_2 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura.

FS_3 = frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura.

FS_4 = frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura.

Zona Z_1 : interno.

$$FS_1 = 1,91 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_2 = 2,99 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_3 = 9,53 \cdot 10^{-2}$$

$$FS_4 = 4,35 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Totale} = 1,88 \cdot 10^{-1}$$

Zona Z_2 : esterno.

$$FS_1 = 0$$

$$FS_2 = 0$$

$$FS_3 = 0$$

$$FS_4 = 0$$

$$\text{Totale} = 0$$

4.6.5 Aree di raccolta e numero annuo d'eventi pericolosi

Struttura:

– area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_D = 6,34 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

- area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_M = 4,12 \cdot 10^{-1} \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_D = 1,91 \cdot 10^{-2}$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_M = 1,24$

Linee elettriche:

linea d'energia:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,003600 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 0,24360000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,000544$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,054360$

linea di telecomunicazione:

- area di raccolta per fulminazione diretta $A_L = 0,003600 \text{ km}^2$
- area di raccolta per fulminazione indiretta $A_I = 0,360000 \text{ km}^2$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione diretta $N_L = 0,000544$
- numero d'eventi pericolosi per fulminazione indiretta $N_I = 0,054360$

4.6.6 Valori delle probabilità per la struttura non protetta

Zona Z_1 : interno

$$P_A = 1,00$$

$$P_B = 1,00$$

$$P_C \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_C \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_C = 1,00$$

$$P_M \text{ (imp. elettrico)} = 6,40 \cdot 10^{-3}$$

$$P_M \text{ (rete dati)} = 1,78 \cdot 10^{-2}$$

$$P_M = 2,41 \cdot 10^{-2}$$

$$P_U \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_V \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_W \text{ (imp. elettrico)} = 1,00$$

$$P_Z \text{ (imp. elettrico)} = 0,30$$

$$P_U \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_V \text{ (rete dati)} = 1,00$$

$$P_W \text{ (rete dati)} = 1,00$$

P_Z (rete dati) = 0,50

Zona Z_2 : esterno

P_A = 1,00

P_B = 1,00

P_C = 0

P_M = 0

Cornaredo, 18 dicembre 2019

Incaricato Arch. Marta Ciolino

