



# REGIONE MOLISE

COMUNE DI ISERNIA

- Provincia di Isernia -



## PROGETTO ESECUTIVO

|              |   |
|--------------|---|
| Committente: | COMUNE DI ISERNIA   |
| Progettista: | dott. ing. Giancarlo Chiacchiari<br><br>Via Libero Testa, 75 86170 Isernia<br>Tel. 0865410224 Fax 0865410224<br>E-mail: giancarlochiacchiari@libero.it |

|         |   |
|---------|---|
| TAVOLA  | Relazione di valutazione del rischio di fulminazione              |
| OGGETTO | Realizzazione di una palestra in adiacenza alla sede del          |
|         | plesso scolastico "Vittorio Tagliente" nel quartiere San Lazzaro. |
|         | In catasto al Foglio 80, particella 434.                          |
| SCALA   |   |
| DATA    | Settembre 2020  |

CODICE E R 1 1

REV. A 0 0



PROGETTISTA

DIRETTORE DEI LAVORI

IMPRESA ESECUTRICE

CALCOLATORE

COLLAUDATORE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. NORMATIVA E DATI DER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>3. CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA.....</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>4. PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI INDIRETTE .....</b>     | <b>9</b>  |
| <b>5. CONCLUSIONI .....</b>                                     | <b>10</b> |

## **RELAZIONE TECNICA**

### **Valutazione del rischio di fulminazione**

(Norme CEI 81-10/1-2-3-4) (EN 62305/1-2-3-4)

#### **1. PREMESSA**

La presente relazione si riferisce alla valutazione del rischio di fulminazione di un impianto sportivo di prossima realizzazione nel Comune di Isernia (IS) nel quartiere San Lazzaro in adiacenza al plesso scolastico “Vittorio Tagliente”.

L’edificio ha un piano terra adibito a campo di gioco, spogliatoi/docce e locali tecnici di servizio e un primo piano posto sopra la zona spogliatoi adibito a tribune spettatori e ballatoio di collegamento con il piano sottostante realizzato con una scala in calcestruzzo gettata in opera e una piattaforma elevatrice per le persone diversamente abili.

La struttura portante è realizzata con pilastri e travi in cemento armato prefabbricato con copertura in tegoli prefabbricati ed anche tamponatura perimetrale in pannelli prefabbricati.

L’impianto sportivo avrà una capienza inferiore a 100 persone divise tra atleti e spettatori.

L’impianto di riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria è affidata a pompe di calore rispettivamente aria/acqua e aria/aria.

La copertura ospita un impianto fotovoltaico da 21 kW ed un impianto solare termico con 10 pannelli per una superficie di 25 mq.

Le linee afferenti la struttura sono due: linea energia elettrica e linea telecomunicazioni entrambe interrate.

Per tale struttura si è deciso di valutare il solo rischio legato alla perdita di vite umane (fattore  $R_1$ ). La valutazione di natura economica volta ad accertare la convenienza dell’adozione di misure di protezione non è stata effettuata considerata bassa la probabilità di fulminazione e minimi i relativi danni che l’evento può causare.

Allo scopo di valutare la necessità, o meno, della protezione dovrà pertanto essere determinato il rischio  $R_1$  per la perdita di vite umane ( $L_1$ ), mediante le componenti di rischio  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_u$  e  $R_v$ , e confrontato con il valore del rischio tollerabile  $R_T = 10^{-5}$ .

## 2. NORMATIVA E DATI DER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Nella progettazione si è tenuto conto delle disposizioni di legge vigenti in materia di impiantistica elettrica quali:

- CEI 81-10/1 (EN 62305-1):  
Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 1: Principi generali.
- CEI 81-10/2 (EN 62305-2):  
Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio.
- CEI 81-10/3 (EN 62305-3):  
Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI 81-10/4 (EN 62305-4):  
Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

## 3. CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

| Parametro                          | Commento   | Simbolo  | Valore                                  |
|------------------------------------|--|----------|---|
| altezza                            | La struttura è un parallelepipedo a base rettangolare.   | H        | 9,20 m                                  |
| larghezza                          |  | L        | 33 m                                    |
| profondità                         |  | W        | 26,20 m                                 |
| Coefficiente di posizione          | Struttura situata in un'area pianeggiante con presenza di altre strutture di altezza uguale o maggiore poste a distanza.   | $C_d$    | 1                                       |
| LPS                                | Non presente   | $P_B$    | 1                                       |
| Schermatura della struttura        | Non presente   | $K_{S1}$ | 1                                       |
| Schermature interne alla struttura | Non presenti   | $K_{S2}$ | 1                                       |
| Densità di fulmini al suolo        |  | $N_t$    | 2,5<br>fulmini/(km <sup>2</sup> x anno) |
| Presenza di persone                | In favore della sicurezza è stato considerato il numero max di persone che possono essere presenti ovvero: spettatori + atleti + arbitri ed istruttori. Questa condizione si verifica solo in occasione delle partite. | $n_t$    | 99                                      |

Si riportano di seguito i dati relativi alle linee entranti ed ai relativi impianti interni rispettivamente per la linea energia e la linea di telecomunicazione.

### LINEA ENERGIA

| Parametro                                 | Commento   | Simbolo  | Valore |
|---|--|----------|--------|
| Lunghezza                                 |  | $L_c$    | 100 m  |
| Coefficiente di installazione             | Interrata  | $C_i$    | 0,5    |
| Trasformatore                             | Non presente   | $C_t$    | 1      |
| Coefficiente ambientale                   | Suburbana  | $C_e$    | 0,5    |
| Schermatura della linea (ohm/km)          | No   | $P_{LD}$ | 1      |
| Schermatura, messa a terra, separazione   | Schermo connesso alla stessa barra equipotenziale degli apparati | $C_{ld}$ | 1      |
| Struttura adiacente                       | Nessuna  |          |        |
| Tensione di tenuta degli apparati interni | $U_w = 2,5 \text{ kV}$   | $K_{S4}$ | 0,4    |
|   |  | $P_{LD}$ | 0,6    |
|   |  | $P_{LI}$ | 0,3    |

### LINEA TELECOMUNICAZIONI

| Parametro                                 | Commento   | Simbolo  | Valore |
|---|--|----------|--------|
| Lunghezza                                 |  | $L_l$    | 70 m   |
| Coefficiente di installazione             | Interrata  | $C_i$    | 0,5    |
| Trasformatore                             | Non presente   | $C_t$    | 1      |
| Coefficiente ambientale                   | Suburbana  | $C_e$    | 0,5    |
| Schermatura della linea (ohm/km)          | No   | $P_{LD}$ | 1      |
| Schermatura, messa a terra, separazione   | Schermo connesso alla stessa barra equipotenziale degli apparati | $C_{ld}$ | 1      |
| Struttura adiacente                       | Nessuna  |          |        |
| Tensione di tenuta degli apparati interni | $U_w = 1,5 \text{ kV}$   | $K_{S4}$ | 0,67   |
|   |  | $P_{LD}$ | 0,8    |
|   |  | $P_{LI}$ | 0,5    |

La struttura che si vuole proteggere coincide con l'intero edificio pertanto le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

Individuata la struttura da proteggere, i servizi (linee esterne) entranti, gli impianti interni e noti tutti i dati iniziali necessari per la valutazione di:

- frequenza di fulminazione diretta ed indiretta
- tipo del rischio ed entità del danno
- probabilità di danno

si passa ai possibili tipi di rischio associabili alla struttura.

Come abbiamo detto in premessa è stato valutato il solo rischio legato alla perdita di vite umane (fattore R1) dal suo confronto con il rischio tollerabile dalla struttura (RT) si stabilirà l'autoprotezione della struttura ( $R1 < RT$ ).

Di seguito si riportano i valori caratteristici della struttura considerata come unica zona evidenziando come i fattori di pericolo per perdite di vite umane siano stati pesati secondo la percentuale di persone ad essa afferenti.

#### ZONA: INTERO EDIFICIO

| Parametro  | Commento   | Simbolo   | Valore  |
|--|--|-----------|---------|
| Tipo di suolo all'esterno                            | Cemento  | $r_a$     | 0,01    |
| Protezione contro le tensioni di passo e di contatto | No   | $P_A$     | 1       |
| Perdita per tensioni di passo e di contatto          | Si   | $L_t$     | 0,01    |
| Persone in pericolo nella zona esterna               |  |           | 10      |
| Tipo di pavimento all'interno della struttura        | Massetto su pannello radiante                    | $r_u$     | 0,00001 |
| Rischio di incendio                                  | Ordinario  | $r_f$     | 0,01    |
| Protezione struttura mediante LPS                    | Nessuno LPS                                      | $P_B$     | 1       |
| Protezione antincendio                               | estintori a polvere da 6 kg                      | $r_p$     | 0,5     |
| Schermatura locale interna                           | No   | $K_{S2}$  | 1       |
| Energia: Cablaggio interno                           | Non schermato (conduttori nello stesso condotto) | $K_{S3}$  | 0,2     |
| Sistema di SPD                                       | Nessuna  | $P_{SPD}$ | 1       |
| Telecomunicazioni: Cablaggio interno                 | Non schermato                                    | $K_{S3}$  | 1       |
| Sistema di SPD                                       | Nessuna  | $P_{SPD}$ | 1       |
| L1: Perdita vite umane                               | Pericoli particolari: Nessuno                    | $h_z$     | 5       |
|  | D1: tensioni di contatto e passo                 | $L_t$     | 0,01    |
|  | D2: danno materiale                              | $L_f$     | 0,01    |
|  | D3: guasto degli impianti interni                | $L_o$     | 0,0001  |
| Persone in pericolo all'interno della struttura      |  |           | 304     |

La struttura appartiene ai luoghi a rischio di incendio ordinario non sono presenti sostanze infiammabili e le condizioni degli ambienti offrono scarse possibilità di principi di incendio e di propagazione dello stesso.

Nonostante ciò poiché ci troviamo in un palazzetto il sottoscritto ha ritenuto di considerare un panico di tipo medio e quindi un coefficiente di incremento del pericolo pari a 5.

Nell'edificio non sono presenti impianti sensibili.

Si procede quindi alla valutazione del rischio di perdite umane  $R1 = Ra + Rb + Ru + Rv$ .

Le componenti di rischio da considerare sono:

**Ra** questa componente di rischio tiene conto dei danni arrecati agli esseri umani, ad esempio per generazione di tensioni di passo o contatto altrimenti nulle. Questa componente viene valutata solo nel caso di perdite umane e nel caso di perdite economiche qualora la struttura in esame sia di tipo agricolo (in cui c'è la possibilità di perdita di animali).

**Rb** questa componente di rischio prende in considerazione le perdite legate alla nascita di incendi in seguito all'innescio dovuto alle scariche elettriche che si possono manifestare all'interno della struttura; tale fattore verrà valutato per tutti i tipi di perdite.

**Ru** questa componente di rischio valuta il pericolo legato alle tensioni di contatto che si possono avere quando un fulmine colpisce direttamente le linee entranti nella struttura; tale termine si valuta quando si riscontra il pericolo di perdite umane o il pericolo di perdite economiche nel caso in cui nella struttura siano presenti animali (come nel caso di aziende agricole).

**Rv** questa componente di rischio tiene conto dei danni che una sovratensione sugli impianti può causare alla struttura (incendi, esplosione, ecc.); per la sua natura tale componente deve essere valutata per qualsiasi perdita che si possa manifestare.

### **Determinazione di Ra**

La componente di rischio  $Ra = Nd * Pa * ra * La$

dove:

$Nd$  è la frequenza di fulminazione diretta della struttura ( $n^\circ$  di fulmini/anno);

$Pa$  è la probabilità che una fulminazione diretta sulla struttura causi danni alle persone a causa di tensioni di passo e/o di contatto;

$ra$  è il coefficiente di riduzione del rischio secondo il tipo di suolo;

$La$  indica l'entità del possibile danno che un fulmine potrebbe causare ad una struttura.

La frequenza di fulminazione  $N_d = N_t * C_d * A_d$

dove:

$N_t$  è il valore di fulmini a terra all'anno e al km<sup>2</sup>;

$C_d$  è il coefficiente di posizione;

$A_d$  è l'area di raccolta della struttura.

Con il termine area di raccolta si indica la misura della superficie al terreno che ha la stessa frequenza annuale di fulminazioni dirette della struttura.

L'area di raccolta è definita dall'intersezione tra la superficie del suolo e la retta con pendenza 1/3 che passa tra le parti più elevate della struttura (toccandole) e ruota attorno ad essa.

Per una struttura di forma complessa l'area di raccolta va calcolata in modo grafico.

Nel nostro caso la struttura da proteggere coincide con l'intero edificio che risulta separato da altre strutture mediante spazi d'aria.

Ovviamente le dimensioni dell'edificio sono al lordo del fascione di coronamento quindi maggiori di quelle dell'edificio stesso.

Per la determinazione dell'area di raccolta è stata utilizzata una formula semplificata in quanto la struttura è un parallelepipedo uniforme (ossia base rettangolare e altezza costante).

### **Determinazione di $A_d$**

L'area di raccolta della struttura in esame di lunghezza  $L$ , profondità  $W$  ed altezza  $H$  si valuta con la formula geometrica:

$$A_d = L*W + 6*H*(L+W) + 9*\pi*H^2 = 33*26,20 + 6*9,20*(33+26,20) + 9*\pi*9,20^2 = 6523,76 \text{ m}^2.$$

Quindi

$$N_d = N_t * A_d * C_d * 10^{-6} = 2,5 * 6523,76 * 1 * 10^{-6} = 0,0163 \text{ (fulmini/anno)}.$$

### **Determinazione di $La$**

$$L_a = n_p/n_t * t_p/8760$$



dove:

$np$  è il numero di possibili vittime che potrebbero essere coinvolte in un possibile evento pericoloso;  $nt$  è il numero massimo di persone che possono essere presenti all'interno della struttura;

$tp$  è la permanenza media annuale (espressa in ore) delle persone all'interno della struttura;

8760 è il numero di ore contenute in un anno solare.

Essendo la determinazione di  $np$ ,  $nt$  e  $tp$  incerta o difficoltosa, la norma suggerisce di assumere  $La = 0,01$ .

$$Ra = Nd * Pa * ra * La = 0,0163 * 1 * 0,01 * 0,01 = 0,163 \times 10^{-5}$$

### **Determinazione di Rb**

La componente di rischio  $Rb = Nd * Pb * rp * rf * Lb$

dove:

$Nd$  è la frequenza di fulminazione diretta della struttura (n° di fulmini/anno);

$Pb$  è la probabilità che una fulminazione diretta sulla struttura causi danni materiali (alla stessa struttura o agli impianti contenuti in essa) e quindi il suo valore è strettamente legato alla presenza ed alla natura di elementi di captazione dei fulmini (LPS);

$rp$  è il coefficiente di riduzione del rischio secondo il tipo di sistema antincendio adottato nella struttura;

$rf$  è il coefficiente di riduzione del rischio secondo il grado di rischio di incendio della struttura moltiplicato per un coefficiente di incremento che tiene conto della presenza di particolari pericoli derivanti dall'innescio di un incendio;

$Lb$  indica l'entità delle perdite relative ai danni materiali che potrebbero essere generati in seguito ad una fulminazione diretta.

$$Rb = Nd * Pb * rp * rf * Lb = 0,0163 * 1 * 0,5 * 0,01 * 0,05 = 0,4075 \times 10^{-5}$$

Sono invece da trascurare le componenti  $Rm$ ,  $Rw$ ,  $Rz$ , poiché la struttura non è un ospedale né è a rischio di esplosione.

#### 4. PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI INDIRETTE

I fulmini possono causare danni ad una struttura anche se non la colpiscono direttamente; in particolare, i fulmini a terra possono generare sovratensioni sugli impianti esterni o perché colpiscono direttamente le linee entranti o le strutture da cui esse provengono, o per accoppiamento induttivo.

Le sovratensioni, in genere tra conduttori attivi e terra, sono trasmesse dagli impianti esterni alla struttura. Tali sovratensioni possono provocare danno agli impianti interni ed incendi, innescati da scariche pericolose fra impianti interni e masse.

L'adozione di un LPS e dei relativi SPD sugli impianti esterni realizza la protezione della struttura anche contro le sovratensioni trasmesse dalle linee entranti.

##### **Determinazione di Ru**

La componente di rischio  $R_u = N_l * P_u * r_u * L_u$

dove:

$N_l$  è la probabilità che una fulminazione colpisca direttamente una linea entrante nella struttura ed è legata al numero medio annuo di fulminazioni della zona ( $N_t$ ), all'area di raccolta della linea in esame ( $A_l$ ), alla presenza di trasformatori MT/BT ( $C_t$ ) e alla posizione del servizio rispetto all'ambiente circostante ( $C_d$ );

$P_u$  è la probabilità che una fulminazione diretta su una linea entrante nella struttura possa causare danno a persone tramite tensioni di contatto o di passo dipendente dalla presenza e dalla natura di sistemi di schermatura per i servizi, dalla presenza o meno e dalla natura di SPD, dalla presenza di un opportuna cartellonistica;

$r_u$  è il coefficiente di riduzione del rischio secondo il tipo di pavimentazione che abbiamo all'interno e/o all'esterno della struttura;

$L_u$  indica l'entità del possibile danno.

$$R_u = N_l * P_u * r_u * L_u = N_t * A_l * C_d * C_t * 10^{-6} * P_u * r_u * L_u$$

$$A_l = (I_c - (3 * H)) * \rho^{1/2} = (100 - (3 * 9,20)) * 300^{1/2} = 1254 \text{ m}^2$$

$$R_u = 2,5 * 1254 * 1 * 1 * 10^{-6} * 1 * 0,001 * 0,01 = 0,003135 \times 10^{-5}$$

##### **Determinazione di Rv**

La componente di rischio  $R_v = N_l * P_v * r_v * L_v$

dove:

$N_l$  è la probabilità che una fulminazione colpisca direttamente una linea entrante nella struttura ed è legata al numero medio annuo di fulminazioni della zona ( $N_t$ ), all'area di raccolta della linea in esame ( $A_l$ ), alla presenza di trasformatori MT/BT ( $C_t$ ) e alla posizione del servizio rispetto all'ambiente circostante ( $C_d$ );

$P_v$  è la probabilità che una fulminazione diretta su una linea entrante nella struttura possa causare danni materiali;

$r_v$  è il coefficiente di riduzione del rischio di valore pari al prodotto dei coefficienti visti prima per la determinazione di  $L_b$ ;

$L_v$  indica l'entità del possibile danno ed assume gli stessi valori di  $L_b$ .

$$R_v = N_l * P_v * r_v * L_v = N_t * A_l * C_d * C_t * 10^{-6} * P_v * r_v * L_v$$

$$A_l = (l_c - (3 * H)) * \rho^{1/2} = (100 - (3 * 9,20)) * 300^{1/2} = 1254 \text{ m}^2$$

$$R_v = 2,5 * 1254 * 1 * 1 * 10^{-6} * 1 * 0,001 * 0,05 = 0,01567 * 10^{-5}$$

A questo punto abbiamo tutti i componenti caratterizzanti il fattore  $R_1$ .

Rischio per fulminazione diretta della struttura:

$$R_d = R_a + R_b = (0,163 + 0,4075) * 10^{-5} = 0,0664 * 10^{-5}$$

Rischio per fulminazione indiretta della struttura:

$$R_i = R_u + R_v = (0,003135 + 0,01567) * 10^{-5} = 0,00004912 * 10^{-5}$$

Rischio complessivo:

$$R_1 = R_d + R_i = (0, + 0,) * 10^{-5} = 0,06649 * 10^{-5}$$

### **FREQUENZA DI FULMINAZIONE TOLLERABILE**

Nel caso in esame il rischio tollerabile risulta  $R_t = 10^{-5}$ .

### **VERIFICA**

Essendo  $R_1 = 0,06649 * 10^{-5} < R_t = 10^{-5}$  la struttura risulta autoprotetta.

## **5. CONCLUSIONI**

Effettuate le dovute verifiche, si può ragionevolmente ritenere che la struttura è, per sua natura ed ubicazione, autoprotetta contro la fulminazione diretta ed indiretta.

Secondo le norme CEI 81-10/1-2-3-4 (EN 62305-1/2/3/4) non occorre né un impianto di protezione di base, né un impianto integrativo.

La presenza dell'impianto fotovoltaico installato sul pannello di copertura incombustibile non comporta né un aumento dell'altezza né un aggravio del rischio incendio (già valutato ordinario a favore della sicurezza), quindi non si rende necessaria una nuova valutazione del rischio di fulminazione.

Tuttavia in assenza di parafulmine esterno, la Guida CEI 81-28, descrive l'eventuale utilizzo di un limitatore di sovratensione di tipo 2 per la protezione degli impianti fotovoltaici contro impulsi di disturbo induttivi e di linea per i lati DC e AC.

Ai fini della protezione delle apparecchiature elettroniche si consiglia di rispettare le corrispondenti misure di protezione con limitatore di sovratensione.

Sull'alimentazione BT dell'edificio è installato un SPD di Tipo 2 della DEHN modello DG M TT 275 FM, essendo l'inverter sito ad una distanza maggiore di 5 m occorre installare un altro SPD Tipo 2 prima dell'uscita AC dell'inverter sempre da collegare a terra.

Da ultimo sono installati tre SPD ad Y su ogni linea di stringa in ingresso all'inverter tra positivo e negativo collegati a terra.

Con questo circuito di protezione dalle sovratensioni siamo sicuri di proteggere l'impianto con tensione fino a 1000 V DC.

La tensione d'esercizio dei dispositivi di protezione da sovratensioni è stata scelta ovviamente superiore ad almeno il 10% della tensione a vuoto del generatore.

In forza della Legge n°186 del 1/3/1968, che individua nelle norme CEI la regola d'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

La valutazione del rischio, dovrà essere rielaborata, nel caso subentrassero nel tempo sostanziali modifiche (es. variazione dell'altezza delle strutture della zona circostante, variazione dell'altezza della struttura, modificazione delle funzioni e del contenuto della struttura, ecc.).