

## Scariche atmosferiche

Con l'incarico di provvedere alla progettazione dell'impianto elettrico di un edificio, implicitamente, il progettista è tenuto ad effettuare la verifica contro il rischio dalle scariche atmosferiche.

Questo è richiesto dalla norma CEI 64-8, al fine di garantire la sicurezza nei confronti delle persone.

La norma che disciplina la protezione dalle scariche atmosferiche è la CEI 81-10, composta di quattro fascicoli:

- parte 1 - Principi generali;
- parte 2 - Gestione del rischio;
- parte 3 - Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- parte 4 - Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.

In base alle indicazioni della norma, il progettista dovrà individuare i possibili rischi derivanti dalle scariche atmosferiche e determinare se l'edificio necessita o meno di interventi di protezione specifici.

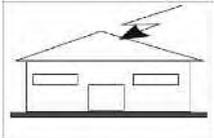
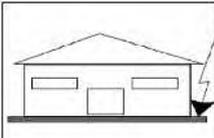
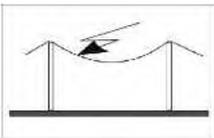
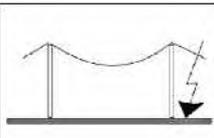
La norma suddivide le sorgenti S di danno da possibili fulminazioni in quattro categorie. Queste dipendono dal tipo di scarica elettrica, che potrà avvenire sulla struttura o su una linea elettrica (o su una linea di segnale), sia colpendole direttamente, sia colpendo il terreno vicino alla struttura o alla linea.

In conseguenza della sorgente di danno S dovuta alla scarica atmosferica, si possono determinare tre tipi di danno D:

- D1: shock elettrico per gli esseri viventi, dovuto a tensioni di contatto o di passo (la tensione di passo è la differenza di potenziale che si genera fra due differenti punti sul terreno a seguito del fulmine. In tal caso una persona camminando in prossimità di una struttura potrebbe sperimentare fra un piede e l'altro una tensione fatale);
- D2: fuoco, esplosione, effetto meccanico o rilascio di sostanze chimiche, dovuti agli effetti del fulmine, scariche distruttive comprese;
- D3: guasti agli impianti interni.

Questi danni D danno luogo a componenti di rischio R, così come indicato in tabella.

Tab. XLII. Componenti di rischio

Tipo di fulminazione	Sorgenti di danno	Componente di rischio	Significato
	S1	R <sub>A</sub>	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e di passo all'esterno della struttura
		R <sub>B</sub>	Danni materiali dovuti ad incendio o esplosione
		R <sub>C</sub>	Avarie alle apparecchiature elettriche ed elettroniche
	S2	R <sub>M</sub>	Avarie alle apparecchiature elettriche ed elettroniche
	S3	R <sub>U</sub>	Danni a persone o animali per tensioni di contatto all'interno della struttura
		R <sub>V</sub>	Danni materiali dovuti ad incendio o esplosione
		R <sub>W</sub>	Avarie alle apparecchiature elettriche ed elettroniche
	S4	R <sub>Z</sub>	Avarie alle apparecchiature elettriche ed elettroniche

A loro volta le componenti di rischio concorrono a creare quattro categorie di rischi:

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

Le relazioni fra i gruppi di rischio e le componenti singole sono più chiaramente indicate nello schema seguente.

R1: Perdita di vite umane inoltre per ospedali e ambienti a rischio esplosioni	= R <sub>A</sub> + R <sub>B</sub> + R <sub>U</sub> + R <sub>V</sub> + R <sub>C</sub> + R <sub>W</sub> + R <sub>M</sub> + R <sub>Z</sub>
R2: Perdita di pubblico servizio	= R <sub>B</sub> + R <sub>C</sub> + R <sub>V</sub> + R <sub>W</sub> + R <sub>M</sub> + R <sub>Z</sub>
R3: Perdita di beni culturali	= R <sub>B</sub> + R <sub>V</sub>
R4: Perdita economica	= R <sub>B</sub> + R <sub>C</sub> + R <sub>V</sub> + R <sub>W</sub> + R <sub>M</sub> + R <sub>Z</sub>

La valutazione del rischio dovrà essere effettuata per l'intero immobile interessato dall'impianto. Quello che dobbiamo determinare è lo specifico rischio per ogni categoria R, dato dalle sue componenti, causato da uno o più danni D, tenendo conto che:

- il rischio 1 riguarda la perdita di vite umane, sia a seguito delle sovratensioni che il fulmine induce nelle vicinanze della struttura o negli impianti, sia causate da possibili incendi che si possono innescare a seguito della scarica elettrica;
- il rischio 2 riguarda la possibile perdita, inaccettabile, di servizio pubblico. L'interruzione di servizi pubblici come la distribuzione di gas, acqua, elettricità, sistemi di telecomunicazione, radio o TV, possono causare un pericolo per gli utenti di quei servizi;
- il rischio 3 comporta la possibile perdita di patrimonio culturale insostituibile, questo può essere causato dall'avvenimento di un episodio di scariche atmosferiche su edifici quali musei, gallerie d'arte o strutture analoghe, in cui il patrimonio culturale contenuto potrebbe essere irrimediabilmente danneggiato;
- il rischio 4 considera le possibili perdite economiche che l'utente dell'impianto (o dell'immobile) potrebbe subire a seguito dell'evento di fulminazione.

Da quanto esposto possiamo dire che è essenziale la valutazione dell'incidenza di rischio 1, in qualsiasi tipologia di struttura o impianto, in quanto la vita umana deve essere salvaguardata. Il rischio 2 ed il rischio 3 sono presenti solo per le strutture o impianti specifici a cui i rischi sono rivolti. Il rischio 4 riguarda invece i beni dell'utente, e quindi si potrà valutare e porre misure di protezione a sua discrezione. Nel caso l'utente non sia intenzionato a provvedere in merito al R4, potrà sollevare il progettista dalla valutazione in merito.

I Rischi da 1 a 3, non possono essere soggetti a discrezionalità, devono essere sempre ed obbligatoriamente valutati.

Possiamo semplificare considerando che rispetto alla totalità delle installazioni, solo una piccola parte comprende i rischi R2 e R3, quindi il rischio ricorrente che ci si trova principalmente a dover calcolare è il rischio 1. Vediamo quindi quali sono i principali fattori che intervengono in questa valutazione.

Teniamo presente che ci stiamo occupando di un calcolo probabilistico, non effettivo. Ciò a cui giungeremo sarà il valore del probabile rischio che potrebbe verificarsi in quella determinata struttura o impianto. Se la probabilità che il rischio si verifichi è inferiore al rischio accettabile, la struttura sarà considerata autoprotetta, in alternativa dovranno essere messe in atto le necessarie misure di protezione.

Più chiaramente, la relazione matematica che indica la necessità della protezione dalle scariche atmosferiche è espressa come:

$$R > R_{\text{TOLLERABILE}}$$

Dove R è il tipo di rischio calcolato.

Il rischio tollerabile è indicato dalla norma, o in alternativa valutato dal progettista. L'uso del valore indicato dalla norma è garanzia dell'applicazione della regola dell'arte.

**Tab. XLIII. Rischio tollerabile**

Tipo di perdita	R <sub>T</sub>
Perdita di vite umane	10 <sup>-5</sup>
Perdita di servizio pubblico essenziale	10 <sup>-3</sup>
Perdita di patrimonio artistico	10 <sup>-3</sup>

I calcoli e gli elementi che entrano in gioco per la valutazione del rischio sono molteplici, e richiederebbero una trattazione piuttosto ampia e complessa. Per semplificare l'argomento ci occuperemo solo degli elementi essenziali, così da comprendere le regole generali, completando con una tabella riepilogativa che indicherà diverse tipologie di immobili che potremo considerare autoprotetti.

Questo aiuterà a classificare la maggior parte degli edifici, conoscendo a priori se il rischio dovrà essere valutato in modo più approfondito oppure se possiamo più semplicemente attestare che l'immobile è autoprotetto senza necessità di ulteriori indagini.

Il primo elemento da conoscere è il numero medio di fulmini che si abbattono sul terreno, su una superficie di un chilometro quadrato nel periodo di tempo di un anno, definito  $N_g$ . Questa stima è catalogata dalla norma, ed è indicata per tutto il territorio nazionale, con valori differenti per le varie zone. La seguente figura ne indica i valori attribuiti:



Fig. XXVII. Fulminazione sul territorio nazionale

Il secondo elemento di calcolo è l'area di raccolta  $A_x$ . Questa è calcolata per quattro diverse situazioni secondo il tipo di fulminazione (vedi colonna 1 Tab. XLII):

- $A_g$ : fulminazione sulla struttura. A tal fine si devono individuare le effettive dimensioni della struttura da proteggere, che potrebbe essere una costruzione isolata, oppure una sola parte della costruzione. In tal caso per essere considerata una porzione verticale dell'edificio, dovrà essere separata dalle porzioni confinanti da pareti REI 120. Questa area si calcola come estensione della pianta dell'edificio, racchiusa nel perimetro costruito ad una distanza di tre volte l'altezza dell'edificio, dalle pareti esterne dell'immobile stesso;

- $A_m$ : *fulmini in prossimità della struttura*. È l'area che si estende fino ad una distanza di 250 metri dal perimetro della struttura. L'area di raccolta si estende oltre l'edificio e lo circonda, in quanto un fulmine che colpisce il terreno in quell'area, è in grado di causare per effetto elettromagnetico, un'influenza sugli impianti interni all'edificio;
- $A_L$ : fulminazione sulle linee di servizio entranti nell'edificio;
- $A_T$ : fulminazione in prossimità della linea di servizio entrante. Anche in questo caso, un fulmine che cade in prossimità di una linea induce un'influenza sull'impianto interno.

Se si considera la struttura contenuta semplicemente entro il parallelepipedo costruito con le misure massime dell'immobile, l'area di raccolta può essere calcolata per via analitica con la formula:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times 3.14 \times H^2 \text{ (in m}^2\text{)}$$

dove L, W e H sono rispettivamente la lunghezza, la larghezza e l'altezza in metri della struttura.

Un'ulteriore componente importante che determina il rischio è la resistività superficiale del suolo, che dipende ovviamente dal tipo di materiale che costituisce il manto di copertura del terreno. La resistività di valore più elevato è considerata per l'asfalto, per scendere alla ghiaia, poi al marmo ed in fine al cemento e ai vegetali. Il rischio aumenta quindi per bassi valori di resistività e diminuisce per materiali come l'asfalto che ha valori di resistività piuttosto elevati. Questa caratteristica incide sul rischio determinato dalla probabilità di danno dovuta alle tensioni di passo e di contatto che si possono verificare alle persone in prossimità della struttura.

Utilizzando i dati menzionati possiamo, con l'aiuto della tabella riportata in calce, stabilire se la struttura richiede l'uso di scaricatori di sovratensioni, SPD, per scariche indirette, sufficienti a proteggere la struttura, oppure se è necessario installare impianti di protezione specifici denominati LPS (Lightning Protection System), per fulminazione diretta sulla struttura.

Il modo più semplice per il dimensionamento degli SPD può essere eseguito applicando le indicazioni del costruttore, che deve fornire i criteri per il coordinamento degli elementi. Dove necessario, va tenuto presente che almeno un SPD dovrà essere installato all'ingresso della linea nell'edificio, ad esempio nel sottoquadro posizionato a valle del contatore, ed i successivi, come indicato dal costruttore, potranno essere installati nei sottoquadri.

Per gli LPS, la Norma definisce quattro classi (da I a IV), che corrispondono ai rispettivi livelli di protezione (LPL). Tipici esempi di LPS sono la gabbia di Faraday o le aste di captazione.

Nel caso si preveda la necessità di predisporre un impianto di captazione, si dovrà tenere presente che questo dovrà essere connesso a terra, a mezzo di conduttori denominati cagate, che dovranno essere collegate allo stesso impianto di messa a terra dell'edificio. La norma impone che il dimensionamento del conduttore dell'anello utilizzato come dispersore abbia una sezione non inferiore a 50 mm<sup>2</sup>.

La gabbia di Faraday può anche essere costituita dai ferri d'armatura dei cementi armati. In tal caso i ferri delle nuove strutture devono risultare elettricamente continui e sarà rilasciata in merito una dichiarazione dell'impresa costruttrice e del progettista o installatore. Per gli edifici esistenti si potrà eseguire la misura di continuità dei ferri che dovranno presentare una resistenza inferiore a 0,2 Ω.

Vediamo allora come determinare per gli impianti di tipo ordinario, escludendo quindi i luoghi con pericolo di esplosione, quali siano le componenti dimensionali, gli impianti e le attività, che ci permettono di stabilirne la condizione di autoprotezione, differenziandole da

quelle su cui dovranno essere condotte indagini e calcoli più approfonditi per la determinazione del rischio. In questo ultimo caso si dovrà procedere alle valutazioni applicando integralmente le norme CEI 81-10.

#### □ 14.1. Tabelle precalcolate. Strutture autoprotette

Per facilitare la valutazione del rischio si può fare ricorso alla seguente tabella che indica le caratteristiche della struttura che può essere considerata autoprotetta senza procedere ad ulteriori valutazioni.

Per ragioni di sicurezza, la tabella considera un adeguato margine di prudenza. È bene tenere presente che la tabella è indicativa ed è applicabile a situazioni e strutture semplici.

Per le varie tipologie di destinazione d'uso, è indicata la massima dimensione della struttura oltre la quale la valutazione del rischio dovrà essere eseguita in modo più approfondito. È inoltre indicata la necessità di installazione degli scaricatori di sovratensione.

Tab. XLIV. Tabella strutture edilizie

Edifici autoprotetti circondati da strutture di altezza minore o uguale						
Destinazione	Numero di fulmini	Rischio incendio	Larghezza in metri	Lunghezza in metri	Altezza in metri	SPD
commerciale	4	nessuno	100	100	10	no
commerciale	4	ridotto	60	60	10	si
industriale	4	nessuno	100	100	10	no
industriale	4	ridotto	60	60	10	si
pubb Spett.	4	nessuno	165	165	10	si
pubb. Spett.	4	ridotto	100	100	10	si
scuole	4	nessuno	165	165	10	si
scuole	4	ridotto	60	60	10	si
uffici	4	nessuno	160	160	10	no
uffici	4	nessuno	165	165	10	si
uffici	4	ridotto	125	125	10	si
commerciale	2,5	nessuno	220	220	10	no
commerciale	2,5	nessuno	150	150	20	no
commerciale	2,5	nessuno	110	110	30	no
commerciale	2,5	ridotto	90	90	10	si
industriale	2,5	nessuno	220	220	10	no
industriale	2,5	nessuno	190	190	15	no
industriale	2,5	ridotto	90	90	10	si
industriale	2,5	ridotto	65	65	15	si
pubb Spett.	2,5	nessuno	220	220	10	no
pubb. Spett.	2,5	nessuno	160	160	20	no
pubb. Spett.	2,5	ridotto	140	140	10	no

(segue)

Edifici autoprotetti circondati da strutture di altezza minore o uguale						
Destinazione	Numero di fulmini	Rischio incendio	Larghezza in metri	Lunghezza in metri	Altezza in metri	SPD
pubb. Spett.	2,5	ridotto	85	85	20	si
scuola	2,5	nessuno	220	220	10	no
scuola	2,5	nessuno	160	160	20	no
scuola	2,5	ridotto	90	90	10	si
scuole	2,5	ridotto	40	40	20	si
uffici	2,5	nessuno	220	220	10	no
uffici	2,5	nessuno	160	160	20	no
uffici	2,5	ridotto	170	170	10	si
uffici	2,5	ridotto	115	115	20	si

Sono classificate con rischio d'incendio:

- *nulla*: le strutture in cui non esistono materiali combustibili;
- *ridotto*: le strutture in cui sono presenti materiali combustibili solo occasionalmente, oppure le strutture che hanno carico specifico d'incendio maggiore di zero, ma minore di 400 MJ/m<sup>2</sup>;
- *ordinario*: le strutture con carico specifico d'incendio compreso tra 400 MJ/m<sup>2</sup> e 800 MJ/m<sup>2</sup>;
- *elevato*: le strutture con carico specifico d'incendio maggiore di 800 MJ/m<sup>2</sup>, oppure le strutture di legno o con elementi portanti combustibili.

Nella tabella sono inseriti i livelli di rischio di incendio nullo o ridotto. Per i carichi di incendio di tipo ordinario o elevato, o dove il numero di persone sia particolarmente elevato, o lo sfollamento potrebbe essere complesso, è opportuno eseguire il calcolo con l'utilizzo di programmi dedicati e approfondire la norma CEI 81-10.

**Tab. XLV.** Tabella strutture metalliche all'aperto autoprotette,

Dimensioni dei ponteggi autoprotetti				
Materiale del suolo	Numero fulmini a terra	Larghezza in metri del ponteggio	Lunghezza in metri del ponteggio	Altezza in metri del ponteggio
Erba o cemento	4	50	250	15
		135	135	15
		50	190	20
		110	110	20
		50	120	25
		80	85	25
		60	55	30
Ghiaia o asfalto	4	500	500	100

(segue)

Dimensioni dei ponteggi autoprotetti				
<i>Materiale del suolo</i>	<i>Numero fulmini a terra</i>	<i>Larghezza in metri del ponteggio</i>	<i>Lunghezza in metri del ponteggio</i>	<i>Altezza in metri del ponteggio</i>
Erba o cemento	2,5	100	340	15
		190	200	15
		70	300	20
		120	225	20
		165	165	20
		70	235	25
		140	140	25
		110	120	30
Ghiaia o asfalto	2,5	500	500	100
Erba o cemento	1,5	240	250	20
		220	220	25
		190	190	30
Ghiaia o asfalto	1,5	500	500	100

Tab. XLVI. Dimensioni gru autoprotette

Dimensioni delle gru autoprotette			
<i>Materiale del suolo</i>	<i>Numero fulmini a terra</i>	<i>Altezza della gru in metri</i>	<i>Lunghezza del braccio</i>
Erba o cemento	4	25	35
Erba o cemento	2,5	30	60
Erba o cemento	1,5	40	70
Ghiaia o asfalto	4	100	100

## □ 14.2. Esempio di relazione tecnica della valutazione del rischio per protezione contro i fulmini

### 1. Contenuto del documento

Questo documento contiene la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine con riferimento all'impianto elettrico.

### 2. Norme tecniche di riferimento

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme: CEI 81/10 1-4 - "Protezione contro i fulmini (Parti da 1 a 4)"; CEI 81-3 - "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico". Maggio 1999.

### 3. Dati iniziali

#### 3.1. Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dalla Norma CEI 81-3, la densità annua di fulmini a terra per chilometro quadrato nel comune di Milano in cui è ubicata la struttura vale:

$$N_t = 4 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

#### 3.2. Caratteristiche della struttura

Le dimensioni massime della struttura sono:

– A (m): 30 B (m): 70 H (m): 10.

La struttura è ubicata in un'area con oggetti di altezza uguale o inferiore ( $C_d = 0,5$ ).

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale.

Il rischio di incendio è: ridotto ( $r_f = 0,001$ ).

Misure di protezione antincendio previste: nessuna ( $r_p = 1$ ).

La struttura, in caso di fulminazione, non presenta pericoli particolari per l'ambiente (incluso il rischio di contaminazione) e le strutture circostanti, inoltre:

- non presentano pericolo di esplosione (classe 0, zone 0 e/o 20);
- non contengono apparecchiature dal cui funzionamento dipende direttamente la vita delle persone (ospedali e simili);
- non sono utilizzate come museo (o simili) né per servizi pubblici di rete (TLC, TV, distribuzione di energia elettrica, gas, acqua).

La struttura non è dotata di un impianto di protezione contro i fulmini (LPS).

In accordo con la Norma EN 62305-2 (CEI 81-10/2) per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, è stato calcolato il rischio R1.

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state effettuate in accordo con il committente.

#### 3.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

L1 – Linea 1

Tipo di linea: interrata (resistività del suolo: 500 ohm m)

Trasformatore MT/BT ad arrivo linea: assente ( $C_t = 1$ )

Lunghezza: 1000 (m)

Percorso della linea in: campagna ( $C_d = 1$ )

SPD ad arrivo linea: assente ( $P_{spd} = 1$ )

L2 – Linea 2

Tipo di linea: interrata (resistività del suolo: 500 ohm m)

Trasformatore MT/BT ad arrivo linea: assente ( $C_t = 1$ )

Lunghezza: 1000 (m)

Percorso della linea in: città ( $C_d = 0,25$ )

SPD ad arrivo linea: assente ( $P_{spd} = 1$ )

### 4. Calcolo delle aree di raccolta e del numero di eventi pericolosi per la struttura e le linee elettriche esterne

L'area di raccolta  $A_d$  dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma EN 62305-2 (CEI 81-10/2), art. A.2.

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura  $A_d = 1,09E-02 \text{ km}^2$ .

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura  $N_d = 0,0218$ .

L'area di raccolta  $A_l$  di ciascuna linea elettrica esterna è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma EN 62305-2 (CEI 81-10/2), art. A.4.

Area di raccolta per fulminazione diretta ( $A_l$ ) delle linee:

L1 - Linea 1

$A_l = 0,02168986 \text{ km}^2$

L2 - Linea 2

$A_l = 0,02168986 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta ( $N_l$ ) delle linee:

L1 - Linea 1

$N_l = 0,08675944$

L2 - Linea 2

$N_l = 0,02168986$

## **5. Valutazione dei rischi**

### **5.1. Calcolo del rischio R1: perdita di vite umane**

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

$RA = 2,18E-06$

$RB = 5,45E-06$

$RU = 1,09E-07$

$RV = 2,71E-05$

Totale =  $3,49E-05$

Valore totale del rischio R1 per la struttura:  $3,49E-05$

### **5.1.2. Analisi del rischio R1**

Il rischio complessivo  $R1 = 3,49E-05$  è superiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ , ma l'installazione di idonei SPD ad arrivo linea riduce il rischio complessivo ad un valore inferiore a quello tollerato.

## **6. Scelta SPD**

Al fine di ridurre il rischio complessivo R1 sono previsti SPD su tutte le linee entranti nella struttura, aventi le seguenti caratteristiche:

- classe I;
- corrente impulsiva di scarica  $I_{imp} (10/350 \mu s) > = 5 \text{ kA}$ .

## **7. Conclusioni**

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

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

***Appendice – Ulteriori dati utilizzati per il calcolo***

Tipo di pavimentazione: vegetale/cemento ( $r_a = 0,01$ ).

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

***Valori medi delle perdite per la struttura***

Perdita per tensioni di contatto e di passo (esterno struttura)  $L_t = 0,01$ .

Perdita per tensioni di contatto (interno struttura)  $L_t = 0,0001$ .

Perdita per danno fisico  $L_f = 0,05$ .