

## 3 Progettazione di un impianto di protezione contro i fulmini

### 3.1 Necessità dell'impianto LPS - situazione normativa

L'impianto di protezione contro i fulmini LPS ha il compito di proteggere edifici dalle fulminazioni dirette e di conseguenza da un eventuale incendio o dalle conseguenze della corrente da fulmine impressa (fulmine senza innesco).

Quando disposizioni nazionali come leggi, decreti ecc. o normative lo richiedono, devono essere installate delle misure di protezione contro i fulmini.

Quando queste prescrizioni non contengono alcuna specificazione sui dettagli delle misure di protezione contro i fulmini, si consiglia di installare almeno un LPS di classe III secondo CEI EN 62305-3 (CEI 81-10 parte 3).

Altrimenti la necessità della protezione e la scelta delle rispettive misure di protezione dovrebbero essere calcolate tramite una valutazione del rischio.

La valutazione del rischio viene descritta nella norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10 parte 2) (vedi capitolo 3.2.1).

Per la locazione, il tipo di costruzione o la tipologia della struttura una fulminazione può avere delle **gravissime conseguenze**.

#### Impianto LPS sempre necessario

Strutture nelle quali è da prevedere comunque un sistema di protezione contro i fulmini, anche se non esplicitamente richiesto dalle disposizioni legislative, ma consigliato, sono:

- 1 Luoghi di pubblico spettacolo con palcoscenico oppure tribune coperte per eventi o spettacoli cinematografici, se le aree appartenenti hanno, singolarmente o complessivamente, una capacità di oltre 100 persone;
- 2 Luoghi di pubblico spettacolo dove le aree appartenenti hanno, singolarmente o complessivamente, una capacità di oltre 200 persone; per scuole, musei e strutture simili questa raccomandazione riguarda soltanto i servizi tecnici nelle sale per riunioni con oltre 200 persone e le rispettive vie di fuga;
- 3 Strutture commerciali e una superficie calpestabile con più di 2000 m<sup>2</sup>;
- 4 Centri commerciali contenenti diversi servizi collegati direttamente o tramite vie di fuga

dove la superficie singola è inferiore ai 2000 m<sup>2</sup>, quella complessiva comunque supera i 2000 m<sup>2</sup>;

- 5 Centri di esposizione le quali aree, singolarmente o complessivamente, hanno una superficie oltre i 2000 m<sup>2</sup>;
- 6 Alberghi con oltre 400 ospiti oppure più di 60 posti letto;
- 7 Grattacieli;
- 8 Ospedali oppure altre strutture con analoga tipologia;
- 9 Autorimesse e autosili di medie e grandi dimensioni;
- 10 Strutture:
  - 10.1 contenenti esplosivi, come fabbriche di munizioni, depositi di munizioni o esplosivi,
  - 10.2 come stabilimenti/officine di produzione con luoghi a rischio di esplosione, come fabbriche di vernici, impianti chimici, ampi depositi con liquidi infiammabili o serbatoi per gas,
  - 10.3 con elevato rischio d'incendio, come
    - grandi stabilimenti per la lavorazione del legno,
    - edifici con copertura in materiale facilmente combustibile, come anche
    - depositi o stabilimenti con elevato carico d'incendio,
  - 10.4 per un elevato numero di persone come
    - scuole,
    - case di riposo e collegi per bambini,
    - caserme,
    - prigionieri
    - e stazioni ferroviarie,
  - 10.5 patrimonio culturale, come
    - edifici di valore storico,
    - musei ed archivi,
  - 10.6 le quali sovrastano significativamente le strutture circostanti, come
    - alte ciminiere,
    - torri ed
    - edifici alti.

Il seguente elenco dà una panoramica dei "principi generali" validi in Italia, che hanno come contenuto la necessità, l'esecuzione e la verifica degli impianti di protezione contro i fulmini.

### **Norme per gli impianti di protezione contro i fulmini:**

#### **CEI EN 62305-1**

CEI 81-10/1: 2006-04

Protezione contro i fulmini

Parte 1: Principi generali

Contiene i principi generali per la protezione contro i fulmini delle persone e delle strutture con il loro contenuto e gli impianti in essi presenti, nonché per i loro servizi entranti.

#### **CEI EN 62305-2**

CEI 81-10/2: 2006-04

Protezione contro i fulmini

Parte 2: Valutazione del rischio

Valutazione del rischio per le strutture.

Questa norma è applicabile alla valutazione del rischio dovuto a fulmine a terra in una struttura o in un servizio.

#### **CEI EN 62305-3**

CEI 81-10/3: 2006-04

Protezione contro i fulmini

Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone

Contiene informazioni sulla progettazione, realizzazione, verifica e manutenzione delle misure di protezione contro i fulmini per le strutture.

#### **CEI EN 62305-4**

CEI 81-10/4: 2006-04

Protezione contro i fulmini

Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Contiene informazioni sulla progettazione, realizzazione, manutenzione, verifica periodica, manutenzione e sulle prove dei sistemi di protezione contro gli effetti LEMP per strutture contenenti impianti elettrici e particolarmente sistemi elettronici sensibili (concetto di protezione a zone)

#### **CEI 81-3: 1999-05**

Questa norma riporta il valore medio del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei comuni d'Italia in ordine alfabetico. I valori indicati sono necessari ai fini della valutazione del rischio e della esecuzione della protezione contro i fulmini di una struttura.

#### **CEI EN 50164-1**

CEI 81-5: 2000-01

Componenti per la protezione contro i fulmini

Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione

Sono definite le prescrizioni per i componenti di connessione metallici, come connettori, componenti di connessione, ponticellamento e dilatazione, nonché punti di misura per i sistemi di protezione contro i fulmini.

#### **EN 50164-2: 2007-03**

Componenti per la protezione contro i fulmini

Parte 2: Prescrizioni per i conduttori e i dispersori

In questa norma sono descritti p. es. le dimensioni e le tolleranze per conduttori metallici e dispersori nonché prescrizioni per le prove dei valori elettrici e meccanici dei materiali.

#### **CEI CLC/TR 50469**

CEI 81-11: 2006-03

Impianti di protezione contro i fulmini

Segni grafici

Riporta i segni grafici da utilizzare negli schemi relativi alla progettazione degli impianti di protezione contro i fulmini.

### **Norme specifiche per gli impianti di terra:**

#### **CEI 64-12: 1998-02**

Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario

La guida dà indicazioni per la disposizione e esecuzione dei dispersori di fondazione con alcuni esempi pratici. Spiega i metodi per evitare o diminuire la corrosione dei dispersori e con i dispersori di altri impianti installati.

## **CEI EN 50162**

CEI 9-89: 2005-11

Protezione contro la corrosione da correnti vaganti causate dai sistemi elettrici a corrente continua. Vengono stabiliti i principi generali da adottare per minimizzare gli effetti della corrosione da correnti vaganti su strutture interrate o immerse in acqua e la scelta di misure adeguate per la protezione.

## **CEI 11-1: 2000-01**

Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

Nel capitolo 7.5 e nell'allegato H sono descritte le misure di protezione contro i fulmini e le sovratensioni.

## **CEI 11-37: 2003-07**

Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV

Nel capitolo 5 di questa norma sono indicati i vantaggi di un collegamento totale di tutti gli impianti di terra della rete che si può assimilare ad una prestazione di mutuo soccorso non solo per le fulminazioni dirette dei sostegni, ma anche per le fulminazioni molto più frequenti delle linee.

## **Norme speciali per la protezione interna contro i fulmini e le sovratensioni, sistema equipotenziale**

Nella serie normativa CEI 64-8 sono da osservare le seguenti parti:

### **CEI 64-8/1: 2004-06**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali  
Capitolo 131.7: dalla norma viene richiesta la protezione delle persone e delle cose contro le conseguenze dannose di sovratensioni derivanti p. es. da fenomeni atmosferici (fulmini) e sovratensioni di manovra.

### **CEI 64-8/4: 2007-01**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza

Nel capitolo 410 della norma sono descritte le misure per la protezione contro i contatti indiretti (collegamento equipotenziale)

### **CEI 64-8/4: 2007-01**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza

Sezione 443: Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica o dovute a manovra

In questa sezione è definita la tensione di tenuta all'impulso per le categorie di tenuta all'impulso I a IV. Questi valori sono la base per l'impiego dei dispositivi di protezione secondo CEI EN 61643-11: 2004-02 Limitatori di sovratensione di bassa tensione.

### **CEI 64-8/5: 2007-01**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici

Contiene le disposizioni per la realizzazione del sistema di messa a terra nonché i provvedimenti per il sistema equipotenziale (collegamento equipotenziale, collegamento equipotenziale supplementare).

### **CEI 64-8/7: 2007-01**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari  
Sezione 712: Sistemi fotovoltaici solari di alimentazione

Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica o dovute a manovra.

Indica le misure necessarie per ridurre l'effetto delle sovratensioni indotte dai fulmini e mostra degli schemi di inserzione per i dispositivi di protezione contro le sovratensioni.

### **IEC 60364-5-53: 2002-06 (TC 64)**

Impianti elettrici utilizzatori in edifici

Parte 5-53: Scelta ed installazione dei componenti elettrici - Dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando.

Sezione 534: Dispositivi di protezione contro le sovratensioni.

In questa norma sono descritte le modalità per l'installazione dei dispositivi di protezione dalle sovratensioni della classe di prova I, II e III in concordanza con la protezione contro i contatti indiretti negli impianti elettrici utilizzatori a bassa tensione.

### **CEI EN 6100-4-5**

CEI 110-30: 1997-06

Compatibilità elettromagnetica (EMC)

Parte 4: Tecniche di prova e di impulso

Sezione 5: Prova di immunità ad impulso

La norma si riferisce ai requisiti minimi di immunità alle sovratensioni derivanti da transitori di commutazioni oppure da fulmini, per apparecchiature elettriche ed elettroniche.

### **CEI EN 60664-1**

CEI 109-1: 2004-01

Coordinamento dell'isolamento per le apparecchiature nei sistemi a bassa tensione

Parte 1: Principi, prescrizioni e prove

Definisce le distanze di isolamento e comprende i metodi di prova dielettrici relativi al coordinamento dell'isolamento. Questi valori sono la base per l'utilizzo di dispositivi di protezione dalle sovratensioni.

**Particolarmente per sistemi elettronici come televisione, radiofonia, tecnologia dell'informazione (impianti di telecomunicazione)**

### **CEI EN 50310**

CEI 306-4: 2006-06

Applicazione della connessione equipotenziale e della messa a terra in edifici contenenti apparecchiature per la tecnologia dell'informazione

La norma tratta la connessione equipotenziale e la messa a terra negli edifici nei quali sono installate apparecchiature per la tecnica dell'informazione. Fa riferimento alle prestazioni di sicurezza, di fun-

zionalità e di compatibilità elettromagnetica e dà un aiuto all'individuazione del miglior sistema di messa a terra e di connessione equipotenziale per le esigenze della tecnologia dell'informazione

### **CEI EN 61643-21**

CEI 37-6: 2003-01

Dispositivi di protezione dagli impulsi a bassa tensione

Parte 21: Dispositivi di protezione dagli impulsi collegati alle reti di telecomunicazione e di trasmissione dei segnali - Prescrizioni e metodi di prova

### **CEI CLC/TS 61643-12**

CEI 37-11: 2006-11

Limitatori di sovratensione di bassa tensione

Parte 12: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione - Scelta e principi applicativi

La specifica tecnica ha lo scopo di guidare gli utilizzatori dei limitatori di sovratensione nella loro scelta e i principi applicativi su cui basarla utilizzando anche l'analisi del rischio.

### **CEI CLC/TS 61643-22**

CEI 37-10: 2006-06

Limitatori di sovratensione di bassa tensione

Parte 22: limitatori di sovratensioni connessi alle reti di telecomunicazione e di trasmissione dei segnali - Scelta e principi applicativi

La specifica tecnica tratta i limitatori di sovratensione (SPD) connessi alle reti di telecomunicazione e trasmissione dei segnali, con lo scopo di fornire i principi su cui basarne la scelta, l'applicazione in esercizio, la collocazione negli impianti e il coordinamento.

### **CEI EN 60728-11**

CEI 100-126: 2005-09

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi

Parte 11: Sicurezza

Questa parte descrive i requisiti di sicurezza applicabili agli impianti di ricezione TV e radio e attenti alla protezione dalle sovratensioni e dalle scariche atmosferiche del sistema d'antenna tramite dispositivo di captazione LPS e della successiva distribuzione via cavo con SPD.

### **CEI EN 61663-1**

CEI 81-6: 2000-05

Protezione contro i fulmini delle strutture - Linee di telecomunicazione

Parte 1: Installazioni in fibra ottica

La norma descrive un metodo per calcolare il numero dei possibili guasti e per selezionare le misure di protezione applicabili e indica un affidabile risultato degli eventi dannosi. Tiene conto però soltanto dei guasti primari (interruzione del servizio), ma non dei guasti secondari (danneggiamento della guaina del cavo, perforazione).

### **CEI EN 61663-2**

CEI 81-9: 2003-09

Protezione delle strutture contro i fulmini - Linee di telecomunicazione

Parte 2: Linee in conduttori metallici

La norma riguarda soltanto la protezione contro i fulmini delle linee di telecomunicazione e trasmissione di segnali con conduttori metallici che sono installati all'esterno degli edifici (p. es. reti di accesso, linee tra edifici).

## **Impianti particolari**

### **CEI EN 61173**

CEI 82-4: 1998-04

Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia

La norma fornisce una guida sulla protezione contro le sovratensioni per sistemi fotovoltaici, sia isolati che connessi in rete. Aiuta a identificare le fonti di pericolo derivanti da sovratensioni e fulminazioni e definisce i tipi di protezione quali sistemi di captazione dei fulmini (LPS) e dispositivi di protezione (SPD).

### **CEI EN 60079-14**

CEI 31-33: 2004-05

Costruzione elettrica per atmosfere esplosive per la presenza di gas

Parte 14: Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas (diversi dalle miniere).

Nel capitolo 6.5 viene precisato, che devono essere osservati gli effetti dalle scariche di fulmini.

Nel capitolo 12.3 sono definiti dei dettagli di impianti per le zone con rischio di esplosione 0.

Per tutte le zone con rischio di esplosione viene richiesto un ampio sistema di connessione equipotenziale.

### **CEI EN 50281-1-2**

CEI 31-36: 1999-09

Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile

Parte 1-2: Costruzioni elettriche protette da custodie - Scelta, installazione e manutenzione.

### **CEI EN 61400-2**

CEI 88-2: 1997-08

Sistemi di generazione a turbina eolica

Parte 2: Sicurezza degli aerogeneratori di piccola taglia

Riguarda la sicurezza, la garanzia della qualità e l'integrità tecnica relativa ai sistemi che generano corrente ad una tensione a 1000 V c.a. o 1500 V c.c.

### **IEC/TR 61400-24: 2002-07**

Sistemi di generazione a turbina eolica

Parte 24: Protezione contro i fulmini

Identifica i problemi generici della protezione contro i fulmini dei generatori a turbina eolica. Descrive metodi appropriati per la valutazione del rischio e metodi di protezione contro i fulmini per i generatori a turbina eolica.

Informazioni sulle norme sono reperibili al seguente indirizzo: [www.ceiweb.it](http://www.ceiweb.it)

## 3.2 Valutazione del rischio e scelta dei componenti di protezione

### 3.2.1 Valutazione del rischio

Una valutazione del rischio previdente implica il calcolo dei rischi per l'azienda. Fornisce degli elementi che permettono di prendere le decisioni opportune al fine di limitare tali rischi e rende trasparente quali rischi devono essere coperti da assicurazioni. Nell'ambito della gestione delle assicurazioni, tuttavia, deve essere considerato che per raggiungere determinati obiettivi, le assicurazioni non sono sempre appropriate (ad esempio per il mantenimento della capacità operativa). Le probabilità che si avverino determinati rischi non possono essere modificate attraverso le assicurazioni.

Per le aziende che lavorano con grandi impianti elettronici oppure forniscono servizi (e queste oggi giorno costituiscono la maggioranza), deve essere considerato in particolare anche il rischio derivante da fulminazione. Occorre osservare che il danno causato dalla non-disponibilità di impianti elettronici, della produzione e dei servizi oltre alla perdita di dati, spesso supera di molto il danno materiale di determinati impianti.

Nella protezione contro i fulmini il pensiero innovativo relativo ai rischi di danno sta lentamente guadagnando importanza. Le analisi dei rischi hanno come obiettivo l'oggettivazione e la quantificazione del pericolo al quale sono esposti gli edifici e i loro contenuti in caso di una fulminazione diretta e indiretta. Le ripercussioni di questa nuova mentalità di pensiero risultavano dapprima nella norma sperimentale CEI 81-4.

La norma sperimentale è stata sostituita dalla nuova norma CEI EN 62305-2 classificazione CEI 81-10/2. La nuova norma è la conversione nazionale dello standard internazionale IEC 62305-2:2006 ovvero la Norma Europea EN 62305-2: 2006.

L'analisi del rischio definita nella CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) garantisce che possa essere elaborato un progetto di protezione contro i fulmini comprensibile per tutte le parti coinvolte che sia ottimale dal punto di vista tecnico ed economico. Ciòè, che con una spesa il più possibile contenuta, possa essere garantita la protezione necessaria. Le misure di protezione che scaturiscono dall'analisi del rischio vengono quindi descritte in dettaglio nelle altre parti della norma appartenente alla nuova serie normativa CEI EN 62305.

### 3.2.2 Basi per la valutazione del rischio

Il rischio R per un danno da fulminazione risulta in generale, secondo la norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2), dalla relazione:

$$R = N \cdot P \cdot L$$

dove:

- N numero di eventi pericolosi, significa numero dei fulmini a terra sull'area in questione "quanti fulmini si abbattono all'anno sulla superficie da valutare?";
- P probabilità di danno: "con quale probabilità un fulmine causa un determinato danno?";
- L la perdita, che significa la valutazione quantitativa dei danni: "quali effetti, ammontare, entità, conseguenze ha un determinato danno?".

Il compito della valutazione del rischio comprende quindi la determinazione dei tre parametri N, P e L per tutte le componenti di rischio rilevanti. Nel contempo devono essere individuati e stabiliti numerosi parametri singoli. Tramite un confronto tra il rischio R individuato in questo modo e il rischio accettabile  $R_T$ , possono in seguito essere espresse delle affermazioni sui requisiti e il dimensionamento delle misure di protezione contro i fulmini.

Un'eccezione costituisce la valutazione delle perdite economiche. Per questo tipo di danno l'entità delle misure di protezione deve essere giustificata unicamente sotto l'aspetto tecnico economico. In questo caso non esiste un rischio accettabile  $R_T$  ma una procedura per la valutazione della convenienza economica della protezione.

### 3.2.3 Frequenza delle fulminazione

Vengono distinte le seguenti frequenze di fulminazione che possono interessare una struttura:

- $N_D$  numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura;
- $N_M$  numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura con effetto magnetico;
- $N_L$  numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio entrante dall'esterno;
- $N_S$  numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio.

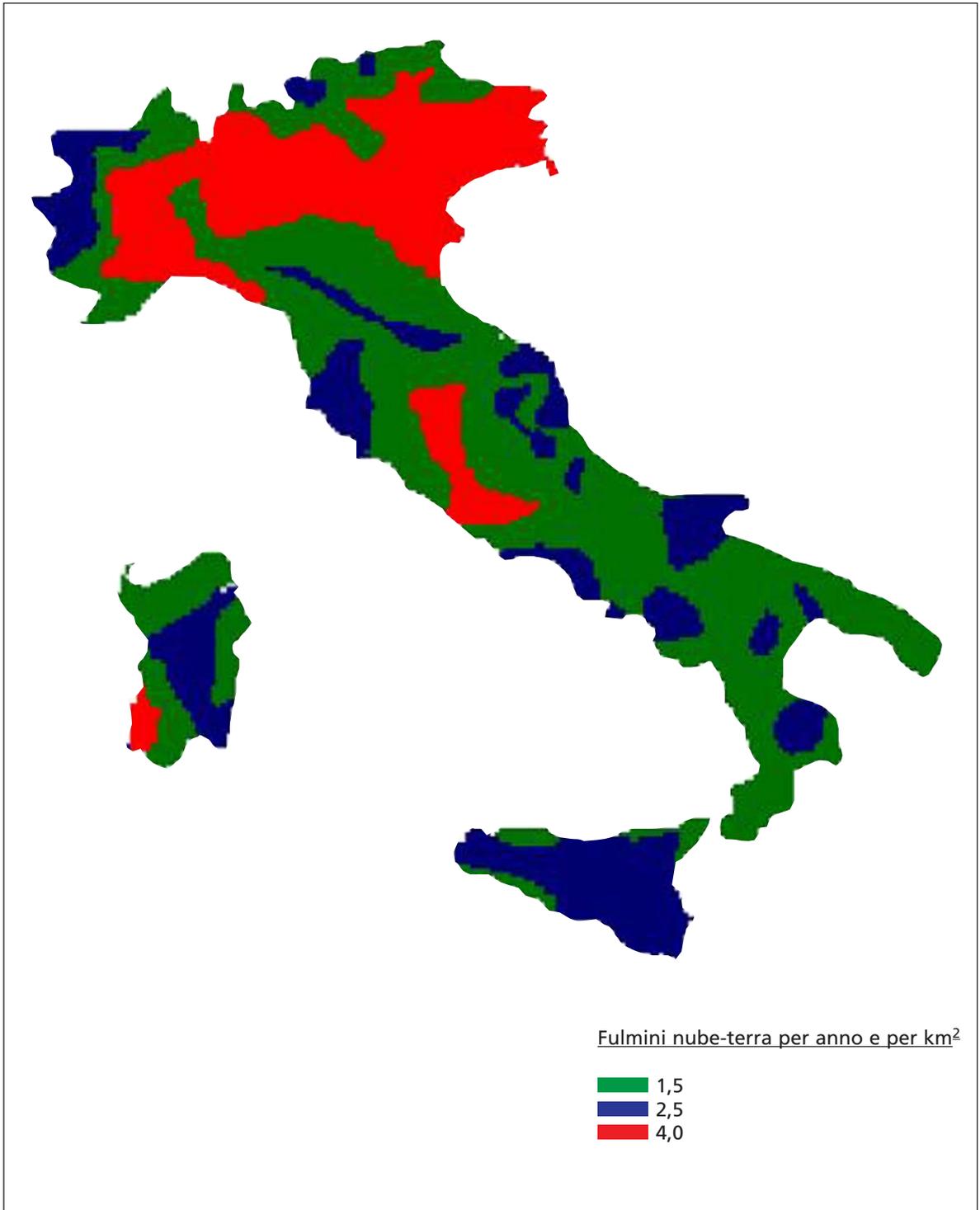


Figura 3.2.3.1 Densità di fulmini al suolo in Italia (Guida CEI 81-3:1999)

Ubicazione relativa della struttura	C <sub>d</sub>
Oggetto circondato da oggetti di altezza più elevata o da alberi	0,25
Oggetto circondato da oggetti o alberi di altezza uguale o inferiore	0,5
Oggetto isolato: nessun altro oggetto nelle vicinanze (entro 3H)	1
Oggetto isolato sulla cima di una collina o di una montagna	2

Tabella 3.2.3.1 Coefficiente di posizione C<sub>d</sub>

Il calcolo del numero annuo di eventi pericolosi è descritto dettagliatamente nell'allegato A della CEI EN 62305-2. Per prima cosa si parte dalla densità di fulmini al suolo N<sub>g</sub> (numero dei fulmini per km<sup>2</sup> per anno) della zona in cui è ubicato l'oggetto da proteggere. I valori locali della densità dei fulmini sono riportati nella Guida CEI 81-3: 1999-05 "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico". A causa del periodo di registrazione relativamente breve e dell'efficienza inizialmente limitata viene consigliato di applicare un fattore di sicurezza del 25 % sui valori indicati.

Per la frequenza di fulmini **diretti** N<sub>D</sub> sulla struttura, viene utilizzata la seguente relazione:

$$N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d \cdot 10^{-6}$$

A<sub>d</sub> è l'area di raccolta di una struttura isolata in terreno pianeggiante (Figura 3.2.3.2), C<sub>d</sub> è il coefficiente di posizione, con il quale viene considerato l'effetto dell'ambiente (costruzioni, terreno, alberi ecc.) (Tabella 3.2.3.1). Il calcolo di N<sub>D</sub> corrisponde alla procedura già nota dalla CEI 81-4.

In modo simile è possibile calcolare la frequenza delle fulminazioni nelle vicinanze N<sub>M</sub>:

$$N_M = N_g \cdot A_m \cdot 10^{-6}$$

A<sub>m</sub> è l'area di raccolta che si ottiene tracciando intorno alla struttura una linea ad una distanza di 250 m (Figura 3.2.3.3). Dalla superficie così definita, viene di seguito dedotta l'area di raccolta equivalente valutata con il coefficiente ambientale A<sub>d</sub> C<sub>d</sub>. All'interno della struttura, le fulminazioni nell'area A<sub>m</sub> causano quindi esclusivamente sovratensioni da induzione magnetica sulle spire di installazione.

La frequenza di fulminazioni dirette su un servizio di alimentazione entrante N<sub>L</sub> risulta da:

$$N_L = N_g \cdot A_l \cdot C_e \cdot C_t \cdot 10^{-6}$$

L'area di raccolta dei fulmini su un servizio A<sub>l</sub> (Figura 3.2.3.3) dipende dal tipo di linea (linea aerea, cavo interrato) e dalla lunghezza L<sub>C</sub> del conduttore, in caso di cavi interrati dalla resistività del terreno ρ, mentre per le linee aeree dipende dall'altezza da terra del conduttore H<sub>C</sub> (Tabella 3.2.3.2). Se la lunghezza del conduttore non è nota oppure risulta troppo impegnativo individuarla, può essere inserito il valore worst-case di L<sub>C</sub> = 1000 m.

H<sub>C</sub> altezza (m) da terra dei conduttori di linea;  
 ρ resistenza specifica (Ωm) del terreno, nel quale o sul quale è stato posato la linea, fino ad un valore massimo di ρ = 500 Ωm;

	Linea aerea	Cavo interrato
A <sub>l</sub>	$[L_C - 3 \cdot (H_a + H_b)] \cdot 6 \cdot H_C$	$[L_C - 3 \cdot (H_a + H_b)] \cdot \sqrt{\rho}$
A <sub>i</sub>	$1000 \cdot L_C$	$25 \cdot L_C \cdot \sqrt{\rho}$

Tabella 3.2.3.2 Area di raccolta A<sub>l</sub> e A<sub>i</sub> in m<sup>2</sup>

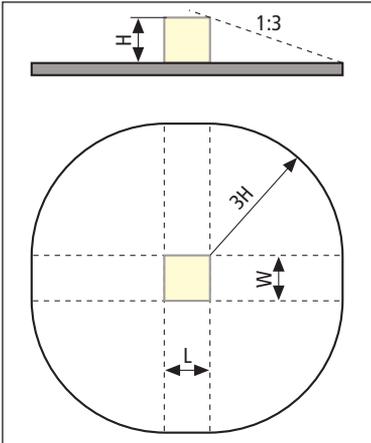


Figura 3.2.3.2 Area di raccolta  $A_0$  dei fulmini diretti su una struttura isolata

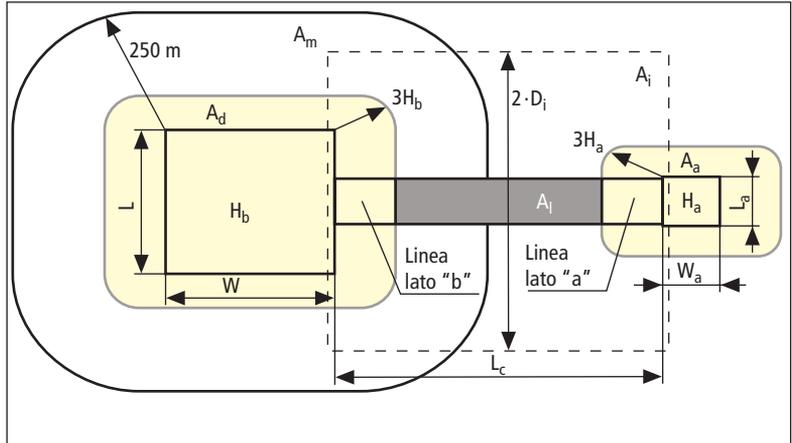


Figura 3.2.3.3 Area di raccolta  $A_d, A_m, A_i, A_a, A_b$  dei fulmini in prossimità di una struttura

$L_c$  lunghezza (m) della linea, misurata dalla struttura fino al primo nodo di distribuzione / il primo punto nel quale sono installati dispositivi di protezione da sovratensione, fino ad una lunghezza massima di 1000 m;

H altezza (m) della struttura;

$H_b$  altezza (m) della struttura;

$H_a$  altezza (m) della struttura connessa all'estremità della linea.

Se all'interno dell'area  $A_i$  non si trova un conduttore di bassa tensione, bensì una linea di media tensione, l'ampiezza delle sovratensioni in ingresso alla struttura sarà ridotta dal presente trasformatore MT/BT. In questi casi occorre considerare un fattore di correzione  $C_t = 0,2$ . Il fattore di correzione  $C_e$  (coefficiente ambientale) infine, dipende dalla densità di costruzione (**Tabella 3.2.3.4**).

Il numero di eventi pericolosi sul servizio  $N_L$  deve essere individuato singolarmente per ogni servizio entrante alla struttura. Le fulminazioni sull'area  $A_i$  solitamente causano nella struttura in esame una

scarica di elevata energia che può causare un incendio, un'esplosione, una reazione meccanica o chimica. La frequenza  $N_L$  non comprende quindi le sovratensioni pure con conseguenti disturbi o guasti sui sistemi elettrici ed elettronici, ma piuttosto effetti meccanici e termici in caso di fulminazione.

Le sovratensioni sui servizi entranti vengono determinati dal numero di fulminazione in prossimità di un servizio entrante  $N_i$ :

$$N_i = N_g \cdot A_i \cdot C_t \cdot C_e \cdot 10^{-6}$$

L'area  $A_i$  (**Figura 3.2.3.3**) dipende anche in questo caso dal tipo di conduttore (linea aerea, cavo interrato), dalla lunghezza  $L_c$  della linea, in caso di cavi interrati dalla resistività del terreno  $\rho$ , mentre per linee aeree dipende dall'altezza da terra del conduttore  $H_c$  (**Tabella 3.2.3.3**). Nel caso estremo (worst-case) valgono le stesse assunzioni. L'area di raccolta  $A_i$  di solito è nettamente più grande

Ambiente	$C_e$
Urbano con edifici alti (altezza maggiore di 20 m)	0
Urbano (altezza degli edifici compresa tra 10 m e 20 m)	0,1
Suburbano (altezza degli edifici minore di 10 m)	0,5
Rurale	1

Tabella 3.2.3.4 Coefficiente ambientale  $C_e$

rispetto a  $A_j$ . In questo modo si tiene conto del fatto che le sovratensioni che causano dei disturbi o guasti ai sistemi elettrici ed elettronici possono essere provocate anche da fulminazioni distanti dalla linea.

I fattori di correzione  $C_t$  e  $C_e$  corrispondono ai fattori già sopra nominati. La frequenza  $N_l$  è da verificare singolarmente per il servizio entrante nella struttura.

### 3.2.4 Probabilità di danno

Il parametro "probabilità di danno" indica con quale probabilità una possibile fulminazione può causare un determinato danno.

Si ipotizza quindi l'abbattimento di un fulmine nell'area interessata; il valore della probabilità di danno potrà in tal caso essere al massimo 1.

Vengono distinti i seguenti 8 tipi di probabilità di danno:

- $P_A$  scossa elettrica su esseri viventi attraverso fulminazione diretta sulla struttura;
- $P_B$  incendio, esplosione, effetto meccanico e chimico attraverso fulminazione diretta sulla struttura;
- $P_C$  guasti a sistemi elettrici/elettronici per fulminazione diretta sulla struttura;

$P_M$  guasti a sistemi elettrici/elettronici per fulminazione al suolo in prossimità della struttura;

$P_U$  scossa elettrica su esseri viventi per fulminazione diretta su un servizio connesso;

$P_V$  incendio, esplosione, effetto meccanico e chimico attraverso fulminazione diretta su un servizio connesso;

$P_W$  guasti a sistemi elettrici/elettronici attraverso fulminazione diretta su un servizio entrante;

$P_Z$  guasti a sistemi elettrici/elettronici per fulminazione in prossimità del servizio entrante.

Le probabilità di danno sono descritte dettagliatamente nell'allegato B della CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2). Possono essere dedotte direttamente dalle tabelle oppure risultano dalla funzione di una combinazione di ulteriori fattori. Non avviene più la suddivisione in semplici fattori di probabilità e di riduzione, come nella norma sperimentale CEI 81-4.

Alcuni fattori di riduzione adesso vengono attribuiti piuttosto all'allegato C come perdita (prima: componenti di rischio).

I valori per entrambi i parametri risultano dalle tabelle 3.2.4.1 e 3.2.4.2. Bisogna osservare che possono variare anche altri valori, se si basano su ricerche o valutazioni dettagliate.

Caratteristiche della struttura	Classe dell'LPS	$P_B$
Struttura non protetta con LPS	–	1
Struttura protetta con LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Struttura con sistema di captazione conforme ad un LPS di Classe I e con uno schermo metallico continuo o organi di discesa costituiti dai ferri d'armatura del calcestruzzo		0,01
Struttura con copertura metallica od organi di captazione, eventualmente comprendenti componenti naturali, atti a garantire una completa protezione contro la fulminazione diretta di ogni installazione sulla copertura e con organi di discesa costituiti dai ferri d'armatura del calcestruzzo		0,001

Tabella 3.2.4.1 Probabilità di danno  $P_B$  per la definizione delle misure di protezione contro i danni materiali

LPL	$P_{SPD}$
Sistema di SPD coordinati assente	1
III – IV	0,03
II	0,02
I	0,01
SPD aventi caratteristiche migliori rispetto ai requisiti richiesti per l'LPL I (attitudine a sopportare correnti più elevate, livello di protezione inferiore, ecc.)	0,005 - 0,001

Tabella 3.2.4.2 Probabilità di guasto  $P_{SPD}$  per la definizione delle misure di protezione - dispositivi di protezione dalle sovratensioni (SPD), subordinato al livello di protezione LPL

### 3.2.5 Tipi di danno e perdita

A seconda della costruzione, dell'utilizzo e del tipo di struttura, i tipi di danno rilevanti possono essere molto diversi. La norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) distingue i quattro seguenti tipi di perdite:

- L1 perdita di vite umane (lesione oppure morte di persone);
- L2 perdita di servizio pubblico;
- L3 perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- L4 perdita economica (struttura e suo contenuto, servizio e perdita attività).

I citati tipi di perdita possono essere provocati da diversi tipi di danno. I tipi di danno, in una relazione causale, costituiscono nel senso vero la "causa", i tipi di perdita "l'effetto" (Tabella 3.2.5.1). I possibili tipi danno per un determinato tipo di perdita possono essere molteplici. Devono quindi essere definiti prima i tipi di perdita rilevanti per un determinato oggetto. Di seguito potranno essere stabiliti i tipi di danno.

### 3.2.6 Fattore di perdita

Se un determinato danno si è verificato in una struttura, allora deve essere determinato il suo effetto. Ad esempio, un guasto o un danno ad un impianto di elaborazione dati (tipo di perdita L4: perdite economiche) può avere conseguenze molto diverse. Nel caso in cui non vengano persi dati importanti per l'azienda, è rivendicabile tutt'al più il danno hardware che ammonterà ad alcune migliaia di Euro. Se invece tutta l'attività del-

l'azienda si basa sulla continua disponibilità del sistema di elaborazione dati (Call-Center, banca, automazione industriale), al danno hardware complessivo si aggiungerà anche un danno conseguente molto più elevato (insoddisfazione dei clienti, perdita di clienti, operazioni commerciali mancate, perdita di produzione, ecc.).

Per la valutazione degli effetti dei danni viene utilizzato il fattore di perdita L.

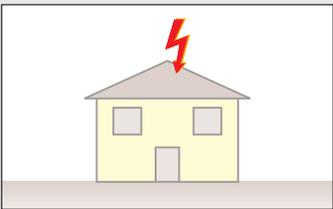
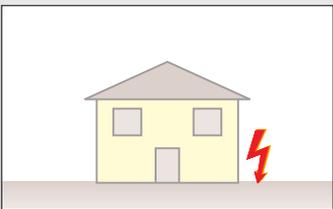
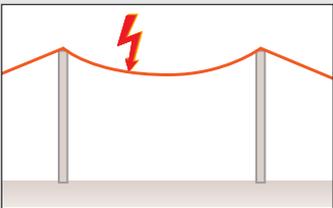
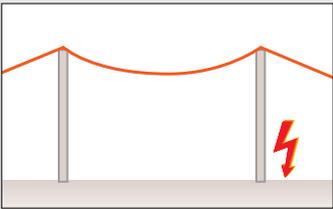
Il fattore di perdita viene principalmente suddiviso in:

- $L_t$  perdita per danni ad esseri viventi di seguito a tensioni di contatto e di passo;
- $L_f$  perdita per danni materiali in una struttura;
- $L_o$  perdita per guasto di impianti elettrici ed elettronici interni.

A seconda del tipo di perdita rilevante, verranno valutati l'entità del danno, l'importo del danno o le conseguenze. Nell'allegato C della CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) sono indicate le basi di calcolo delle perdite per quattro tipi di perdita. Spesso un utilizzo di tali equazioni risulta molto impegnativo. Per casi abituali vengono perciò proposti nell'allegato C anche dei valori medi per il fattore di perdita L in funzione al relativo tipo di danno.

Ulteriormente ai fattori di perdita l'allegato C tratta anche quattro fattori di riduzione  $r_x$  e un "fattore d'incremento"  $h_z$ .

- $r_a$  coefficiente di riduzione della perdita di vite umane per gli effetti delle tensioni di contatto e di passo associato al tipo di superficie del suolo;

			Struttura	
Punto d'impatto	Esempio	Sorgente di danno	Tipo di danno	Tipo di perdita
Fulmine sulla struttura		S1	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>b</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>a</sup> , L2, L4
Fulmine in prossimità della struttura		S2	D3	L1 <sup>a</sup> , L2, L4
Fulmine su un servizio entrante		S3	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>b</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>a</sup> , L2, L4
Fulmine in prossimità di un servizio entrante		S4	D3	L1 <sup>a</sup> , L2, L4

<sup>a</sup> Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o altre strutture in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

<sup>b</sup> Nel caso di strutture ad uso agricolo (perdita di animali).

#### Sorgente di danno in riferimento al punto di impatto

- S1 fulminazione diretta sulla struttura;
- S2 fulminazione a terra in prossimità della struttura;
- S3 fulminazione diretta su un servizio entrante;
- S4 fulminazione a terra in prossimità di un servizio entrante.

#### Tipo di danno

- D1 danno agli esseri viventi per shock elettrico dovuto alle tensioni di contatto e di passo;
- D2 fuoco, esplosione, azioni meccaniche e chimiche per effetti fisici della scarica atmosferica;
- D3 guasti di sistemi elettrici ed elettronici per sovratensioni.

#### Tipo di perdita

- L1 danni alle persone o perdite di vite umane;
- L2 perdita di servizio pubblico;
- L3 perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- L4 perdita economica (struttura e suo contenuto, servizio e perdita attività).

Tabella 3.2.5.1 Tipi di danno e tipi di perdita subordinati al punto d'impatto del fulmine

- $r_u$  coefficiente di riduzione della perdita di vite umane per gli effetti delle tensioni di contatto e di passo associato al tipo di pavimentazione;
- $r_p$  coefficiente di riduzione per la diminuzione delle perdite correlato alle misure atte a ridurre le conseguenze di un incendio;
- $r_f$  coefficiente di riduzione della perdita dovuto al danno materiale dipendente dal rischio d'incendio della struttura;
- $h_z$  coefficiente di incremento del valore della perdita dovuta a danno materiale in presenza di condizioni di pericolo particolari (p. es. panico, pericolo per l'ambiente o le strutture circostanti).

denza dal punto di abbattimento del fulmine e le componenti di rischio risultanti.

Se il fulmine si abbatte direttamente su una struttura, si verificano le seguenti componenti di rischio (Tabella 3.2.7.1):

- $R_A$  componente relativa ad esseri viventi per tensioni di contatto e di passo in caso di fulminazione diretta;
- $R_B$  componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura in caso di fulminazione diretta;
- $R_C$  componente relativa al guasto di impianti interni su sistemi elettrici ed elettronici a causa di sovratensioni dovute a fulminazione diretta.

Se il fulmine si abbatte nelle vicinanze della struttura al suolo oppure su una costruzione vicina, si verifica la seguente componente di rischio:

- $R_M$  componente relativa al guasto di impianti interni su sistemi elettrici ed elettronici a causa

### 3.2.7 Componenti di rischio rilevanti dovute a fulminazioni diverse

Tra il tipo del danno, il tipo di perdita e le componenti di rischio rilevanti risultanti esiste una stretta relazione. Per prima cosa verrà illustrata la dipen-

Sorgente di danno  Tipo di danno	Fulminazione (riferita alla struttura)				
	Diretta	Indiretta			
	S1 Fulminazione diretta sulla struttura	S2 Fulminazione in prossimità della struttura	S3 Fulminazione diretta sul servizio entrante	S4 Fulminazione in prossimità del servizio entrante	
<b>D1</b> Shock elettrico di esseri viventi	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot r_a \cdot L_t$		$R_U = (N_L + N_{DA}) \cdot P_U \cdot r_a \cdot L_t$		$R_S = R_A + R_U$
<b>D2</b> Incendio, esplosione, effetti meccanici e chimici	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_V = (N_L + N_{DA}) \cdot P_V \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_f = R_B + R_V$
<b>D3</b> Guasti di sistemi elettrici ed elettronici	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_o$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_o$	$R_W = (N_L + N_{DA}) \cdot P_W \cdot L_o$	$R_Z = (N_I - N_L) \cdot P_Z \cdot L_o$	$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$
	$R_d = R_A + R_B + R_C$	$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$			

Tabella 3.2.7.1 Alle componenti di rischio  $R_U$ ,  $R_V$  e  $R_W$  oltre al numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta sul servizio  $N_L$  si aggiunge anche il numero di eventi pericolosi per fulminazioni dirette sulla struttura connessa  $N_{Da}$  (vedi Figura 3.2.3.3). Per la componente di rischio  $R_Z$  il numero di eventi pericolosi per fulminazioni in prossimità del servizio  $N_I$  deve essere però ridotto per il numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta sul servizio  $N_L$ .

di sovratensioni dovute a fulminazione in prossimità della struttura.

Se il fulmine si abbatte direttamente su una linea connessa alla struttura, si verificano le seguenti componenti di rischio:

$R_U$  componente relativa ad esseri viventi per tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente da fulmine che fluisce attraverso la linea entrante nella struttura;

$R_V$  componente relativa ai danni materiali per scariche pericolose nella struttura dovuti alla corrente da fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante;

$R_W$  componente relativa al guasto di sistemi elettrici ed elettronici interni causato da sovratensioni dovute a fulminazione diretta sul servizio entrante.

Se il fulmine si abbatte infine al suolo in prossimità di una linea entrante nella struttura, si verifica la seguente componente di rischio:

$R_Z$  componente relativa al guasto di sistemi elettrici ed elettronici interni a causa di sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

Le otto componenti di rischio complessive (che in linea di massima devono essere individuate separatamente per ogni tipo di perdita) possono ora essere combinate secondo due diversi criteri: il luogo di abbattimento e il tipo di danno.

Se è di interesse la combinazione relativa al luogo di abbattimento del fulmine, e quindi l'analisi della **tabella 3.2.7.1** a colonne, risulta il rischio:

⇒ in caso di fulminazione diretta sulla struttura:

$$R_d = R_A + R_B + R_C$$

⇒ in caso di fulminazione indiretta in prossimità della struttura:

$$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

Se invece si desidera analizzare il tipo di danno, i rischi si possono comporre nel modo seguente:

⇒ per danni ad esseri viventi dovuti a tensioni pericolose di contatto e di passo:

$$R_S = R_A + R_U$$

⇒ per danni materiali dovuti a incendio, esplosione, azione meccanica e chimica per effetto meccanico e termico da fulminazione:

$$R_f = R_B + R_V$$

⇒ per guasti di sistemi elettrici ed elettronici dovuti a sovratensioni:

$$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$$

### 3.2.8 Rischio accettabile per danni da fulminazione

Per la decisione sulla scelta delle misure di protezione contro i fulmini occorre verificare se il rischio  $R$ , verificato per i tipi di perdita rilevanti, supera il valore di rischio ammissibile  $R_T$  (quindi ancora tollerabile) o no. Questo vale però soltanto per i tre tipi di perdita L1 - L3, che sono di cosiddetto interesse pubblico, dove per una struttura sufficientemente protetta contro i fulmini vale:

$$R \leq R_T$$

$R$  rappresenta la somma di tutti i componenti di rischio riferite ad un determinato tipo di perdita L1 - L3:

$$R = \sum R_V$$

La CEI EN 62305-2 indica dei valori massimi tollerabili  $R_T$  per questi tre tipi di perdita (**Tabella 3.2.8.1**).

Tipi di perdita		$R_T$
L1	perdita di vite umane (lesione o morte di persone)	$10^{-5}/\text{anno}$
L2	perdita di servizio pubblico	$10^{-3}/\text{anno}$
L3	perdita di patrimonio culturale insostituibile	$10^{-3}/\text{anno}$

Tabella 3.2.8.1 Tipici valori di rischio tollerabile  $R_T$

### 3.2.9 Scelta delle misure di protezione contro i fulmini

Le misure di protezione contro i fulmini devono portare alla limitazione del rischio  $R$  a valori inferiori al rischio tollerabile  $R_T$ . Attraverso il calcolo dettagliato dei rischi rilevanti per un determinato tipo di struttura, cioè con la suddivisione in singo-

le componenti di rischio  $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$  e  $R_Z$ , la scelta delle misure di protezione contro i fulmini può essere eseguita in modo estremamente preciso.

Il diagramma di flusso indica la procedura secondo CEI EN 62305-2 (Figura 3.2.9.1). Se si presume che il rischio calcolato  $R$  supera il rischio tollerabile  $R_T$ , è

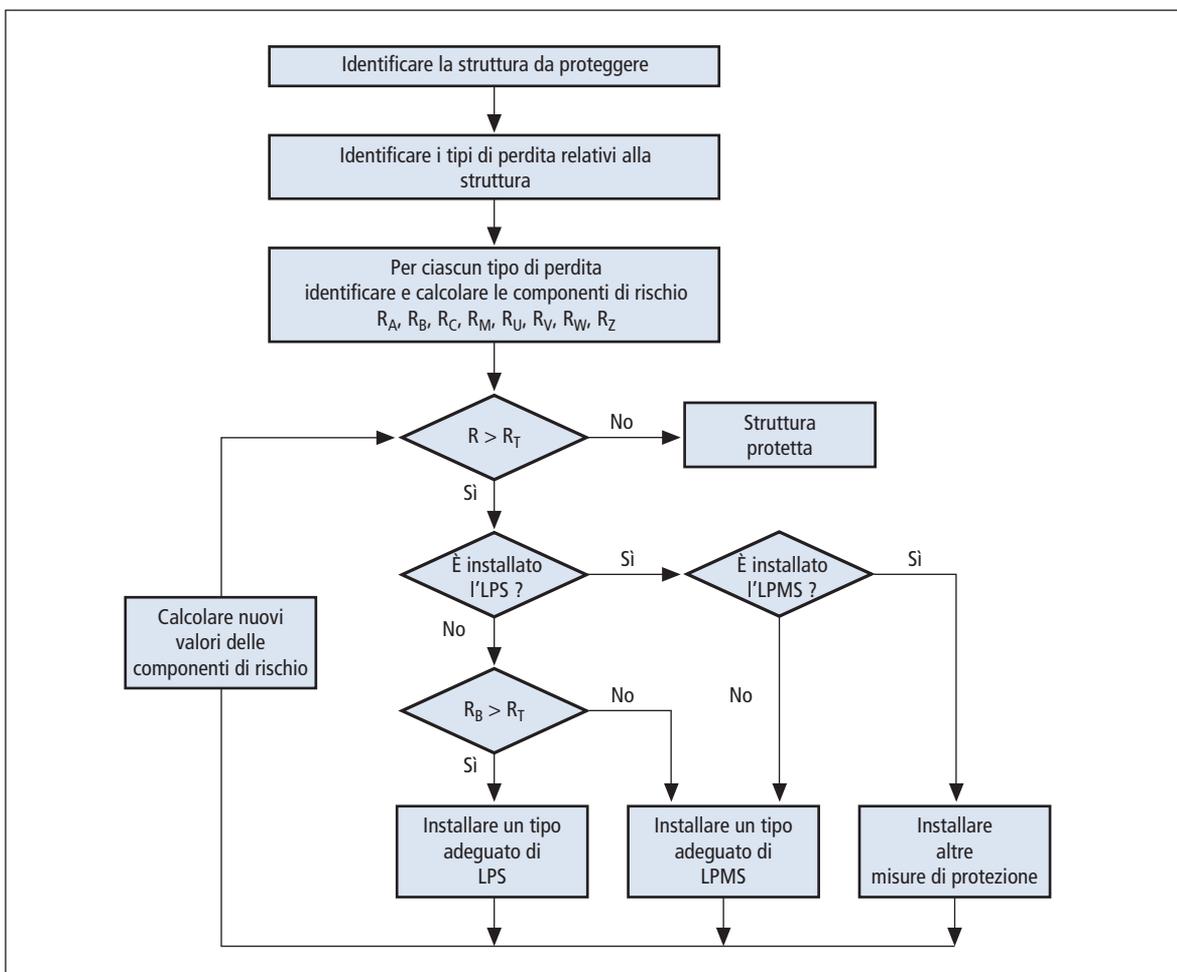


Figura 3.2.9.1 Diagramma a flusso per la scelta delle misure di protezione per i tipi di perdita L1 ... L3

da verificare se il rischio per danni materiali dovuto alla fulminazione diretta nella struttura  $R_B$ , supera il rischio tollerabile  $R_T$ . In caso affermativo deve essere installato un sistema di protezione contro i fulmini completo con un'adeguata protezione interna ed esterna. Se  $R_B$  è sufficientemente ridotto, nel secondo passo viene controllato se il rischio dovuto all'impulso elettromagnetico da fulmine (LEMP) può essere ridotto sufficientemente tramite ulteriori misure di protezione.

Seguendo la procedura indicata nella **figura 3.2.9.1** possono quindi essere scelte le misure di protezione per la riduzione delle componenti di rischio che presentano dei valori relativamente alti, cioè misure di protezione di un'efficacia relativamente elevata nel caso analizzato.

### 3.2.10 Perdite economiche / redditività delle misure di protezione

Per alcune strutture è rilevante il tipo di perdita L4: perdite economiche è rilevante. In questi casi non si può calcolare con il rischio tollerabile  $R_T$ . È invece da valutare se le misure di protezione sono giustificabili dal punto di vista economico. Valori assoluti come un definito rischio tollerabile  $R_T$ , non sono dei criteri di paragone, bensì valori relativi: diverse varianti di misure di protezione della struttura vengono paragonate fra di loro e la variante

ottimale verrà realizzata, cioè quella con i più bassi costi delle perdite per il pericolo da fulminazione rimanenti. Si possono e si dovrebbero quindi, analizzare diverse varianti di protezione.

La procedura fondamentale è indicata nella **figura 3.2.10.1**, la **figura 3.2.10.2** raffigura il diagramma di flusso pertinente secondo CEI EN 62305-2. Questo nuovo metodo inizialmente apre sicuramente nuove discussioni nel settore, premettendo che già prima della progettazione vera e propria delle misure di protezioni contro i fulmini sono possibili delle valutazioni (indicative) dei costi.

Una dettagliata e attualizzata banca dati in questi casi può dare degli ottimi servizi.

Nelle strutture, oltre al tipo di perdita L4, di solito sono rilevanti anche uno o più degli altri tipi di perdita L1–L3. In questi casi è da proseguire inizialmente con la procedura dimostrata in **figura 3.2.9.1**, questo significa che il rischio R per i tipi di perdita L1–L3 deve essere inferiore al rischio tollerabile  $R_T$ . Se questa situazione è data, in un secondo passo viene controllata l'utilità delle misure di protezione pianificate secondo la **figura 3.2.10.1** e **figura 3.2.10.2**.

Anche qui ci sono nuovamente diverse possibilità nelle varianti di protezione, dove infine dovrebbe essere realizzata quella più economica, però sempre a condizione che per tutti i rilevanti tipi di perdita di interesse pubblico L1 – L3 valga:  $R < R_T$ .

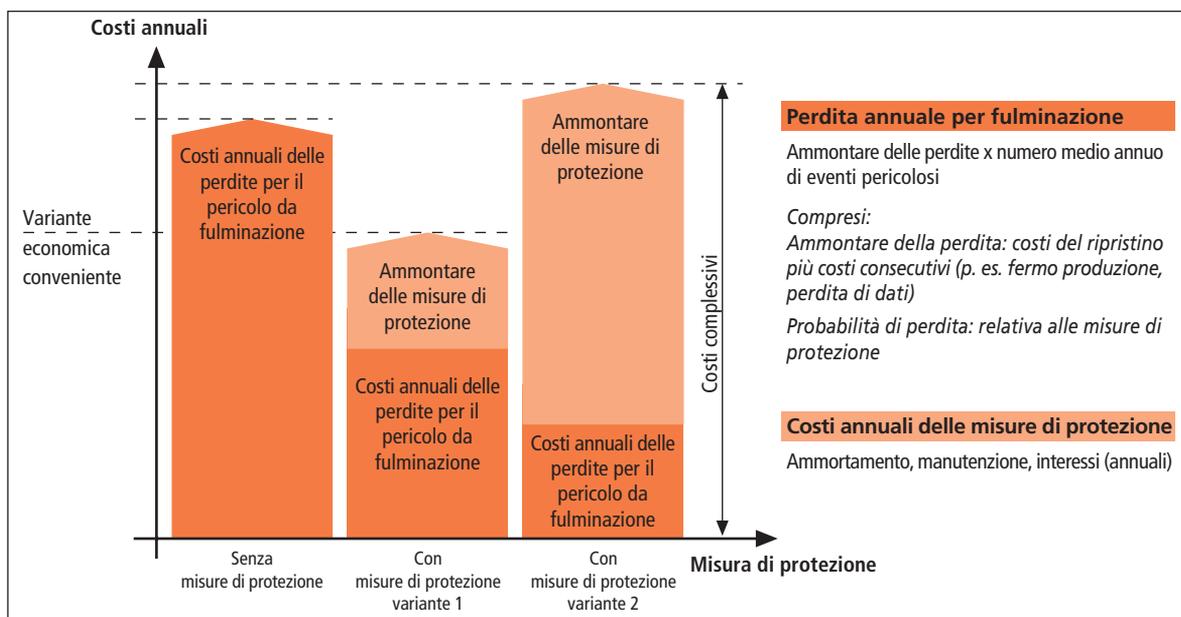


Figura 3.2.10.1 Procedimento principale per la sola valutazione economica e il calcolo dei costi annuali

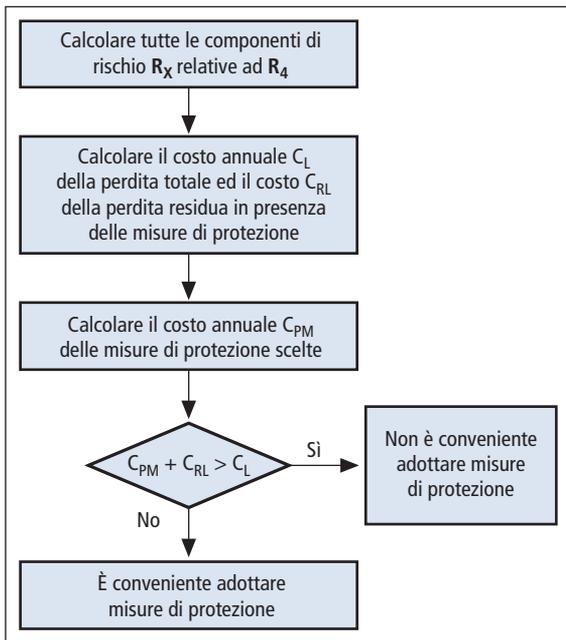


Figura 3.2.10.2 Diagramma a flusso per la scelta delle misure di protezione per le perdite economiche

### 3.2.11 Differenze fondamentali della CEI EN 62305-2:2006 (CEI 81-10/2) alla CEI 81-4:1996

Se si paragonano le quattro parti della serie di Norme CEI EN 62305:2006-04 (CEI 81-10) con le precedenti Norme CEI 81-1, 4, e 8, la parte 2 (valutazione del rischio) presenta le più grandi novità e modifiche. Questo deriva in particolare dalle seguenti circostanze:

- ⇒ Qui non sono descritte delle misure di protezione, nelle quali delle varianti significative sono da implementare soltanto con grande difficoltà.
- ⇒ Sono definite piuttosto delle procedure di calcolo, come equazioni, parametri e i loro valori, nelle quali sono possibili delle modificazioni in modo molto facile.
- ⇒ Per questa parte normativa, particolarmente in confronto alla CEI 81-4 e 8, finora esistevano delle esperienze limitate, così che da questa parte erano da aspettarsi gli adeguamenti più significativi.

Invariato resta intanto il procedimento generale per la valutazione del rischio. Il rischio, cioè le sin-

gole componenti di rischio risultano tuttora come prodotto di:

- ⇒ numero annuo dei fulmini  $N$  (eventi pericolosi), dove si fanno in particolare dei calcoli sulle aree di raccolta equivalenti (allegato A);
- ⇒ una probabilità di danno  $P$ , con la quale una fulminazione provoca un determinato danno (incendio, sovratensione, ecc.) (allegato B);
- ⇒ un fattore di perdita  $L$ , il quale descrive il tipo, l'entità e in alcuni casi le conseguenze del danno (allegato C).

In parte nelle equazioni sono stati adeguati soltanto alcuni parametri, ovvero i loro valori, in parte i calcoli sono stati modificati totalmente, così che non è sempre possibile un confronto dei risultati parziali tra norma "vecchia" CEI 81-4 e "nuova" CEI 81-10 parte 2, bensì soltanto un paragone dei risultati finali di un determinato progetto. Dato che l'utente però effettua raramente il calcolo della valutazione del rischio manualmente, ma piuttosto con l'aiuto di un software, non se ne accorge nemmeno di tante variazioni. Le variazioni diventano però evidenti dal fatto che sono stati cambiati i simboli per alcuni parametri, altri parametri non vengono più esaminati e ancora altri parametri sono totalmente nuovi.

Se viene confrontata la "nuova" CEI 81-10/2 con la "vecchia" CEI 81-4, si possono riassumere le seguenti modifiche:

- ⇒ I calcoli del numero degli eventi  $N_x$ , secondo l'allegato A, sono stati cambiati solo leggermente.
- ⇒ I calcoli e rispettivamente le definizioni delle probabilità di danno  $P_x$  nell'allegato B hanno subito cambiamenti sostanziali. Adesso i valori risultano direttamente da tabelle ( $P_A, P_B, P_C$ ), dalla comparazione di due valori che possono essere estratti direttamente dalle tabelle ( $P_U, P_V, P_W, P_Z$ ), e solo in un unico caso, per ricavare il valore dalla tabella, deve essere effettuata una moltiplicazione di quattro parametri ( $P_M$ ). Il calcolo della probabilità di danno tramite alcune semplici probabilità basilari  $P$  e fattori di riduzione  $k$ , conosciuto dalla "vecchia" CEI 81-4, è sostituito.
- ⇒ I danni medi  $\delta_x$  vengono cambiati nell'allegato C in perdite (meglio: fattori di perdita)  $L_x$ . Le

equazioni per il calcolo dei fattori di perdita  $L_x$  e anche i valori tipici di questi fattori di perdita, nella maggior parte, restarono però invariati. Nell'allegato C si trovano adesso però anche alcuni fattori di riduzione  $r_x$  per misure di protezione che finora erano utilizzati per il calcolo della "vecchia" probabilità di danno. Adesso sono integrati nei fattori delle perdite  $L_x$ .

Secondo CEI EN 62305-2 adesso è possibile anche una considerazione di diverse zone di protezione da fulmine e un'osservazione differenziata dei singoli servizi entranti e dei sistemi elettrici ed elettronici da loro alimentati.

Enorme importanza nel futuro ha anche la valutazione dell'utilità economica delle misure di protezione contro i fulmini (tipo di perdita 4: perdite economiche). Se questa valutazione nella vecchia norma CEI 81-4 veniva effettuata indirettamente e in modo incompleta attraverso la scelta del rischio tollerabile, adesso avviene sulla base di un procedimento strettamente economico: vengono confrontati i costi annuali che derivano con e senza misure di protezione (sezione 3.2.10). Si fa notare ancora una volta che questa procedura è giustificabile soltanto per il tipo di perdita L4: perdite economiche, ma naturalmente non per i tre tipi di perdita L1-L3 di cosiddetto interesse pubblico: perdita di vite umane, perdita di servizio (tecnico) pubblico e perdita di patrimonio culturale insostituibile. Qui valgono tuttora valori per il rischio tollerabile che devono essere rispettati.

Già per la "vecchia" norma CEI 81-4 tra gli utilizzatori si sentiva il bisogno di supporti come p. es. software di calcolo, senza i quali una corretta applicazione era praticamente impossibile. La "nuova" CEI EN 62305-2 nella sua composizione risulta anch'essa di simile complessità, in alcune parti addirittura molto più complessa, così che anche qui sono indispensabili dei supporti, se si vuole che la norma si affermi sul mercato. Questi software di calcolo possono essere:

⇒ Programmi di calcolo a foglio elettronico come EXCEL.

⇒ Il software semplificato per la valutazione del rischio per le strutture "Simplified Risk Assessment Calculator SIRAC", che è parte integrante della "nuova" CEI EN 62305-2 come allegato J. Purtroppo permette solamente dei calcoli molto limitati, perchè non è possibile o solo in modo limitato, di scegliere e inserire molti dei parametri. Per alcune situazioni molto semplici, questa versione comunque risulta sufficiente.

⇒ Programmi commerciali sulla base di banca dati come DEHNsupport, che rispecchiano la completa funzionalità della "nuova" norma e permettono inoltre la possibilità di elaborare e archiviare ulteriori dati di progetto e di effettuare ulteriori calcoli.

### 3.2.12 Riassunto

L'applicazione nella pratica delle procedure indicate e dei dati è molto impegnativa e non sempre semplice. Questo, tuttavia, non deve esimere gli esperti nel campo della protezione contro i fulmini, e soprattutto le persone pratiche della materia, dall'occuparsi di questo argomento.

La valutazione quantitativa del rischio da fulminazione per una struttura costituisce un miglioramento notevole rispetto alla situazione riscontrata finora in cui le decisioni a favore o contro le misure di protezione contro i fulmini erano spesso unicamente soggettive e non sempre basate su riflessioni comprensibili per tutti i soggetti coinvolti.

Una tale valutazione quantitativa quindi rappresenta un presupposto significativo per decidere se, in che misura e quali misure di protezione da fulmini devono essere previste per una determinata struttura. Così, a lungo termine, verrà fornito anche un contributo all'accettazione della protezione da fulmini ed alla prevenzione di danni.

### 3.2.13 Supporti per la progettazione

L'applicazione impegnativa e non sempre semplice della procedura per la valutazione del rischio per le strutture può essere migliorata significativamente attraverso una soluzione ottenuta con il supporto del computer.

Le procedure e i dati specificati nella norma CEI EN 62305-2 sono stati implementati nel software di facile accesso "DEHNsupport". DEHNsupport offre

all'utente un supporto mirato nella progettazione. Sono disponibili i seguenti supporti per la progettazione:

- ⇒ Valutazione del rischio secondo CEI EN 62305-2
- ⇒ Calcolo della distanza di sicurezza
- ⇒ Calcolo della lunghezza dei dispersori
- ⇒ Calcolo dell'altezza delle aste di captazione

## 3.3 Ispezione e manutenzione

### 3.3.1 Tipi di ispezioni e qualifiche degli ispettori

Per assicurare una protezione duratura della struttura, delle persone che si trovano al suo interno e dei sistemi elettrici ed elettronici, i parametri meccanici ed elettrici di un sistema di protezione contro i fulmini devono rimanere stabili per tutta la durata del sistema. A questo scopo serve un programma di ispezione e di manutenzione del sistema di protezione contro i fulmini concordato, che deve essere stabilito dalle autorità, dal progettista del sistema di protezione contro i fulmini oppure dal costruttore del sistema di protezione insieme al proprietario della struttura. Se durante l'ispezione di un sistema di protezione contro i fulmini vengono rilevati dei difetti, la responsabilità di eliminare immediatamente tali difetti è compito del gestore/proprietario della struttura. La prova del sistema di protezione contro i fulmini deve essere eseguita da personale specializzato nella protezione contro i fulmini. Poiché il termine "specialista nel campo della protezione contro i fulmini" non è definito in modo univoco, dovrebbe innanzitutto essere chiarito - prima della questione delle qualifiche del verificatore - se nelle disposizioni in materia dell'oggetto di prova venga richiesto un *esperto* oppure un *perito*.

L'esperto nella protezione contro i fulmini è chi, in base alla sua specializzazione, alle sue conoscenze ed esperienze, come anche conoscenza delle relative norme di settore, è in grado di progettare, realizzare e verificare dei sistemi di protezione contro i fulmini.

Come criteri di "specializzazione ed esperienze" si intende un'esperienza lavorativa pluriennale nel settore della protezione contro i fulmini. I settori progettazione, realizzazione e verifica hanno diverse pretese all'esperto in protezione contro i fulmini.

Un *esperto* possiede, in base alla sua formazione ed esperienza, anche conoscenze *sufficienti* nel campo delle attrezzature tecniche per le prove. È inoltre informato sulle regolamentazioni in materia di sicurezza sul posto di lavoro, direttive e norme, in modo tale da poter valutare il buono stato di sicurezza delle attrezzature tecniche.

**Attenzione:** un *esperto* non è un *perito*!

Un *perito* possiede, in base alla sua formazione ed esperienza, *particolari* conoscenze nel campo delle attrezzature tecniche per le prove. È inoltre informato sulle regolamentazioni in materia di sicurezza sul posto di lavoro, direttive e norme, in modo tale da poter valutare il buono stato di sicurezza di attrezzature tecniche complesse. Il suo compito è quello di esaminare le attrezzature tecniche e di valutarle attraverso una perizia. Possono essere periti ad esempio ingegneri delle associazioni di controllo tecnico, periti industriali, oppure altri ingegneri specializzati. Su impianti con obbligo di ispezione, è generalmente necessario fare effettuare le ispezioni da un *perito*.

Indipendentemente dalle qualifiche necessarie del verificatore, attraverso le ispezioni deve essere garantita la funzionalità del sistema di protezione contro i fulmini rispetto agli effetti di fulminazioni dirette e indirette per quanto riguarda le persone, il contenuto, l'equipaggiamento tecnico della struttura, le tecniche di servizio, la tecnica di sicurezza e la struttura stessa in combinazione con eventuali interventi di manutenzione necessari. Per questo deve essere messo a disposizione del verificatore la documentazione di progettazione del sistema di protezione contro i fulmini contenente i criteri della progettazione, la descrizione della progettazione e i disegni tecnici. Le ispezioni da effettuare vengono distinte nel modo seguente:

#### Esame della progettazione

L'esame della progettazione deve garantire che il sistema di protezione contro i fulmini con le sue componenti corrisponda da tutti i punti di vista allo stato della tecnica attuale al momento della progettazione. Tale esame è da effettuare prima dell'adempimento della prestazione.

#### Verifica durante la costruzione

I componenti del sistema di protezione contro i fulmini che non sono più accessibili dopo il com-

pletamento della costruzione, devono essere ispezionati durante il loro posizionamento nella struttura. Tali parti comprendono p. es.:

- ⇒ dispersore di fondazione
- ⇒ impianto di messa a terra
- ⇒ collegamenti delle armature
- ⇒ armature in calcestruzzo utilizzate come schermatura
- ⇒ sistemi di calate e le loro connessioni che vengono poi annegate nel calcestruzzo

La verifica comprende il controllo della documentazione tecnica così come l'ispezione a vista con la valutazione della qualità di esecuzione svolta.

### Collaudo

Il collaudo si effettua dopo il completamento del sistema di protezione contro i fulmini. In tale occasione devono essere esaminati completamente:

- ⇒ il rispetto del concetto di protezione secondo le norme (progettazione),
- ⇒ l'esecuzione (regola dell'arte)

tenendo conto di:

- ⇒ tipologia d'uso,
- ⇒ equipaggiamento tecnico della struttura e
- ⇒ condizioni sul luogo.

### Ispezione periodica

Le ispezioni effettuate regolarmente sono il presupposto per l'efficacia continuativa di un sistema di protezione contro i fulmini. Devono essere eseguite ad intervalli variabili da 1 a 4 anni. La **tabella 3.3.1.1** contiene dei suggerimenti per gli intervalli tra le ispezioni complete di un sistema di protezione contro i fulmini in condizioni ambientali medie. Se esistono degli obblighi imposti per legge dai

decreti con dei termini di verifica, tali termini valgono come requisiti minimi. Se attraverso specifici obblighi di legge, vengono prescritte, delle ispezioni regolari dell'impianto elettrico della struttura, nell'ambito di tale verifica dovrà essere anche esaminata la funzionalità delle misure di protezione contro i fulmini interne.

### Ispezione a vista

I sistemi di protezione contro i fulmini delle strutture, come le zone critiche dei sistemi di protezione contro i fulmini (ad esempio in caso di influenza consistente dovuta a condizioni ambientali critiche), devono essere sottoposti a ispezioni visive tra un'ispezione periodica e l'altra. Queste dovranno essere eseguite con intervalli da 1 a 2 anni (**Tabella 3.3.1.1**).

### Ispezione supplementare

Oltre alle ispezioni periodiche è necessario effettuare una verifica del sistema di protezione contro i fulmini in caso di:

- ⇒ modifiche consistenti della tipologia ,d'uso
- ⇒ modifiche della struttura,
- ⇒ aggiunzioni,
- ⇒ ampliamenti oppure,
- ⇒ riparazioni

su una struttura protetta.

Queste ispezioni devono essere eseguite anche quando si accerta un caso di fulminazione sul sistema di protezione contro i fulmini.

Livello di protezione	Ispezione visiva (anni)	Ispezione completa (anni)	Ispezione completa di impianti critici (anni)
I e II	1	2	1
III e IV	2	4	1

Nota: Gli LPS utilizzati in applicazioni su strutture con rischio di esplosione è opportuno siano ispezionati ogni 6 mesi. È opportuno che le verifiche elettriche siano effettuate una volta all'anno. Un'eccezione accettabile alla verifica annuale programmata è quella di eseguire prove ad intervalli di 14 - 15 mesi quando questo sia considerato vantaggioso per la verifica della variazione stagionale della resistenza del terreno.

Tabella 3.3.1.1 Intervalli massimi delle verifiche dell'LPS

### 3.3.2 Procedura dell'ispezione

L'ispezione include il controllo della documentazione tecnica, l'ispezione a vista e le prove.

#### Controllo della documentazione tecnica

La documentazione deve essere controllata sotto l'aspetto di:

- ⇒ completezza e
- ⇒ conformità alle norme.

#### L'ispezione a vista

Attraverso l'ispezione a vista occorre verificare che:

- ⇒ il sistema complessivo corrisponda alla documentazione tecnica,
- ⇒ il sistema complessivo della protezione contro i fulmini esterna e interna si trovi in condizioni regolari,
- ⇒ non vi siano connessioni lasche o rotture nei conduttori e nelle giunzioni del sistema di protezione contro i fulmini,
- ⇒ tutte le connessioni a terra visibili siano intatte,
- ⇒ tutti i conduttori e componenti del sistema siano ancorate correttamente e gli elementi che assicurano la protezione meccanica siano intatti e al loro posto,
- ⇒ non vi siano state effettuate aggiunte o modifiche alla struttura protetta che richiedono delle misure di protezione addizionali,
- ⇒ i dispositivi di protezione da sovratensione installati nei sistemi di alimentazione e nei sistemi informatici siano stati installati correttamente,
- ⇒ i dispositivi di protezione da sovratensioni non siano scollegati o danneggiati,
- ⇒ non siano intervenuti i dispositivi di sovracorrente installati a monte dei dispositivi di protezione da sovratensione,
- ⇒ siano state eseguite le connessioni equipotenziali della protezione contro i fulmini sugli ampliamenti di nuovi circuiti di alimentazione, installati nella struttura dopo l'ultima verifica,
- ⇒ i collegamenti equipotenziali all'interno della struttura siano efficienti e integri,
- ⇒ siano stati presi i provvedimenti necessari in caso di ravvicinamenti del sistema di protezione contro i fulmini rispetto agli altri impianti.

**Avvertenze:** per impianti di messa a terra installati da oltre 10 anni, lo stato e la consistenza del conduttore di terra e i suoi collegamenti possono essere valutati soltanto con un dissotterramento in diversi punti.

#### Prove

Attraverso le prove devono essere esaminati la continuità dei collegamenti e lo stato dell'impianto di messa a terra.

#### ⇒ Continuità dei collegamenti

Deve essere verificato che tutti i collegamenti e le connessioni dei captatori, le derivazioni, i collegamenti equipotenziali, le schermature ecc. presentino una bassa resistenza (ohmica). Il valore di riferimento è  $< 1 \Omega$ .

#### ⇒ Stato dell'impianto di messa a terra

La continuità dell'impianto di messa a terra in tutti i punti di misura deve essere misurata per verificare la continuità dei conduttori e dei connettori (valore di riferimento  $< 1 \Omega$ ).

Inoltre devono essere misurate la continuità verso le masse metalliche (ad esempio gas, acqua, aerazione, riscaldamento), la resistenza di terra complessiva del sistema di protezione contro i fulmini e la resistenza di terra di ciascun dispersore locale e dei dispersori ad anello parziali.

I risultati delle prove devono essere confrontati con le prove precedenti. Se si verifica uno scarto considerevole rispetto ai valori di misurazione precedenti, devono essere eseguiti ulteriori accertamenti.

### 3.3.3 Documentazione

Per ogni ispezione deve essere redatto un rapporto. Questo dovrà essere conservato - unitamente al progetto dell'LPS e ai rapporti delle ispezioni precedenti - presso il committente della struttura/sistema oppure presso l'ufficio amministrativo competente.

Per la valutazione del sistema di protezione contro i fulmini devono essere messi a disposizione del verificatore, ad esempio, i seguenti documenti:

- ⇒ criteri di progettazione;
- ⇒ descrizione del progetto;

- ⇒ disegni tecnici relativi alla protezione contro i fulmini interna ed esterna;
- ⇒ relazioni su manutenzioni e ispezioni precedenti.

Il rapporto di prova dovrebbe contenere le indicazioni seguenti:

⇒ **Generalità**

- a) proprietario, indirizzo;
- b) costruttore del sistema di protezione contro i fulmini, indirizzo;
- c) anno di costruzione.

⇒ **Indicazioni sulla struttura**

- a) locazione;
- b) tipologia;
- c) tipo di costruzione;
- d) tipo di copertura del tetto;
- e) livello di protezione LPL.

⇒ **Indicazioni sul sistema di protezione contro i fulmini**

- a) materiale e sezione dei conduttori;
- b) numero delle calate, ad esempio punti di sezionamento (identificazione secondo le indicazioni sul disegno); distanza di sicurezza calcolata;
- c) tipo dell'impianto di messa a terra (ad esempio dispersore ad anello, dispersore verticale, dispersore di fondazione);
- d) esecuzione dell'equipotenzialità antifulmine verso masse metalliche, verso impianti elettrici e verso barre equipotenziali esistenti.

⇒ **Documenti basilari per la verifica**

- a) descrizione e disegni del sistema di protezione contro i fulmini;
- b) norme e disposizioni relative alla protezione contro i fulmini in vigore al momento della costruzione;
- c) ulteriori documenti per la verifica (ad esempio decreti, vincoli) relativi al periodo della costruzione.

⇒ **Tipo di ispezione**

- a) ispezione del progetto;
- b) ispezione durante l'esecuzione;
- c) prima ispezione;
- d) ispezione periodica
- e) ispezione supplementare
- f) ispezione a vista

⇒ **Risultato dell'ispezione**

- a) modifiche riscontrate nella struttura e/o nel sistema di protezione contro i fulmini;
- b) scostamenti da norme, decreti, vincoli e direttive di applicazione corrispondenti al momento della costruzione;
- c) difetti riscontrati;
- d) resistenza di terra oppure continuità del dispersore ad anello sui singoli punti di sezionamento con indicazione del metodo di misurazione e del tipo di apparecchio di misurazione;
- e) resistenza di terra complessiva (misurazione senza o con conduttore di protezione e massa metallica nell'edificio).

⇒ **Verificatore**

- a) nome del verificatore;
- b) ditta/organizzazione del verificatore;
- c) nome dell'assistente;
- d) numero di pagine del rapporto di ispezione;
- e) data dell'ispezione;
- f) firma della ditta/organizzazione del verificatore.

Un esempio di rapporto di ispezione corrispondente ai requisiti della norma DIN V VDE V 0185-3 è riportato nel sito web [www.dehn.de](http://www.dehn.de).

### 3.3.4 Manutenzione

La manutenzione e le verifiche dei sistemi di protezione contro i fulmini devono essere coordinate. Dovrebbero essere fissate, per tutti i sistemi di protezione contro i fulmini, oltre alle ispezioni, anche delle manutenzioni periodiche.



La frequenza dei lavori di manutenzione dipende dai seguenti fattori:

- ⇒ perdita di qualità causata da agenti atmosferici o ambientali;
- ⇒ effetto di fulminazioni dirette e dei possibili danni causati da queste ultime;
- ⇒ livello di protezione della struttura in esame.

Le attività di manutenzione dovrebbero essere definite in modo differenziato per ogni sistema di protezione contro i fulmini, e dovrebbero diventare parte integrante del programma di manutenzione complessivo della struttura.

Dovrebbe altresì essere stabilita una manutenzione periodica. Questa permette un confronto dei risultati rilevati al momento con quelli delle manutenzioni precedenti. Inoltre, questi valori potranno essere utilizzati come confronto per le verifiche future.

Le seguenti misure dovrebbero essere previste in una manutenzione periodica:

- ⇒ controllo di tutti i conduttori e componenti del sistema di protezione contro i fulmini;
- ⇒ misurazione della continuità elettrica delle installazioni del sistema LPS;

- ⇒ misurazione della resistenza dell'impianto di messa a terra;
- ⇒ ispezione a vista di tutti i dispositivi di protezione da sovratensione (tipicamente i dispositivi di protezione da sovratensione sulle linee di ingresso del sistema di alimentazione e del sistema informatico) per rilevare eventuali danneggiamenti o interventi;
- ⇒ rifissaggio di componenti e conduttori;
- ⇒ prova della inalterata efficacia del sistema di protezione contro i fulmini dopo eventuali aggiunzioni o modifiche alla struttura.

Di tutti i lavori di manutenzione dovrebbe essere redatto un rapporto completo. Questo dovrebbe contenere le modifiche effettuate o da effettuare.

Questi rapporti forniscono un aiuto per la valutazione degli elementi e delle installazioni del sistema di protezione contro i fulmini. Sulla loro base è possibile effettuare e aggiornare le manutenzioni periodiche. I protocolli di manutenzione dovrebbero essere custoditi insieme ai disegni di progetto ed ai rapporti di ispezione del sistema di protezione contro i fulmini.