

Università degli studi di Roma “La Sapienza”



1^ FACOLTA' MEDICINA e CHIRURGIA

CORSO DI LAUREA IN

TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL' AMBIENTE E
NEI LUOGHI DI LAVORO

Presidente: Prof. F. Tomei

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE DEL
RISCHIO DA SCARICHE
ATMOSFERICHE**

RELATORE:

Prof.re Franco Monticelli

CANDIDATO:

Massimo Brocchi

Matricola: 1208224

Anno accademico 2010/2011

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. QUADRO NORMATIVO	6
3. PROTEZIONE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI CONTRO I FULMINI	10
4. VERIFICHE	13
4.1 OBBLIGO DI RICHIESTA DELLE VERIFICHE (Art.86/81)	16
4.2 VERIFICA E CONTROLLO	17
4.3 MANUTENZIONE ED ISPEZIONE	18
5. L'INFORTUNIO	19
6. LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE	20
6.1 PREMESSA	21
6.2 TIPO DI DANNO	21
6.3 1° PERCORSO: VALUTAZIONE DEL RISCHIO	25
6.4 2° PERCORSO	26
6.5 RISCHIO TOLLERABILE E CONVENIENZA ECONOMICA	28
7. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER UN EDIFICIO SCOLASTICO E RELATIVE SCELTE DI MISURA CONTRO I FULMINI	31
8. CONCLUSIONE	46
9. BIBLIOGRAFIA	47

INTRODUZIONE

Le scariche atmosferiche

Da sempre il fulmine ha rappresentato, nell'immaginazione dell'uomo, il soprannaturale, data la sua imprevedibilità e il suo effetto letale; tuttavia, il fulmine è comunque un fenomeno fisico; per definizione è costituito da scariche elettriche transitorie improvvise con elevata intensità di corrente.

Il fulmine avviene nell'atmosfera e si presenta alla vista come una traccia luminosa (lampo) e all'udito come un fenomeno sonoro (tuono), essi non sono percepiti simultaneamente a causa delle diverse velocità di propagazione della luce (300.000 Km/s) e del suono (340 m/s).

Il lampo è visto, pertanto, quasi istantaneamente, mentre il tuono è udito dopo un tempo tanto più grande quanto più è distante il fulmine.

Normalmente, un fulmine è composto da un ramo principale e da molti rami secondari, con il caratteristico aspetto a zig-zag determinato dalla ricerca del percorso di minore resistenza elettrica.

Esso si verifica quando in una regione dell'atmosfera si raggiunge una differenza di potenziale sufficiente perché il campo elettrico associato possa causare la rottura del dielettrico rappresentato dall'aria con un conseguente passaggio violento di corrente.

Per poter dare origine a una differenza di potenziale è necessario che, in due regioni diverse e relativamente vicine dell'atmosfera, o tra una regione dell'atmosfera e la crosta terrestre, si creino degli accumuli di cariche opposte.

Il processo di formazione delle cariche in grado di generare questi accumuli è il meccanismo che può avvenire, per esempio, all'interno di un temporale o di una turbolenza atmosferica.

Infatti, una volta create le aree con carica opposta, se la differenza di potenziale tra di esse è sufficiente a creare una scarica, avverrà il passaggio di corrente e il conseguente illuminamento del percorso di carica.

La situazione più classica per la produzione di fulmini è rappresentata dal temporale, costituito da grosse nuvole temporalesche dette cumulonembi, caricate positivamente nella parte più alta e negativamente in quella più bassa.

In realtà, i fulmini possono verificarsi anche in altre condizioni atmosferiche, come le tempeste di sabbia, le bufere di neve, le nuvole di polvere vulcanica, con cielo coperto ma senza precipitazioni in atto e, addirittura, in situazioni con cielo sereno (i cosiddetti “fulmini a ciel sereno”).

La scarica del fulmine

Tra tutti i tipi di fulmini, quelli più conosciuti sono del tipo nube-suolo e hanno complessivamente una durata media di 0,2 sec. Il meccanismo della scarica è molto complesso e si manifesta in due tempi: inizialmente, dalla nube si crea un canale di scarica molto debole e leggermente visibile, che scende verso il suolo; questo canale è chiamato “*stepped-leader*” o scarica pilota (o scarica guida); lungo questo percorso a zig-zag si crea un'intensa ionizzazione che predispone alla seconda fase;

quando lo “*stepped-leader*” tocca il suolo o incontra un canale simile ascendente, parte una scarica “di ritorno” diretta verso l’alto.

Inoltre, nel momento in cui le due scariche si incontrano, segnano nell’aria una specie di scia di congiunzione tra cielo e terra; lungo questa traccia risale verso la nube una fortissima corrente elettrica a una velocità stimata in circa un terzo di quella della luce.

La durata della scarica di ritorno è compresa tra qualche decina e qualche centinaia di microsecondi e libera una quantità enorme di energia di tipo termico, ottico (lampo), acustico (tuono) ed elettromagnetico.

Durante il passaggio di corrente si ha un brusco cambiamento di temperatura e lungo lo stretto canale (del diametro di qualche centimetro) percorso dal fulmine, l’aria si riscalda quasi istantaneamente fino a 15.000 °C.

Su questa condizione si origina un’onda pressoria che si propaga nell’aria e che viene percepita come tuono.

A questo punto il fulmine può dissolversi, oppure si può avere un’altra scarica guida verso il basso, che innesca un secondo fulmine.

Ciò può verificarsi più volte in uno o due secondi, causando l’effetto tremolante nella luce del lampo e le scariche atmosferiche, essendo fenomeni violenti, producono in tempi brevissimi correnti di intensità molto elevate che possono raggiungere 200 kA.

Per conoscere a che distanza è caduto un fulmine basta contare i secondi che intercorrono tra la visione del lampo e la percezione del suono (tuono),

ad ogni secondo corrispondono 335 metri e quindi un chilometro di distanza ogni 3 secondi.

La caduta di un fulmine può provocare sulle strutture colpite diversi effetti, termici, meccanici, chimici ed elettromagnetici.

Oltre a questi effetti, si aggiungono i danni alle persone, che possono essere molto gravi e, in molti casi, addirittura letali.

Gli effetti su una persona colpita da un fulmine sono generalmente letali a causa dell'arresto cardiaco e respiratorio; come in qualsiasi altro caso di folgorazione e casi più gravi, si possono avere carbonizzazione dei tessuti, poiché la corrente entra ed esce dal corpo stesso.

Un fulmine percorre in genere il tragitto in cui trova una minore resistenza elettrica tra la nuvola e il suolo, che non corrisponde esattamente al percorso più breve dal punto di vista geometrico.

Ogni oggetto che si sopraeleva sul suolo, come edifici, alberi, camini, ponteggi e gru accorciano il percorso e possono diventare il bersaglio del fulmine, più l'elemento è alto, più è probabile che sia colpito da una scarica atmosferica.

2. QUADRO NORMATIVO

L'art. 80 del DLgs 81/08 modificato dal D.Lgs. 106/09, ha introdotto l'esplicito obbligo a carico del Datore di Lavoro di effettuare la valutazione del rischio elettrico al quale sono sottoposti i lavoratori.

L'obbligo di valutazione di tutti i rischi era già previsto dall'abrogato D.Lgs. 626/94 che quindi conteneva implicitamente anche l'obbligo di valutazione del rischio elettrico, ma la nuova articolazione del Testo Unico rileva che non è sufficiente garantire la “**conformità**” degli impianti elettrici alla regola tecnica, ma è necessario un ulteriore approfondimento per l'individuazione e il controllo dei rischi residui.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, e successive modifiche ed integrazioni, si ridisegna la materia della salute e della sicurezza sul lavoro le cui regole, contenute in una lunga serie di disposizioni succedutesi nell'arco di quasi sessanta anni, sono state rivisitate e collocate in un'ottica di sistema.

Il nuovo testo unico identifica la scuola non solo come luogo di lavoro, ma ad essa assegna un ruolo attivo nella promozione della cultura della prevenzione e di valorizzazione del lavoro e della sua sicurezza nel solco già tracciato dal D.Lgs. n. 626/94 che, purtroppo, è stato spesso vissuto come mero adempimento formale e non in termini squisitamente culturali ed educativi.

Per quanto riguarda la scuola il DM. 292/96 chiarisce che il datore di lavoro ed il dirigente scolastico in quanto, come si evince anche dal nuovo T.U. art. 2, c. 1, let. b) "esercita i poteri decisionali e di spesa".

Pertanto il dirigente scolastico, in quanto datore di lavoro, ha l'obbligo di attivarsi, nei limiti delle sue possibilità e competenze per segnalare tempestivamente le necessità agli organi di direzione politica-

amministrativa adottando, nel frattempo, tutte le misure prudenziali provvisorie, utili o necessarie, non ultima la sospensione dell'attività formativa.

Il D.Lgs. 106/2009 aggiunge, all'art. 18, il comma 3 bis secondo cui il datore di lavoro e i dirigenti sono tenuti a vigilare in ordine all'adempimento degli obblighi di cui agli artt. 19 (obblighi del preposto), 20 (obblighi dei lavoratori), 22 (obblighi dei progettisti), 23 (obblighi dei fabbricanti e dei fornitori) e 25 (obblighi del medico competente), ferma restando l'esclusiva responsabilità dei soggetti obbligati ai sensi dei medesimi articoli, qualora la mancata attuazione dei predetti obblighi sia addebitabile unicamente agli stessi e non sia riscontrabile un difetto di vigilanza del datore di lavoro e dei dirigenti.

Relativamente agli interventi strutturali e di manutenzione necessari per assicurare, ai sensi del decreto legislativo 81/2008 e s.m.i., la sicurezza dei locali e degli edifici assegnati in uso a pubbliche amministrazioni o a pubblici uffici, ivi comprese le istituzioni scolastiche ed educative, tale obbligo di vigilanza resta a carico dell'amministrazione competente e committente.

Gli edifici scolastici sono generalmente strutture complesse in grado di soddisfare esigenze non solo di tipo didattico, ma anche di tipo sociale.

Tali edifici incorporano spesso la palestra e l'aula magna o auditorium, rispettivamente utilizzate come luoghi pubblici per attività sportive ed assemblee.

Per la realizzazione degli impianti elettrici in strutture pubbliche di questo tipo, chiamate a rispondere a complesse funzioni didattiche e sociali, sono state redatte nel corso degli anni numerose disposizioni legislative e norme tecniche, atte a garantire principalmente la prevenzione degli infortuni, degli incendi, la sicurezza degli impianti, la loro affidabilità, flessibilità e qualità.

Conseguentemente risulta abbastanza arduo orientarsi fra la giungla normativa vigente; i vari DPR, DM, D.Lgs. a partire dal 1955 ad oggi hanno avuto in questo settore un'elevata proliferazione, a cui si aggiungono le norme tecniche UNI e CEI.

Per uscire da questo calderone normativo il CEI ha redatto, in rispondenza a tutte le norme di legge e di buona tecnica finora pubblicate, una Guida che fornisce informazioni relative alla realizzazione degli impianti elettrici negli edifici scolastici.

Le informazioni contenute nella Guida si estendono dagli asili nido alle scuole dell'obbligo, dagli istituti superiori a quelli universitari, compresi i laboratori ed i relativi spazi annessi, a gestione sia pubblica che privata.

La progettazione degli impianti elettrici negli edifici in oggetto deve essere redatta da professionisti iscritti ai rispettivi albi professionali di competenza specifica, ai sensi della DMV. EC del 22/01/2008 n. 87 (ex legge 46) e del relativo regolamento di attuazione DPR n° 447 del 1991 che fissa i limiti al di sopra dei quali il progetto diventa obbligatorio.

Per consentire in fase di progettazione la precisa individuazione dell'impianto elettrico e per consentirne la successiva costruzione, il committente deve fornire informazioni sulla destinazione d'uso dei vari ambienti e delle funzioni ad essi connesse, indicando anche l'ubicazione delle uscite di sicurezza e le vie di esodo per la corretta installazione degli apparecchi di illuminazione di sicurezza.

Le caratteristiche generali dell'impianto elettrico devono essere determinate ai fini della sicurezza, della scelta e dell'installazione dei componenti elettrici valutando in particolare:

- uso previsto, struttura generale e alimentazioni dell'impianto elettrico;
- compatibilità dei componenti elettrici;
- influenze esterne;
- condizioni per la manutenzione.

3. PROTEZIONE DEGLI EDIFICI SCOLASTICI CONTRO I FULMINI

In base alle disposizioni del DM 5.4.6. del 18.12.1975, il quale stabilisce che in tutti gli edifici scolastici è necessario verificare l'avvenuta installazione dell'impianto per la protezione dei fulmini.

Detto impianto di protezione doveva essere realizzato rispettando la regola dell'arte di cui la Legge 186/1968. Successivamente, con

l'emanazione della Norma CEI 81-1 si è reso necessario effettuare la valutazione del rischio dovuto alla fulminazione della struttura. Tale valutazione doveva essere eseguita mediante le procedure indicate dalla Norma CEI 81-4.

Pertanto, se dall'esito della valutazione si evinceva che la struttura scolastica era, per sua natura autoprotetta, non era necessario installare impianti di protezione contro i fulmini.

3.1 Protezioni contro i fulmini

**Norme del Comitato Tecnico 81 (norma CEI EN 62305 (CEI 81-10)
traduzione italiana EN 62305**

Stato della norma

- Inchiesta pubblica del CEI (in inglese)

→ Da dicembre 2005 a gennaio 2006

- Pubblicazione

→ Febbraio 2006 ed entrata in vigore immediata

- Sostituzione norme CEI 81-1, CEI 81-4 + V1, CEI 81-8

→ Data ultima entro la quale suddette norme devono essere ritirate: **entro il 31 gennaio 2007**

Premessa nazionale

Le misure di protezione previste secondo le precedenti Norme CEI 81-1 e 81-4 e la Guida CEI 81-8 sono in genere ritenute egualmente idonee agli effetti della sicurezza.

Si precisa che, per:

- le strutture con rischio di esplosione,
- gli ospedali,
- le altre strutture in cui guasti di impianti interni possono provocare immediato pericolo per la vita umana, in cui non sia già stato installato un impianto di protezione contro i fulmini(LPS) realizzato in conformità alle precedenti Norme CEI 81-1, l' idoneità delle misure di protezione deve essere verificata in conformità alla nuova Norma.

La stessa permetteva di eseguire una procedura semplificata, valida per le strutture ordinarie, la quale permetteva di verificare se una struttura era autoprotetta oppure andavano adottate delle misure di protezione contro le scariche atmosferiche.

La norma 81-3 riporta un elenco di circa 8.000 comuni dove sono indicati il numero di fulmini annui per chilometro quadrato in cui è ubicata la struttura.

L'81-10 racchiude in quattro parti lo studio relativo alla valutazione del rischio di fulminazione di una struttura, suddiviso in: Principi generali,

Analisi del rischio, Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone e Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

Inoltre comprende aste di captazione, maglie di captazione calate, ancoraggi e tutti i sistemi per calcolare le dimensioni minime necessarie per eseguire l'installazione di un impianto di captazione di scariche atmosferiche eseguiti secondo le regole stabilite.

Sono inoltre inseriti i dati necessari per installare in modo appropriato gli scaricatori di sovratensione, apparecchi estremamente banali nel loro funzionamento, ma altrettanto pericolosi in quanto un loro uso errato potrebbe portare ad un disservizio ed un pericolo d'incendio scaturito proprio dagli stessi.

Questa norma CEI tratta della procedura per eseguire una corretta valutazione dei rischi di probabilità di fulminazione di una struttura qualsiasi, sia ordinaria che non ordinaria.

Detta procedura è risolvibile con l'ausilio di appositi software.

4. VERIFICHE

Ultimata la realizzazione degli impianti devono essere effettuate tutte le verifiche prescritte dalla Norma CEI 64-8, Capitolo 61, prima della messa in servizio dell'impianto elettrico, allo scopo di verificare la rispondenza dello stesso alle prescrizioni fin qui illustrate.

Si raccomanda inoltre di verificare periodicamente l'impianto elettrico degli edifici in oggetto con una cadenza non superiore ai 3 anni.

La Guida CEI 64-14 riporta informazioni dettagliate sulle modalità di effettuazione di queste verifiche.

All'interno dell'edificio fra i vari documenti deve essere conservato anche un registro sul quale annotare l'esecuzione delle verifiche periodiche.

DM 18/12/1975: "Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica. Nuove Norme CEI elaborate sulla base delle seguenti norme europee: CEI EN 62305-1-2-3-4 protezione contro i fulmini; Principi generali; Analisi del rischio; Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

Parere ISPESL 16/02/90 n° 1773: "Protezione degli edifici scolastici dalle scariche elettriche atmosferiche".

Il datore di lavoro è tenuto a richiedere la verifica periodica degli impianti elettrici di messa a terra e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche ogni 2 anni (verifica biennale) per:

- gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche in luoghi con pericolo di esplosione.
- gli impianti di terra e gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche a servizio di:

a) Cantieri, cioè luoghi in cui vi siano impianti elettrici temporanei per lavori di costruzione di nuovi edifici, lavori di riparazione, trasformazione, ampliamento o demolizione di edifici esistenti, lavori di movimento terre, lavori simili (interventi di manutenzione in banchine, costruzione di teleferiche, ecc.)

b) Ambienti a maggior rischio in case di incendio cioè quelli definiti da CEI 64-8 sez. 751, cioè:

- Attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco, cioè ad esempio: locali di spettacolo e trattenimento in genere con un massimo affollamento ipotizzabile superiore a 100 persone; alberghi, pensioni, motel, dormitori e simili, con oltre 25 posti-Ietto; scuole di ogni ordine, grado e tipo, collegi, accademie e simili per oltre 100 persone presenti; ambienti adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, con superficie lorda superiore a 400 mq, comprensiva dei servizi e dei depositi; stazioni sotterranee di ferrovie, di metropolitane e simili; ambienti destinati ai degenti negli ospedali e negli ospizi, ai detenuti nelle carceri ed ai bambini negli asili ed ambienti simili, edifici pregevoli per arte o storia oppure destinati a contenere biblioteche, archivi, musei, gallerie, collezioni e comunque oggetti di interesse culturale sottoposti alla vigilanza dello Stato, ecc.

- Edifici con strutture portanti in legno.

- Ambienti nei quali avviene la lavorazione, il convogliamento, la manipolazione o il deposito di materiali combustibili (ad es. legno, carta, lana, paglia, grassi lubrificanti, trucioli, manufatti facilmente combustibili), e/o materiali esplosivi, fluidi combustibili/infiammabili, polveri combustibili/infiammabili con modalità tali da non consentire loro il contatto con l'aria ambiente a temperature uguali o superiori a quella d'infiammabilità, quando la classe del compartimento antincendio considerato è pari o superiore a 30.

Gli ambienti nei quali avviene la lavorazione, il convogliamento, la manipolazione e il deposito di materiali esplosivi, fluidi infiammabili, polveri infiammabili con modalità tali da consentire loro il contatto con l'aria ambiente a temperature uguali o superiori a quella d'infiammabilità, invece, sono classificabili come "Luoghi con pericolo di esplosione", e dunque soggetti alle relative verifiche di impianto a cadenza biennale.

c) Locali adibiti ad use medico, cioè destinati a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza e di riabilitazione, inclusi i trattamenti estetici (ad es. sala massaggi, ecc.).

4.1 Obbligo di richiesta delle verifiche

Come recita l'art. 86 (Verifiche e controlli) del D.Lgs. 81/08 "Ferme restando le disposizioni del decreto del Presidente della Repubblica 22 ottobre 2001, n. 462, in materia di verifiche periodiche, il datore di lavoro provvede affinché gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dai fulmini siano periodicamente sottoposti a controllo secondo le indicazioni

delle norme di buona tecnica e la normativa vigente per verificarne lo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza”.

4.2 Verifiche e controllo

Considerato che l’obbligo di richiedere e far eseguire le verifiche periodiche di legge, a carico del datore di lavoro, la mancata effettuazione delle verifiche di legge è una inosservanza che viene contestata al datore di lavoro da parte dell’organo di vigilanza ai sensi del Decreto 758/94.

Il datore di lavoro, pertanto, deve essere in possesso del verbale di verifica rilasciato dall’Organismo verificatore.

Le sanzioni previste in caso di mancata ottemperanza agli obblighi di legge previsti dal DPR 462/01 sono, come stabilito dall’art. 87 D.Lgs. 81/98:

- Arresto da tre a sei mesi o ammenda da € 2000 a € 10000;
- Arresto da due a quattro mesi o con l’ammenda da Euro 1000 ad Euro 4000;
- Sanzione amministrativa pecuniaria da Euro 750 a Euro 2500.

4.3 Manutenzione ed ispezione

Affinché l'impianto possa mantenere nel tempo le caratteristiche originarie è indispensabile effettuare ispezioni ad intervalli regolari, per accertarne l'efficienza e il buono stato di conservazione, e mettere in atto opere di manutenzione periodiche.

Le ispezioni preliminari dovrebbero essere effettuate anche durante la costruzione della struttura per verificare la rispondenza alle indicazioni di progetto e per garantire il corretto coordinamento con le altre figure professionali coinvolte.

Terminata l'installazione dell'Lps le ispezioni dovranno essere periodiche, eseguite ad intervalli che dipendono dalla classe del sistema di protezione e dalle caratteristiche della struttura da proteggere, con particolare attenzione ad eventuali problemi dovuti alla corrosione.

Ulteriori ispezioni dovranno essere operate nel caso che un fulmine colpisca la struttura o dopo modifiche o riparazioni.

Durante le ispezioni periodiche dovrà essere verificato lo stato di conservazione del sistema dispersore (eseguire anche la misura della resistenza di terra), dei captatori, dei conduttori, dei collegamenti e dei fissaggi.

Per concludere si ricorda che con l'entrata in vigore del Dpr 462/01, entro trenta giorni dalla messa in servizio, occorre inviare copia della dichiarazione di conformità inerente l'impianto di protezione all'Asl, Arpa e

ispesl competente e incaricare, ogni due anni, l'Asl, l'Arpa o un organismo abilitato ad effettuare le previste verifiche periodiche.

5. INFORTUNIO

I decessi legati alla fulminazione non sono pochi: circa 1.000 all'anno in tutto il mondo (in media 10-15 sul territorio italiano).

In Toscana un operaio è stato ucciso da un fulmine mentre stava lavorando in una cava di inerti. Romeo Togneri, 54 anni, stava effettuando dei lavori di manutenzione (insieme ad un collega) ad un dumper, un grande mezzo meccanico di quelli che vengono utilizzati in cava. Mentre i due operai stavano lavorando sul mezzo, con il cassone sollevato, il tempo è cambiato e si è scatenato un violento temporale.

Togneri era appoggiato al cassone, che è stato colpito in pieno dal fulmine e la scarica elettrica ha causato la morte dell'uomo.

Per lui non c'è stato niente da fare, nonostante i soccorsi immediati. L'altro lavoratore - di 56 anni - è rimasto invece ferito alle gambe ed è stato trasportato al Pronto Soccorso dove è stato sottoposto alle cure del caso: è in evidente stato di shock ed è tenuto sotto osservazione per il "rischio elettrico" ma non risulta essere in pericolo di vita.

I tecnici della sicurezza sul lavoro si sono recati sul posto per la verifica delle modalità di accadimento dell'episodio e delle misure di sicurezza presenti.



6. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

6.1 Premessa

Le norme CEI 81/1 e 81/4 sono state attualmente sostituite da nuove norme CEI e in particolare:

- **CEI EN 62305-1** – Protezione contro i fulmini – Principi generali;
- **CEI EN 62305-2** – Protezione contro i fulmini – Analisi del rischio;
- **CEI EN 62305-3** – Protezione contro i fulmini – Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;

- **CEI EN 62305-4** – Protezione contro i fulmini – Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

Le novità introdotte sono diverse e in particolare:

1. A comporre il rischio complessivo sono state introdotte due nuove componenti R dove si prendono in esame anche le linee entranti di segnale E, in caso di fulminazione diretta della linea, i danni individuati con D_1 e D_3 , riferiti alla morte di persone o animali e guasti ad apparecchiature elettriche/elettroniche che, con la precedente normativa venivano valutati in termini di danni derivanti da incendi.
2. La necessità o meno di proteggere una struttura che con la precedente normativa era oggetto di una procedura semplificata, ora comporta la valutazione comunque del rischio totale da confrontare con il cosiddetto rischio tollerato al fine di adottare le necessarie misure di protezione.
3. L’inserimento di una procedura per stabilire la convenienza economica nell’adottare le misure di protezione.

6.2 Tipo di danno

La protezione contro i fulmini come misura di prevenzione e protezione si propone ovviamente lo scopo di ridurre la probabilità del danno ma valori o limiti considerati accettabili.

Un fulmine che colpisce una struttura può provocare danni D che si possono suddividere in tre gruppi, sia per fulminazione diretta che indiretta, suddivisi in:

D₁: lesione o morte di persone o animali

D₂: danni alle strutture

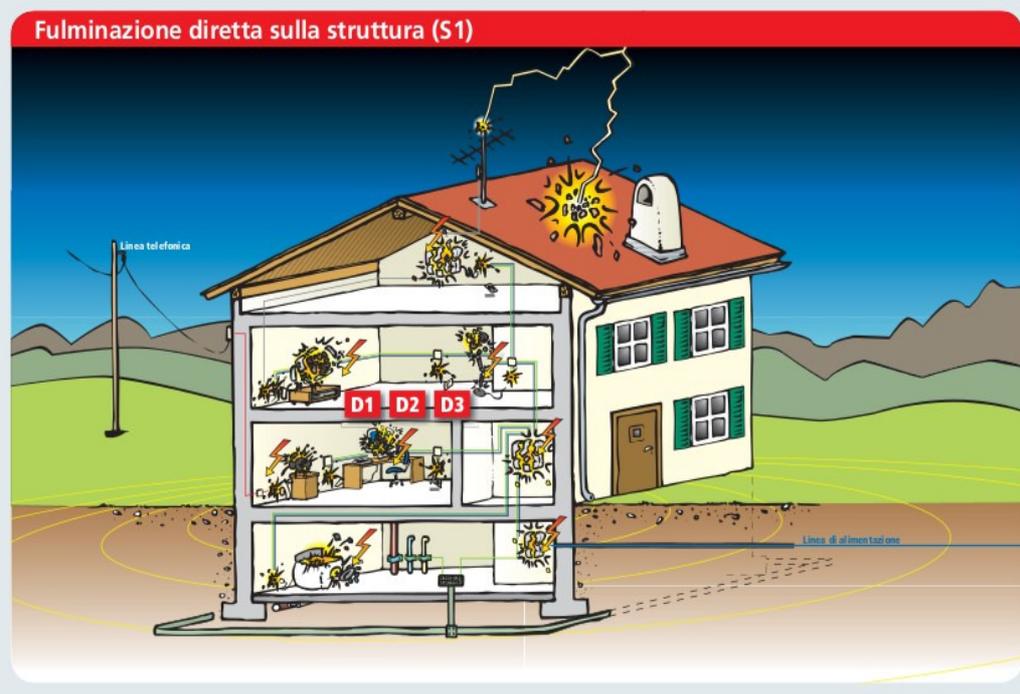
D₃: fuori servizio di apparecchiature elettriche/elettroniche

In base al punto di impatto del fulmine vengono individuate delle sorgenti del danno (S) distinte in S₁ – S₂ – S₃ – S₄

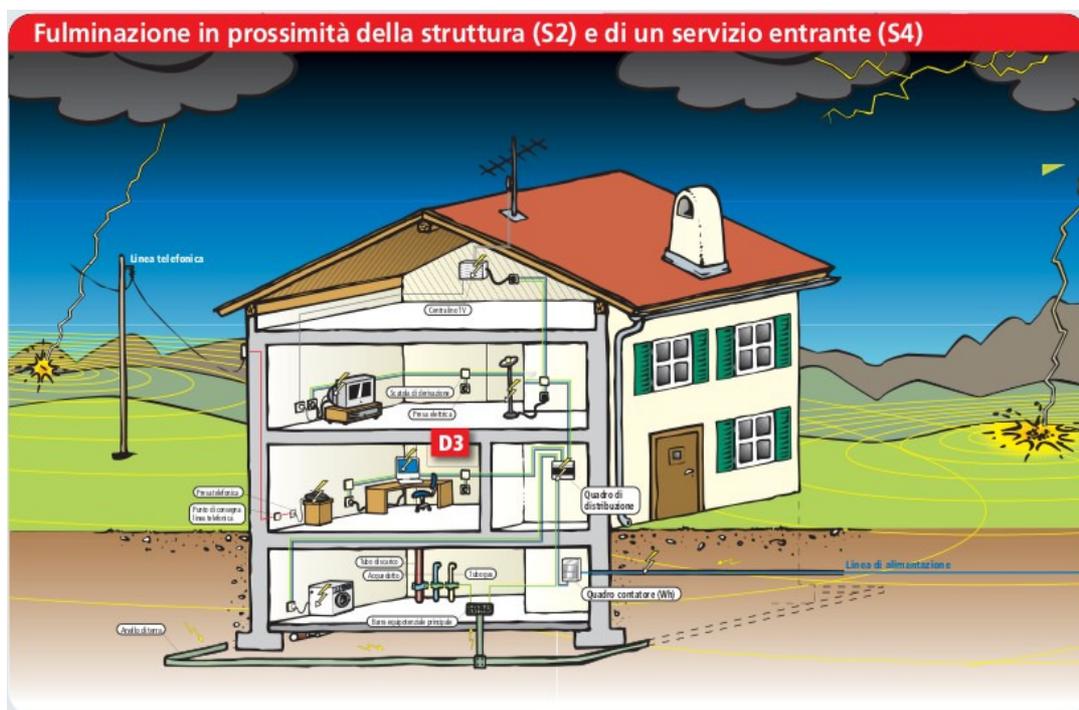
S₁: fulminazione diretta della struttura, il fulmine coglie direttamente la struttura.

• La fulminazione diretta sulla struttura (S1) provoca danni ingenti, quali incendio e fenditure nelle pareti. I danni all'impianto elettrico ed alle apparecchiature collegate sono enormi: ne causa la distruzione.

• La fulminazione in prossimità della struttura (S4) e di un servizio entrante (S3) induce - per il campo elettromagnetico - sovratensioni sui conduttori di alimentazione e di segnale entranti nella struttura, su conduttori attivi all'interno della struttura, con direzione fase-terra, ma anche sull'impianto di terra, con direzione terra-fase.

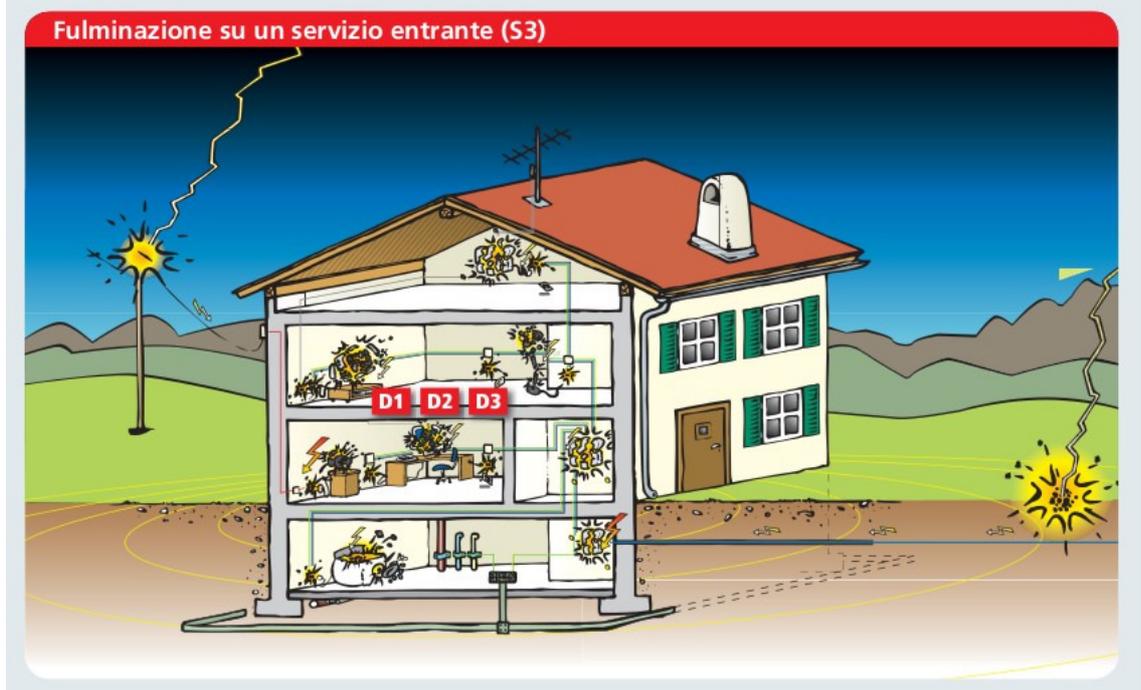


S₂: fulminazione indiretta della struttura, il fulmine colpisce a terra nei pressi della struttura.



S₃: fulminazione diretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine picchia direttamente su una linea elettrica o di segnale che entra nella struttura.

- La fulminazione su un servizio entrante (S3) ed il campo elettromagnetico provocano danni devastanti sulle apparecchiature e componenti, (p.es.: quadro contatore e telefono), ma anche danni meno appariscenti come bruciature delle schede.



S₄: fulminazione indiretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine si scarica nei pressi di una linea elettrica o di segnale entrante nella struttura (vedi figura relativa a S2).

6.3 1° percorso: valutazione rischio.

Una volta stabilito la sorgente di danno (S) e il tipo di danno (D) vengono, in combinazione associate le perdite (L) suddivise in L₁, L₂, L₃, L₄:

- L₁: perdita di vite umane – rischio R₁;
- L₂: perdita di servizio pubblico – rischio R₂;
- L₃: perdita di patrimonio culturale insostituibile – rischio R₃;
- L₄: perdita economica – rischio R₄.

Le perdite L₁, L₂ e L₃ devono essere sempre considerate perché hanno un interesse per la collettività mentre la perdita L₄, riguardando esclusivamente le perdite economiche, presenta un interesse privato e può, pertanto, essere valutata secondo le circostanze.

Vengono infine associate delle condizioni di rischio (R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z) come combinazione delle sorgenti S e perdite L.

Sorgenti di danno		S1			S2	S3			S4
Componente del rischio		R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Rischio per tipo di perdita	R ₁	*	*	* ⁽¹⁾	*	*	*	* ⁽¹⁾	* ⁽¹⁾
	R ₂	-	*	*	*	-	*	*	*
	R ₃	-	*	-	-	-	*	-	-
	R ₄	* ⁽²⁾	*	*	*	* ⁽²⁾	*	*	*

⁽¹⁾ Solo per strutture con rischio di esplosione, se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle apparecchiature può provocare perdita di vite umane
⁽²⁾ Solo se si tratta di edifici ad uso agricolo con possibilità di perdita di animali

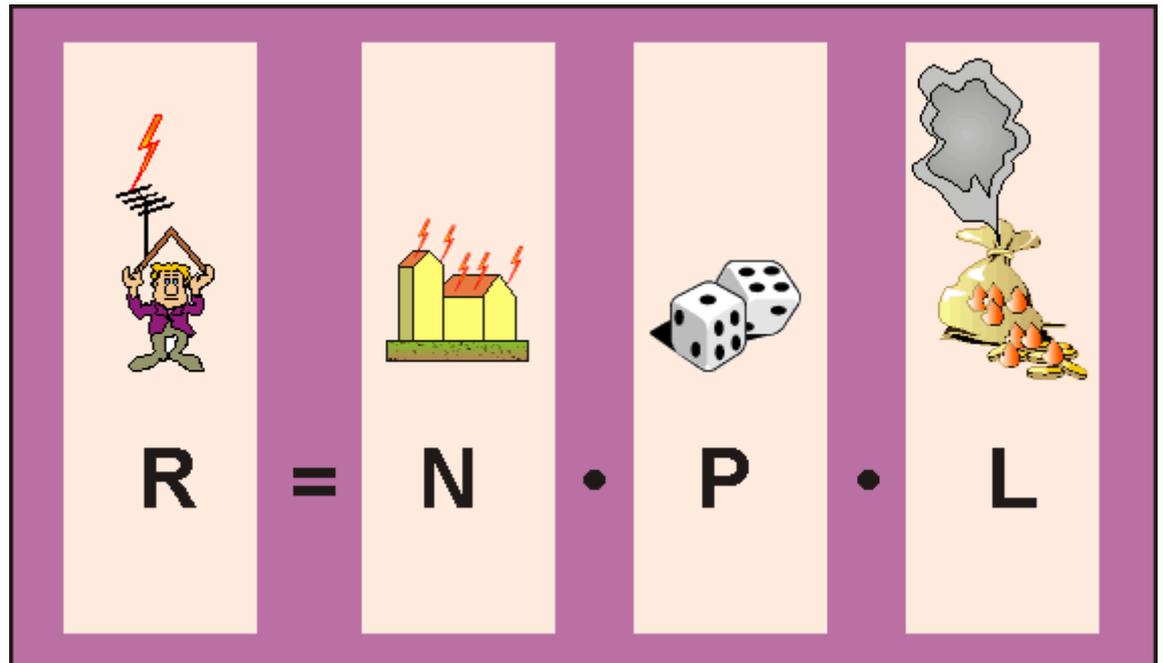
Dalla somma delle varie componenti di rischio R si ottiene il rischio complessivo R.

6.4 2° percorso

Per calcolare il rischio complessivo R si può compiere un altro percorso che tenga conto delle porzioni di rischio relative al tipo di fulminazione (diretta o indiretta) o dal tipo di danno.

- Tipo di fulminazione (diretta o indiretta) – il rischio totale è dato da $R = R_D + R_I$ dove $R_D = R_A + R_B + R_C$ è il rischio pertinente ai fulmini che cadono direttamente sulla struttura mentre $R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$ è il rischio corrispondente alla fulminazione indiretta della struttura e diretta e indiretta delle linee.
- Tipo di danno – il rischio totale riferito al tipo di danno è dato da $R = R_S + R_F + R_O$ dove $R_S = R_A + R_U$ è il rischio inerente i danni a persone o animali, $R_F = R_B + R_V$ è il rischio relativo ai danni fisici alla struttura e $R_O = R_C + R_M + R_V + R_Z$ è il rischio relativo a guasti alle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Con questo percorso il rischio complessivo è dato dalla formula $R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_N$.



Il rischio R , dovuto al fulmine in un determinato lasso di tempo, è dato dal prodotto del numero di fulmini N che può riguardare una struttura, nel periodo di tempo considerato, per la probabilità P che il fulmine possa causare una perdita, per l'entità media della perdita L che ne deriva.

Con la nuova norma viene abolita la possibilità di applicare la procedura semplificata per stabilire la necessità o meno di proteggere una struttura. Per accertare se è necessario adottare misure di protezione si deve quindi calcolare il rischio totale R tenendo presente ogni tipo di danno possibile e confrontare tale risultato con il rischio tollerato R_T (tab.3).

Se $R < R_T$ non si rendono necessari protezioni particolari mentre se $R > R_T$ devono essere previste misure di protezione per abbassare il rischio e riportare R a valori minori o uguali ad R_T . Per meglio chiarire quanto detto si riporta in figura 2 il diagramma di flusso proposto dalla norma che

riassume la procedura utile a stabilire la necessità o meno di approntare misure di protezione.

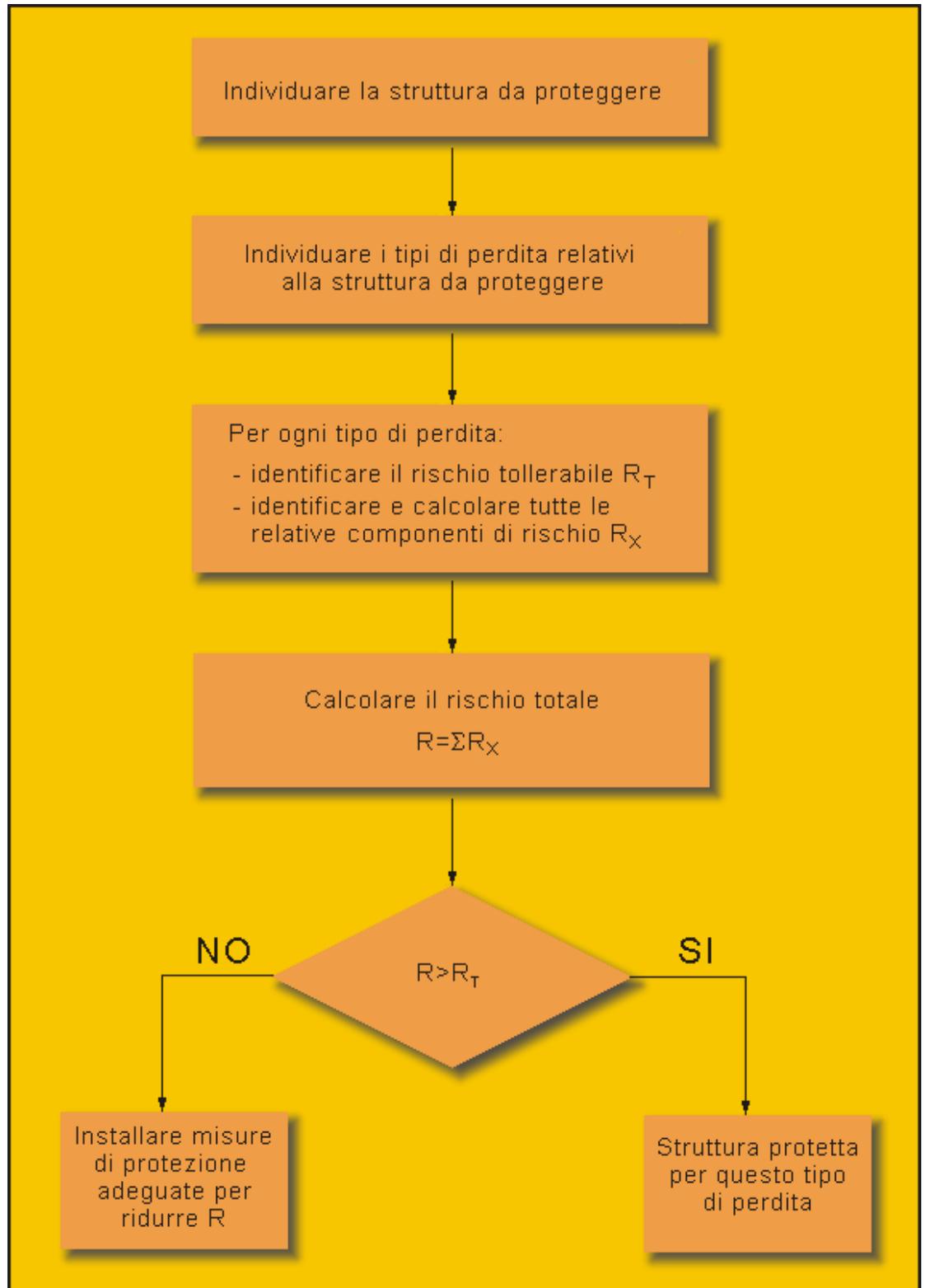
6.5 Rischio tollerabile e convenienza economica.

Una volta calcolato il rischio complessivo R , si confronta tale valore con il valore del rischio tollerato R_T riportato.

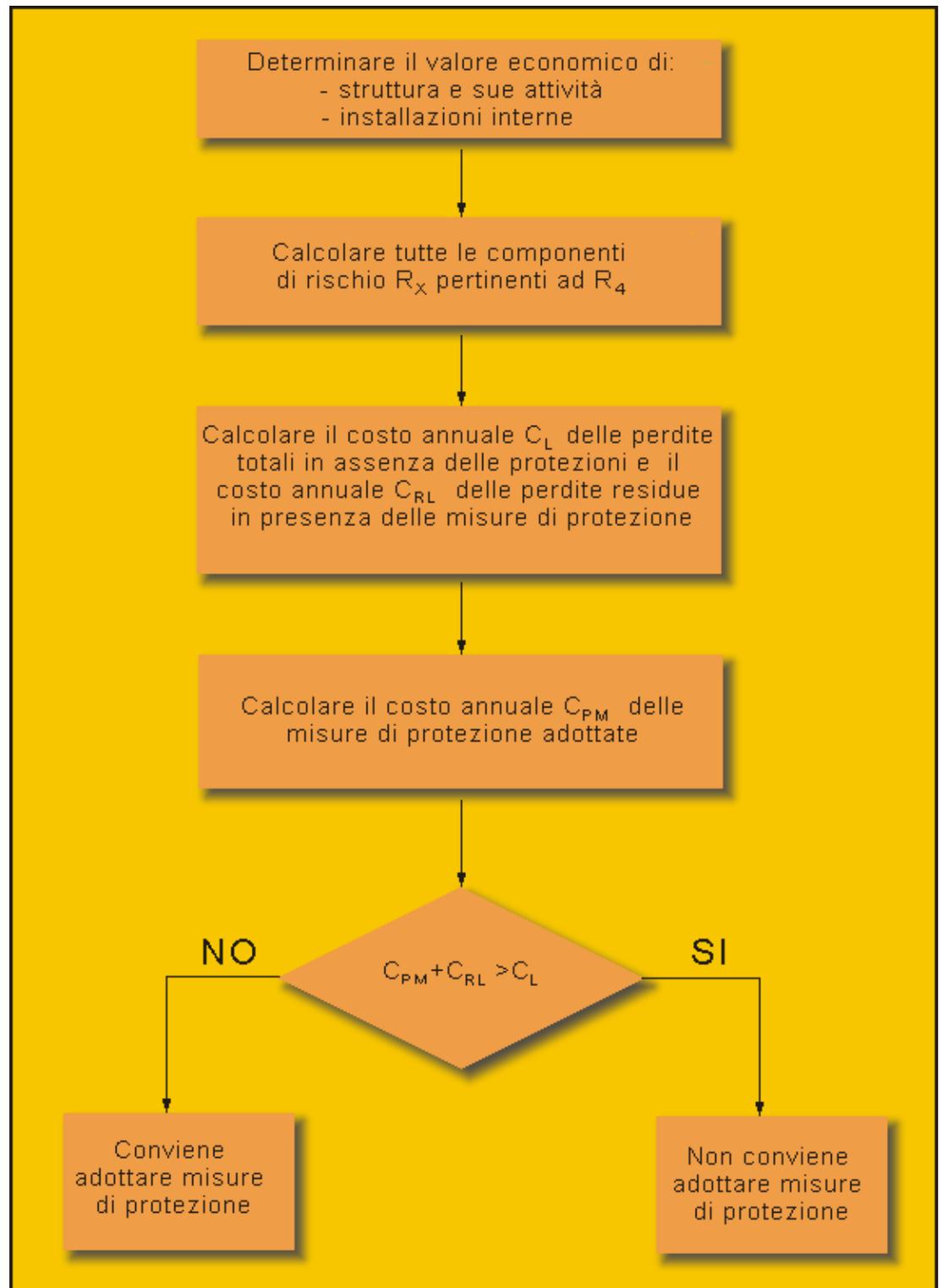
Tipo di perdita	R_T
Perdita di vite umane	10 -5
Perdita di servizio pubblico essenziale	10 -3
Perdita di patrimonio artistico	10 -3

Tab. 3 – Tipici valori di rischio tollerabile

Il percorso seguito può essere rappresentato dal seguente diagramma di flusso:



Analogamente dopo una stima delle componenti economiche riferite alla struttura e alle sue attività, al costo delle misure di protezione, ammortamenti viene seguito il percorso:





7. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER UN EDIFICIO SCOLASTICO E RELATIVE SCELTE DI MISURA CONTRO I FULMINI

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO:

- La relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine ai sensi del D.Lgs. 81/08, art. 29;
- La scelta delle misure di protezione da adottare, ove necessario, come richiesto dal D.Lgs. 81/08, all'art. 84.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO:

- Norma CEI 81-10/1 (EN 62305-1): "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali";

- Norma CEI 81-10/2 (EN 62305-2): "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio";
- Norma CEI 81-10/3 (EN 62305-3): "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone";
- Norma CEI 81-10/4 (EN 62305-4): "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";
- Norma CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico."

3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE:

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

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

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.1.2 della Norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4. DATI INIZIALI:

4.1 Densità annua di fulmini a terra

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

$$N_t = 2,5 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

4.2 Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura viene riportata in un disegno.

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

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a :

- perdita di vite umane
- perdita economica

In accordo con la Norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato :

- rischio R1;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di segnale: LINEA TELEFONICA
- Linea di energia: LINEA ELETTRICA

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice

Caratteristiche delle linee elettriche.

4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

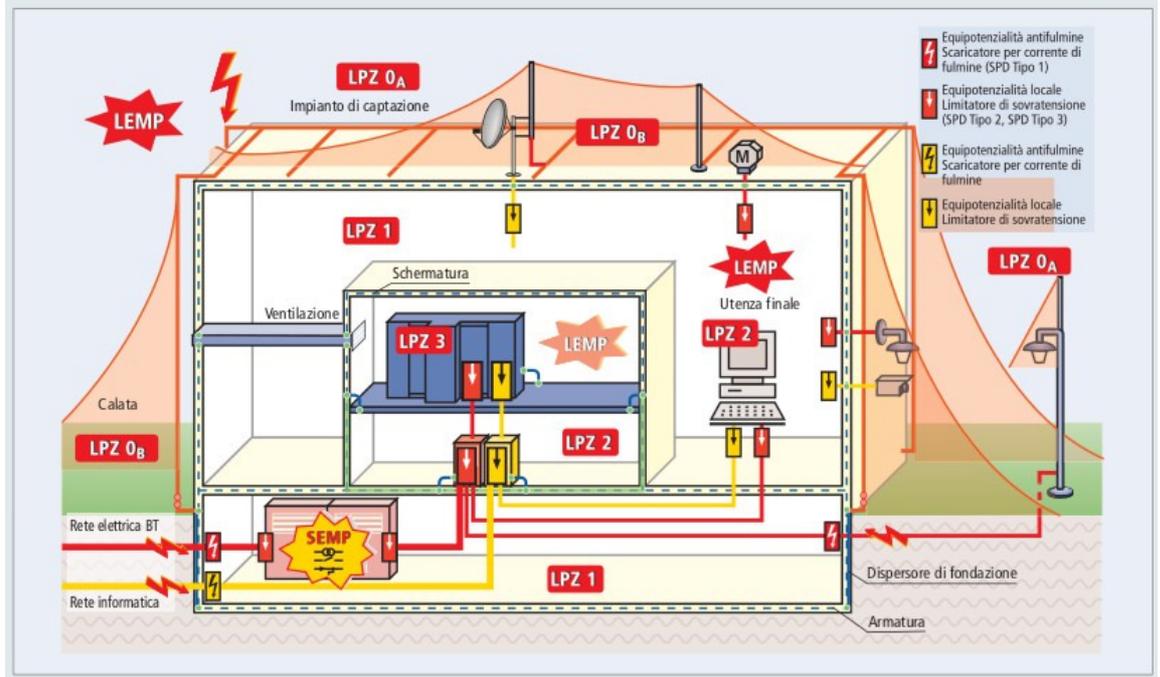
- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad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

sono state definite le seguenti zone:

Z1: Struttura

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

Zone di protezione da fulminazione (LPZ)



Protezione LEMP. Degli impianti, degli edifici contenenti sistemi elettronici secondo norma CEI EN 62305 – 4 (class. CEI 81 – 10/4)

LPZ 0a = Esposta al pericolo da fulminazione diretta, di correnti impulsive con valore massimo pari a quello dell'intera corrente da fulmine ed ai rischi determinati dall'intero campo elettromagnetico del fulmine.

LPZ 0b = Protetta dalla fulminazione diretta. Esposta al pericolo di correnti impulsive con valore massimo pari a quello delle correnti parziali da fulmine ed ai rischi determinati dall'intero campo elettromagnetico del fulmine.

LPZ 1 = Correnti impulsive ulteriormente limitate per la ripartizione delle correnti e da SPD installati ai passaggi da una zona all'altra.

Il campo elettromagnetico del fulmine è spesso attenuato dalla schermatura dei locali.

LPZ 2 = Correnti impulsive ulteriormente limitate per la ripartizione delle correnti e da SPD installati ai passaggi da una zona all'altra.

Il campo elettromagnetico del fulmine è spesso attenuato dalla schermatura dei locali.

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE:

L'area di raccolta A_d dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.2, ed è riportata nel disegno (*Allegato Grafico area di raccolta A_d*).

L'area di raccolta A_m dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.3, ed è riportata nel disegno (*Allegato Grafico area di raccolta A_m*).

Le aree di raccolta A_l e A_i di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.4.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

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

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI:

6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

6.1.1 Calcolo del rischio R1

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

Z1: Struttura

RB: 1,55E-06

Totale: 1,55E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,55E-06

6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1=1,55E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT=1E-05$

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE:

Poiché il rischio complessivo $R1 = 1,55E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

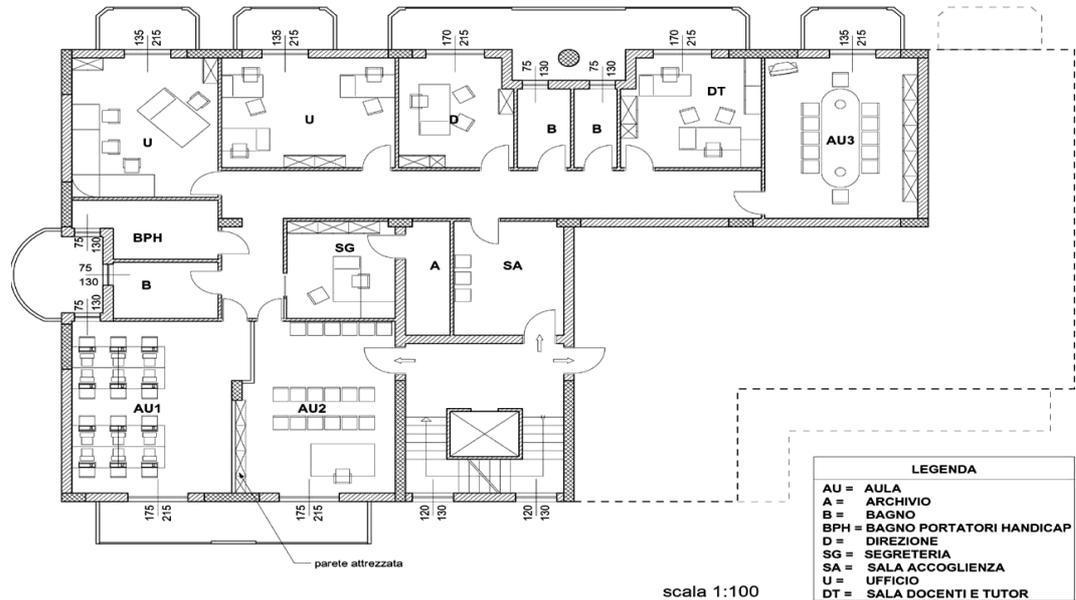
Rischi che non superano il valore tollerabile: R1

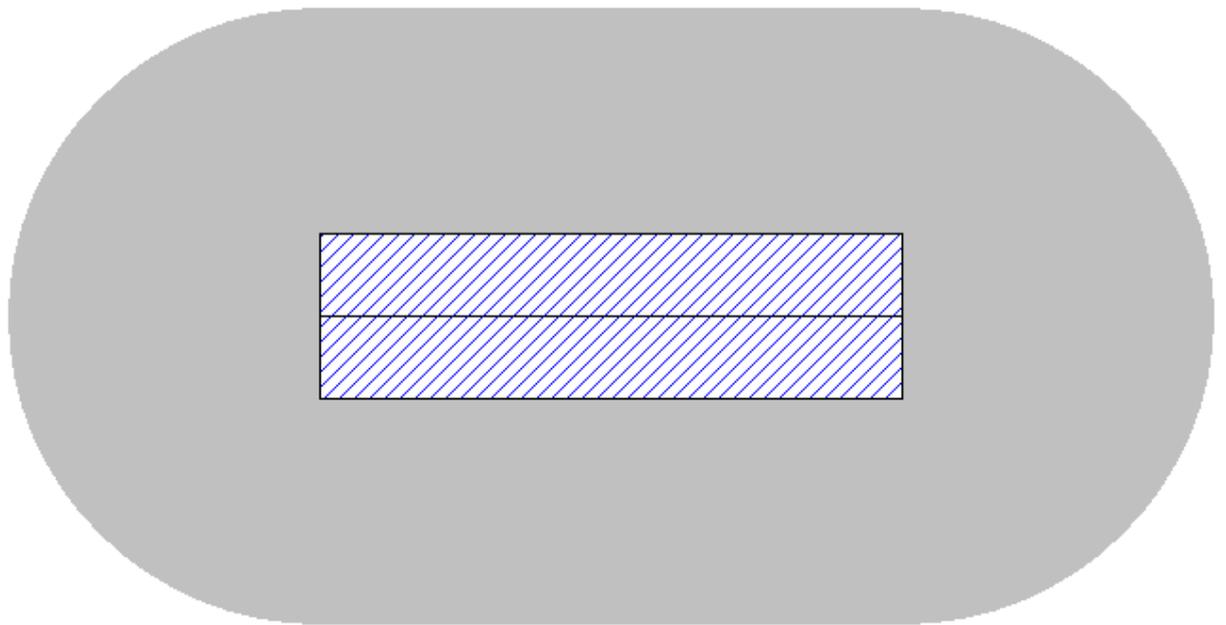
SECONDO LA NORMA CEI EN 62305-2 LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI.

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

Disegno schematico della struttura:

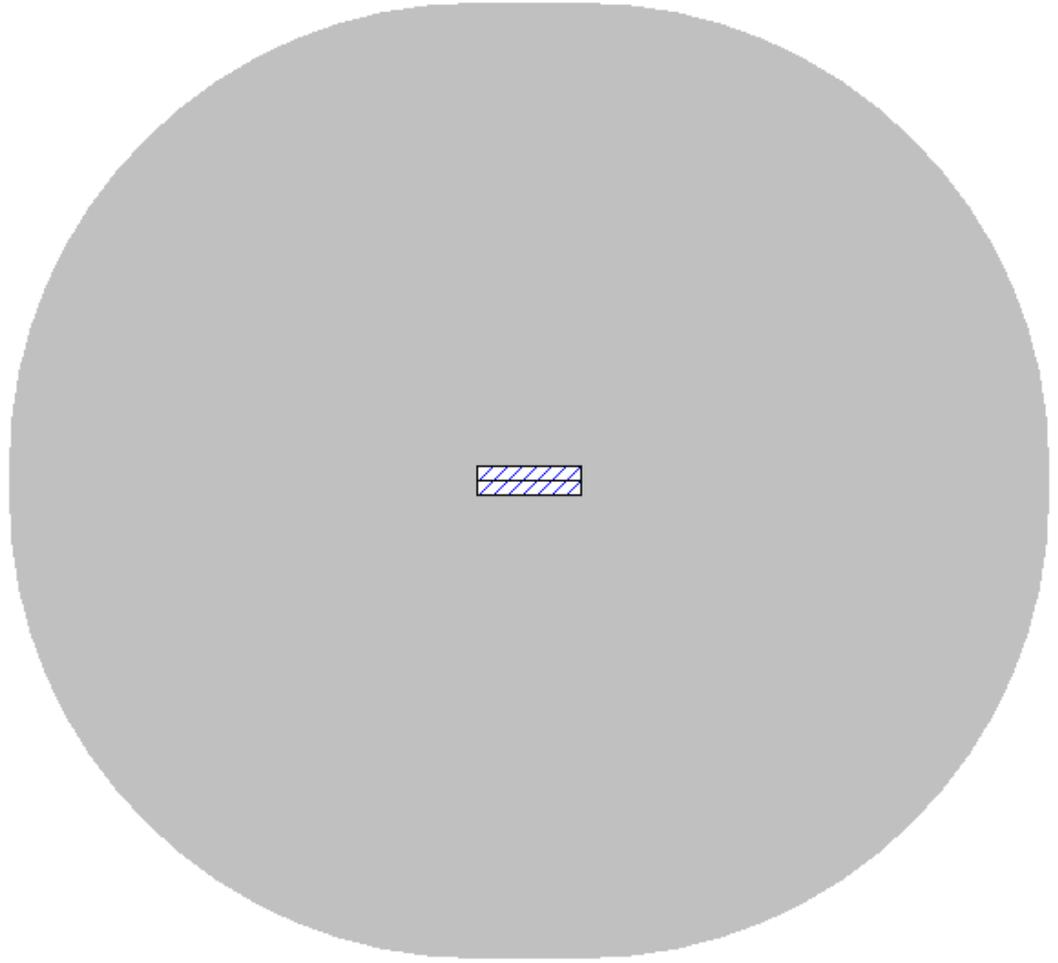
PLANIMETRIA DEI LOCALI





Area di raccolta per fulminazione diretta Ad.

Area di raccolta Ad (km²) = 6,19E-03



Area di raccolta per fulminazione indiretta A_m
Area di raccolta A_m (km²) = 2,35E-01

Nel caso che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche si utilizzano due tipi di parafulmine (**LPS Lightning Protection System**):

1. **LPS esterni** (o impianti di protezione contro le scariche atmosferiche dirette);
2. **LPS interni** (o impianti di protezione da sovratensioni).

Esempi di LPS esterni:

- **Attirafulmine a stilo:** costituito essenzialmente da un'asta metallica, che termina con una o più punte, disposta sul punto più alto dell'oggetto da proteggere (edifici molto alti, torri, campanili). L'asta è collegata elettricamente mediante una fune metallica conduttrice (treccia di rame) ad uno o più dispersori (piastre, tubi di acciaio o rame zincato) posti nel terreno e collegati tra loro e/o ad altri conduttori presenti nel terreno (tubi dell'acqua);
- **Gabbia di Faraday:** per la protezione di edifici più estesi si possono usare diverse aste in parallelo poste su più punti (esempio le guglie del Duomo di Milano) e collegate tra loro con una rete di conduttori e con diverse discese che avvolgono tutto l'edificio come una gabbia. A sua volta la rete di messa a terra collega tutte le singole discese sfruttando il principio della gabbia di Faraday;
- **Parafulmine radioattivo:** nelle punte del parafulmine è contenuta una sostanza radioattiva che ionizza l'aria circostante e crea una via

preferenziale al passaggio di corrente, (minore resistenza) rispetto all'aria circostante, con lo scopo di neutralizzare le fulminazioni.

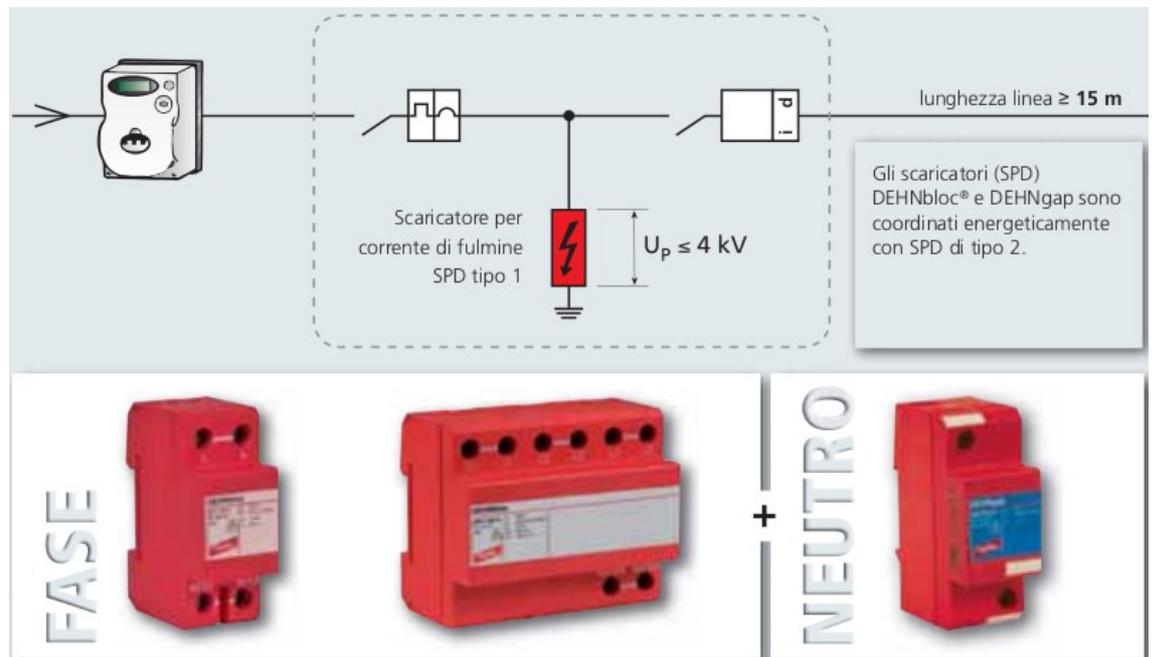
Tuttavia la radioattività che si disperde nell'ambiente ha fatto in modo di escludere questo tipo parafulmine in quanto risulta essere pericoloso;

- **Funi di guardia:** al di sopra delle linee ad alta tensione dei cavi in acciaio sono collegati a terra tramite i piloni di sostegno della linea (tralicci metallici) evitando che eventuali sovratensioni generate da elevati campi elettrostatici associati vadano a interessare i cavi sottostanti che conducono la corrente. Con lo stesso principio al di sopra delle navi vi sono dei cavi metallici collegati con parte dello scafo immerso nell'acqua e quindi buon conduttore della corrente.
- **Parafulmine laser:** viene usato per proteggere le centrali elettriche e si basa sul principio che fasci di laser infrarossi o ultravioletti con opportuna lunghezza d'onda creano una ionizzazione dell'aria costituendo un cammino conduttore preferenziale alla scarica del fulmine.

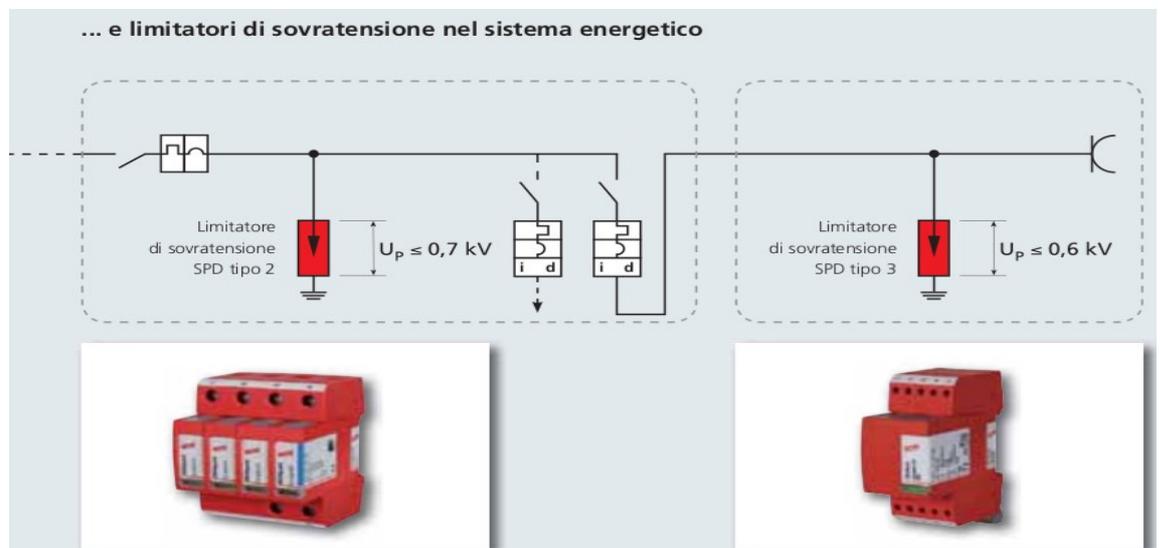
Gli **LPS interni** invece, sono dei dispositivi che proteggono le apparecchiature elettriche/elettroniche dagli effetti della sovratensione.

In alcune sottostazioni Enel sono utilizzati per staccare momentaneamente alcune linee in caso di temporale per evitare che la sovratensione si propaghi. Apparecchiature più piccole sono oggi disponibili sui singoli

apparecchi (esempio televisore) per interrompere automaticamente l'alimentazione elettrica.



Scaricatori per corrente di fulmine combinati (SPD1 classe B).



Limitatori di sovratensione per la distribuzione principale e secondaria (installazione fissa SPD2 classe C) e SPD3 classe D per prese e apparecchi finali.

Per proteggere completamente se stessi, la propria casa e le apparecchiature elettriche in essa contenute, dagli effetti nocivi dei fulmini sono necessari 3 componenti:

1. **La protezione esterna contro i fulmini (LPS esterno).**

Protegge dalla fulminazione diretta che potrebbe provocare l'incendio della casa.

Consiglio: fate installare una protezione esterna contro i fulmini: in tal modo il fulmine verrà scaricato senza alcun pericolo verso terra.

2. **La protezione interna contro i fulmini (LPS interno).**

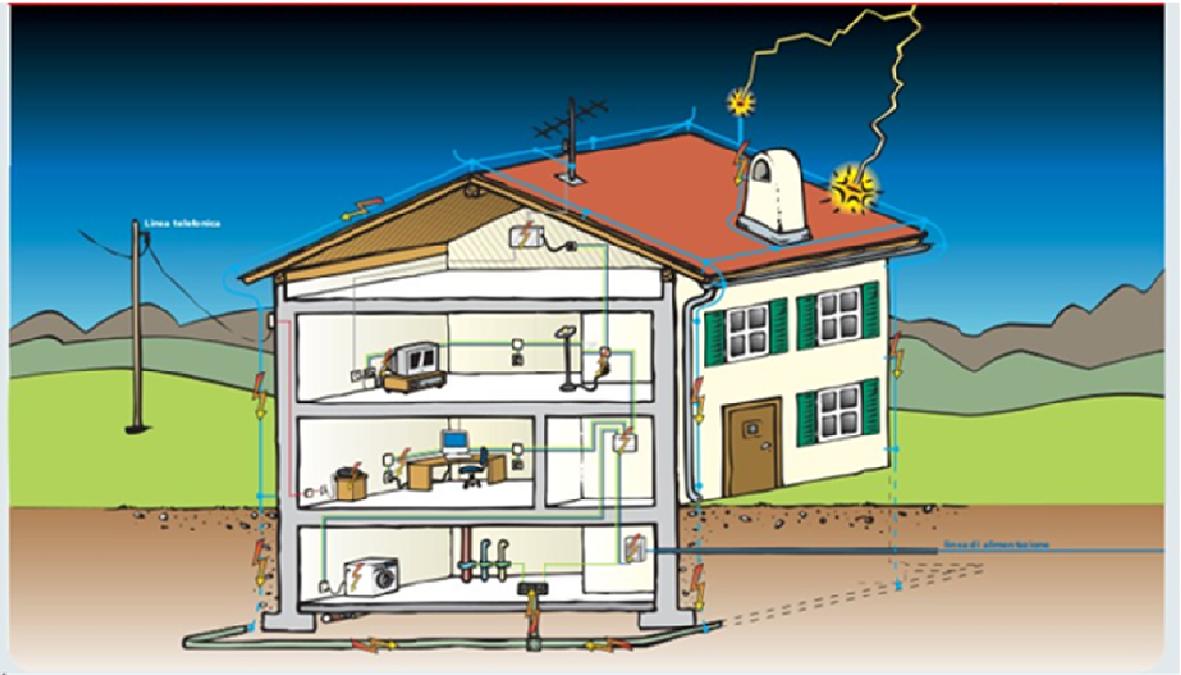
Viene installata nel quadro di distribuzione e impedisce che la corrente di fulminazione passi, dal terreno circostante, alle linee elettriche. Questo anche nel caso in cui il fulmine non colpisca direttamente la casa, ma il terreno nel raggio di 1,5 km. Inoltre è assicurata la protezione anche nel caso in cui il fulmine si abbatta direttamente su una linea ad alta tensione.

Consiglio: fate installare una protezione contro le sovratensioni. Protegge contro le sovratensioni provocate dal fulmine ma anche da quelle provocate da manovre di commutazione effettuate dall'azienda distributiva dell'energia elettrica.

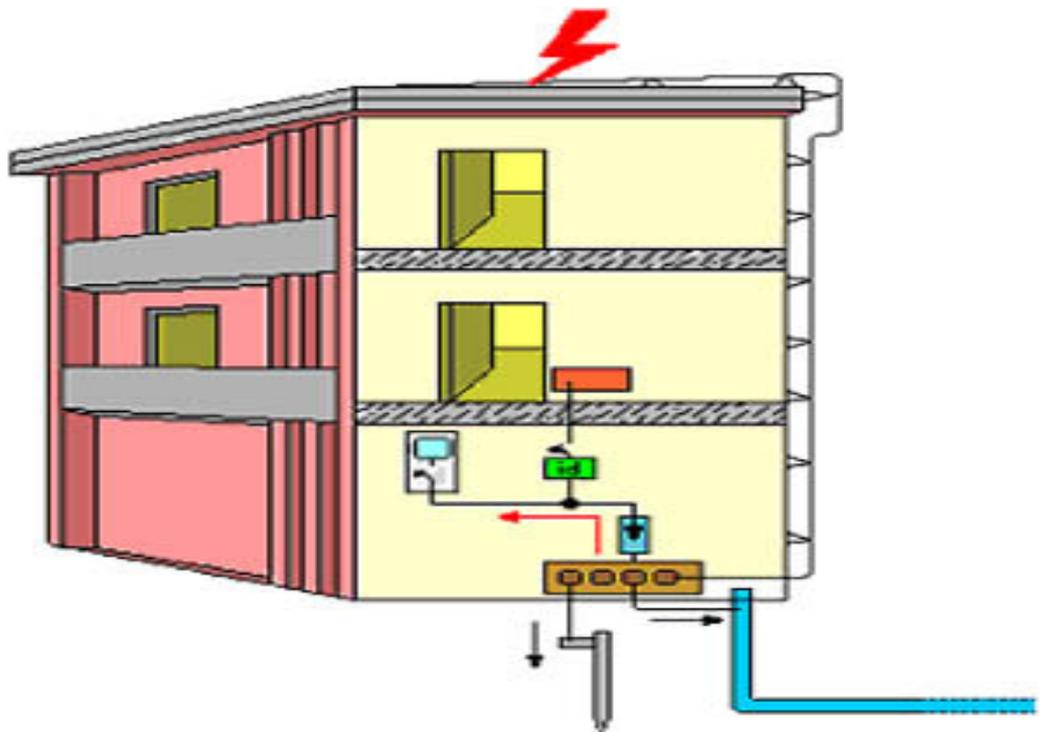
3. **La protezione delle utenze finali.**

Protegge l'ultimo anello della catena, ossia le apparecchiature elettriche. Questa protezione funziona anche in caso di sovratensioni provocate da manovre interne di commutazione che possono verificarsi quando in un'abitazione vengono utilizzati più apparecchi elettrici contemporaneamente. Le apparecchiature più sensibili, come il computer o

il televisore, possono infatti subire gravi conseguenze.



Misure di protezione per l'installazione nell'ambiente civile.



Fulminazione diretta su un edificio – Gli SPD sono collegati a monte del dispositivo differenziale che non si danneggia perché non è attraversato dalla corrente prodotta.

8. CONCLUSIONI

Considerando gli effetti connessi al fenomeno delle scariche atmosferiche non deve assolutamente passare il messaggio che le lesioni e le morti dovute ai fulmini non siano da considerarsi solo e semplicemente delle tragiche fatalità poiché è possibile ridurre il rischio a livelli di accettabilità.

A causa delle diverse tipologie di attività lavorative le persone si trovano quotidianamente ad operare in condizioni di rischio elevato e comunque inconsapevoli del pericolo.

Già dagli anni '50, la legislazione in materia di infortuni trattava il problema della protezione dal rischio di fulmini sui luoghi di lavoro.

Pertanto, per non correre il rischio di archiviare troppo frettolosamente un infortunio sul lavoro connesso ai rischi di cui alla presente tesi, si ritiene necessario che tale tematica meriti i dovuti approfondimenti.

La normativa vigente si è nel tempo evoluta rispetto alle situazioni persistenti connesse agli impianti ed apparecchiature utilizzate.

La normativa 6350/81/10 introduce un sistema valutativo più restrittivo della protezione delle strutture contro il rischio di fulminazione ad un valore accettabile come combinazione della probabilità dell'evento commisurato alla sua gravità.

BIBLIOGRAFIA

GAZZETTA DI LUCCA. Anno I

NORME CEI 81-1, 81-4

CEI EN 62305-1/2/3/4

TESTO UNICO SULLA SICUREZZA SUL LAVORO: DLgs 81/08