



PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE DEI LAVORI relativa ai lavori di "INTERVENTO 1: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE DEL CINEMA/TEATRO DI LIGONCHIO" nell'ambito del PNRR M1C3I2.1 "ATTRATTIVITÀ DEI BORGHİ" - PROGETTO RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E STRUTTURALE DEGLI SPAZI CULTURALI COMUNE DI VENTASSO - LIGONCHIO: DOVE L'ENERGIA DIVENTA CULTURA"

Via alla Valla, 12 fraz. Ligonchio - 42032 - Ventasso (RE)

CUP H37D22000010006

CIG 958213866C

responsabile del procedimento

Ing. Laura Felici

lavori pubblici, Patrimonio e Protezione Civile

gruppo di progetto

progetto strutture e coordinamento generale :

Ing. Filippo Dallagiacom

via Alla Valla 33 Ventasso loc. Ligonchio (RE) tel.0522 611750

e-mail: f.dallagiacom@spadaccinistudio.it

progetto architettonico: Lapis architetture

Arch. Carlo Margini Arch. Francesca Fava

Via Emilia S.Stefano n.31 - Reggio Emilia tel 0522 454599 e-mail: info@lapis.re.it

impianti meccanici: Ing. Giancarlo Manghi –

GM Progettazione Energetica

Via Arduini n. 14/6 Cavriago - (RE) tel.0522 576666

e-mail: giancarlo.manghi@studiomanghi.net

impianti elettrici: P.I. Daniele Fontana

Via delle Scuole n. 23/2, Scandiano - (RE) tel. 0522 889418

e-mail: tecnico@fontanaprogetti.it

prevenzione incendi: Geom Simone Donelli

Via N.Copernico 6 - (RE) tel. 339 7839771

e-mail: info@geomsimonedonelli.it



esecutivo

20-06-2023

06_2023



Relazione di valutazione del rischio dovuto al fulmine

E.IE.2.02

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3. ELENCO ALLEGATI | 3 |
| 4. RELAZIONE SPECIALISTICA | 4 |
| 4.1 Individuazione della struttura da proteggere | 4 |
| 4.2 Dati iniziali | 4 |
| 4.3 Valutazione dei rischi | 5 |
| 4.4 Scelta delle misure di protezione | 7 |
| 5. APPENDICI | 8 |
| 5.1 APPENDICE - Caratteristiche della struttura | 8 |
| 5.2 APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche | 8 |
| 5.3 APPENDICE - Caratteristiche delle zone | 9 |
| 5.4 APPENDICE - Frequenza di danno | 10 |
| 5.5 APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi | 11 |
| 5.6 APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta | 11 |
| 5.7 APPENDICE - Dimensionamento SPD | 12 |
| 6. CONCLUSIONI | 15 |

RELAZIONE GENERALE

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Per il fabbricato di tipo industriale sede dell'azienda, questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione del rischio di tipo R1 (perdita di vite umane) dovuti al fulmine;

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme:

| | |
|-------------------------|---|
| CEI EN 62305-1 | "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" Febbraio 2013; |
| CEI EN 62305-2 | "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" Febbraio 2013; |
| CEI EN 62305-3 | "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" Febbraio 2013; |
| CEI EN 62305-4 | "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" Febbraio 2013; |
| Guida CEI 81-29 | " Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305". Maggio 2020; |
| CEI EN IEC 62858 | "Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali". Maggio 2020; |

3. ELENCO ALLEGATI

| | |
|-----------|--|
| Elaborato | Valori Ng ai sensi della Norma CEI EN IEC 62858. |
| Elaborato | Valori Ng ai sensi della Norma CEI EN IEC 62858. |
| Elaborato | Valori Ng ai sensi della Norma CEI EN IEC 62858. |

4. RELAZIONE SPECIALISTICA

4.1 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.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4.2 Dati iniziali

Densità annua di fulmini a terra

La densità annua di fulmini a terra al kilometro quadrato nella posizione in cui è ubicata la struttura, elaborata ai sensi della nuova norma CEI EN IEC 62858 del 1 Maggio 2020, (in proposito vedere l'allegato "Valore di N_g "), vale:

$$N_g = 2,70 \text{ fulmini/anno km}^2$$

Dati relativi alla struttura

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 31 B (m): 22 H (m): 12 Hmax (m): 15

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: **Cinema/teatro con capienza inferiore a 200 persone.**

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.

Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: LINEA ENERGIA DA RETE
- Linea di segnale: LINEA SEGNALE DA RETE

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee*

elettriche.

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: AREA ESTERNA

Z2: CINEMA

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*.

CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta AD dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2.

L'area di raccolta AM dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3.

Le aree di raccolta AL e AI di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.4 e A.5.

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 P per la struttura non protetta*.

4.3 Valutazione dei rischi

Rischio R1: perdita di vite umane

Calcolo del rischio R1

Z1: AREA ESTERNA

RA: 2,20E-09

Totale: 2,20E-09

Z2: CINEMA

RA: 1,08E-08
RB: 1,36E-06
RU(LINEA FM): 1,23E-08
RV(LINEA FM): 1,54E-06
RU(LINEA SEGNALE): 6,16E-08
RV(LINEA SEGNALE): 7,71E-06
Totale: 1,07E-05

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,07E-05

Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo R1 = 1,07E-05 è maggiore di quello tollerato RT = 1E-05, occorre adottare idonee misure di protezione per ridurlo.

La composizione delle componenti che concorrono a formare il rischio R1, espressi in percentuale del valore di R1 per la struttura, è di seguito indicata.

Z1 - AREA ESTERNA

RD = 0,0205 %
RI = 0 %
Totale = 0,0205 %
RS = 0,0205 %
RF = 0 %
RO = 0 %
Totale = 0,0205 %

Z2 - CINEMA

RD = 12,7881 %
RI = 87,1914 %
Totale = 99,9795 %
RS = 0,7921 %
RF = 99,1874 %
RO = 0 %
Totale = 99,9795 %

dove:

- RD = RA + RB + RC
- RI = RM + RU + RV + RW + RZ
- RS = RA + RU
- RF = RB + RV
- RO = RM + RC + RW + RZ

essendo:

- RD il rischio dovuto alla fulminazione diretta della struttura
- RI il rischio dovuto alla fulminazione indiretta della struttura
- RS il rischio connesso alla perdita di esseri viventi
- RF il rischio connesso al danno fisico
- RO il rischio connesso all'avaria degli impianti interni.

I dati sopra indicati, evidenziano che il rischio R1 per la struttura si verifica essenzialmente nelle seguenti zone:

Z2 - CINEMA (99,9795 %)

- in gran parte per danno fisico
- a causa principalmente della fulminazione indiretta della struttura
- il contributo principale al valore del rischio R1 nella zona è dato dalle seguenti componenti di rischio:

RV (LINEA SEGNALE) = 72,0986 %

Danno fisico per fulminazione diretta della linea

4.4 Scelta delle misure di protezione

Per ridurre il rischio R1 a valori non superiori a quello tollerabile $RT = 1E-05$, è necessario agire sulle componenti con valori di rischio più elevato.

adottando una o più delle possibili misure di protezione seguenti:

Tenuto conto della fattibilità tecnica, in relazione anche ai vincoli da rispettare, per la protezione della struttura in esame sono state scelte le misure di protezione seguenti:

- **Sulla Linea L1 - LINEA ENERGIA DA RETE:**
- **SPD arrivo linea - livello: I**

L'adozione di queste misure di protezione modifica i parametri e le componenti di rischio. I valori dei parametri per la struttura protetta sono di seguito indicati.

Zona Z1: AREA ESTERNA

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC = 0,00E+00

PM = 0,00E+00

rt = 0,01

rp = 1

rf = 0

h = 1

Zona Z2: CINEMA

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (LINEA FM) = 1,00E+00

PC (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (LINEA FM) = 8,89E-07

PM (LINEA SEGNALE) = 1,78E-02

PM = 1,78E-02

PU (LINEA FM) = 1,00E-02

PV (LINEA FM) = 1,00E-02
PW (LINEA FM) = 2,00E-02
PZ (LINEA FM) = 1,20E-02
PU (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00
PV (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00
PW (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00
PZ (LINEA SEGNALE) = 6,00E-01
rt = 0,001
rp = 0,5
rf = 0,1
h = 5

Rischio R1: perdita di vite umane

I valori delle componenti di rischio per la struttura protetta sono di seguito indicati.

Z1: AREA ESTERNA

RA: 2,20E-09

Totale: 2,20E-09

Z2: CINEMA

RA: 1,08E-08

RB: 1,36E-06

RU(LINEA FM): 1,23E-10

RV(LINEA FM): 1,54E-08

RU(LINEA SEGNALE): 6,16E-08

RV(LINEA SEGNALE): 7,71E-06

Totale: 9,15E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 9,15E-06

5. APPENDICI

5.1 APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 31 B (m): 22 H (m): 6 Hmax (m): 12

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km²) Ng = 2,7

5.2 APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: LINEA ENERGIA DA RETE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - aerea

Lunghezza (m) $L = 200$

Coefficiente ambientale (CE): suburbano

Caratteristiche della linea: LINEA SEGNALE DA RETE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - aerea

Lunghezza (m) $L = 1000$

Coefficiente ambientale (CE): suburbano

5.3 APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: AREA ESTERNA

Tipo di zona: esterna

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

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Valori medi delle perdite per la zona: AREA ESTERNA

Numero di persone nella zona: 10

Numero totale di persone nella struttura: 198

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona (ore all'anno): 400

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) $LA = 2,31E-07$

Valore degli animali (€): 1000

Valore totale della struttura (€): 3000000

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R4) $LA = 3,33E-08$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: AREA ESTERNA

Rischio 1: Ra

Rischio 4: Ra

Caratteristiche della zona: CINEMA

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: ceramica ($r_t = 0,001$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

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

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

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno: LINEA FM

Alimentato dalla linea LINEA ENERGIA DA RETE

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,01$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($PSPD = 0,02$)

Frequenza di danno tollerabile: 0,1

Impianto interno: LINEA SEGNALE

Alimentato dalla linea LINEA SEGNALE DA RETE

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{s3} = 0,2$)
Tensione di tenuta: 1,5 kV
Sistema di SPD - livello: II ($PSPD = 0,02$)
Frequenza di danno tollerabile: 0,1

Valori medi delle perdite per la zona: CINEMA

Rischio 1

Numero di persone nella zona: 198

Numero totale di persone nella struttura: 198

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona (ore all'anno): 1000

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) $LA = LU = 1,14E-06$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $LB = LV = 1,43E-04$

Rischio 4

Valore dei muri (€): 2000000

Valore del contenuto (€): 500000

Valore degli impianti interni inclusa l'attività (€): 250000

Valore totale della struttura (€): 3000000

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) $LC = LM = LW = LZ = 8,33E-05$

Perdita per danno fisico (relativa a R4) $LB = LV = 9,15E-03$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: CINEMA

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

5.4 APPENDICE - Frequenza di danno

Impianto interno 1

Zona: CINEMA

Linea: LINEA ENERGIA DA RETE

Circuito: LINEA FM

FS Totale: 0,0227

Frequenza di danno tollerabile: 0,1

Circuito protetto: SI

Impianto interno 2

Zona: CINEMA

Linea: LINEA SEGNALE DA RETE

Circuito: LINEA SEGNALE

FS Totale: 0,0754

Frequenza di danno tollerabile: 0,1

Circuito protetto: SI

A seguito dell'adozione delle misure di protezione scelte, la frequenza di danno si modifica come di seguito indicato:

Impianto interno 1

Zona: CINEMA

Linea: LINEA ENERGIA DA RETE
Circuito: LINEA FM
FS Totale: 0,0227
Frequenza di danno tollerabile: 0,1
Circuito protetto: SI

Impianto interno 2
Zona: CINEMA
Linea: LINEA SEGNALE DA RETE
Circuito: LINEA SEGNALE
FS Totale: 0,0754
Frequenza di danno tollerabile: 0,1
Circuito protetto: SI

5.5 APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $AD = 7,04E-03 \text{ km}^2$
Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $AM = 4,13E-01 \text{ km}^2$
Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $ND = 9,50E-03$
Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $NM = 1,12E+00$

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

LINEA ENERGIA DA RETE

$AL = 0,008000 \text{ km}^2$

$AI = 0,800000 \text{ km}^2$

LINEA SEGNALE DA RETE

$AL = 0,040000 \text{ km}^2$

$AI = 4,000000 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

LINEA ENERGIA DA RETE

$NL = 0,010800$

$NI = 1,080000$

LINEA SEGNALE DA RETE

$NL = 0,054000$

$NI = 5,400000$

5.6 APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: AREA ESTERNA

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC = 0,00E+00

PM = 0,00E+00

Zona Z2: CINEMA

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (LINEA FM) = 1,00E+00

PC (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (LINEA FM) = 4,44E-05

PM (LINEA SEGNALE) = 1,78E-02

PM = 1,78E-02

PU (LINEA FM) = 1,00E+00

PV (LINEA FM) = 1,00E+00

PW (LINEA FM) = 1,00E+00

PZ (LINEA FM) = 6,00E-01

PU (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00

PV (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00

PW (LINEA SEGNALE) = 1,00E+00

PZ (LINEA SEGNALE) = 6,00E-01

5.7 APPENDICE - Dimensionamento SPD**LINEA L1 - LINEA ENERGIA****Dati generali**

L'impianto elettrico considerato è un sistema TT.

La linea di alimentazione che alimenta il quadro generale è trifase con neutro e la tensione nominale del sistema verso terra è 400 V.

Nel caso in esame è stato assunto un coefficiente di sicurezza $b = 1$.

Scelta delle protezioni***Quadro di primo livello***

Sul Quadro di primo livello, alimentato da una linea trifase con neutro, poiché l'SPD è installato a monte di un interruttore differenziale ed il sistema elettrico è TT, occorre installare la protezione in esecuzione "3 + 1". E' prevista un'installazione mediante un unico dispositivo fornito dal costruttore.

livello : IV

classe : I

tipo: 1

livello di protezione U_p : 1500 V
lunghezza dei collegamenti : 0,3 m
livello di protezione effettivo U_p/f : 1500 V
tensione massima continuativa U_c : 440 V
corrente impulsiva di scarica I_{imp} : 100 kA
corrente susseguente estinguibile con o senza fusibile : 15 kA

L'SPD installato protegge il quadro.

Sezione di collegamento degli SPD

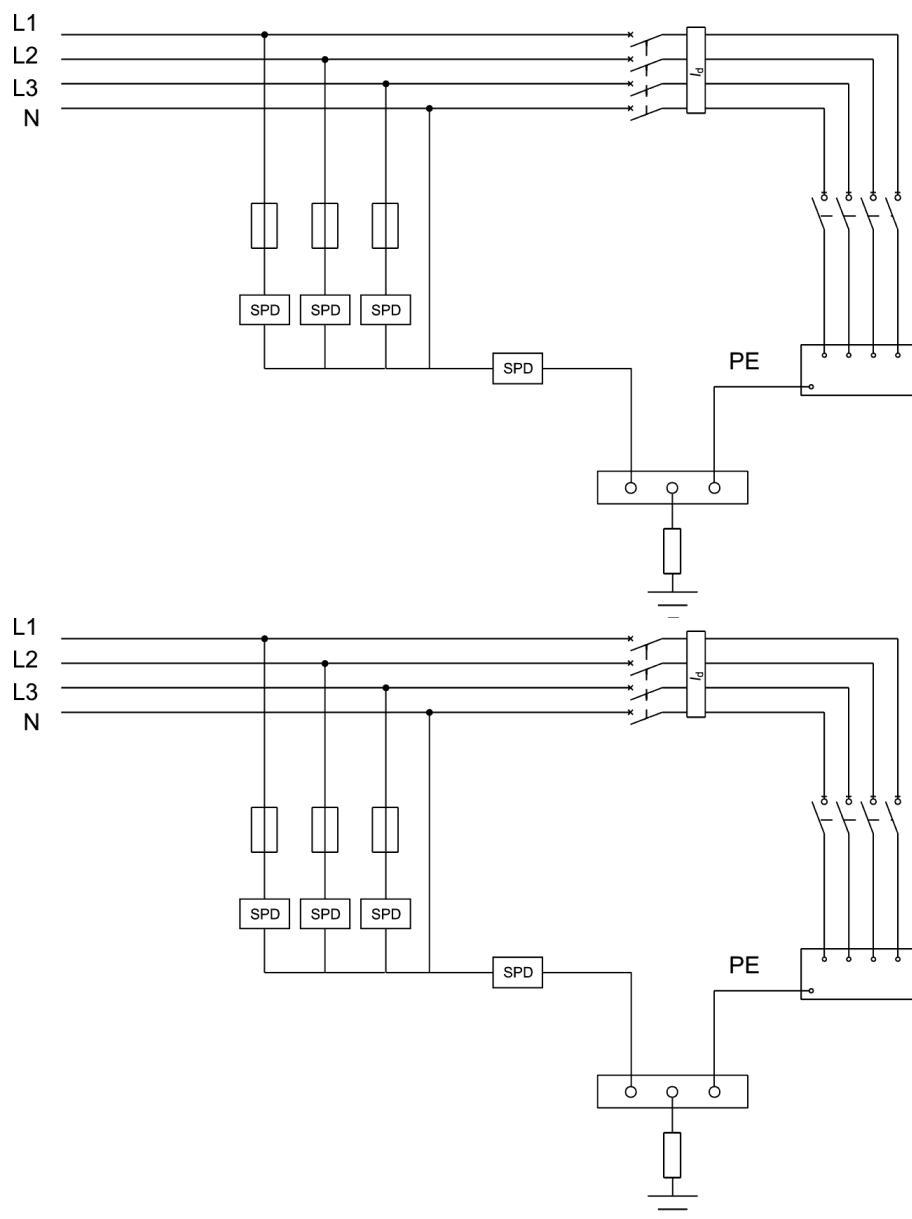
La sezione minima dei conduttori di collegamento degli SPD è:

- Classe I : 16 mm²
- Classe II : 6 mm²
- Classe III : 1,5 mm²

Per gli SPD di classe I non soggetti a scaricare una parte significativa della corrente di fulmine è sufficiente la sezione di 6 mm².

Lo schema di collegamento degli SPD è riportato nell'allegato grafico "Schemi di collegamento SPD".

Schema dei collegamenti per un sistema TT



Lo schema di installazione "3+1" prevede l'installazione di tre SPD a limitazione tra le tre fasi ed il neutro e un SPD a commutazione (spinterometro) tra il neutro e terra.

6. CONCLUSIONI

Come emerge dalla valutazione effettuata, a seguito dell'adozione delle misure di protezione (che devono essere correttamente dimensionate) i rischi non superano il valore tollerabile: R1, pertanto secondo la norma CEI EN 62305-2 la struttura è protetta contro le fulminazioni.

Per quanto riguarda il rischio di perdita economica R4, non è stata condotta una valutazione, ma in accordo con la Norma CEI 64-8, sono stati previsti degli Scaricatori di sovratensione di tipo II in tutti i quadri di zona del fabbricato.

Si consiglia comunque il committente di effettuare una ulteriore valutazione, in fase di progettazione esecutiva, per ridurre il rischio di perdita economica (*R4*), che pur non essendo obbligatoria è comunque opportuna per stabilire la convenienza economica sull'adozione di ulteriori misure di protezione in base alla frequenza di danno, al fine di garantire la funzionalità della struttura e dei suoi impianti.

In linea di principio la necessità della protezione contro il fulmine per ridurre il rischio di perdita economica *R4* andrebbe valutata in base al rapporto fra il costo delle misure di protezione e il beneficio economico ottenuto con la loro adozione.

Tuttavia, come dimostrano le statistiche, i danni dovuti ai fulmini causano un'importante perdita economica nei paesi industrializzati con elevato sviluppo tecnologico; peraltro, in assenza di adeguate misure di protezione correttamente installate, tali danni aumentano di anno in anno.

In particolare un'elevata frequenza di danno può compromettere inaccettabilmente la funzionalità della struttura e dei suoi impianti.

Scandiano 20/06/2023

Il tecnico

Fontana Per. Ind. Daniele