

Comune di SANGINETO

Provincia di Cosenza - Regione Calabria



**LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO E DI
RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO
COMUNALE SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE DI
VIALE MARIO ARAGONA IN SANGINETO LIDO**

Protocollo

PROGETTO ESECUTIVO

Scala:

Data: **novembre 2019**

ELABORATO

RELAZIONE IMPIANTO TERMICO

LA PROGETTISTA

Ing. Albina R. Farace

IL R.U.P.

Geom. Marco Antonucci



IL SINDACO

Am. Michele Guardia

TAVOLA N.

R.28

**RELAZIONE DI CALCOLO
DELL'IMPIANTO TERMICO**

1. CRITERI GENERALI

La presente relazione tecnica, ha lo scopo di illustrare le soluzioni adottate per la redazione del progetto termico riferito all'installazione di una centrale termica con generatore del tipo a pompa di calore.

Il fabbricato in oggetto e dislocato su due livelli ed è alimentato da un unico circuito, separato in due zone, derivato direttamente in centrale per l'alimentazione dei collettori.

Tutto ciò per poterlo meglio adeguare alle effettive esigenze dell'immobile garantendone così un notevole risparmio dei costi gestionali, una minuziosa parzializzazione, un controllo ottimale delle temperature ed una gestione separata delle singole utenze, consentendo vantaggiosissimi benefici economici, anche se ciò comporta un maggior costo d'installazione e realizzazione.

La tipologia impiantistica da noi suggerita e quella che offre migliori garanzie dal punto di vista gestionale, manutentivo, economico, di benessere termico.

In virtù di quanto sopra esposto e dopo un'ulteriore ed accurata analisi sia delle condizioni termigrometriche della zona che di quelle di utilizzo dei locali si è stabilito che la soluzione ottimale è quella di utilizzare un impianto a Fan coil e radiatori.

Per la produzione del fluido termico è previsto il riutilizzo della pompa di calore esistente attualmente ed in uso. La pompa di calore, del tipo modulante, interverrà gradualmente ed in sequenza in base alla richiesta ed alla necessità di impiego termico dei locali.

Si è scelta questa tipologia di impianto visti e considerati i notevoli vantaggi in termini di economicità di gestione, della valutazione dell'impatto ambientale, del benessere termigrometrico interno, della salubrità ed igienicità dei locali, della facilità di pulizia, della manutenzione, del notevole risparmio energetico.

1.1 Sistema distributivo

La pompa di calore farà capo ad un collettore distributore, al quale saranno collegate elettropompe, esse alimenteranno, tramite tubazioni in multistrato isolato, sia l'impianto termico dell'istituto scolastico sia un bollitore a doppio serpentino di adeguata capacità avente la funzione di evitare pendolazioni e di sopperire alle richieste di carico istantaneo.

La temperatura di mandata agli impianti termici sarà regolata e controllata da un sistema elettronico che necessiterà per garantire e controllare le condizioni prefissate dalla centralina di regolazione e rilevate dalla sonda di temperatura posta sulla tubazione di mandata.

La linea derivata dal collettore sarà dotata di un circolatore elettronico di tipo gemellare (una di riserva attiva all'altra) per l'alimentazione dei collettori di distribuzione dislocati nei vari ambienti, dai quali si dirameranno le distribuzioni secondarie per la diffusione del calore.

Su ogni circuito saranno installati organi di controllo e taratura, i circuiti di riscaldamento saranno allacciati ai collettori di distribuzione mediante tubazioni in multistrato installate sopra il controsoffitto, isolate secondo norme vigenti. I fabbisogni termici dei singoli locali del complesso scolastico saranno corrispondenti alla normativa vigente.

2. POMPA DI CALORE

2.1 Gruppo a pompa di calore

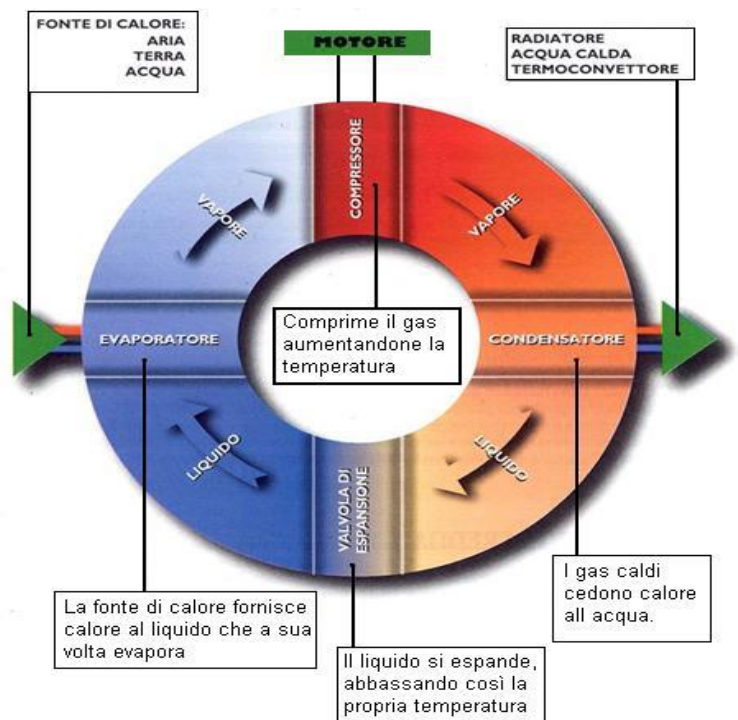
senzialmente Il circuito è costituito da: un compressore, un condensatore, una valvola di espansione e da un evaporatore.

Il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, ossia tubi nella quale scorre liquido "frigorifero" questo cede calore al condensatore e lo sottrae all' evaporatore.

Il compressore di una pompa di calore crea proprio la differenza di pressione che permette al ciclo di ripetersi: esso pompa il fluido refrigerante attraverso l'evaporatore, dove appunto evapora a bassa pressione assorbendo calore, in seguito lo comprime e lo spinge all'interno del condensatore, dove condensa ad alta pressione rilasciando il calore precedentemente assorbito. Il fluido refrigerante cambia di stato all'interno dei due radiatori: nell'evaporatore passa da liquido a gassoso, nel condensatore passa da gassoso a liquido.

La pompa di calore è un sistema conveniente dal punto di vista energetico in quanto è capace di fornire più energia elettrica di quella impegnata per il suo funzionamento, in quanto estrae calore dall' ambiente esterno.

La pompa di calore, nel caso specifico della potenza di 30 kW, opera con lo stesso principio di un ciclo frigorifero, il circuito è percorso da un fluido "frigorifero", che a seconda delle condizioni di temperatura e pressione a cui si trova, esso assume lo stato di liquido o di vapore. I sistemi a pompa di calore sono una valida alternativa ai tradizionali sistemi di riscaldamento a combustione, costituiscono uno dei sistemi di climatizzazione a ciclo annuale attualmente più efficiente ed efficace e sono in grado di contribuire al raggiungimento della riduzione dei consumi di energia, di riduzione delle emissioni di gas climalteranti e di incremento dell'utilizzo di fonti rinnovabili: consentono, infatti, risparmi dal 50 al 70% di energia primaria, con pari riduzione della CO₂ ed impiegano per il loro funzionamento circa il 75% di energia rinnovabile. Le pompe di calore, a differenza dei sistemi termici a combustione, offrono anche il vantaggio di poter essere utilizzate come climatizzatori durante la stagione calda: in estate invertono il loro funzionamento e trasferiscono il calore dall'edificio verso l'esterno, raffrescando gli ambienti. Incentivando l'uso delle pompe di calore per il riscaldamento, soprattutto nei centri urbani, si otterrebbero importanti risultati in termini di riduzione di PM₁₀ (già descritte nella relazione specifica), con ricadute positive sulla salute dei cittadini.



3. UNITA' TERMINALI

3.1 Impianto Ventilconvettori

L'impianto sarà del tipo a ventilconvettori così da garantire un ottimale funzionamento invernale ed una predisposizione per la climatizzazione estiva. I fan-coils previsti sono del tipo verticale per installazione a pavimento, avranno un funzionamento silenzioso seppur garantendo rese termiche e frigorifere elevate, inoltre, la scelta di suddette unità terminali è stata effettuata tenendo in considerazione l'inquinamento acustico nei locali, effettuando la selezione, a seconda delle condizioni di carico, per il funzionamento anche a media o alta velocità.

I ventilconvettori per rispettare la corrispondenza con il modulo strutturale dell'edificio sono stati previsti e posizionati possibilmente ove non recano intralcio.

Essi saranno del tipo a parete a 2 tubi ed avranno la funzione di controllare la temperatura in ciascun ambiente (sia in condizioni di riscaldamento sia in condizioni di raffrescamento), operando con acqua calda o alternativamente, con acqua refrigerata in base alla programmazione stagionale.

I ventilconvettori potranno essere alimentati con:

- acqua calda a 50°C, con ritorno previsto a 45°C (in inverno);
- acqua refrigerata a 7-8°C, con ritorno previsto a 12°C (in estate);

Saranno inoltre corredati di batterie in rame, alette in alluminio, bacinella raccolta condensa, filtro rigenerabile, valvole d'intercettazione, commutatore di velocità a quattro posizioni che comanda il motore monofase del ventilatore. La temperatura ambiente, sarà controllata sia in estate che in inverno da apposita sonda ambiente, una per ciascuna camera o fan-coils e sarà del tipo elettrico con contatto in deviazione per la commutazione stagionale. Detto sistema consentirà inoltre una più minuziosa suddivisione rendendo indipendente ed autonomo ogni singolo ambiente e consentendo una variazione e regolazione autonoma di temperatura per ogni singolo locale, così da soddisfare le diverse esigenze personali.

L'alimentazione dei fan-coils sarà derivata dalle linee di alimentazione, A queste fanno capo delle apposite valvole per consentire l'esclusione e l'intercettazione dei ventilconvettori e detentori per

Come già detto in precedenza, i locali igienici saranno serviti da un impianto a radiatori in alluminio per l'abbattimento dei carichi esclusivamente nel periodo invernale.

Il fan coil preleva aria dal locale da riscaldare o raffrescare e la filtra trattenendo così le eventuali impurità. Transitando attraverso lo scambiatore acqua/aria la stessa aria assorbe o cede calore a seconda della funzione impostata per poi essere diffusa nell'ambiente mediante il ventilatore elettrico alla temperatura impostata, proprio per le caratteristiche descritte e garantendo il movimento continuo dell'aria si assicura una temperatura abbastanza uniforme negli ambienti evitando così fenomeni di stratificazione del calore. In definitiva possiamo asserire che il confort termico ambientale va di pari passo con un maggior livello di salubrità dell'aria.

Altro punto di forza è la rapidità di avvio, ovvero una risposta immediata a tutte le esigenze climatiche dell'utenza, la velocità di avvio e la ventilazione forzata dell'aria consentono di raggiungere in pochi minuti il set point impostato. Quanto detto costituisce un importante valore aggiunto per tutti quei locali che sono occupati in maniera discontinua durante le ore diurne come accade nel caso in esame.

I terminali di erogazione dell'energia termica sono dei ventilconvettori aventi le seguenti caratteristiche:

- Gruppo ventilante di tipo centrifugo a doppia aspirazione, ultra silenzioso;
- Motore elettrico asincrono a sei velocità, montato su supporti elastici antivibranti;
- Batteria di scambio termico costruita con tubi di rame ed alette in alluminio fissate ai tubi con procedimento di mandrinatura meccanica.
- Filtro rigenerabile in polipropilene con struttura a nido d'ape e di semplice estrazione per la pulizia.

Si è volutamente prevedere inoltre, onde evitare spiacevoli inconvenienti per un eventuale formazione di condensa, dovuta ad un imprevisto aggravio del carico endogeno ambiente, una rete di raccolta condensa, questa sarà eseguita con tubazioni in policloruro di vinile e sarà convogliata in opportuni scarichi sifonati,

la tubazione sarà collegata ai ventilconvettori con tubo in gomma flessibile per evitare la trasmissione ed il propagarsi di rumore. Ciascun ventilconvettore sarà installato completo di filtro sulla ripresa dell'aria per evitare l'accumulo di polvere sulle batterie ed il successivo trascinarsi in ambiente, completo di proprie valvole di regolazione. Per ogni unità terminale sono stati previsti gli allacci idrici, elettrici ed un'opportuna linea di scarico condensa. La rete di distribuzione del fluido termovettore (acqua), sarà realizzata da tubazione in multistrato opportunamente dimensionata, isolata esternamente con guaina anticondensa in polietilene espanso a celle chiuse; la distribuzione è di tipo bi-tubo.

4. CIRCOLATORE ELETTRONICI INVERTER

4.1 Caratteristiche circolatori

La scelta del circolatore più adatto è di fondamentale importanza per garantire all'impianto un'adeguata portata agli elementi terminali ed una corretta circolazione del fluido termovettore all'interno delle linee di distribuzione.

Al fine di garantire all'impianto un regime di funzionamento idraulico a portata variabile e di contenere il consumo di energia elettrica, è opportuno installare circolatori di tipo elettronico con motore inverter.

Installando un circolatore elettronico a velocità variabile si ottiene:

- un considerevole guadagno sui consumi elettrici
- un maggiore risparmio energetico (kWh) per tutti i valori di portata richiesti
- prestazioni idrauliche ottimali

Per comprendere i vantaggi racchiusi nell'utilizzo di circolatori a velocità variabile è importante comprendere due questioni che sono in forte relazione l'una con l'altra:

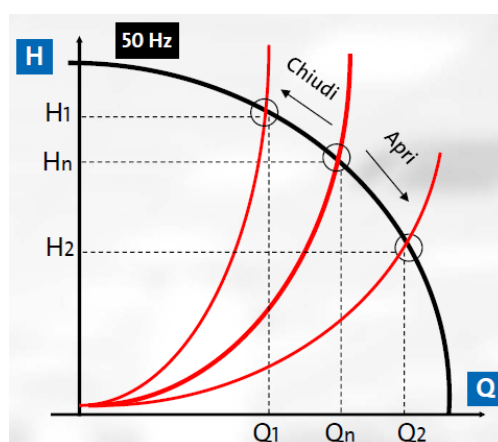
- Circolatori a velocità fissa contro circolatori a velocità variabile
- Regolazione della pressione in modalità "costante" contro quella a modalità "proporzionale"

Prima però è necessario capire come le richieste di riscaldamento di un edificio siano sempre in continuo cambiamento, questo è dovuto da diversi fattori, tra cui:

- Temperatura ambientale
- Cambi di stagione
- Attività umana
- Presenza di altre fonti di calore

Sia i circolatori a velocità fissa che quelli a velocità variabile possono soddisfare le richieste di riscaldamento.

Lo fanno, però, in modi molto diversi.



Nei sistemi dotati di circolatori a velocità fissa:

- La pressione aumenta con il diminuire della portata
- E' richiesta una valvola bypass di pressione differenziale per ridurre la pressione a carico parziale

I circolatori a velocità fissa funzionano sempre alla massima velocità, mentre un circolatore a velocità variabile si adatta automaticamente alle continue richieste.

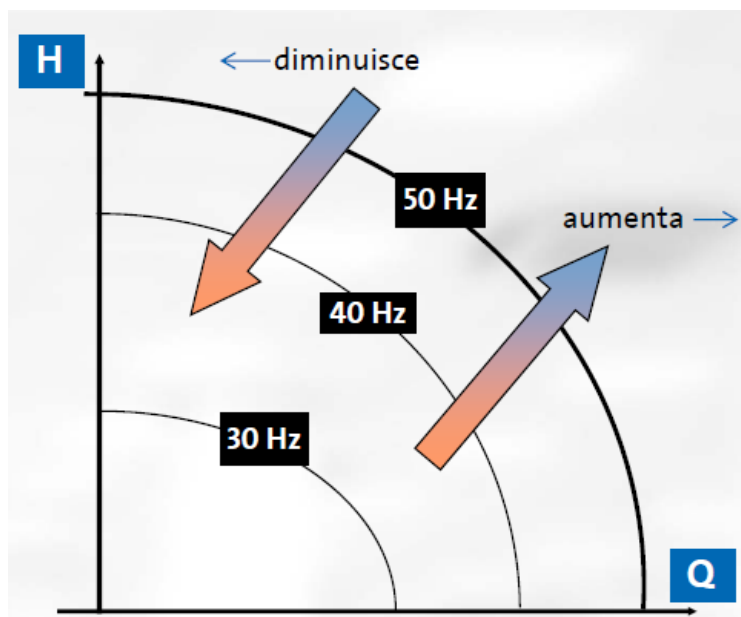
Tecnicamente, per un circolatore a velocità fissa:

- Il motore elettrico è alimentato con Tensione [V] e Frequenza [Hz] costanti, la sua velocità di rotazione è fissa.
- La pompa, pertanto non varia autonomamente la curva caratteristica Q / H
- Il punto di lavoro è definito come l'intersezione delle curve di pompa e impianto
- La regolazione della portata avviene tramite valvole di regolazione manuali o automatiche

In un circolatore a velocità variabile:

variando la frequenza di alimentazione [Hz] del motore, la velocità di rotazione varia in proporzione così come la curva caratteristica della pompa Q/H.

Per ogni condizione di carico il regolatore impone una velocità di rotazione tale che le curve della pompa incontrino le curve del carico sempre sulla retta orizzontale del setpoint, ciò garantisce che nell'impianto circola la portata necessaria a pressione sempre costante.



5. IMPIANTO ADDOLCITORE

5.1 Addolcitore

Il trattamento dell'acqua previsto è indispensabile, poiché serve ad evitare le precipitazioni dei sali di calcio e di magnesio contenuti nell'acqua, che creano depositi ed incrostazioni, compromettendo sia la durata che il funzionamento delle apparecchiature, (boiler, caldaie) ma soprattutto il calcare che si deposita sulle pareti dei componenti diminuisce sia la sezione di passaggio che lo scambio termico con conseguenti aggravii dei costi di gestione e manutenzione.

L'addolcitore costituisce di per sé un impianto completo di trattamento d'acqua, questo comprende il serbatoio delle resine, il contenitore del sale, il gruppo delle valvole, i raccordi idraulici e la centralina

elettrica ed elettronica di comando e controllo per la rigenerazione automatica delle resine di scambio ioniche.

L'acqua da trattare attraversa un letto di resine scambiatrici che, per propria struttura, sono in grado di caricarsi di ioni di sodio i quali poi al passaggio dell'acqua dura, si scambiano con gli ioni di calcio e di magnesio. Una volta esaurita la carica, il sistema procede automaticamente alla rigenerazione della resina mediante il sale contenuto nel tino.

Per le esigenze impiantistiche è previsto un addolcitore da 20 lt.

6. REGOLAZIONE CLIMATICA

6.1 La termoregolazione

La termoregolazione è un sistema di regolazione automatico della temperatura ambiente. Il compito della termoregolazione è quello di fare in modo che l'impianto eroghi il calore strettamente necessario al raggiungimento delle condizioni decise dall'utente, immettendolo nell'edificio dove serve, quando serve e quanto ne serve.

La termoregolazione può essere:

- di zona, laddove sia presente un termostato ambiente che controlli l'erogazione simultanea del calore in più locali;
- per singolo ambiente, laddove siano presenti dispositivi di regolazione della temperatura ambiente che agiscono su ciascun corpo scaldante (valvole termostatiche, termostati a bordo dei ventilconvettori, termostati agenti sulle valvole elettrotermiche del collettore);

In presenza di termoregolazione si hanno i seguenti vantaggi:

- valorizzazione degli apporti gratuiti (qualsiasi fonte di calore diversa dall'impianto di riscaldamento);
- valorizzazione degli interventi di coibentazione, anche parziali, dell'edificio;

Se la termoregolazione è anche per singolo ambiente, si ottengono i seguenti ulteriori vantaggi

- valorizzazione ottimale degli apporti gratuiti;
- equilibratura automatica dell'impianto;
- possibile utilizzare corpi scaldanti sovradimensionati;

Nel caso in esame avremo una termoregolazione con sonda esterna per la caldaia ed una termoregolazione in ogni ambiente con valvole termostatiche.

Più nello specifico inoltre, nella stagione invernale la temperatura dell'acqua di alimentazione è regolata automaticamente a punto fisso a mezzo di valvola a 3 vie servoazionata e comandata da una sonda posta sulla tubazione di mandata, che assicura la temperatura di invio del fluido alle condizioni prefissate dagli organi di taratura ovvero su un valore di 60° C.

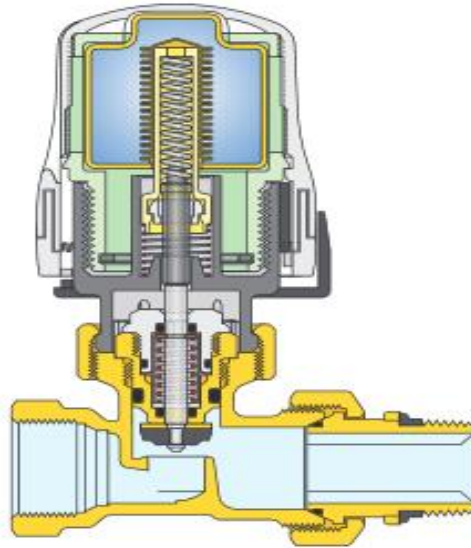
6.2 Caratteristiche costruttive valvole termostatiche

Il dispositivo di comando della valvola termostatica è un regolatore proporzionale di temperatura, costituito da un soffiello contenente uno specifico liquido termostatico. All'aumentare della temperatura, il liquido aumenta di volume e provoca la dilatazione del soffiello. Con la diminuzione della temperatura si verifica il processo inverso; il soffiello si contrae per effetto della spinta della molla di contrasto.

I movimenti assiali dell'elemento sensibile vengono trasmessi all'attuatore della valvola tramite l'asta di collegamento, regolando così il flusso del liquido nel corpo scaldante.

L'asta di comando è in acciaio inossidabile, con doppia tenuta ad O-Ring in EPDM. In questo modo la parte superiore del vitone può essere sostituita anche ad impianto funzionante.

L'otturatore è sagomato in modo tale da ottimizzare le caratteristiche fluidodinamiche della valvola durante l'azione progressiva di apertura o chiusura nel funzionamento termostatico. L'ampio passaggio fra sede ed otturatore provoca ridotte perdite di carico nell'utilizzo manuale.



6.3 Impianto a valvole termostatiche

Nel tipico impianto centralizzato a colonne montanti italiano, si ha l'abitudine di far circolare portate elevatissime di acqua. Ciò può essere facilmente constatato toccando un radiatore sopra e sotto: la temperatura è quasi uniforme e fra la parte alta e la parte bassa del radiatore la differenza di temperatura è modesta e quasi mai raggiunge i 10 °C. L'acqua corre talmente veloce che non fa in tempo a raffreddarsi passando per il radiatore. Questa abitudine è legata all'esigenza di evitare od attenuare sbilanciamenti dell'impianto. Quando si riscontrano zone con scarsa circolazione, il provvedimento abituale non è quello di agire sui dispositivi di bilanciamento (i detentori) ma aumentare la potenza della pompa in modo che "almeno un po' d'acqua calda arrivi dappertutto". Inoltre tutti i radiatori sono alla medesima temperatura, poiché non vi è alcun controllo automatico sui singoli corpi scaldanti. Nel tipico impianto italiano i radiatori sono tutti alla stessa temperatura e tutti uniformemente caldi e circolano autentici fiumi di acqua. Con l'installazione delle valvole termostatiche cambia il funzionamento dell'impianto:

- i radiatori non saranno più tutti uniformemente caldi ma si scaldano solo quelli delle stanze dove c'è bisogno di riscaldamento; tipicamente rimangono spesso freddi i radiatori dei corridoi/ingressi e della cucina
- il corretto funzionamento della valvola termostatica provoca una forte riduzione della portata di acqua circolante, quindi i radiatori tendono a raffreddarsi nella parte inferiore. Il raffreddamento del radiatore nella parte inferiore indica che si sta raggiungendo la temperatura impostata sulla valvola termostatica.

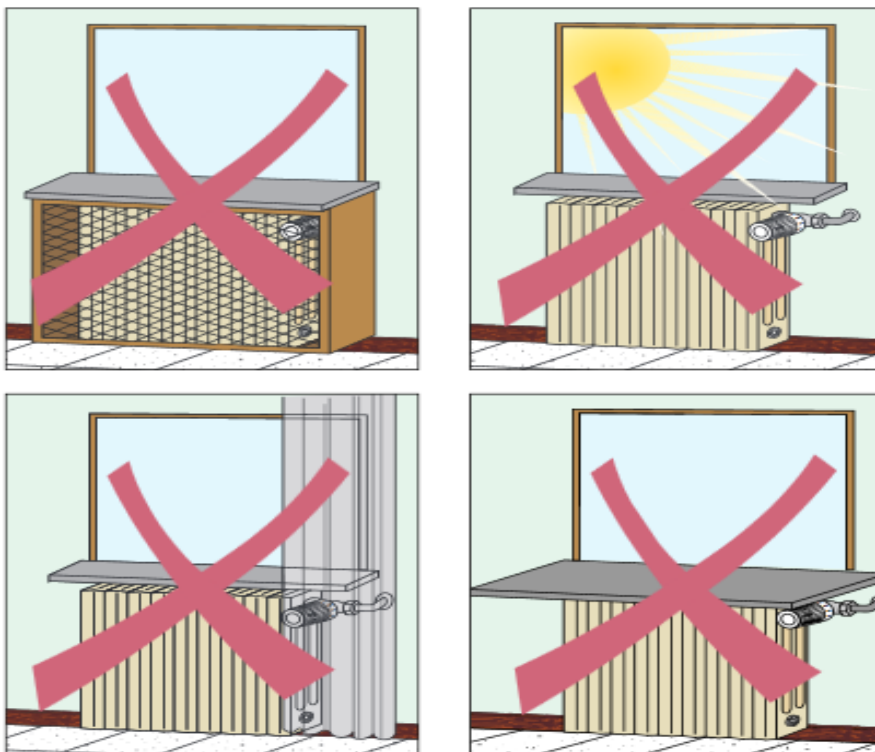
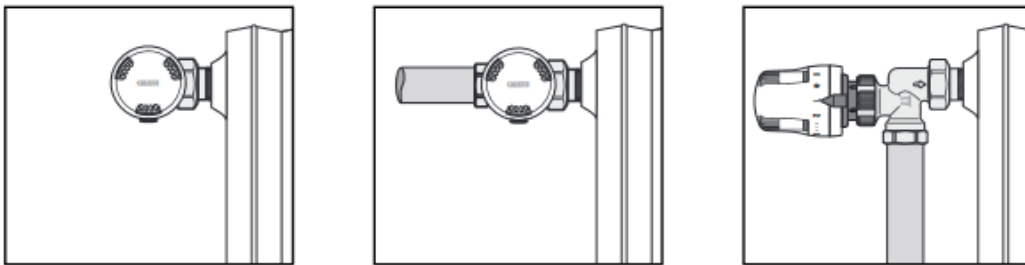
Se la temperatura nel locale rimane insufficiente (temperatura del locale, non del radiatore) anche lasciando a lungo la valvola regolata su valori alti (ad esempio, 4 o 5):

controllare che la testina della valvola non si trovi in una nicchia o in una posizione dove la temperatura è elevata

- verificare la temperatura nella parte bassa del radiatore dopo un prolungato funzionamento della valvola (ricordiamo, con temperatura insufficiente anche posizionandola su 5):
- se la temperatura è bassa, probabilmente è troppo chiuso il detentore o la prerogolazione
- se la temperatura è alta, prossima a quella nella parte alta, probabilmente occorre aumentare la temperatura di mandata.

6.4 Installazione delle valvole

I comandi termostatici vanno installati in posizione orizzontale e rispettando il senso di flusso indicato dalla freccia sul corpo valvola.



In caso di installazione non corretta della valvola completa di comando termostatico, possono insorgere nell'impianto due possibili problemi:

- La presenza di vibrazione simili ad un martellio sono da imputarsi al fatto che il fluido attraversa la valvola nel senso opposto a quello indicato dalla freccia sul corpo. Per ovviare a questo inconveniente sarà sufficiente ripristinare il senso corretto di flusso.
- La presenza di un suono o sibilo in fase di modulazione è da imputarsi al fatto che la valvola è sottoposta ad una prevalenza eccessiva.

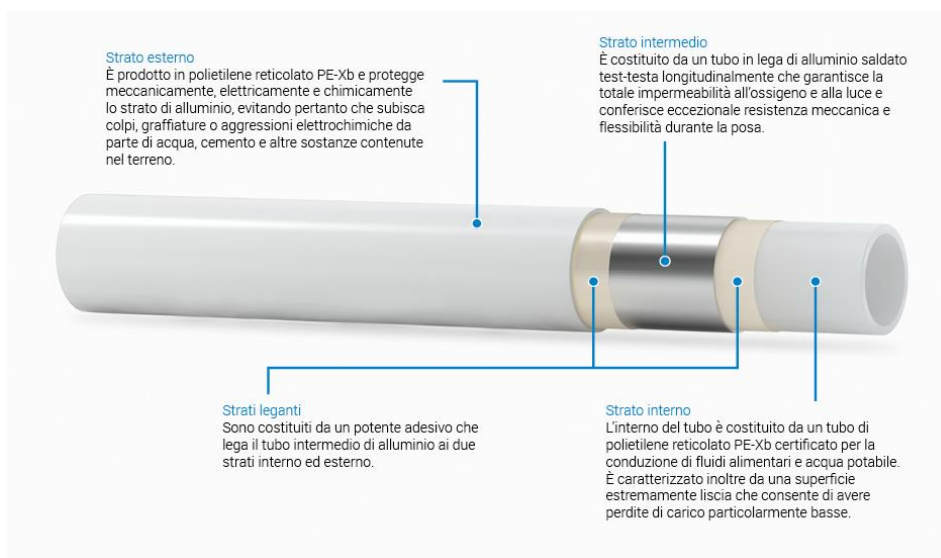
Per ovviare a questo inconveniente sarà sufficiente mantenere sotto controllo la pressione dell'impianto prevedendo dispositivi come pompe a giri variabili abbinata a regolatori di pressione differenziale, oppure l'utilizzo di valvole di by-pass differenziale.

L'elemento sensibile dei comandi termostatici non deve essere installato in nicchie, cassonetti, dietro tendaggi, all'esposizione diretta dei raggi solari oppure sotto mensole molto sporgenti che ne falserebbero le rilevazioni. In questi casi è indispensabile utilizzare il comando termostatico con sensore a distanza

7. DISTRIBUZIONE PRINCIPALI E SECONDARIE

7.1 Reti di distribuzione

Le alimentazioni dei collettori di distribuzione termica dislocati nei vari piani ed ambienti, verranno derivate dalle linee di alimentazione principali, costruite con tubazioni in multistrato. Lo spurgo dell'aria è assicurato da valvole di sfiato automatico a grande capacità con intercettazione installati nei punti più alti dei circuiti. Tutte le linee principali ed i collettori di distribuzione saranno intercettabili ed escludibili separatamente, si da effettuare facilmente la manutenzione o qualsivoglia intervento straordinario.



Le adduttrici principali e le derivazioni secondarie saranno realizzate con tubazioni in multistrato tipo Pex o similari in polietilene, questa tipologia di tubazioni possiede notevoli vantaggi tra cui:

7.2 Vantaggi tubazioni multistrato

Resistenza alla corrosione chimica ed elettrochimica

Il PEX essendo un cattivo conduttore elettrico non è soggetto ai fenomeni distruttivi dovuti alle correnti vaganti che al contrario sono le cause di perforazione dei sistemi di condotte in metallo.

Assenza di incrostazioni e resistenza all'abrasione

L'estrema levigatezza della superficie interna del tubo multistrato riduce enormemente la possibilità di ostruzioni causate da crescita di incrostazioni.

Flessibilità d'installazione

Il tubo multistrato è modellabile . Una volta piegato, il tubo mantiene la curvatura ad esso conferita, secondo normativa UNI 10954.

Ridotta dilatazione

Il tubo multistrato possiede un coefficiente di dilatazione termica molto contenuto (0,026 mm/m·°C), paragonabile a quello delle tubazioni metalliche . Questa caratteristica permette pose in ambienti caratterizzati da elevate variazioni di temperatura.

Isolamento termico

Le tubazioni delle reti di distribuzione dei fluidi caldi e freddi in fase liquida degli impianti termici , ai sensi dell'allegato B del D.P.R. n. 412/1993, saranno opportunamente coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è fissato dalla seguente tabella in funzione del diametro della tubazione espresso in mm e della conduttività termica utile del materiale isolante espressa in W/m ° C alla temperatura di 60 ° C.

Conduttività dell'isolante	termica [W/m°C]	Diametro esterno della tubazione					
		<20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	<100
0.030		13	19	26	33	37	40
0.032		14	21	29	36	40	44
0.034		15	23	31	39	44	48
0.036		17	25	34	43	47	52
0.038		18	28	37	46	51	56
0.040		20	30	40	50	55	60
0.042		22	32	43	54	59	64
0.044		24	35	46	58	63	69
0.046		26	38	50	62	68	74
0.048		28	41	54	66	72	79
0.050		30	44	58	71	77	84

Impermeabilità all'ossigeno

La permeabilità all'ossigeno (diffusione) è la capacità delle molecole di ossigeno di passare attraverso un materiale per effetto della sua struttura molecolare e per la differenza di pressione parziale dell'ossigeno tra i due lati. Nel tubo multistrato la presenza dello strato di alluminio impedisce totalmente il passaggio di ossigeno e di ogni altro gas attraverso la parete del tubo. In questo modo si contribuisce ad evitare l'insorgere di indesiderati effetti corrosivi nei tubi e nei componenti metallici (specialmente ferrosi) dell'impianto

Per valori di conduttività termica utile dell'isolante differenti da quelli indicati in tabella, i valori minimi dello spessore del materiale isolante sono ricavati per interpolazione lineare dei dati riportati nella tabella stessa.

Il materiale isolante deve essere applicato in maniera uniforme senza variazioni di spessore o strozzature con particolare attenzione alle curve, i raccordi le saracinesche e quant'altro possa costituire ponte termico.

Basso valore delle perdite di carico

La superficie interna del tubo multistrato è contraddistinta da una rugosità superficiale estremamente contenuta ($k=0,007$ mm); questa caratteristica consente di avere ridotte perdite di carico diminuendo così le potenze elettriche dei circolatori e quindi il consumo di energia elettrica

Basso valore della conducibilità termica

Il tubo ha un coefficiente di conduzione termica pari $0,43$ W/mC° molto basso, ciò è indice positivamente sul risparmio energetico.

8. MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

Si considererà come indice di benessere la scelta impiantistica finalizzata alla massima ergonomia possibile per le attività di gestione e manutenzione impiantistica.

Questo sia in forma diretta (gli utenti potranno svolgere le loro attività di alloggio e studio nelle migliori condizioni) sia intendendo che questa impostazione faccia derivare maggior benessere ai fruitori delle prestazioni impiantistiche in termini di maggior affidabilità e di maggior costanza nella erogazione delle prestazioni medesime.

Sono quindi state fatte le seguenti scelte:

- Definizione di percorsi di tubazioni e canali in zone di completa e continua accessibilità (soprattutto a soffitto di corridoi, in cavedi dedicati, in centrali e sottocentrali tecnologiche ed in centrali di trattamento aria);
- Scelta di sistemi di occultamento (controsoffitti) di tipo amovibile con facilità;
- Identificazione dei componenti (colori, targhette, segnalatori di presenza);
- Previsione di massima accessibilità alle parti importanti di macchine;
- Facilità di accesso a componenti interni agli ambienti;
- Mantenimento di spazi di rispetto per tutte le apparecchiature che lo richiedono (estrazione di ventilatori, asportazione di batterie, estrazione di filtri, estrazione dei fasci tubieri del gruppo frigorifero, ecc.).

In generale, verranno adottate tutte le soluzioni di dislocazione impiantistica che incentivano l'esecuzione delle operazioni di controllo e di ripristino di funzionalità, favorendo posizionamenti di macchine e/o distribuzioni di facile accessibilità ed ispezionabilità.

9. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'impianto termico dovrà essere realizzato a "regola d'arte" ai sensi dell'art. 5 comma 2 lettera d, del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 22 Gennaio 2008, n.37 e le Norme UNI.

Gli impianti di climatizzazione devono rispondere alle regole di buona tecnica; il riferimento alle norme UNI e CEI sono considerate norme di buona tecnica:

- DM 22 gennaio 2008, n. 37- Norme per la sicurezza degli impianti; Legge 9 gennaio 1991, n. 10 e successive modifiche;
- Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10;
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- UNI 7357 - Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici;
- UNI 8477-1 - Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;
- UNI 10339 - Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- UNI 10345 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Trasmittanza termica dei componenti edilizi finestrati. Metodo di calcolo;
- UNI 10346 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Scambi di energia termica tra terreno ed edificio. Metodo di calcolo;
- UNI 10347 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo;
- UNI 10348 - Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo;
- UNI 10355 - Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo;
- UNI 10376 - Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici;
- UNI 10379 - Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica;
- UNI 10381-1 - Impianti aeraulici. Condotte. Classificazione, progettazione, dimensionamento e posa in opera;
- UNI 10381-2 - Impianti aeraulici. Componenti di condotte. Classificazione, dimensioni e caratteristiche costruttive. Norme di riferimento;
- UNI 5634 - Sistemi di identificazione delle tubazioni e canalizzazioni convoglianti fluidi;
- UNI 6665 - Superficie coibentate. Metodi di misurazione;
- UNI 10376 - Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici.
- Decreto legge 37 08
- UNI 7939-1 - Terminologia per la regolazione automatica degli impianti di benessere. Impianti di riscaldamento degli ambienti;
- UNI 9577 - Termoregolatori d' ambiente a due posizioni (termostati d' ambiente). Requisiti e prove;

- UNI EN 12098-1 - Regolazioni per impianti di riscaldamento. Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.

IL TECNICO

**ALLEGATI DI CALCOLO
DELL'IMPIANTO TERMICO**

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

ANALISI E VALUTAZIONE DEI RISCHI

Struttura: Scuola SANGINETO

Committente: Amministrazione Comunale

Indirizzo: - - SANGINETO (CS)

Sanginetto, 13/11/2019

Il Tecnico
(- - -)

ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alla norma CEI EN 62305-2 "Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio".

Definizioni

Fulmine su una struttura

Fulmine che colpisce una struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una struttura

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una struttura da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Fulmine su una linea

Fulmine che colpisce una linea connessa alla struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una linea

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una linea connessa alla struttura da proteggere, da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Danni ad esseri viventi

Danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine.

LEMP

Impulso elettromagnetico del fulmine, tutti gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo

LPL

Livello di protezione, numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura.

Misure di protezione

Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio.

LP

Protezione contro il fulmine, sistema completo usato per la protezione contro il fulmine delle strutture, dei loro impianti interni, del loro contenuto e delle persone, costituito in generale da un LPS e dalle SPM.

Z_s

Zona di una struttura, parte di una struttura con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

S_L

sezione di una linea, parte di una linea con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un unico gruppo di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

LPS

Sistema di protezione contro il fulmine, impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

SPM

Misure di protezione contro il LEMP, misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP.

SPD

Limitatore di sovratensione, dispositivo che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive; contiene almeno un componente non lineare.

Sistema di SPD

Gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti degli impianti

elettrici ed elettronici.

Simboli e abbreviazioni

A_D	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
A_{DJ}	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
A_I	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
A_L	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
A_M	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
C_D	Coefficiente di posizione.
C_{DJ}	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
C_E	Coefficiente ambientale.
C_I	Coefficiente di installazione di una linea.
C_L	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
C_{LD}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
C_{LI}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
C_T	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
D_1	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D_2	Danno materiale.
D_3	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
K_{S1}	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
K_{S2}	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
K_{S3}	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
K_{S4}	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
L_F	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
L_O	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
L_T	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione.
L_1	Perdita di vite umane.
L_2	Perdita di servizio pubblico.
L_3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L_4	Perdita economica.
N_G	Densità di fulmini al suolo.
n_z	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
n_t	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
P_A	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
P_B	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
P_C	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
P_M	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura).
P_U	Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa).
P_V	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa).
P_W	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa).
P_X	Probabilità di danno nella struttura.
P_Z	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa).
P_{EB}	Probabilità che riduce P_U e P_V dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tensione di tenuta degli apparati in presenza di EB (equipotenzializzazione al fulmine).
P_{SPD}	Probabilità che riduce P_C , P_M , P_W e P_Z , quando sia installato un sistema di SPD.
P_{TA}	Probabilità che riduce P_A dipendente dalle misure di protezione contro le tensioni di contatto e di passo.
r_t	Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.
r_f	Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.
r_p	Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.

R _T	Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.
R _A	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla struttura).
R _B	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla struttura).
R _C	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. sulla struttura).
R _M	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità della struttura).
R _U	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla linea connessa).
R _V	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla linea connessa).
R _W	Componente di rischio (danno agli impianti – fulm. sulla linea connessa).
R _Z	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità di una linea).
R ₁	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
R ₂	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
R ₃	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
R ₄	Rischio di perdita economica in una struttura.
S	Struttura.
S ₁	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
S ₂	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
S ₃	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
S ₄	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della linea).
t _z	Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno).
w _m	Lato di maglia.

Valutazione del rischio fulminazione

La normativa CEI EN 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e, se necessario, individua le misure di protezione necessarie da realizzare per ridurre il rischio a valori non superiori a quello ritenuto tollerabile dalla norma.

Sorgente di rischio, S

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine.

- S₁ Fulmine sulla struttura.
- S₂ Fulmine in prossimità della struttura.
- S₃ Fulmine su una linea.
- S₄ Fulmine in prossimità di una linea.

Tipo di danno, D

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da proteggere. Nelle pratiche applicazioni della determinazione del rischio è utile distinguere tra i tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione. Essi sono le seguenti:

- D₁ Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
- D₂ Danno materiale.
- D₃ Guasto di impianti elettrici ed elettronici.

Tipo di perdita, L

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite conseguenti nell'oggetto da proteggere. Il tipo di perdita che può verificarsi dipende dalle caratteristiche dell'oggetto stesso ed al suo contenuto.

- L₁ Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L₂ Perdita di servizio pubblico.
- L₃ Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- L₄ Perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può

verificarsi in una struttura può essere valutato il relativo rischio.













- R₁ Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R₂ Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R₃ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R₄ Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio tollerabile, R_T

La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN 62305-2 e di seguito riportati.

- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti (R_T = 10⁻⁵ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R_T = 10⁻³ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R_T = 10⁻⁴ anni⁻¹).

Per ogni tipologia di rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄), nella tabella seguente sono riportate le sue componenti:

Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R ₂	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R ₃	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R ₄	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

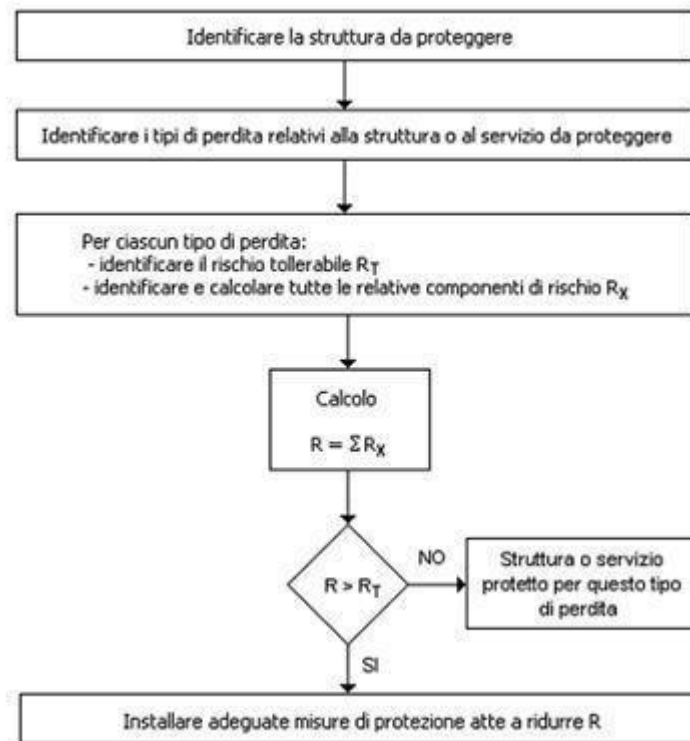
Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄) si deve provvedere a:

- determinare le componenti R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W e R_Z che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R_x;
- confrontare il rischio R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R₄)

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti R_x che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata R_x;
- calcolo del rischio totale R;
- identificazione del rischio tollerabile R_T;
- confronto del rischio R con quello tollerabile R_T.



Se $R_x \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se $R_x > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere $R_x \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessato l'oggetto.

Per il rischio R_4 , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio R_4 , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Componenti di rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno, come si evince dalla precedente tabella.

Ciascuna delle componenti di rischio può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

dove

N_x è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN 62305-2].

P_x è la probabilità di danno alla struttura [Allegato B, CEI EN 62305-2].

L_x è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura), R_A
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_A Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2, CEI EN 62305-2].
- L_A Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura), R_B
Componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_B Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3, CEI EN 62305-2].
- L_B Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura), R_C
Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

dove:

- R_C Componente di rischio (guasto di apparati del servizio - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_C Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.4.3, CEI EN 62305-2].
- L_C Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura), R_M

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

dove:

- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura);
- N_M Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura [§ A.3, CEI EN 62305-2];
- P_M Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5, CEI EN 62305-2];
- L_M Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso), R_U
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono

verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

dove:

- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio);
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{DJ} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2].
- P_U Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso) [§ B.6, CEI EN 62305-2].
- L_U Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso), R_V

Componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

dove:

- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_V Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7, CEI EN 62305-2].
- L_V Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso), R_W

Componente relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

dove:

- R_W Componente di rischio (danno agli apparati - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_W Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN 62305-2].
- L_W Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso), R_Z

Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di

strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_z = N_i \times P_z \times L_z$$

dove:

- R_z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio).
- N_i Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- P_z Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9, CEI EN 62305-2].
- L_z Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)

Il rischio di perdita di vite umane è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}$$

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)

Il rischio di perdita di servizio pubblico è determinato dalla formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)

Il rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)

- R_v Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

Determinazione del rischio di perdita economica (R₄)

Il rischio di perdita economica è determinato secondo la formula:

$$R_4 = R_A^{(1)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

- (1) Solo in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio per la struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

Caso 1 - Struttura autoprotetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e non sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Autoprotetta".

Caso 2 - Struttura protetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

Caso 3 - Struttura NON protetta

Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo R_T devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	Scuola SANGINETO
Destinazione d'uso	Scuola
Indirizzo	-
Comune	SANGINETO (CS)
Cap	87050
N _G	2.50 fulmini/anno km ²
Fonte dati	Osservatorio Nazionale

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Circondata da oggetti di altezza maggiore [$C_D = 0.25$]
Geometria della struttura	Struttura regolare: Lunghezza: 26.5 m Larghezza: 23.0 m Altezza: 8.0 m Altezza protrusione: 0.0 m Area raccolta della struttura isolata A_D : 4 795.06 m ² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M : 834 898.16 m ²
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura non protetta con LPS [$PB = 1.00$]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 80$
Valore complessivo della struttura (L4)	$C_T = 90\ 000.00\ €$

ZONE

Nella struttura è presente una sola zona, per cui la zona comprende l'intera struttura.
Di seguito si riportano i dati relativi alla zona.

Zona Z1 - "Zona scuola"

Dati generali	
Denominazione	Zona scuola
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Ceramica ($1k\Omega \leq R \leq 10k\Omega$) [$r_t = 10^{-3}$]
Pericoli particolari	Nessuno [$h_z = 1$]
Rischio d'incendio	Rischio d'incendio ridotto [$r_f = 10^{-3}$]
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$r_p = 0.5$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	80
Ore presenza/anno (t_z)	1000
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 50 000.00
Valore contenuto zona	€ 10 000.00
Valore impianti interni zona	€ 30 000.00
L_T	10^{-4}
L_F	0.20
L_o	10^{-3}

Legenda:

- L_T è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.
- L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.
- L_o è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da un evento pericoloso.

LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Urbano [$C_e = 0.10$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Cartelli ammonitori [$PTU = 0.10$]
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe I (Protezione rinforzata 1,5x) [$PEB = 0.005$]
Trasformatore AT/BT	Assente [$C_T = 1$]

Sezioni della linea:

IMPIANTI

Nella struttura è presente un solo impianto interno di seguito descritto.

Impianto I1 - "Impianto 1"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 1
Linea collegata all'impianto	Linea 1
Zone servite dall'impianto	Zona scuola
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	Si
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe I (Protezione rinforzata 1,5x) [PSPD = 0.005]

ESITO DELLA VALUTAZIONE

Perdite considerate e rischi tollerabili

Per la valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite:













L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti

(Rischio tollerabile $R_T = 10^{-5}$)













L4 - Perdita economica

Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1













Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	N _D			N _M	N _L + N _{DJ}			N _I
Struttura	3 x 10 ⁻³			2.09	-			-
Eventi	N _D			N _M	N _L + N _{DJ}			N _I
L1	-			-	0			0













Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P _A	P _B	P _C	P _M	P _U	P _V	P _W	P _Z
Z1	1	1	1	5 x 10 ⁻¹¹	5 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻³
- I1	-	-	1	5 x 10 ⁻¹¹	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	5 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻³

Ammontare delle perdite di vite umane, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L _A	L _B	L _C	L _M	L _U	L _V	L _W	L _Z
Z1	1.14 x 10 ⁻⁶	5.71 x 10 ⁻⁷	0	0	1.14 x 10 ⁻⁶	5.71 x 10 ⁻⁷	0	0

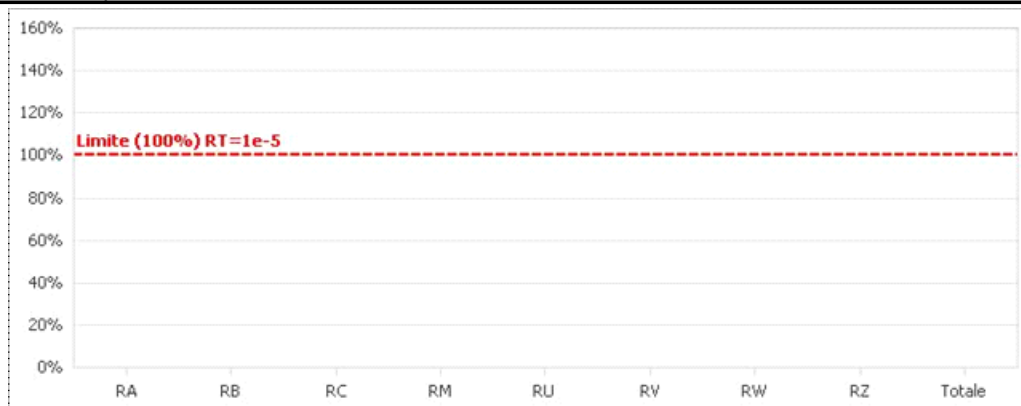
Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1	3.42×10^{-9}	1.71×10^{-9}			0	0		
Totale	3.42×10^{-9}	1.71×10^{-9}			0	0		

Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$ ($R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)	5.13×10^{-9}
--	-----------------------













Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

Grafico delle componenti di rischio















Valutazione del rischio di perdita economica R4













Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
Struttura	3×10^{-3}			2.09	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	0			0













Valori di probabilità di perdita economica, P_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P_A	P_B	P_C	P_M	P_U	P_V	P_W	P_Z
Z1	1	1	1	5×10^{-11}	5×10^{-4}	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5×10^{-3}
- I1	-	-	1	5×10^{-11}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	5×10^{-4}	5×10^{-3}	5×10^{-3}	5×10^{-3}

Ammontare delle perdite economica, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	0	10^{-4}	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}	0	10^{-4}	3.33×10^{-4}	3.33×10^{-4}

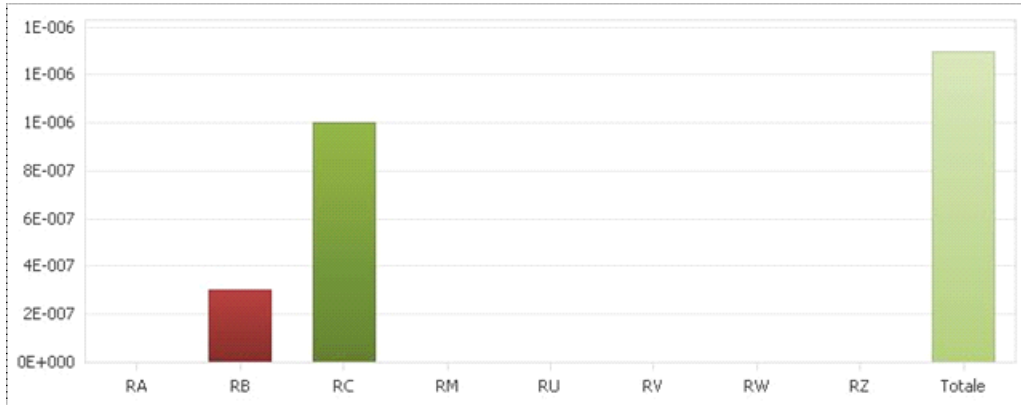
Componenti di rischio di perdita economica, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z

Z1		3×10^{-7}	9.99×10^{-7}	3.48×10^{-14}		0	0	0
Totale		3×10^{-7}	9.99×10^{-7}	3.48×10^{-14}		0	0	0

Rischio di perdita economica, $R_{4,Struttura}$ ($R_{4,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)	1.30×10^{-6}
--	-----------------------

Grafico delle componenti di rischio



CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

Quindi la struttura è da considerarsi PROTETTA.

In forza della legge n° 186 del 01/03/1968 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.

Per il rischio di perdite economiche R4, la valutazione della convenienza dell'installazione di misure di protezione deve essere valutata caso per caso.

Nell'appendice E della norma CEI EN 62305-2 è riportata una apposita procedura di valutazione.

SISTEMA DI SPD

Dati generali

Il livello di protezione utilizzato per il sistema di SPD è "Livello I": di seguito si riporta una tabella riepilogativa della sovracorrenti attese per le varie sorgenti di danno.

Sovracorrenti	Linee di energia	Linee di telecomunicazione
I_{s1} (kA)	10.000	10.000
I_{s2} (kA)	0.200	0.200
I_{s3} (kA)	10.000	2.000
I_{s4} (kA)	5.000	0.160

LPS	
LPS	Assente

Se la distanza tra l'LPS e gli impianti interni è inferiore alla distanza di sicurezza, gli impianti vanno collegati all'LPS tramite un SPD con $I_{imp} > I_{imp\ min}$.






Linea "Linea 1"

Caratteristiche linea	
Tipo sistema	TN
Tensione verso terra (V)	400
Numero conduttori attivi	4
K_e	0.25
I_f conduttori (kA)	0.00
U_c min (V)	440
$N_D + N_L$	0.003

SPD1 all'ingresso della linea nella struttura	
Marca	
Modello	
Conessioni (m)	0.4
Poli	4P
Classe	Classe I e II
Funzionamento	Combinato
I_{imp} (kA)	25.0
I_n (kA)	25.0
I_{max} (kA)	25.00
U_c (V)	440
U_P (kV)	1.20
$U_{P/F}$ (kV)	2.6
SPD adatto	

Impianto 1: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Trascurabile
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l_o (m)	30.0
l_v (m)	2.0
d (m)	
U_w (V)	6.0
U_i (kV)	0.00
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Verificata
Apparecchiature protette	

Verifiche SPD Linea 1 (Linea di energia)

Linea 1			
SPD1 all'ingresso della linea nella struttura			
Installare SPD di classe I o II	Classe I e II		SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$440 \geq 440$		SPD adatto
$I_{imp} \geq I_{S4}$	$25.0 \geq 5.0$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$25.0 \geq 5.0$		SPD adatto
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$ (Impianto 1)	$2.6 \leq 3.0$		Apparecchiature protette

INDICE

DATI GENERALI	2
Committente	2
Tecnico	2
ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	3
Normativa di riferimento	3
Definizioni	3
Simboli e abbreviazioni	4
Valutazione del rischio fulminazione	5
Metodo di valutazione	6
Componenti di rischio	7
Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)	10
Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)	10
Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)	10
Determinazione del rischio di perdita economica (R4)	11
Esito della valutazione	11
STRUTTURA	12
ZONE	13
Zona Z1 - "Zona scuola"	13
LINEE	14
Linea L1 - "Linea 1"	14
IMPIANTI	15
Impianto I1 - "Impianto 1"	15
ESITO DELLA VALUTAZIONE	16
Perdite considerate e rischi tollerabili	16
Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1	16
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	16
Valori di probabilità di perdita di vite umane, PX	16
Ammontare delle perdite di vite umane, LX	16
Componenti di rischio di perdita di vite umane, RX	17
Grafico delle componenti di rischio	17
Valutazione del rischio di perdita economica R4	18
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	18
Valori di probabilità di perdita economica, PX	18
Ammontare delle perdite economica, LX	18
Componenti di rischio di perdita economica, RX	18
Grafico delle componenti di rischio	19
CONCLUSIONI	20
SISTEMA DI SPD	21
Dati generali	21
Linea "Linea 1"	22
Verifiche SPD	22
Verifiche SPD Linea 1 (Linea di energia)	23
INDICE	24