



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Dott. Ing. I. Barilli Ordine Ingegneri V.C.O. n° 122 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	--

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI – IMPIANTI TECNOLOGICI</p> <p>PIAZZALE DI ESAZIONE</p> <p>IMPIANTI ELETTRICI</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI</p>	<p>SS1283_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	C G 0 7 0 0	P	4 R	D	S	S I	P 0	E L	0 0	0 0	0 0	0 3	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
FO	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	G. LUPI	I. BARILLI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Oggetto della relazione	5
2 Norme di riferimento	5
3 Impianto di terra	5
3.1.1 Dispensori	6
3.1.2 Conduttore di terra	6
3.1.3 Collettore (o nodo) principale di terra	7
3.1.4 Conduttori equipotenziali	7
3.1.5 Giunzioni e connessioni	7
3.2 Dimensionamento impianto di terra disperdente	8
3.2.1 Calcolo della resistenza di terra R_E	9
3.2.2 Calcolo U_E e verifica requisiti	10
4 Impianto di protezione contro i fulmini	10
4.1 Individuazione della struttura da proteggere	10
4.2 Dati iniziali	11
4.2.1 Densità annua di fulmini a terra	11
4.2.2 Dati relativi alla struttura	11
4.2.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne	11
4.2.4 Definizione e caratteristiche delle zone	12
4.3 Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne	12
4.4 Valutazione dei rischi per il fabbricato di stazione	13
4.4.1 Rischio R1: perdita di vite umane	13
4.4.1.1 Calcolo del rischio R1	13
4.4.1.2 Analisi del rischio R1	13
4.5 Scelta delle misure di protezione per il fabbricato di stazione	13
4.6 Valutazione dei rischi per il fabbricato tecnologico	13
4.6.1 Rischio R1: perdita di vite umane	13
4.6.1.1 Calcolo del rischio R1	13
4.6.1.2 Analisi del rischio R1	14
4.6.2 Rischio R2: perdita di servizi pubblici essenziali	14
4.6.2.1 Calcolo del rischio R2	14

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.6.2.2	Analisi del rischio R2	14
4.7	Scelta delle misure di protezione per il fabbricato tecnologico	14
4.8	Conclusioni	15
5	APPENDICI	15
5.1	Fabbricato di stazione	15
5.1.1	Caratteristiche della struttura	15
5.1.2	Caratteristiche delle linee elettriche	15
5.1.2.1	Caratteristiche della linea: LINEE DI SEGNALE	15
5.1.2.2	Caratteristiche della linea: LINEA BASSA TENSIONE	16
5.1.3	Caratteristiche delle zone	16
5.1.4	Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi	17
5.1.5	Valori delle probabilità P per la struttura non protetta	19
5.2	Fabbricato tecnologico	19
5.2.1	Caratteristiche della struttura	20
5.2.2	Caratteristiche delle linee elettriche	20
5.2.2.1	Caratteristiche della linea: LINEE DI SEGNALE	20
5.2.2.2	Caratteristiche della linea: LINEA MEDIA TENSIONE	20
5.2.3	Caratteristiche delle zone	20
5.2.4	Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi	21
5.2.5	Valori delle probabilità P per la struttura non protetta	24

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Oggetto della relazione

Il presente documento, relativamente al fabbricato di stazione ed al fabbricato tecnologico dell'area di esazione, prevista tra le infrastrutture stradali dei collegamenti versante Sicilia del ponte sullo stretto di Messina, contiene:

- il dimensionamento dell'impianto di terra;
- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- il progetto di massima delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

2 Norme di riferimento

Le norme applicate alla base di questo documento sono le seguenti:

- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata";
- Norma CEI 81-10/1 (EN 62305-1): "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali" e sua variante;
- Norma CEI 81-10/2 (EN 62305-2): "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" e sua variante;
- Norma CEI 81-10/3 (EN 62305-3): "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" e sua variante;
- Norma CEI 81-10/4 (EN 62305-4): "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" e sua variante;
- 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 Impianto di terra

L'impianto di terra deve essere eseguito in modo da soddisfare le seguenti condizioni:

- il valore della resistenza di terra sia in accordo con le disposizioni delle norme CEI 64-8 e CEI 11-1;
- l'efficienza dell'impianto nel tempo sia garantita;
- le correnti di guasto devono essere sopportate senza danno.

L'impianto di terra, a cui sono collegate le masse, le masse estranee, i conduttori di protezione e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quelli equipotenziali, deve essere costituito dalle seguenti parti:

- dispersori;
- conduttore di terra;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali.

3.1.1 Dispersori

L'impianto di dispersione verrà realizzato intorno agli edifici Fabbricato di Stazione e Fabbricati Tecnologici; esso verrà realizzato mediante posa, ad intimo contatto con il terreno, di una corda di rame nuda della sezione di 50 mm² secondo il percorso di posa indicato sugli elaborati grafici (ad anello con magliature intermedie).

La corda sarà posata ad una profondità non inferiore ai 60 cm su un letto di terreno vegetale appositamente riportato e che la dovrà ricoprire per circa 30 cm; l'impianto si troverà ad una distanza non inferiore ad un metro dal filo esterno delle fondazioni.

L'anello sarà interconnesso ed integrato, nei punti indicati sui disegni, dalla infissione nel terreno di picchetti a sezione circolare in acciaio ramato di diametro non inferiore a 15 mm e lunghezza minima di 1,5 m, prolungabili con innesto a vite; i dispersori verticali saranno collocati in corrispondenza di pozzetti prefabbricati in calcestruzzo senza fondo. La ramatura dei picchetti sarà di spessore non inferiore a 100 µm se depositato per via elettrolitica, a 500 µm se applicato per trafilatura; l'eventuale prolungamento dei picchetti dovrà essere valutato in base al tipo di terreno in cui si sta realizzando l'impianto di terra.

Inoltre, detto impianto di dispersione intenzionale sarà collegato in almeno due punti con i ferri delle armature dei basamenti dell'edificio interessato, onde sfruttare questi come dispersori di fatto.

3.1.2 Conduttore di terra

I conduttori di terra assicurano il collegamento del nodo equipotenziale con l'impianto di dispersione; sono realizzati con cavi isolati di colore giallo-verde di qualità N07V-K con sezione non inferiore a 25 mm², oppure con corda nuda di rame di sezione non inferiore a 50 mm².

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.1.3 Collettore (o nodo) principale di terra

I collettori principali di terra saranno costituiti da una barra in rame, preforata, installata su idonei supporti isolanti; ad essi faranno capo:

- i conduttori di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori di equipotenzialità principali;
- lo schermo dell'eventuale trasformatore di isolamento;
- l'eventuale scaricatore di tensione;
- gli schermi dei cavi coassiali.

I nodi equipotenziali saranno collegati al dispersore mediante corda nuda di rame da 50 mm².

3.1.4 Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali principali saranno in rame con sezione compresa tra 6 e 25 mm²; quelli supplementari avranno sezione non inferiore a 2,5 mm².

Tutte le masse estranee devono essere collegate tramite il sistema di equipotenzialità alla rete generale di terra. In particolare:

- le grandi strutture metalliche, devono essere collegate con corda di rame nuda isolata da 16 mm² in almeno due punti;
- l'intelaiatura metallica delle scale, grigliati, corrimani, ecc., sarà collegata con corda di rame isolata da 16 mm²; la continuità elettrica dei grigliati è assicurata dai punti ancoraggio dei grigliati stessi;
- tutti gli infissi di porte e/o finestre metalliche saranno collegati alla rete generale di terra con corda di rame isolata da 6 mm²; la continuità elettrica delle porte e/o finestre sarà assicurata da una piattina flessibile in rame da 6 mm²;
- ogni circuito di acqua fredda e calda, ogni rete di canali metallici porta cavi e le tubazioni metalliche in genere saranno collegati con corda di rame isolata da 6 mm² in almeno due punti.

3.1.5 Giunzioni e connessioni

Le giunzioni tra i vari elementi dell'impianto dovranno essere ridotte al minimo indispensabile ed essere eseguite a regola d'arte con l'utilizzo della saldatura forte o alluminotermica, oppure, dove non possibile, con idonei morsetti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In particolare, per le giunzioni eseguite con morsetti e soggette a maggior corrosione, tipicamente quelle a diretto contatto con il terreno e non ispezionabili, dovranno essere presi ulteriori provvedimenti per limitare la corrosione, quali verniciatura o catramatura o nastratura o trattamento con composti antiossidanti; qualora non fosse possibile utilizzare elementi di giunzione dello stesso materiale degli elementi da unire, sarà necessario adottare componenti cadmiati o passivati o zincati elettroliticamente.

3.2 Dimensionamento impianto di terra disperdente

La Norma CEI 11-1 prescrive dei criteri di dimensionamento dell'impianto di terra con riferimento alle caratteristiche di resistenza meccanica e resistenza alla corrosione, al comportamento termico, ai valori ammissibili delle tensioni di contatto U_T e di passo U_S (definite nella stessa CEI 11-1)¹.

Per quanto riguarda i requisiti di resistenza meccanica, resistenza alla corrosione ed alle sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto a terra, le caratteristiche elencate nei paragrafi precedenti che i conduttori che compongono l'impianto di terra dovranno avere assicurano il rispetto di quanto prescritto dalla Norma CEI 11-1.

Per i requisiti relativi ai valori ammissibili delle tensioni di contatto e di passo, la norma prescrive un algoritmo (cfr. CEI 11-1 Fig. 9-2) in cui ad ogni passo occorre valutare delle condizioni, che se verificate nella corretta sequenza assicurano il corretto dimensionamento dell'impianto. Nella stessa norma viene consigliato, per motivi pratici, fare riferimento alla sola tensione di contatto poichè la verifica risulta essere più conservativa. I parametri da cui partire per calcolare le grandezze coinvolte nell'algoritmo sono il valore della corrente di guasto a terra I_E , la durata del guasto t_F a terra e le caratteristiche del terreno (resistività ρ_E).

Una prima condizione sufficiente ad assicurare il corretto dimensionamento dell'impianto riguarda la relazione tra la tensione totale di terra U_E , definita come il prodotto fra la corrente I_E e la resistenza di terra R_E , e il valore ammissibile della tensione di contatto U_{Tp} , ricavabile tramite un diagramma (cfr. CEI 11-1 Fig. 9-1) in funzione del tempo t_F . La condizione da verificare è':

¹ La tensione di contatto U_T e' definita come parte della tensione totale di terra U_E dovuta ad un guasto di terra a cui può essere sottoposta una persona; La tensione di passo U_S e' definita come parte della tensione totale di terra U_E dovuta ad un guasto di terra a cui può essere sottoposta una persona con un passo di ampiezza pari a 1 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$U_E \leq 1,5 U_{Tp}$$

Nel nostro caso, i nostri parametri di partenza sono i seguenti:

- $I_E = 50 \text{ A}$ (fornito dal gestore)
- $t_F = 380 \text{ ms}$ (tempo di intervento del dispositivo di protezione e manovra)
- $\rho_E = 500 \Omega$ (valore cautelativo)

Occorre dunque procedere con il calcolo della resistenza di terra R_E .

3.2.1 Calcolo della resistenza di terra R_E

Una valutazione della resistenza di terra che l'impianto di dispersione potrà presentare può essere eseguita in base ai valori di resistenza di terra di alcuni dispersori indicati nella tabella 12.A in V. Carrescia, Fondamenti di sicurezza elettrica, HOEPLI (1984), e in base a quanto riportato nelle fig. K-1 e K-2 della Norma tecnica CEI 11-1.

Assumendo una resistività media del terreno di $500 \Omega\text{m}$, si ha:

- un dispersore a picchetto di lunghezza 3 m e di raggio 10 mm, presenta una resistenza di terra pari a $R_p = 170 \Omega$;
- un anello dispersore di raggio 15 m, posto alla profondità di 60 cm, il cui raggio trasversale sia di 4 mm presenta una resistenza di terra pari a $R_{L1} = 17 \Omega$;
- un tratto di corda disposto orizzontalmente, di lunghezza 70 m, posto alla profondità di 60 cm, il cui raggio trasversale sia di 4 mm presenta una resistenza di terra pari a $R_{L2} = 22 \Omega$;
- un tratto di corda disposto orizzontalmente, di lunghezza 60 m, posto alla profondità di 60 cm, il cui raggio trasversale sia di 4 mm presenta una resistenza di terra pari a $R_{L3} = 25 \Omega$;

Tenuto conto della disposizione planimetrica dei dispersori, le cui caratteristiche sommarie sono state prima determinate, si può valutare la resistenza totale di terra dell'impianto come la resistenza ottenuta dal parallelo delle resistenze dei singoli componenti; in questo modo si stanno trascurando, a favore della sicurezza, i contributi di eventuali ulteriori dispersori naturali.

Risulta, allora:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$R_E = 1 / (N_{pL1} / R_p + 1 / R_{L1} + N_{pL2} / R_p + 1 / R_{L2} + N_{pL3} / R_p + 1 / R_{L3})$$

Dove:

- R_E è la resistenza di terra totale;
- N_{pLi} , è il numero di dispersori a picchetto interconnessi al dispersore orizzontale L_i ($i=1,2,3$);
- R_p è la resistenza del singolo dispersore a picchetto;
- R_{Li} è la resistenza del dispersore orizzontale L_i ($i=1,2,3$);

Risulta $R_E \cong 4 \Omega$.

3.2.2 Calcolo U_E e verifica requisiti

Risulta:

$$U_E = I_E R_E \cong 200 \text{ V}$$

Dal diagramma in Fig. 9-2 della CEI 11-1, ad un valore di $t_f = 380 \text{ ms}$ corrisponde un valore di U_{Tp} pari a circa 300 V, da cui si deduce:

$$U_E \cong 200 \text{ V} \leq 1,5 U_{Tp} \cong 450 \text{ V}$$

Essendo verificata la precedente condizione, l'impianto di terra risulta correttamente dimensionato.

4 Impianto di protezione contro i fulmini

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.

Le strutture che si vogliono proteggere coincidono con l'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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2 Dati iniziali

4.2.1 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 Messina, in cui sono ubicate le strutture vale $N_t = 2,5$ fulmini/km² anno.

4.2.2 Dati relativi alla struttura

Le piante delle strutture sono riportate nei disegni in allegato.

La destinazione d'uso prevalente del fabbricato di stazione è ufficio, mentre quella del fabbricato tecnologico è servizio - elettricità.

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, il fabbricato di stazione può essere soggetto 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.

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, il fabbricato tecnologico può essere soggetto a:

- perdita di vite umane;
- perdita di servizio pubblico;
- 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;
- rischio R2.

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.

4.2.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

Il fabbricato di stazione è servito dalle seguenti linee elettriche:

- linea di segnale: LINEE DI SEGNALE;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- linea di energia: LINEA BASSA TENSIONE.

Il fabbricato tecnologico è servito dalle seguenti linee elettriche:

- linea di segnale: LINEE DI SEGNALE;
- linea di energia: LINEA MEDIA TENSIONE.

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice nelle “*Caratteristiche delle linee elettriche*”.

4.2.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Nel calcolo si è tenuto conto che non esistono compartimenti antincendio, né eventuali locali già protetti contro il LEMP (impulso elettromagnetico); inoltre, in virtù dei tipi di superficie del suolo all'esterno delle strutture, i tipi di pavimentazione interni ad esse e l'eventuale presenza di persone, nonché delle 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 della zona, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice nelle “*Caratteristiche delle Zone*”.

4.3 Calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne

Le aree di raccolta A_d dei fulmini diretti sulle strutture sono state valutate graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.2, e sono riportate nei disegni in allegato “*Grafico area di raccolta A_d* ”.

Le aree di raccolta A_m dei fulmini a terra vicino alle strutture, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, sono state valutate graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.3, e sono riportate nei disegni in 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 riportati nell'Appendice “*Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*”.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.4 Valutazione dei rischi per il fabbricato di stazione

4.4.1 Rischio R1: perdita di vite umane

4.4.1.1 Calcolo del rischio R1

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

Z1: Struttura

RB:	6,14E-07
RU (IMPIANTO ELETTRICO):	1,16E-09
RV (IMPIANTO ELETTRICO):	1,16E-07
RU (IMPIANTI SPECIALI):	1,16E-09
RV (IMPIANTI SPECIALI):	1,16E-07
Totale:	8,49E-07
Valore totale del rischio R1 per la struttura:	8,49E-07

4.4.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo R1 = 8,49E-07 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05.

4.5 Scelta delle misure di protezione per il fabbricato di stazione

Poiché il rischio complessivo R1 = 8,49E-07 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

4.6 Valutazione dei rischi per il fabbricato tecnologico

4.6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

4.6.1.1 Calcolo del rischio R1

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

Z1: Struttura

RB:	6,31E-06
RU (IMPIANTO ELETTRICO):	2,33E-10

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

RV (IMPIANTO ELETTRICO):	2,33E-07
RU (IMPIANTI SPECIALI):	1,16E-09
RV (IMPIANTI SPECIALI):	1,16E-06
Totale:	7,71E-06
Valore totale del rischio R1 per la struttura:	7,71E-06

4.6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo R1 = 7,71E-06 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05.

4.6.2 Rischio R2: perdita di servizi pubblici essenziali

4.6.2.1 Calcolo del rischio R2

I valori delle componenti ed il valore del rischio R2 sono di seguito indicati.

Z1: *Struttura*

RB:	3,16E-05
RC:	6,31E-05
RM:	8,63E-06
RV(IMPIANTO ELETTRICO):	1,16E-06
RW(IMPIANTO ELETTRICO):	2,33E-06
RZ(IMPIANTO ELETTRICO):	1,37E-04
RV(IMPIANTI SPECIALI):	5,81E-06
RW(IMPIANTI SPECIALI):	1,16E-05
RZ(IMPIANTI SPECIALI):	6,87E-04
Totale:	9,49E-04
Valore totale del rischio R2 per la struttura:	9,49E-04

4.6.2.2 Analisi del rischio R2

Il rischio complessivo R2 = 9,49E-04 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-03.

4.7 Scelta delle misure di protezione per il fabbricato tecnologico

Poiché sia il rischio complessivo R1 = 7,71E-06 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05, sia il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rischio complessivo $R2 = 9,49E-04$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-03$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

4.8 Conclusioni

Poiché i rischi non superano il valore tollerabile $R1$, secondo la norma CEI EN 62305-2, entrambe le strutture sono **autoprotette 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.

5 APPENDICI

5.1 Fabbricato di stazione

5.1.1 Caratteristiche della struttura

Dimensioni: vedi disegno

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza maggiore ($Cd = 0,25$)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) $Nt = 2,5$

5.1.2 Caratteristiche delle linee elettriche

5.1.2.1 Caratteristiche della linea: **LINEE DI SEGNALE**

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $Lc = 1000$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (Cd): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (Ce): suburbano ($h \leq 10$ m)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.1.2.2 Caratteristiche della linea: LINEA BASSA TENSIONE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 1000$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (Cd): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (Ce): suburbano ($h \leq 10$ m)

5.1.3 Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Struttura

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

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

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: IMPIANTO ELETTRICO

- Alimentato dalla linea LINEA BASSA TENSIONE
- Tipo di circuito: conduttori attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²)
Posa in canale metallico continuo collegato a terra ad entrambe le estremità - ($K_{s3} = 0,02$)
- Tensione di tenuta: 1,5 kV
- Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Impianto interno: IMPIANTI SPECIALI

- Alimentato dalla linea LINEE DI SEGNALE
- Tipo di circuito: conduttori attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²)
Posa in canale metallico continuo collegato a terra ad entrambe le estremità - ($K_{s3} = 0,02$)
- Tensione di tenuta: 1,5 kV
- Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: Struttura

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 0,01$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 0,001$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Perdita per danno fisico (relativa a R4) $L_f = 0,2$

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) $L_o = 0,01$

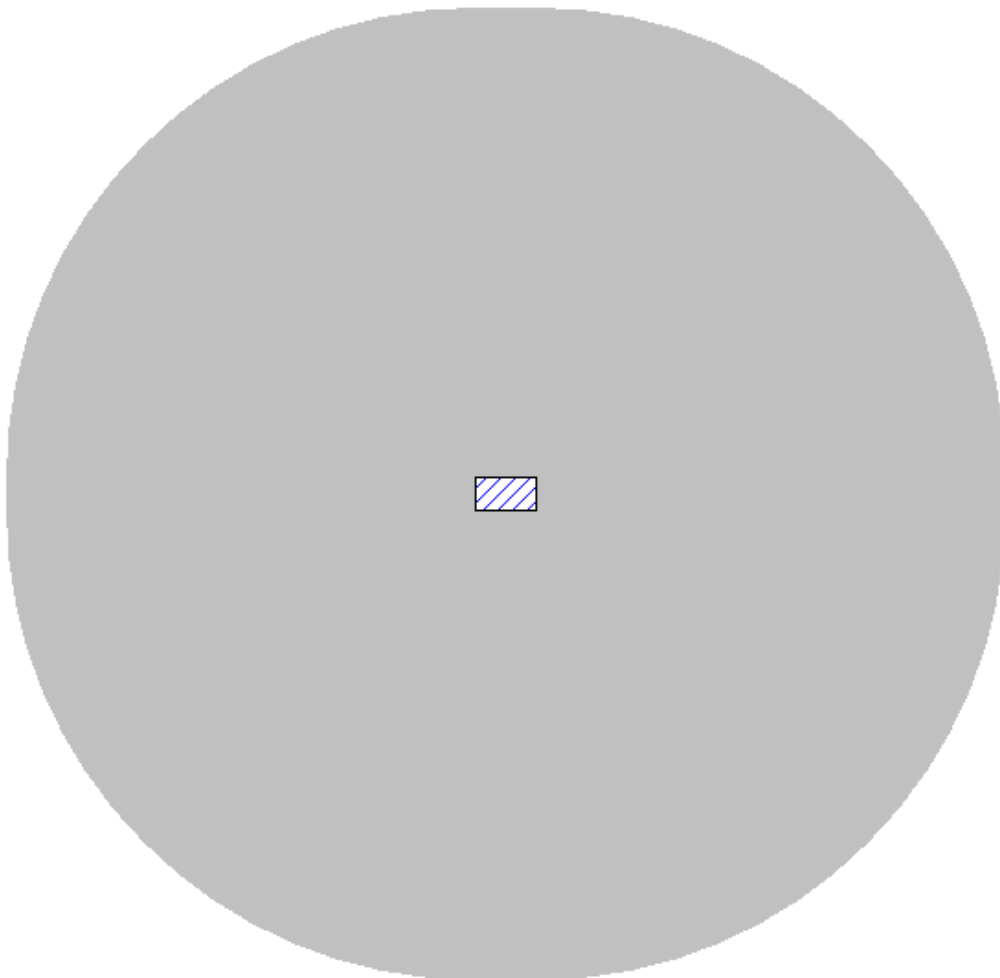
Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Rb Ru Rv

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

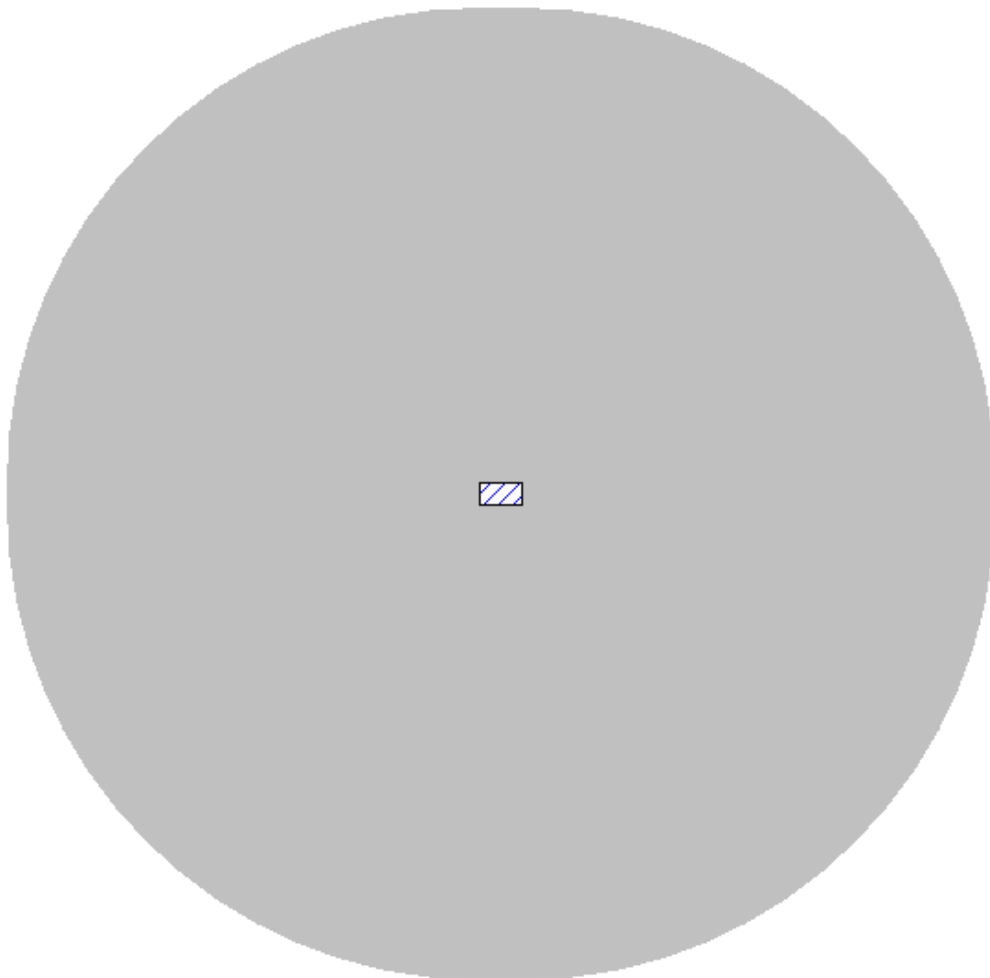
5.1.4 Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Struttura



Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $Ad = 9,83E-02 \text{ km}^2$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_m = 2,11E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_d = 6,14E-02$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_m = 4,66E-01$

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (A_l) e indiretta (A_i) delle linee:

- LINEE DI SEGNALE
 - $A_l = 0,018604 \text{ km}^2$
 - $A_i = 0,559017 \text{ km}^2$
- LINEA BASSA TENSIONE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $A_l = 0,018604 \text{ km}^2$
- $A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

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

- LINEE DI SEGNALE
 - $NI = 0,011628$
 - $Ni = 0,698771$
- LINEA BASSA TENSIONE
 - $NI = 0,011628$
 - $Ni = 0,698771$

5.1.5 Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: Struttura

$$P_a = 1,00E+00$$

$$P_b = 1,0$$

$$P_c \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 1,00E+00$$

$$P_c \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 1,00E+00$$

$$P_c = 1,00E+00$$

$$P_m \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 9,00E-03$$

$$P_m \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 9,00E-03$$

$$P_m = 1,79E-02$$

$$P_u \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 1,00E+00$$

$$P_v \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 1,00E+00$$

$$P_w \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 1,00E+00$$

$$P_z \text{ (IMPIANTO ELETTRICO)} = 1,00E+00$$

$$P_u \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 1,00E+00$$

$$P_v \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 1,00E+00$$

$$P_w \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 1,00E+00$$

$$P_z \text{ (IMPIANTI SPECIALI)} = 1,00E+00$$

5.2 Fabbricato tecnologico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.2.1 Caratteristiche della struttura

Dimensioni: vedi disegno

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza maggiore ($C_d = 0,25$)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) $N_t = 2,5$

5.2.2 Caratteristiche delle linee elettriche

5.2.2.1 Caratteristiche della linea: LINEE DI SEGNALE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 1000$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

5.2.2.2 Caratteristiche della linea: LINEA MEDIA TENSIONE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) $L_c = 1000$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

5.2.3 Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Struttura

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: IMPIANTO ELETTRICO

- Alimentato dalla linea LINEA MEDIA TENSIONE
- Tipo di circuito: conduttori attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²)
Posa in canale metallico continuo collegato a terra ad entrambe le estremità - (Ks3 = 0,02)
- Tensione di tenuta: 1,5 kV
- Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Impianto interno: IMPIANTI SPECIALI

- Alimentato dalla linea LINEE DI SEGNALE
- Tipo di circuito: conduttori attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²)
Posa in canale metallico continuo collegato a terra ad entrambe le estremità - (Ks3 = 0,02)
- Tensione di tenuta: 1,5 kV
- Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Valori medi delle perdite per la zona: Struttura

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) Lt = 0,01

Perdita per danno fisico (relativa a R1) Lf = 0,001

Perdita per danno fisico (relativa a R2) Lf = 0,01

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R2) Lo = 0,001

Perdita per danno fisico (relativa a R4) Lf = 0,1

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) Lo = 0,0001

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Rb Ru Rv

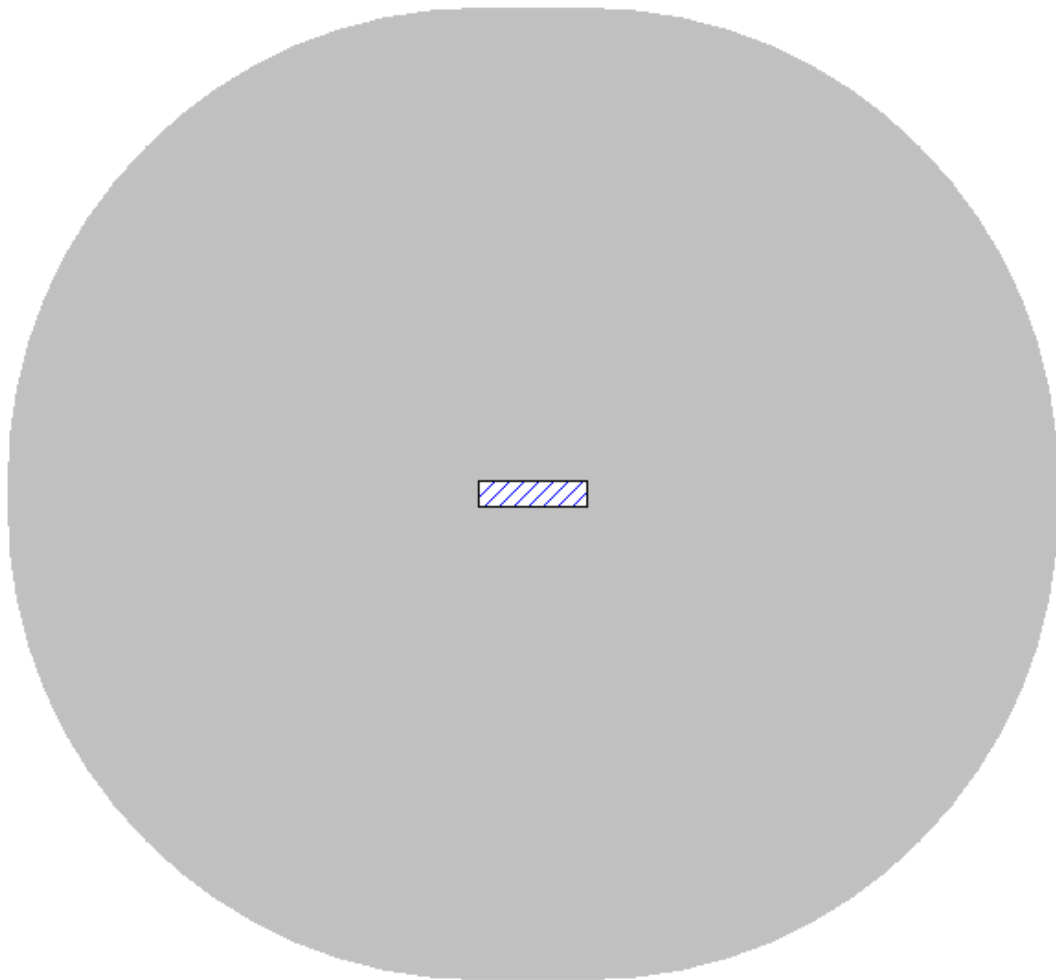
Rischio 2: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

5.2.4 Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

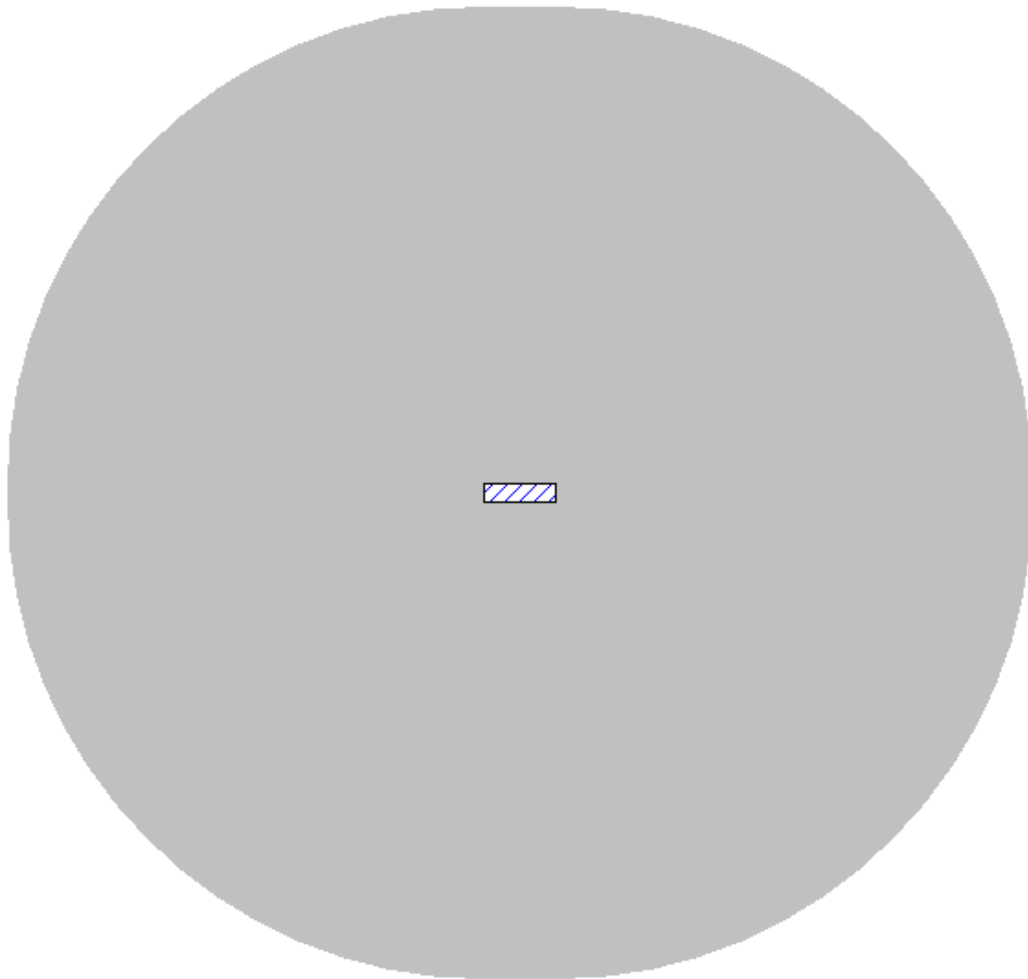
Struttura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $Ad = 1,01E-01 \text{ km}^2$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA E DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOC_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_m = 2,18E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_d = 6,31E-02$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_m = 4,82E-01$

Linee elettriche

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

- LINEA BASSA TENSIONE
 - $A_i = 0,018604 \text{ km}^2$
 - $A_i = 0,559017 \text{ km}^2$
- LINEA DI SEGNALE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIAZZALE DI ESAZIONE RELAZIONE CALCOLO PARAFULMINI		<i>Codice documento</i> SS1283_F0.DOCF0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- $A_l = 0,018604 \text{ km}^2$
- $A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

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

- LINEA BASSA TENSIONE
 - $NI = 0,002326$
 - $Ni = 0,139754$
- LINEA DI SEGNALE
 - $NI = 0,011628$
 - $Ni = 0,698771$

5.2.5 Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: Struttura

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

P_c (IMPIANTO ELETTRICO) = $1,00E+00$

P_c (IMPIANTI SPECIALI) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

P_m (IMPIANTO ELETTRICO) = $9,00E-03$

P_m (IMPIANTI SPECIALI) = $9,00E-03$

$P_m = 1,79E-02$

P_u (IMPIANTO ELETTRICO) = $1,00E+00$

P_v (IMPIANTO ELETTRICO) = $1,00E+00$

P_w (IMPIANTO ELETTRICO) = $1,00E+00$

P_z (IMPIANTO ELETTRICO) = $1,00E+00$

P_u (IMPIANTI SPECIALI) = $1,00E+00$

P_v (IMPIANTI SPECIALI) = $1,00E+00$

P_w (IMPIANTI SPECIALI) = $1,00E+00$

P_z (IMPIANTI SPECIALI) = $1,00E+00$