




Dott. Ing. SANDRO FAVERO
n. 1403 Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Venezia

EXPO MILANO 2015 PADIGLIONE DEL CHILE **Progetto Esecutivo**

<i>progettista:</i> UNDURRAGA DEVES ARQUITECTOS Arch. principale: Cristiàn Undurraga Coord. progetto: Sebastiàn Mallea <small>Av. Presidente Errazuriz 2999-Z - 7550356 Las Condes - Santiago - Chile +56.2.9989655 - sebastianmallea@undurragadeves.cl</small>	<i>progettista del percorso espositivo:</i> EL OTRO LADO Responsabile: Eugenio Garcia	elaborazione: 15 luglio 2014
		ultima revisione: -----
		disegnato: TFE
<i>architetto incaricato:</i> PROGETTISTI ASSOCIATI ARCHITETTURA SRL Arch. principale: Hugo Sillano Collaboratori: Marta Garlati, Federica Pugliese <small>milano, via lampedusa 13 - 02.84703425 - architettura@progettistilassociati.com</small>	<i>strutture e impianti:</i> F&M INGEGNERIA SPA Ing. principale: Sandro Favero Collaboratori: Nico Marchiori <small>mirano, via belvedere 8/10 - 041.5785711 - expocile@fm-ingegneria.com</small>	controllato: S.F.
		scala: -----
descrizione: VERIFICA PROTEZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE		codice elaborato: Z.5

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	5
2. CONTENUTO DEL DOCUMENTO	5
3. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	5
4. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE.....	5
5. DATI INIZIALI	6
5.1. Densità annua di fulmini a terra	6
5.2. Dati relativi alla struttura	6
5.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne	6
5.4. Definizione e caratteristiche delle zone	6
6. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE	7
7. VALUTAZIONE DEI RISCHI	7
7.1. Rischio R1: perdita di vite umane.....	7
7.1.1. Calcolo del rischio R1.....	7
7.1.2. Analisi del rischio R1	8
8. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE.....	8
8.1. Analisi della convenienza economica	11
9. CONCLUSIONI	13
10. APPENDICI.....	13
11. Allegato - Disegno della struttura.....	19
12. Allegato - Area di raccolta per fulminazione diretta AD.....	20
13. Allegato - Area di raccolta per fulminazione indiretta AM.....	21

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte della documentazione di progetto per la costruzione del padiglione del Chile. Il fabbricato oggetto della presente relazione si configura come edificio espositivo temporaneo sulla base delle indicazioni della "Relazione Istruttoria" Regione Lombardia del 20 gennaio 2012.

Scopo del presente documento è la valutazione dei rischi dovuti al fulmine e l'illustrazione delle misure di protezione adottate.

2. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- la scelta delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

3. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme:

- CEI EN 62305-1 - "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 - "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 - "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 - "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" - Febbraio 2013;
- CEI 81-3 - "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico." - Maggio 1999.

4. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

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

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

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

5. DATI INIZIALI

5.1. 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 MILANO in cui è ubicata la struttura vale:

$$N_t = 4,0 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

5.2. Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura è riportata nel disegno (Allegato Disegno della struttura).

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: pubblico spettacolo

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

- perdita di vite umane
- perdita economica

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

- rischio R1;

Per valutare la convenienza economica ad adottare le misure di protezione, è necessario calcolare il rischio R4.

5.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: Energia
- Linea di segnale: Segnale

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

5.4. Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);

- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: Interno edificio

Z2: Esterna

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

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

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

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

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

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

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

7. VALUTAZIONE DEI RISCHI

7.1. Rischio R1: perdita di vite umane

7.1.1. Calcolo del rischio R1

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

Z1: Interno edificio

RA: 7,16E-10

RB: 7,16E-06

RU(Elettrico): 8,10E-12

RV(Elettrico): 8,10E-08

RU(Segnale): 4,05E-11

RV(Segnale): 4,05E-07

Totale: 7,65E-06

Z2: Esterna

RA: 2,99E-10

RB: 1,49E-07

RU(Elettrico): 3,38E-12

RV(Elettrico): 1,69E-09

RU(Segnale): 1,69E-11

RV(Segnale): 8,43E-09

Totale: 1,59E-07

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 7,81E-06

7.1.2. Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 7,81E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

8. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo $R1 = 7,81E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

Si è comunque ritenuto opportuno adottare le misure di protezione seguenti:

- Sulla Linea L1 - Energia:

- SPD arrivo linea - livello: I
- Interfaccia isolante
- Sulla Linea L2 - Segnale:
 - SPD arrivo linea - livello: I
 - Interfaccia isolante

L'adozione di queste misure di protezione modifica i parametri e le componenti di rischio.

I valori dei parametri per la struttura protetta sono di seguito indicati.

Zona Z1: Interno edificio

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Elettrico) = 1,00E+00

PC (Segnale) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Elettrico) = 4,44E-05

PM (Segnale) = 1,00E-04

PM = 1,44E-04

PU (Elettrico) = 0,00E+00

PV (Elettrico) = 0,00E+00

PW (Elettrico) = 0,00E+00

PZ (Elettrico) = 0,00E+00

PU (Segnale) = 0,00E+00

PV (Segnale) = 0,00E+00

PW (Segnale) = 0,00E+00

PZ (Segnale) = 0,00E+00

rt = 0,00001

rp = 0,2

rf = 0,1

h = 10

Zona Z2: Esterna

PA = 1,00E+00
PB = 1,0
PC (Elettrico) = 1,00E+00
PC (Segnale) = 1,00E+00
PC = 1,00E+00
PM (Elettrico) = 1,60E-05
PM (Segnale) = 1,00E-04
PM = 1,16E-04
PU (Elettrico) = 0,00E+00
PV (Elettrico) = 0,00E+00
PW (Elettrico) = 0,00E+00
PZ (Elettrico) = 0,00E+00
PU (Segnale) = 0,00E+00
PV (Segnale) = 0,00E+00
PW (Segnale) = 0,00E+00
PZ (Segnale) = 0,00E+00
rt = 0,00001
rp = 0,2
rf = 0,01
h = 5

Rischio R1: perdita di vite umane

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

Z1: Interno edificio

RA: 7,16E-10
RB: 7,16E-06
RU(Elettrico): 0,00E+00
RV(Elettrico): 0,00E+00
RU(Segnale): 0,00E+00
RV(Segnale): 0,00E+00
Totale: 7,16E-06

Z2: Esterna

RA: 2,99E-10

RB: 1,49E-07

RU(Elettrico): 0,00E+00

RV(Elettrico): 0,00E+00

RU(Segnale): 0,00E+00

RV(Segnale): 0,00E+00

Totale: 1,49E-07

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 7,31E-06

8.1. Analisi della convenienza economica

L'analisi della convenienza economica della protezione è stata condotta come indicato dalla norma CEI EN 62305-2 calcolando il risparmio annuo, in termini di perdite economiche, che ogni soluzione permette di ottenere, al fine di individuare la più conveniente.

I valori economici relativi alla struttura sono indicati nell'Appendice *Caratteristiche delle zone*.

Il costo delle misure di protezione è di seguito indicato.

Costo delle misure di protezione globali (LPS + SPD arrivo linea): € 888,00

I valori assunti per il tasso di interesse, ammortamento e manutenzione delle misure di protezione è di seguito indicato:

- Interesse: 1 %
- Ammortamento: 1 anni
- Manutenzione: 1 %

Il valore delle componenti del rischio R4 per la struttura non protetta è di seguito indicato:

Z1: Interno edificio

RB: 1,04E-04

RC: 7,40E-06

RM: 6,44E-08

RV(Elettrico): 1,17E-06

RW(Elettrico): 8,37E-08

RZ(Elettrico): 5,02E-06

RV(Segnale): 5,86E-06

RW(Segnale): 4,18E-07

RZ(Segnale): 4,18E-05

Z2: Esterna

RB: 1,11E-05

RC: 2,96E-06

RM: 2,07E-08

RV(Elettrico): 1,25E-07

RW(Elettrico): 3,35E-08

RZ(Elettrico): 1,00E-06

RV(Segnale): 6,26E-07

RW(Segnale): 1,67E-07

RZ(Segnale): 1,67E-05

Il valore delle perdite residue CRL è stato calcolato in conformità all'appendice D della norma CEI EN 62305-2 sulla base dei nuovi valori che le componenti del rischio R4 assumono una volta adottate le misure di protezione previste nelle soluzioni individuate.

Il valore delle perdite CL per la struttura non protetta e quello delle perdite residue CRL per la struttura protetta secondo le varie soluzioni individuate è di seguito indicato.

Zona Z1 - Interno edificio

Perdite senza protezioni: € 1.327,17

Perdite con protezioni: € 891,72

Costo delle misure di protezione: € 0,00

Risparmio: € 435,45

Zona Z2 - Esterna

Perdite senza protezioni: € 98,20

Perdite con protezioni: € 42,24

Costo delle misure di protezione: € 0,00

Risparmio: € 55,96

Costo LPS e SPD ad arrivo linea: € 905,76

Totale perdite senza protezioni: € 1.425,37

Totale perdite con protezioni: € 933,96

Totale costo delle misure di protezione: € 905,76

Totale risparmio: € -414,35

9. CONCLUSIONI

A seguito dell'adozione delle misure di protezione vale quanto segue.

Rischi che non superano il valore tollerabile: R1

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

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

10. APPENDICI

APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: vedi disegno

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

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) $N_t = 4$

APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Energia

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

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

Lunghezza (m) $L = 100$

Resistività (ohm x m) $\rho = 70$

Coefficiente ambientale (CE): suburbano

Caratteristiche della linea: Segnale

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $L = 100$

Resistività (ohm x m) $\rho = 70$

Coefficiente ambientale (CE): suburbano

APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Interno edificio

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: legno ($r_t = 0,00001$)

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

Pericoli particolari: elevato rischio di panico ($h = 10$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno: Elettrico

Alimentato dalla linea Energia

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

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($PSPD = 1$)

Impianto interno: Segnale

Alimentato dalla linea Segnale

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

Tensione di tenuta: 1,0 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($PSPD = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: Interno edificio

Rischio 1

Numero di persone nella zona: 240

Numero totale di persone nella struttura: 340

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona (ore all'anno): 3000

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) $LA = LU = 2,42E-08$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $LB = LV = 2,42E-04$

Rischio 4

Valore dei muri (€): 3000000

Valore del contenuto (€): 2000000

Valore degli impianti interni inclusa l'attività (€): 2000000

Valore totale della struttura (€): 8000000

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) $LC = LM = LW = LZ = 2,50E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R4) $LB = LV = 3,50E-03$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Interno edificio

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Caratteristiche della zona: Esterna

Tipo di zona: interna

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

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

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

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno: Elettrico

Alimentato dalla linea Energia

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

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (PSPD =1)

Impianto interno: Segnale

Alimentato dalla linea Segnale

0,01) Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) (Ks3 =

Tensione di tenuta: 1,0 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (PSPD =1)

Valori medi delle perdite per la zona: Esterna

Rischio 1

Numero di persone nella zona: 100

Numero totale di persone nella struttura: 340

Tempo per il quale le persone sono presenti nella zona (ore all'anno): 3000

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) LA = LU = 1,01E-08

Perdita per danno fisico (relativa a R1) LB = LV = 5,04E-06

Rischio 4

Valore dei muri (€): 2000000

Valore del contenuto (€): 500000

Valore degli impianti interni inclusa l'attività (€): 300000

Valore totale della struttura (€): 3000000

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) LC = LM = LW = LZ = 1,00E-04

Perdita per danno fisico (relativa a R4) LB = LV = 3,74E-04

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Esterna

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 1,48E-02 km²

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 4,46E-01 km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $ND = 2,96E-02$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $NM = 1,78E+00$

Linee elettriche

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

Energia

$AL = 0,004000 \text{ km}^2$

$AI = 0,400000 \text{ km}^2$

Segnale

$AL = 0,004000 \text{ km}^2$

$AI = 0,400000 \text{ km}^2$

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

Energia

$NL = 0,000335$

$NI = 0,033466$

Segnale

$NL = 0,001673$

$NI = 0,167332$

APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: Interno edificio

$PA = 1,00E+00$

$PB = 1,0$

$PC \text{ (Elettrico)} = 1,00E+00$

$PC \text{ (Segnale)} = 1,00E+00$

$PC = 1,00E+00$

PM (Elettrico) = 4,44E-05

PM (Segnale) = 1,00E-04

PM = 1,44E-04

PU (Elettrico) = 1,00E+00

PV (Elettrico) = 1,00E+00

PW (Elettrico) = 1,00E+00

PZ (Elettrico) = 6,00E-01

PU (Segnale) = 1,00E+00

PV (Segnale) = 1,00E+00

PW (Segnale) = 1,00E+00

PZ (Segnale) = 1,00E+00

Zona Z2: Esterna

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Elettrico) = 1,00E+00

PC (Segnale) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Elettrico) = 1,60E-05

PM (Segnale) = 1,00E-04

PM = 1,16E-04

PU (Elettrico) = 1,00E+00

PV (Elettrico) = 1,00E+00

PW (Elettrico) = 1,00E+00

PZ (Elettrico) = 3,00E-01

PU (Segnale) = 1,00E+00

PV (Segnale) = 1,00E+00

PW (Segnale) = 1,00E+00

PZ (Segnale) = 1,00E+00

11. ALLEGATO - DISEGNO DELLA STRUTTURA



Scala: 5 m

Hmax: 15 m

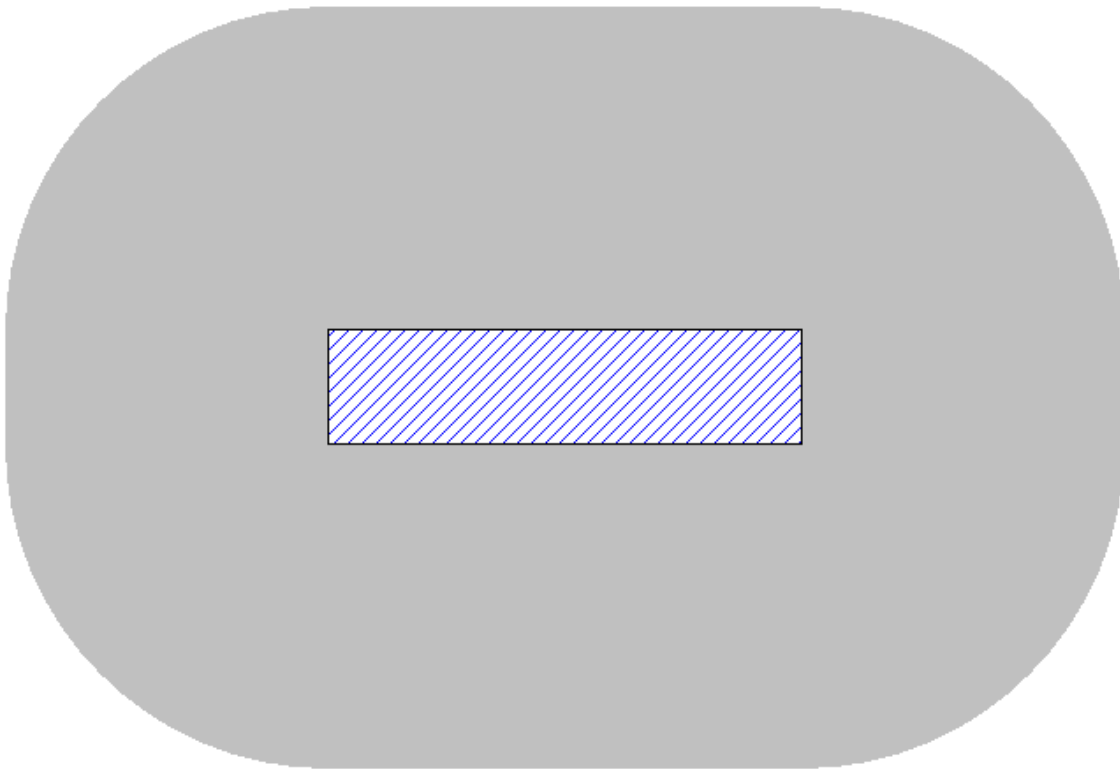
Descrizione struttura: Padiglione Chile EXPO 2015

Indirizzo: Milano

Comune: MILANO

Provincia: MI

12. ALLEGATO - AREA DI RACCOLTA PER FULMINAZIONE DIRETTA AD



Area di raccolta AD (km²) = 1,48E-02

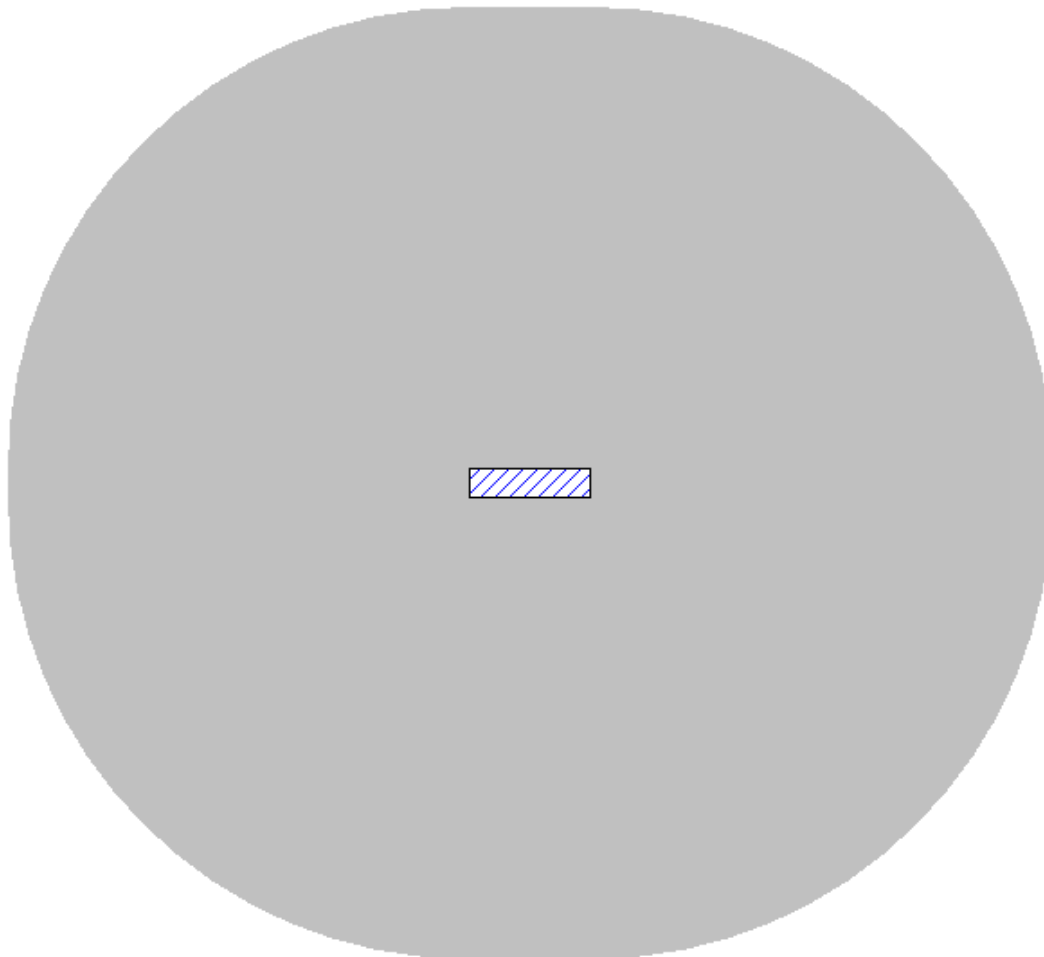
Descrizione struttura: Padiglione Chile EXPO 2015

Indirizzo: Milano

Comune: MILANO

Provincia: MI

13. ALLEGATO - AREA DI RACCOLTA PER FULMINAZIONE INDIRETTA AM



Area di raccolta AM (km²) = 4,46E-01

Descrizione struttura: Padiglione Chile EXPO 2015

Indirizzo: Milano

Comune: MILANO

Provincia: MI