

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

F 3 0

D

f

0 0 4

I M

- -

R 0

--

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO
RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO - FASE 2
Progetto Definitivo

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI ED AFFINI
RELAZIONE DI CALCOLO
IMPIANTO ELETTRICO E T.V.C.C.

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	MAGGIO 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
21049 TRADATE (VA) - C.so BERNACCHI, 113
Telefono 0331/810172 - Fax 0331/835490 - Email info@cpb-broggi.it

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
M.R.	G.M.	G.M.	MARZO 2024
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
FNI23075E			
Prima Emissione			0

Codice lavoro	<i>FNI23/075E</i>
----------------------	-------------------

IL PRESENTE FASCICOLO È COMPOSTO DALLE SEGUENTI PARTI:

<i>File</i>	<i>Revisione</i>				<i>Descrizione</i>	<i>N° fogli</i>
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>		
<i>F30Df00IM--R0_Calcoli impianti.doc</i>	X				<i>Relazione di calcolo impianti elettrici</i>	<i>22</i>
<i>FNI23075EC.pdf</i>	X				<i>Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito – impianti passerella</i>	<i>4</i>
<i>FNI23075E01i.pdf</i>	X				<i>Calcolo illuminazione rampe scale e passerella pedonale</i>	<i>11</i>

L'intero fascicolo è contenuto nel file F30Df004IM--R0_Calcoli Impianti elettrici.pdf

<i>REVISIONI</i>		
<i>N°</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>DATA</i>
<i>0</i>	<i>Stesura iniziale</i>	<i>15/03/2023</i>
<i>1</i>		
<i>2</i>		
<i>3</i>		

SOMMARIO

1	CALCOLI IMPIANTI ELETTRICI	4
1.1	CALCOLI LINEE	4
1.1.1	<i>Calcolo delle correnti di impiego</i>	<i>4</i>
1.1.2	<i>Dimensionamento dei cavi</i>	<i>5</i>
1.1.3	<i>Integrale di Joule.....</i>	<i>6</i>
1.1.4	<i>Dimensionamento dei conduttori di neutro</i>	<i>7</i>
1.1.5	<i>Dimensionamento dei conduttori di protezione</i>	<i>8</i>
1.1.6	<i>Calcolo della temperatura dei cavi</i>	<i>9</i>
1.1.7	<i>Cadute di tensione</i>	<i>9</i>
1.1.8	<i>Fornitura della rete</i>	<i>10</i>
1.1.9	<i>Calcolo dei guasti.....</i>	<i>12</i>
1.1.9.1	<i>Calcolo delle correnti massime di cortocircuito.....</i>	<i>12</i>
1.1.9.2	<i>Calcolo delle correnti minime di cortocircuito.....</i>	<i>14</i>
1.1.9.3	<i>Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra</i>	<i>15</i>
1.1.10	<i>Scelta delle protezioni.....</i>	<i>16</i>
1.1.11	<i>Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture</i>	<i>16</i>
1.1.12	<i>Verifica di selettività</i>	<i>17</i>
1.1.13	<i>Verifica della protezione contro i contatti indiretti</i>	<i>18</i>
1.1.13.1	<i>Sistema TT.....</i>	<i>18</i>
1.2	CALCOLI ILLUMINOTECNICI	19
1.2.1	<i>Illuminazione ordinaria impianti esterni.....</i>	<i>19</i>
1.2.2	<i>Specifiche di progetto</i>	<i>20</i>
1.3	CALCOLI DI PROGETTO	21
1.3.1	<i>Calcoli dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito</i>	<i>21</i>
1.3.2	<i>Calcoli illuminotecnici</i>	<i>22</i>

1 CALCOLI IMPIANTI ELETTRICI

1.1 CALCOLI LINEE

Per l'esecuzione dei calcoli è stato utilizzato il software Ampere versione 2022 della società Electro Graphics; il software di calcolo verifica il coordinamento delle protezioni e delle condutture sulla base dei dati di ingresso forniti.

Nel seguito vengono riportati gli algoritmi di calcolo utilizzati dal programma per il dimensionamento e le verifiche dell'impianto partendo dai dati di ingresso forniti.

1.1.1 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos \varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)\end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale $coeff$ è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ($\sum Q_d$ a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

1.1.2 Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z \min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

1.1.3 Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopracitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	$K = 115$
Cavo in rame e isolato in gomma G:	$K = 135$
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	$K = 143$
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	$K = 115$

Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

1.1.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16mmq;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso

- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16mmq se il conduttore è in rame e a 25mmq se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16mmq se conduttore in rame e 25mmq se e conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

1.1.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mmq);

- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore. In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5mmq rame o 16mmq alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4mmq o 16mmq alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25mmq, se in rame;
- 35mmq, se in alluminio;

1.1.6 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

1.1.7 Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left(\sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right)_{f=R,S,T}$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$c.d.t(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $c.d.t(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $c.d.t(I_b)$.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525).

Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

1.1.8 Fornitura della rete

La fornitura di energia in bassa tensione (monofase e/o trifase) con tensione fase-neutro 230V e tensione concatenata fase-fase 400V, frequenza 50Hz.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (valori secondo quanto indicato dalla Norma CEI0-21).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (valori secondo quanto indicato dalla Norma CEI0-21).

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito I_{cctrif} , in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il $\cos\phi_{cc}$ di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos\phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos\phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos\phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos\phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos\phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos\phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos\phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase I_{k1} , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos\phi_{cc}$, cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos\phi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{cc})^2} - 1}$$

1.1.9 Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

1.1.9.1 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\Delta T \cdot 0.004)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned} R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\ X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\ X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo} \end{aligned}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\ X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned} R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE} \\ X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello_guasto} \end{aligned}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\ X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\ R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\ X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\ R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\ X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE} \end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro $I_{k1Neutromax}$, fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{kmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kmin}}$$

$$I_{k1Neutromax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutromin}}$$

$$I_{k1PEmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PEmin}}$$

$$I_{k2max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{kmin}}$$

Infine, dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kmax}$$

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PEmax}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto, I_p può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente $k = 1.8$ che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

1.1.9.2 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0\text{Neutro}} = R_{0\text{Neutro}} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase $I_{k1\min}$ e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1\text{Neutr}\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1\text{Neutr}\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

1.1.9.3 Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con Z_d la impedenza diretta della rete, con Z_i l'impedenza inversa, che coincide con Z_d , e con Z_0 l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito, Z_0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\max}$$

1.1.10 Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km\ max}$;

1.1.11 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti K^2S^2 e la I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa

1.1.12 Verifica di selettività

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

1.1.13 Verifica della protezione contro i contatti indiretti

Calcolo della corrente I_a che determina se una utenza è protetta ai contatti indiretti.

La verifica ai contatti indiretti viene eseguita come segue:

- Impostando in “Dati linea” di una utenza l'opzione Verifica contatti indiretti - Correnti di guasto fase-terra:
 - la c.i. = I_{k1ft} corrente di guasto fase terra minima.
Se la corrente di sgancio della protezione è inferiore alla corrente di guasto fase terra allora i contatti indiretti sono verificati.
 - Se la corrente di guasto fase-terra è minore della corrente $50 / Z_{pe}$, allora viene presa come riferimento la c.i. = $50 / Z_{pe}$. Si accetta cioè che ad una corrente di guasto che comporta una tensione inferiore a 50V possa essere non interrotta per salvaguardare una persona.

1.1.13.1 Sistema TT

Per il sistema TT, il programma propone una situazione in cui non è nota l'impedenza lato fornitura e in questo caso non è possibile calcolare i guasti fase terra. La verifica ai contatti indiretti avviene controllando la presenza dell'interruttore differenziale e la verifica della corrente di sgancio differenziale.

1.2 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Per l'esecuzione dei calcoli è stato utilizzato il software DialUX versione 4.13 della società DIAL, inserendo le curve fotometriche dei corpi illuminanti previsti in progetto, fornite in formato Eulumdat dalle rispettive case costruttrici.

I valori illuminotecnici raggiunti sono stati confrontati con quanto indicato dalle normative vigenti.

1.2.1 Illuminazione ordinaria impianti esterni

L'obiettivo del presente progetto illuminotecnico è quello di verificare la rispondenza delle prestazioni dell'impianto di illuminazione alle raccomandazioni suggerite dalle norme in materia di illuminazioni di esterni in condizioni ordinarie.

Sono stati utilizzati come parametri di riferimento i valori indicati dalla Norma UNI EN 12464-2 edizione 2014.

Per la determinazione dei livelli illuminotecnici sono state utilizzate le modalità indicate dalla norma UNI EN 12464-1, che definisce i valori limite dei seguenti parametri:

- illuminamento medio mantenuto, relativo alla superficie del "compito visivo" di riferimento da considerare in relazione al tipo di ambiente;
- uniformità di illuminamento, inteso come rapporto tra l'illuminamento delle aree nelle immediate vicinanze e l'illuminamento del compito visivo;
- condizioni di abbagliamento, relativo al rispetto dei valori massimi U.G.R.;
- direzionalità della luce;
- colore della luce e resa del colore.

Per il progetto degli impianti di illuminazione degli interni si è fatto ricorso al metodo di calcolo detto punto per punto determinato sulla base della seguente formula:

$$E_p = \frac{I_p \times K_{lm} \times \cos^3 \alpha}{h^2}$$

dove:

E_p = illuminamento in lux in un punto

I_p = intensità in candele, riferite a 1000 lumen, nel punto in esame

K_{lm} = flusso luminoso della lampada

$\cos^3 \alpha$ = \cos^3 dell'angolo compreso tra la verticale dell'apparecchio e il punto in esame

h^2 = distanza al quadrato tra sorgente luminosa e piano di calcolo dell'illuminamento

Tali calcoli hanno come scopo la determinazione dell'illuminamento su un numero discreto di punti situati su prefissate superfici (piane o cilindriche, orizzontali o verticali) in modo da tracciare

le linee isolux, ossia i luoghi geometrici che presentano lo stesso valore di illuminamento. In pratica, sull'area di interesse, si crea un reticolo e si effettua il calcolo dell'illuminamento nei suoi nodi o al centro delle sue maglie.

Le dimensioni del reticolo di calcolo sono determinate sulla base di quanto riportato all'art. 4.4 e nel prospetto A1 della norma UNI EN 12464-1 edizione 2011.

Ai fini di una più corretta valutazione dell'illuminamento, è necessario tenere in considerazione sia l'illuminamento diretto, dovuto alle radiazioni provenienti direttamente dalla sorgente luminosa e incidenti sul punto considerato, sia quello indiretto, dovuto alle radiazioni che incidono sul punto dopo avere subito riflessioni dalle superfici circostanti.

1.2.2 Specifiche di progetto

I calcoli illuminotecnici sono stati effettuati considerando le diverse aree del compito visivo all'interno delle varie zone, verificando i valori riportati nella norma UNI EN 12464-2.

Nelle aree dove non sono disponibili ulteriori dati di progetto relativi alla natura del compito visivo, il calcolo illuminotecnico è stato effettuato considerando l'intera area.

Il numero, la tipologia e la posizione dei corpi illuminanti all'interno delle varie zone sono ricavabili dagli elaborati di disegno che costituiscono parte integrante del presente progetto. Sono inoltre riportati i risultati relativi agli studi di simulazione effettuati nelle aree significative.

I dati riportati in appendice riguardano sostanzialmente i principali indicatori di qualità dell'illuminamento ottenuto con il calcolo di progetto (valori medi di illuminamento sul piano di lavoro, coefficienti di uniformità, luminanza, etc.). Inoltre, sono anche fornite le mappe isolux o le tabelle dei livelli di illuminamento; in particolare questi dati sono forniti per quelle aree in cui, a causa della particolare conformazione delle strutture, si possono presentare zone con bassi valori di illuminamento che, sebbene contribuiscano a ridurre gli indicatori di qualità dell'illuminamento a valori non accettabili, non hanno alcuna importanza quando si consideri con maggior precisione l'area in cui si espleta il compito visivo.

1.3 CALCOLI DI PROGETTO

1.3.1 Calcoli dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo correnti di corto circuito

FNI23075EC Calcolo dimensionamento linee, verifica protezione cavi, calcolo corrente di corto circuito – impianti passerella pedonale



Dati salienti utenza

Commissa: FNI23075EC

Descrizione: Impianti elettrici passerella pedonale

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 12/03/2023

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Dati salienti utenza

Data: 12/03/2023
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	Sistema	Circuito	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Cosfi	Ikm max [kA]	Formazione	Lc [m]	Vn [V]	CdtT (Ib) [%]	Ib<=In<=Iz
VANO CONTATORE QG-EL1												
Q1	TT	3F+N	16,2	0,5	8,11	0,9	10		0	400	0	14,1<=32 A (Ib<=In)
Q2A	TT	3F+N	6	1	6	0,9	10		0	400	0	9,62<=16 A (Ib<=In)
Q2B	TT	3F+N	6	1	6	0,9	10	5G4	30	400	0,715	9,62<=16<=27,2 A
Q3A	TT	3F+N	6	1	6	0,9	10		0	400	0	9,62<=16 A (Ib<=In)
Q3B	TT	3F+N	6	1	6	0,9	10	5G4	55	400	1,31	9,62<=16<=27,2 A
Q4	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	6	3G1.5	25	231	0,798	2,41<=10<=15 A
Q5	TT	L2-N	0,5	1	0,5	0,9	6	3G1.5	50	231	1,6	2,41<=10<=15 A
Q6	TT	L3-N	0,5	1	0,5	0,9	6	3G1.5	40	231	1,28	2,41<=10<=15 A
Q7	TT	L1-N	0,2	1	0,2	0,9	6	3G1.5	25	231	0,319	0,962<=10<=15 A
Q8	TT	L2-N	0,3	1	0,3	0,9	6	3G1.5	15	231	0,287	1,44<=10<=15 A
Q9	TT	L3-N	0,3	1	0,3	0,9	6	3G1.5	60	231	1,15	1,44<=10<=15 A
Q10	TT	L1-N	0,5	1	0,5	0,9	6	3G1.5	5	231	0,159	2,41<=10<=22 A
Q11	TT	L3-N	1,1	0,6	0,66	0,9	6	3G1.5	25	231	1,05	3,17<=10<=16,1 A
Q12	TT	L1-N	1,1	0,6	0,66	0,9	6	3G1.5	60	231	2,53	3,17<=10<=17,3 A
Q13	TT	L2-N	0	1	0	0,9	6		0	231	0	0<=10 A (Ib<=In)
F14	TT	L3-N	0,1	1	0,1	0,9	6		0	231	0	0,481<=2,62 A (Ib<=In)



Verifiche

Commessa: FNI23075EC

Descrizione: Impianti elettrici passerella pedonale

Cliente: NORD ING Srl

Responsabile: BD

Data: 12/03/2023

Alimentazioni:

Tipo di quadro:

Grado di protezione:

Materiali usati:

Riferimenti:

Operatore: MG

Note:

Verifiche

Data: 12/03/2023
Responsabile: BD
Cliente: NORD ING Srl

Utenza	$I_b \leq I_n \leq I_z$	Verif. PdI	Ver. I ² t	$I_{mag} < I_{magmax}$	Contatti indiretti	CdtT (I _b)
VANO CONTATORE QG-EL1						
Q1	14,1 <= 32 A ($I_b \leq I_n$)	12,5 >= 10 kA		320 < 5643 A	Verificato	0 <= 4 %
Q2A	9,62 <= 16 A ($I_b \leq I_n$)	12,5 >= 10 kA		160 < 5643 A	Verificato	0 <= 4 %
Q2B	9,62 <= 16 <= 27,2 A		Verificato		Verificato	0,715 <= 4 %
Q3A	9,62 <= 16 A ($I_b \leq I_n$)	12,5 >= 10 kA		160 < 5643 A	Verificato	0 <= 4 %
Q3B	9,62 <= 16 <= 27,2 A		Verificato		Verificato	1,31 <= 4 %
Q4	2,41 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 169,8 A	Verificato	0,798 <= 4 %
Q5	2,41 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	1,6 <= 4 %
Q6	2,41 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 106,8 A	Verificato	1,28 <= 4 %
Q7	0,962 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 169,8 A	Verificato	0,319 <= 4 %
Q8	1,44 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 279,9 A	Verificato	0,287 <= 4 %
Q9	1,44 <= 10 <= 15 A	10 >= 6 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	1,15 <= 4 %
Q10	2,41 <= 10 <= 22 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 793,5 A	Verificato	0,159 <= 4 %
Q11	3,17 <= 10 <= 16,1 A	10 >= 6 kA	Verificato	100 < 169,8 A	Verificato	1,05 <= 4 %
Q12	3,17 <= 10 <= 17,3 A	10 >= 6 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato	2,53 <= 4 %
Q13	0 <= 10 A ($I_b \leq I_n$)	10 >= 6 kA		100 < 5641 A	Verificato	0 <= 4 %
F14	0,481 <= 2,62 A ($I_b \leq I_n$)	Non verificato			Verificato	0 <= 4 %

1.3.2 Calcoli illuminotecnici

FNI23075E01i Calcolo illuminazione rampe scale e passerella pedonale

FNI23075E01i

Illuminazione scala e passerella

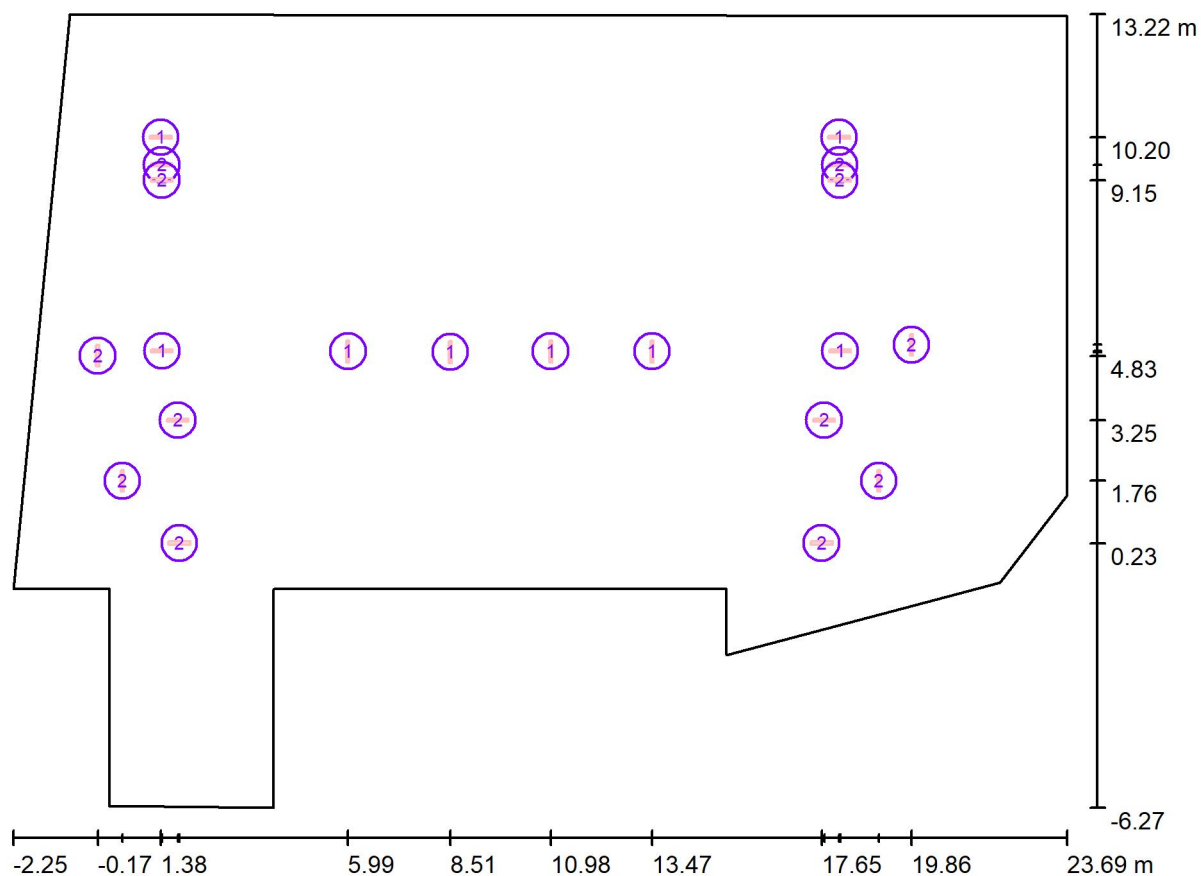
Responsabile:
No. ordine:
Ditta:
No. cliente:

Data: 13.03.2023
Redattore: C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Lampade (planimetria)



Scala 1 : 186

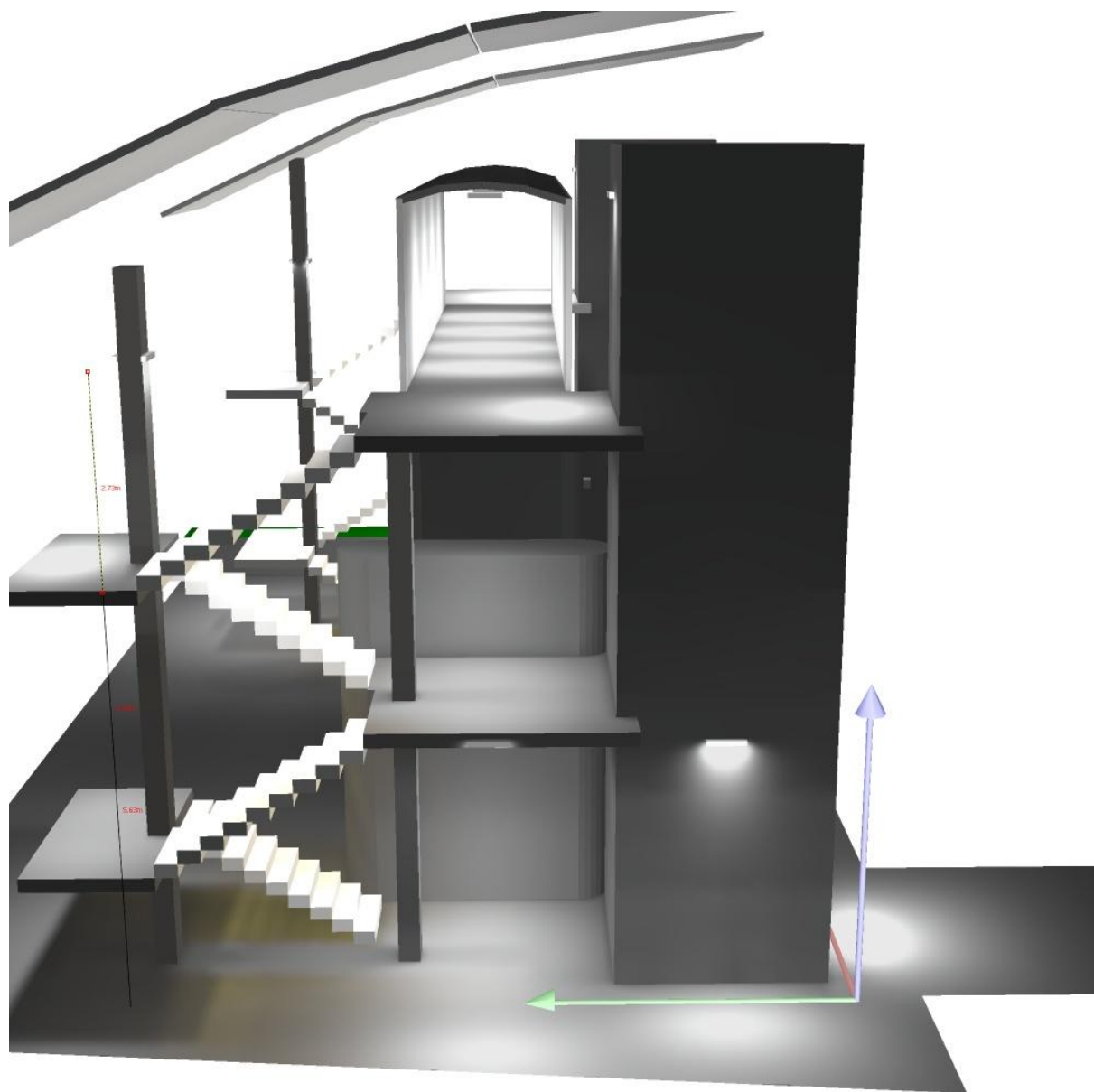
Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione
1	10	Performance iN Lighting 3109276 STRIP SQUARE+ 528 14W 840 ELL40x60 - Anodised grey
2	12	Performance iN Lighting 3109278 STRIP SQUARE+ 528 14W 840 A/M - Anodised grey

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

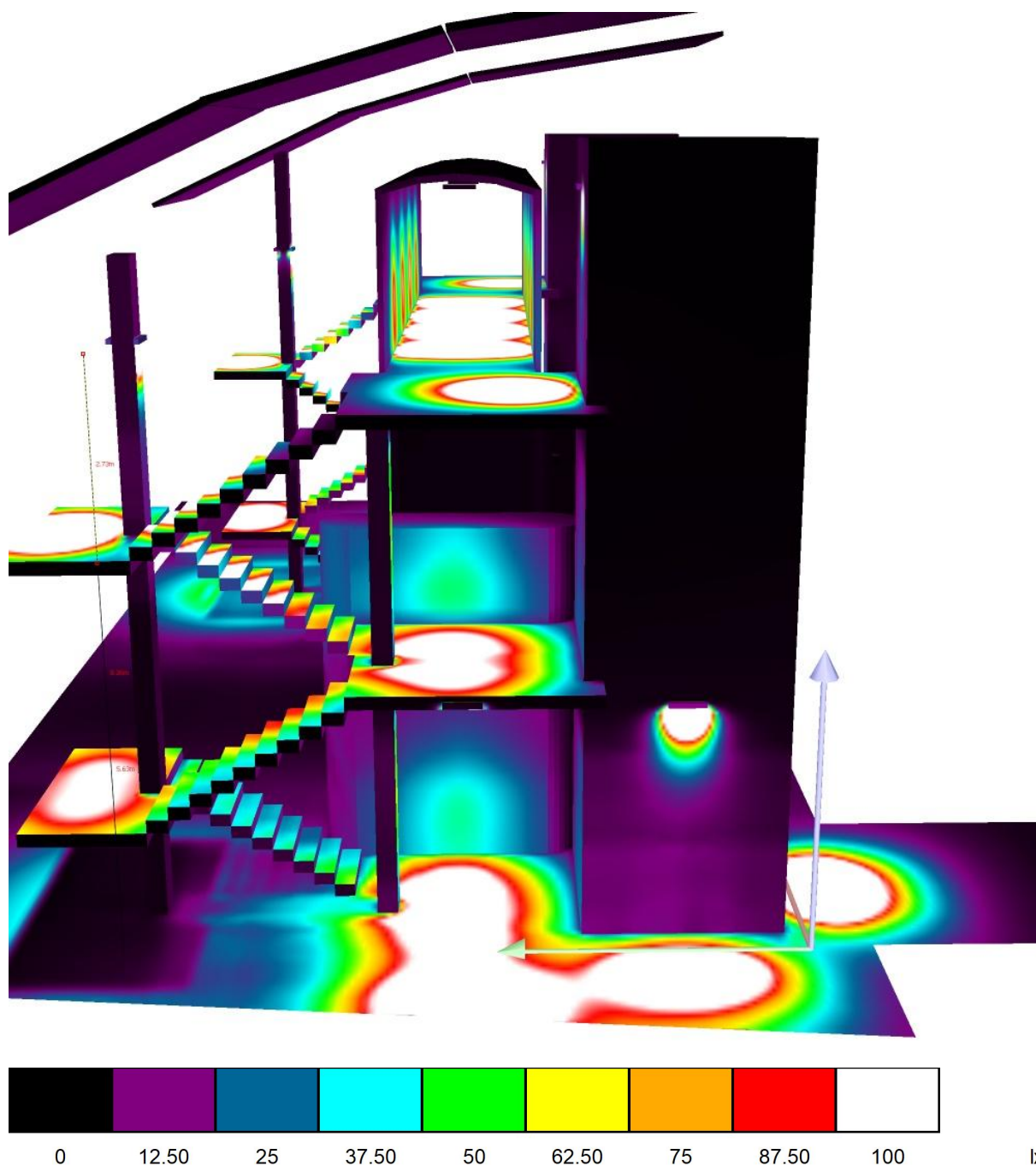
Scena esterna 1 / Rendering 3D



C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

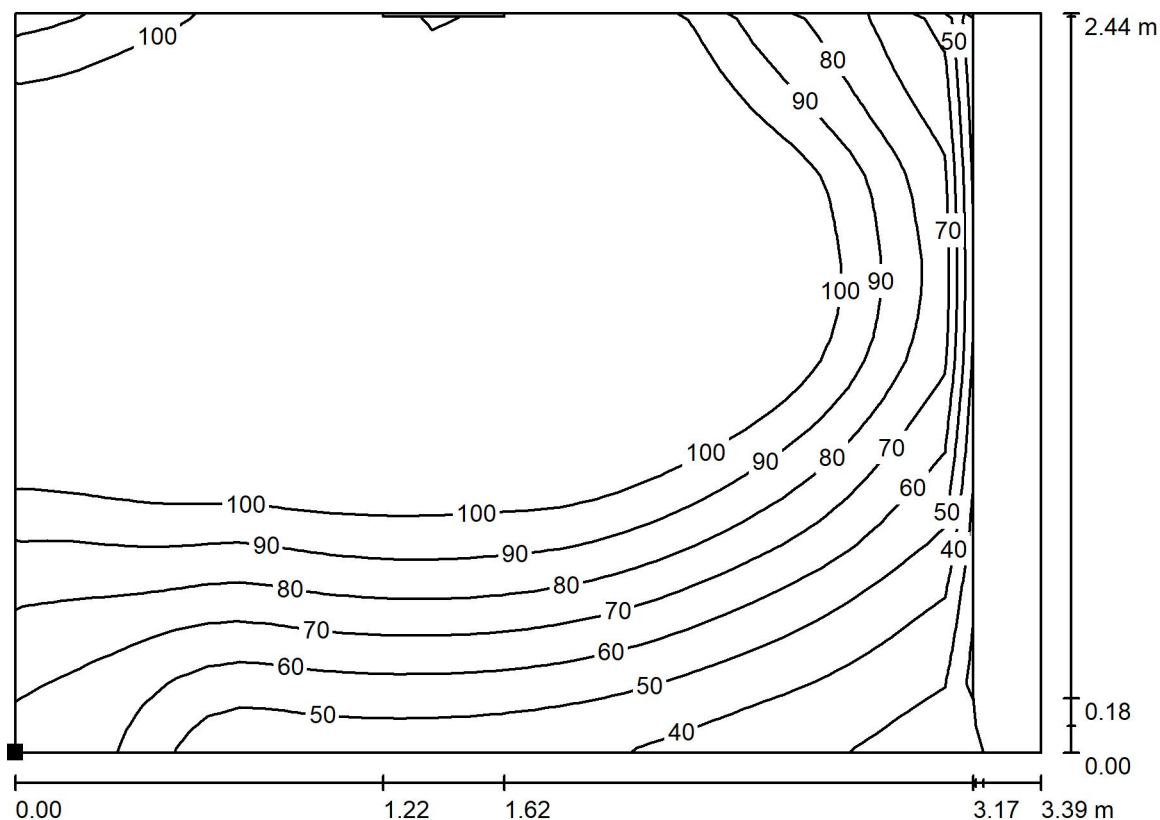
Scena esterna 1 / Rendering colori sfalsati



C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

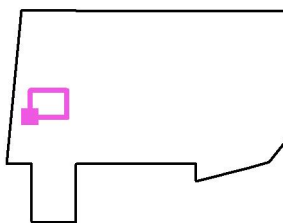
Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo PT / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 25

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.028 m, 3.402 m, 0.100 m)



Reticolo: 32 x 32 Punti

E_m [lx]
96

E_{min} [lx]
24

E_{max} [lx]
145

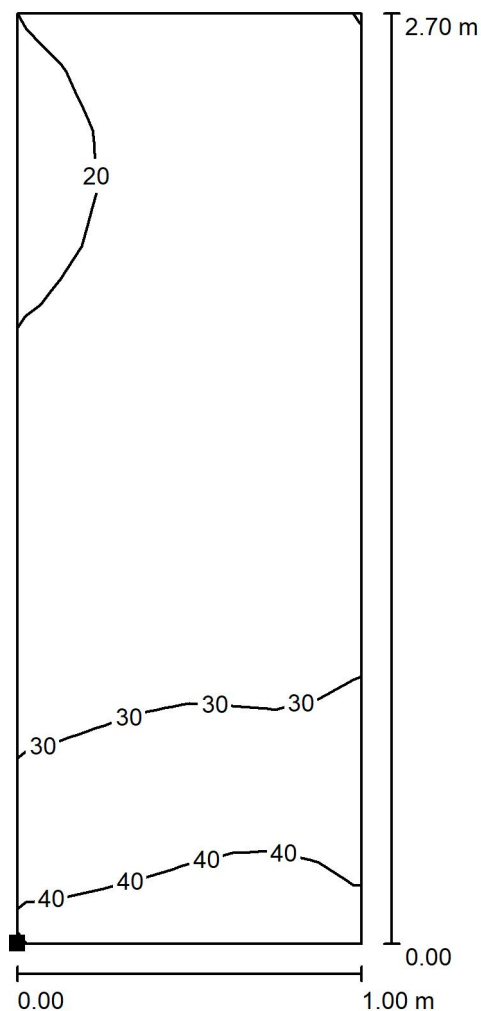
E_{min} / E_m
0.251

E_{min} / E_{max}
0.167

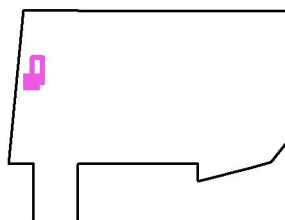
C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo rampa 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.047 m, 6.605 m, 0.384 m)



Valori in Lux, Scala 1 : 22

Reticolo: 8 x 16 Punti

E_m [lx]
27

E_{min} [lx]
18

E_{max} [lx]
48

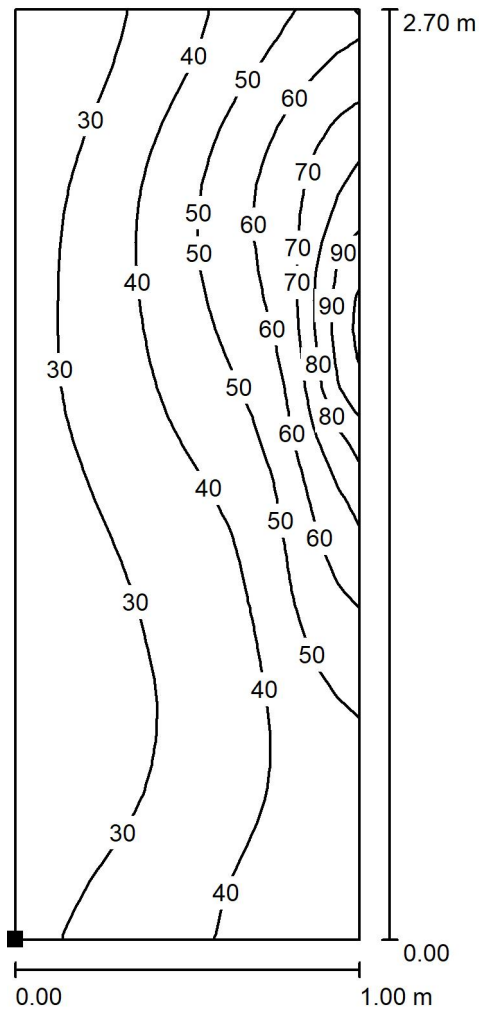
E_{min} / E_m
0.679

E_{min} / E_{max}
0.384

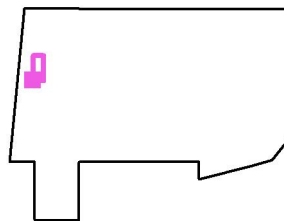
C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo rampa 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.047 m, 6.605 m, 4.184 m)



Valori in Lux, Scala 1 : 22

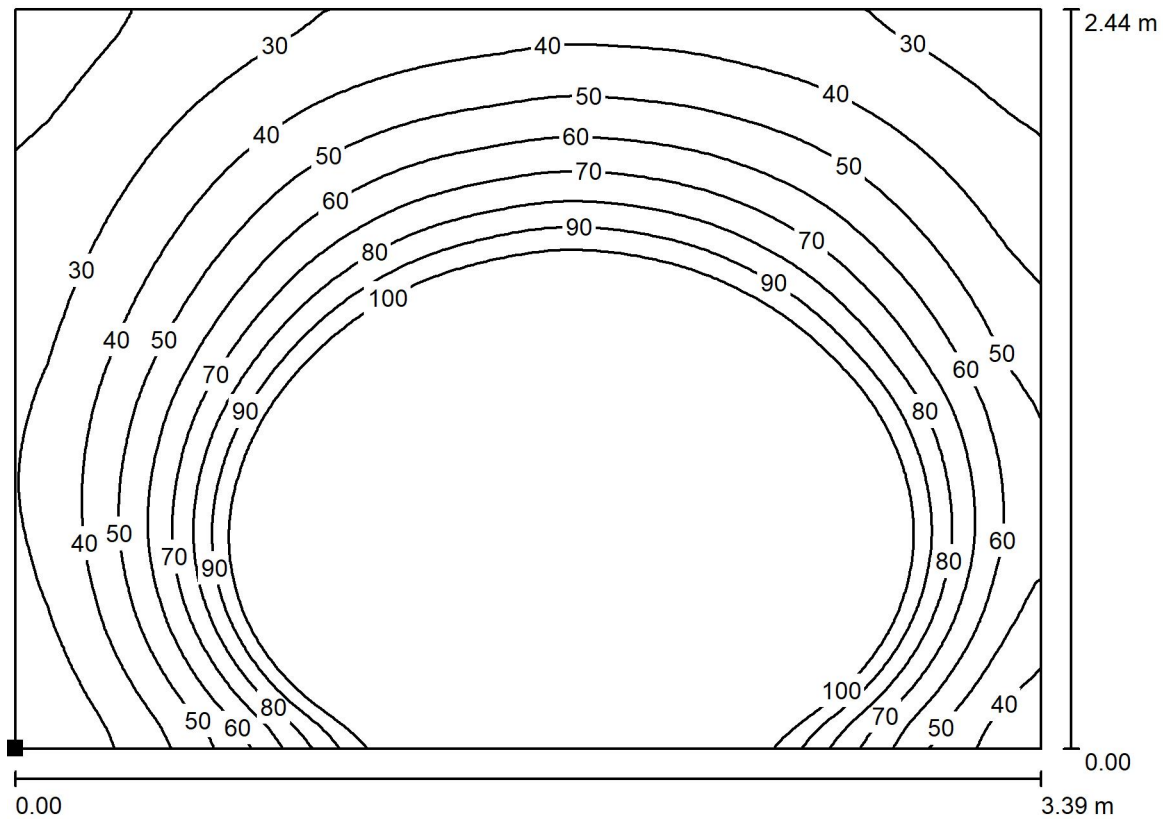
Reticolo: 16 x 32 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
42	21	101	0.514	0.213

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

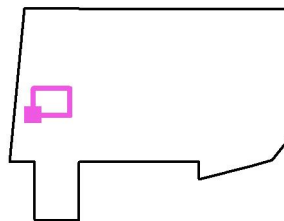
Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo P2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 25

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.028 m, 3.402 m, 7.750 m)



Reticolo: 64 x 64 Punti

E_m [lx]
102

E_{min} [lx]
16

E_{max} [lx]
347

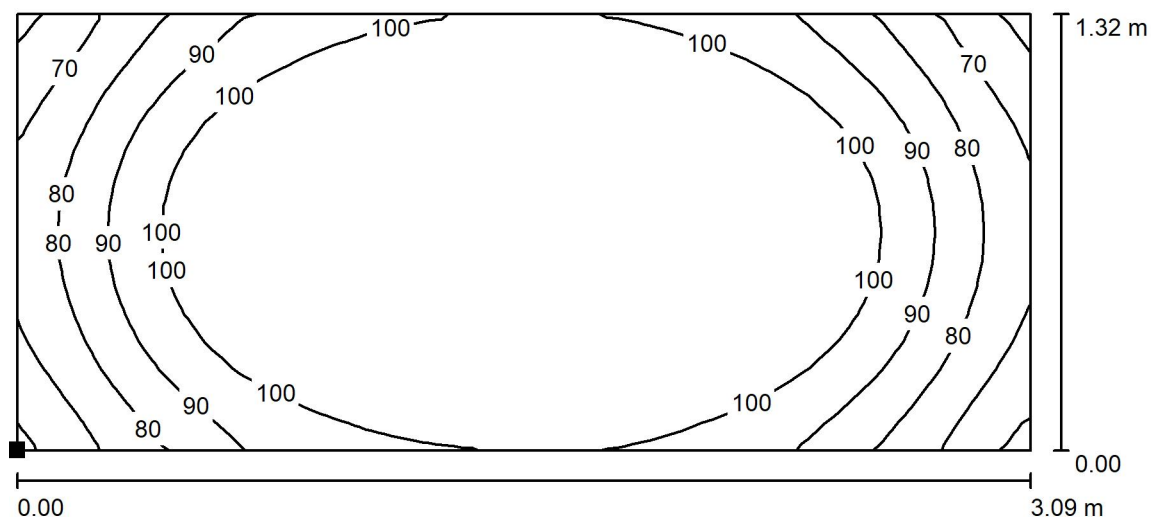
E_{min} / E_m
0.155

E_{min} / E_{max}
0.046

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

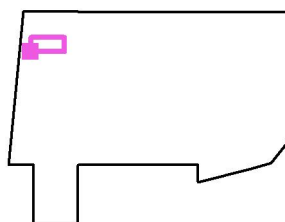
Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo pianerottolo 1 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 23

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.156 m, 9.532 m, 2.050 m)



Reticolo: 32 x 16 Punti

E_m [lx]
98

E_{min} [lx]
58

E_{max} [lx]
116

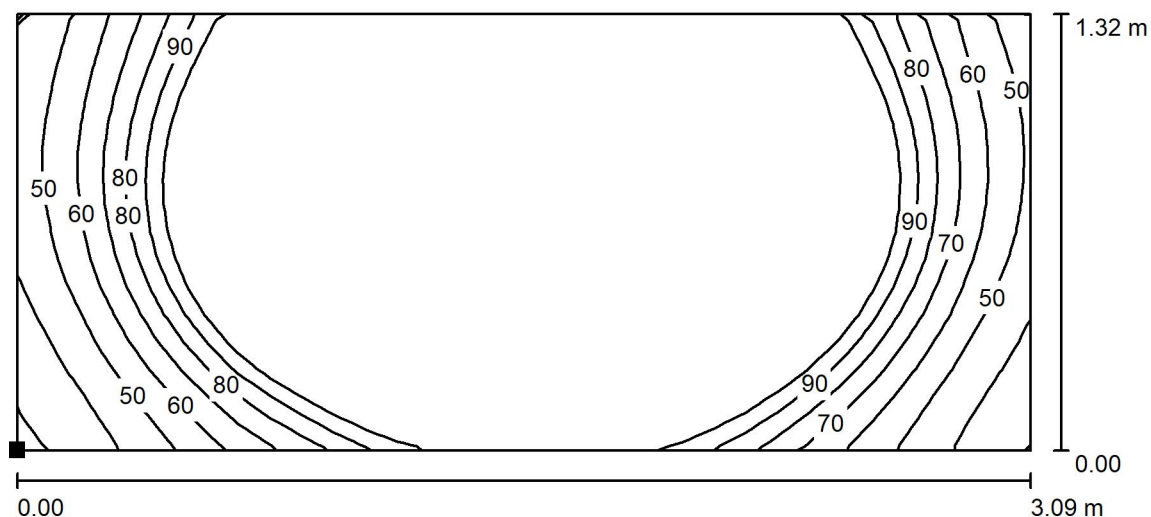
E_{min} / E_m
0.589

E_{min} / E_{max}
0.500

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

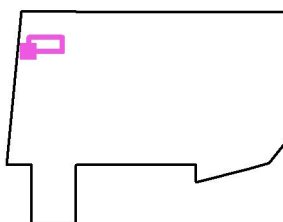
Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo pianerottolo 2 / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 23

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(-0.156 m, 9.532 m, 5.850 m)



Reticolo: 32 x 16 Punti

E_m [lx]
153

E_{min} [lx]
28

E_{max} [lx]
372

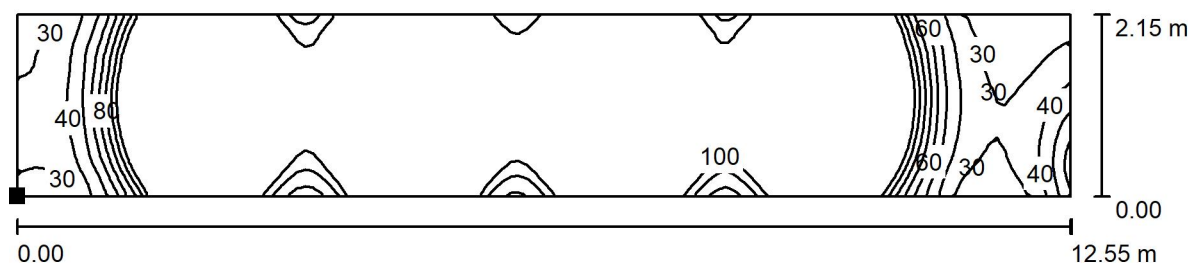
E_{min} / E_m
0.186

E_{min} / E_{max}
0.076

C.P.B. Broggi Srl
Società Engineering
C.so Bernacchi, 113
21049 Tradate (VA)

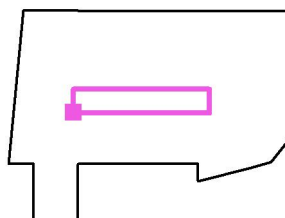
Redattore C.P.B. Broggi Srl - Società Engineering
Telefono 0331/810172
Fax 0331/835490
e-Mail info@cpb-broggi.it

Scena esterna 1 / Superficie di calcolo passerella / Isolinee (E, perpendicolare)



Valori in Lux, Scala 1 : 90

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(3.794 m, 3.813 m, 7.750 m)



Reticolo: 128 x 32 Punti

E_m [lx]
135

E_{min} [lx]
21

E_{max} [lx]
246

E_{min} / E_m
0.158

E_{min} / E_{max}
0.087