

COMMITTENTE:



COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE

OGGETTO:

SISTEMAZIONE, IN AMPLIAMENTO DI VIA NOVARA

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE, VIA NOVARA

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO ESECUTIVO

8	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
1	Novembre 2018	Progetto Esecutivo	G.T.G.-M.V.	G.N.	G.N.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE IMPIANTI ELETTRICI E CALCOLO ILLUMINOTECNICO

ARCHIVIO:

4309

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Novembre 2018

STUDIO TECNICO
Ing. GIANLUCA NOASCONO

TAVOLA N°

C

SCALA:

Sede legale

Via Barengo n.13, 10081
Castellamonte (To)
TEL. +39 348 7227848
e-mail: info.noascono@pec.it
P.IVA 08172840012

Sede operativa

Strada Provinciale 222, n.31
10010 Loranzè (To)
TEL. 0125.561001 - 0125.564807
FAX 0125.564014
e-mail: gianluca.noascono@ilquadrifoglio.to.it

PROGETTISTA:

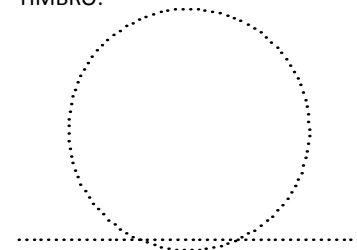
Dott. Ing. Gianluca NOASCONO
N° 8292 Y ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



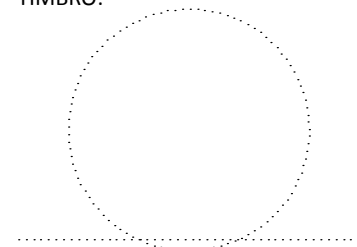
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



INDICE

1.	Introduzione	1
2.	Norme di riferimento per la progettazione.....	1
3.	Distribuzione impianto illuminazione	3
4.	Protezione contro i contatti diretti	3
5.	Protezione contro i contatti indiretti	3
6.	Protezione contro le sovracorrenti	4
7.	Impianti di terra	4
8.	Calcolo delle correnti di impiego	5
9.	Dimensionamento dei cavi	6
10.	Integrale di Joule	7
11.	Dimensionamento dei conduttori di neutro	9
12.	Calcolo della temperatura dei cavi	10
13.	Cadute di tensione	10
14.	Scelta delle protezioni	12
15.	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture.....	12
16.	Calcolo illuminotecnico	14
	ALLEGATO – Calcolo illuminotecnico	16

1. Introduzione

La presente relazione illustra le caratteristiche, i criteri di dimensionamento e i metodi di calcolo dell'impianto elettrico da realizzare a servizio del nuovo impianto d'illuminazione pubblica di Via Novara nel Comune di San Maurizio Canavese (TO). Nel seguito sono riportati i criteri seguiti nella progettazione dell'impianto elettrico. Si fa presente che tutte le scelte progettuali adottate sono mirate a:

- ottimizzare le operazioni di utilizzazione e manutenzione degli impianti;
- realizzare un impianto definito per settori e che permetta la gestione;
- garantire la sicurezza delle persone e delle cose.

I corpi illuminati previsti a progetto saranno alimentati per mezzo di un punto di connessione già esistente, quindi, non sarà necessario richiedere una nuova fornitura. L'impianto sarà dunque alimentato dall'ente distributore mediante sistema di I categoria. La distribuzione elettrica in BT, alla tensione di 400 V, sarà del tipo TT. Questo sistema ha il neutro e le masse direttamente collegate a terra, mediante due impianti di terra indipendenti. La dorsale di alimentazione dei corpi illuminanti previsti a progetto sarà un prolungamento dell'attuale dorsale di alimentazione dei corpi illuminanti esistenti. Essa sarà di opportuna tipologia e sezione, calcolate in funzione della caduta di tensione e della tipologia di posa, così come per le derivazioni dalla dorsale alla morsettiera posta alla base del palo e da questa al corpo illuminato.

2. Norme di riferimento per la progettazione

Nel presente progetto si è tenuta in considerazione la normativa vigente in materia di sicurezza e risparmio energetico. In particolare le opere dovranno essere realizzate in conformità con le normative vigenti nel territorio italiano riguardanti la qualità dei manufatti e dei componenti e la regola dell'arte.

Di seguito, fermo restando che la ditta appaltante dovrà realizzare l'opera in conformità con tutte le normative di legge presenti, le norme UNI, le norme CEI, anche se non espressamente citate, vengono riportate alcune tra le principali normative alle quali fare riferimento tenendo pure in considerazione le successive modifiche:

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIa Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per

tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua.
Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 IIa Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.

3. Distribuzione impianto illuminazione

Il cavo della dorsale dovrà essere quadripolare di sezione 6x4 mm² e tipo FG16OR 16 0.6/1 kV mentre il cavo di derivazione dalla dorsale alla morsettiera posta alla base del palo e da questa al corpo illuminante dovrà essere bipolare di sezione 2x2.5 mm² e tipo FG16OR16 0.6/1 kV.

La caduta di tensione tra l'origine dell'impianto e qualunque corpo illuminante dovrà essere contenuta entro il 4% come prescritto dalla norma CEI 64/8.

4. Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è prevista mediante isolamento delle parti attive e protezione con involucri.

5. Protezione contro i contatti indiretti

L'impianto d'illuminazione è stato previsto con l'utilizzo di apparecchi/componenti con isolamento doppio o rinforzato (apparecchi di classe II) e cavi di classe II. Negli impianti d'illuminazione e similari si ritengono tali i cavi con tensione nominale 0.6/1 KV, ad esempio FG16OR16. Nell'installazione del cavo si deve fare particolare attenzione all'ingresso nel palo per evitare danneggiamenti o abrasioni dell'isolamento. La morsettiera alla base del palo

deve essere anch'essa di classe II.

6. Protezione contro le sovracorrenti

I conduttori saranno protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da cortocircuiti. La protezione è prevista mediante l'utilizzo di interruttori magnetotermici da installare a monte di ogni conduttura per assicurare il coordinamento previsto dalle norme CEI.

Per la protezione da sovraccarico gli interruttori sono stati dimensionati in modo da assicurare le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_n$$

Dove:

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_z = portata in regime permanente della conduttura;

I_f = corrente di intervento del dispositivo;

Per la protezione dal cortocircuito devono essere scelti interruttori con potere d'interruzione superiore alla corrente presunta di corto circuito e dimensionati per assicurare la seguente condizione:

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

Dove:

$I^2 \cdot t$ = integrale di Joule per la durata del corto circuito;

K = Costante dei cavi;

S = Sezione del conduttore;

7. Impianti di terra

L'impianto di terra non dovrà essere realizzato poiché è stato previsto l'impiego di elementi in classe II a isolamento doppio o rinforzato o comunque privi di masse.

8. 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 (ΣP_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 (ΣQ_d a valle).

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

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

9. 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:

$$\begin{aligned} a) \quad I_b &\leq I_n \leq I_z \\ b) \quad I_f &\leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

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).

10. 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:

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

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

11. 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 16 mmq;
- 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 16 mmq se il conduttore è in rame e a 25 mmq 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 16 mmq se conduttore in rame e 25 mmq 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.

12. 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.

13. 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:

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

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 $cdt(lb)$ è la caduta di tensione alla corrente lb e calcolata analogamente alla $cdt(lb)$.

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.

14. 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 della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km\ max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag\ max}$).

15. 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:

- a) 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).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- c) 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 $K^2 S^2$ e 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.

16. Calcolo illuminotecnico

L'illuminazione stradale è soggetta alla norma UNI EN 13201-2:2016 "Illuminazione stradale – requisiti prestazionali" e alla norma UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale – selezione delle categorie illuminotecniche". La norma UNI EN 13201-2 stabilisce le prestazioni illuminotecniche delle diverse categorie illuminotecniche e qui di seguito si riporta quella utilizzata per realizzare il presente progetto esecutivo:

- **categoria serie M4:** si applicano nelle strade con velocità di marcia medio/alte (≥ 30 km/h);

La strada ove sarà realizzato il nuovo impianto di illuminazione pubblica è stata classificata al fine di individuare la categoria illuminotecnica di riferimento. Per determinare tale categoria è stata utilizzata la tabella 1, qui di seguito rappresentata. La tabella riporta la classificazione delle strade secondo la legislazione in vigore. La strada è stata classificata dal committente come appartenente alla categoria F. Partendo da questa classificazione, è stata rilevata la categoria illuminotecnica di appartenenza qui di seguito evidenziata.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km · h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4

		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/P2
F_{bis}	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

Tabella 1: Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento

La categoria illuminotecnica di riferimento per le strade di tipo F è la M4. I requisiti illuminotecnici da rispettare per tale categoria sono stati evidenziati nella tabella 2, qui di seguito rappresentata.

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto a bagnato				Abbagliamento debilitante	illuminazione di contiguità
	Asciutto		Bagnato		Asciutto	Asciutto
	F [minima mantenuta] $cd \cdot m^2$	U_0 [minima]	U_i [minima]	U_{ow} [minima]	f_{TI} [minima]	R_{EI} [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Tabella 2: Categorie illuminotecniche serie M

La verifica dei requisiti illuminotecnici è stata eseguita mediante l'utilizzo del software di calcolo illuminotecnico "DIALux" e i risultati sono stati qui di seguito allegati.

ALLEGATO – Calcolo illuminotecnico

Redattore:
Studio Tecnico Ing. Gianluca
Noascono

Data:
06/08/2018

STUDIO TECNICO
Ing. GIANLUCA NOASCONO

Strada Provinciale 222, n.31
10010 Loranze (TO)

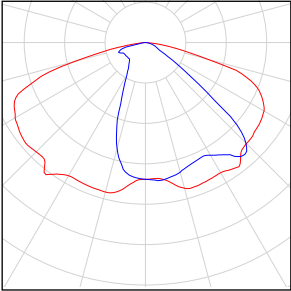
0125561001
0125564014
gianluca.noascono@ilquadrifogli
o.to.it

Calcolo illuminotecnico Via Novara in San Maurizio Canavese (TO).

Indice

Calcolo illuminotecnico Via Novara in San Maurizio Canavese (TO).
Lista pezzi lampade.....3
 Calcolo illuminotecnico Via Novara in San Maurizio Canavese (TO).
 FIVEP - KAI Small 16led LT-M 525mA 3K (1x16led 29W 525mA 3K).....4
Strada 1: Alternativa 1
Risultati della pianificazione.....7
 Strada 1: Alternativa 1 / Carreggiata 1 (M4)
 Sintesi dei risultati..... 8
 Tabella.....9
 Isolinee..... 12
 Grafica dei valori..... 14

Calcolo illuminotecnico Via Novara in San Maurizio Canavese (TO).

Numero di pezzi	Lampada (Emissione luminosa)		
5	<div>FIVEP - 01KI1B6098AHM3_525mA KAI Small 16led LT-M 525mA 3K</div> <div>Emissione luminosa 1</div> <div>Dotazione: 1x16led 29W 525mA 3K</div> <div>Rendimento: 100%</div> <div>Flusso luminoso lampadina: 3145 lm</div> <div>Flusso luminoso lampade: 3145 lm</div> <div>Potenza: 29.0 W</div> <div>Rendimento luminoso: 108.4 lm/W</div>	<div>Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.</div>	

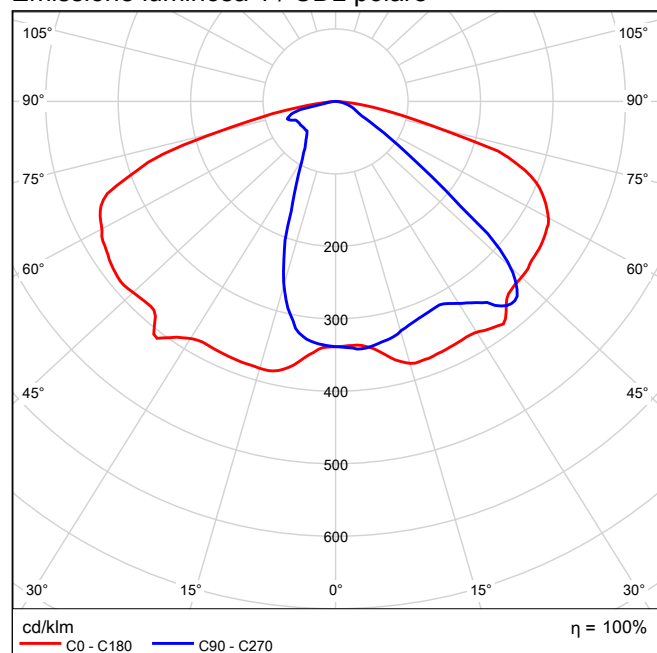
Flusso luminoso lampadine complessivo: 15725 lm, Flusso luminoso lampade complessivo: 15725 lm, Potenza totale: 145.0 W, Rendimento luminoso: 108.4 lm/W

FIVEP 01KI1B6098AHM3_525mA KAI Small 16led LT-M 525mA 3K 1x16led 29W 525mA 3K

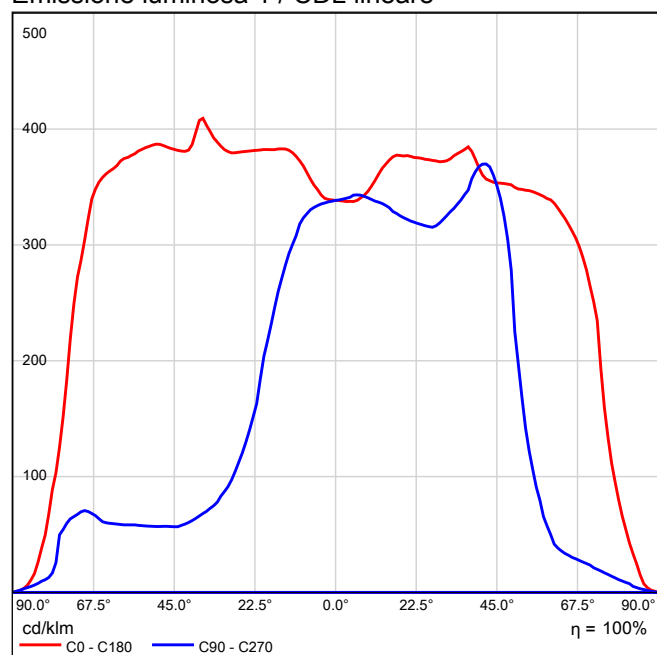
Per un'immagine della
lampada consultare il
nostro catalogo
lampade.

Rendimento: 100%
Flusso luminoso lampadina: 3145 lm
Flusso luminoso lampade: 3145 lm
Potenza: 29.0 W
Rendimento luminoso: 108.4 lm/W

Emissione luminosa 1 / CDL polare

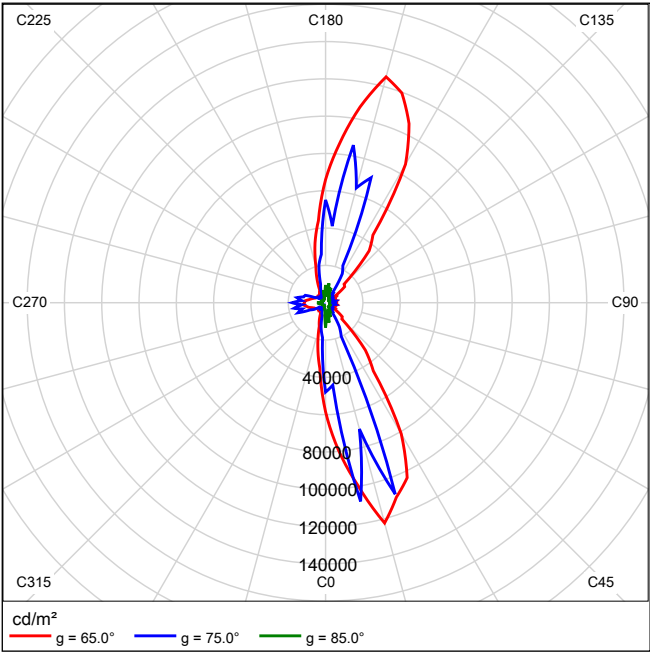


Emissione luminosa 1 / CDL lineare



Non è possibile creare un diagramma conico, poiché la diffusione luminosa è asimmetrica.

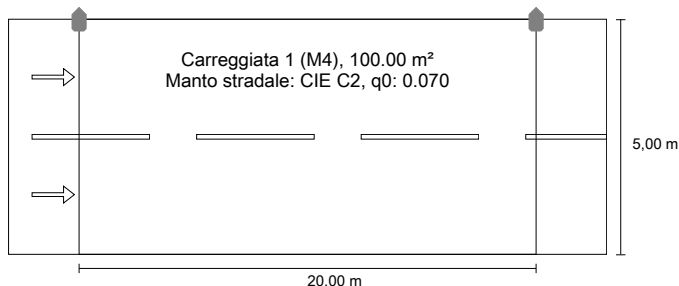
Emissione luminosa 1 / Diagramma della luminanza



Non è possibile creare un diagramma UGR, poiché la diffusione luminosa è asimmetrica.

Strada 1 in direzione EN 13201:2015

FIVEP 01KI1B6098AHM3_525mA KAI Small 16led LT-M 525mA 3K



Risultati per i campi di valutazione

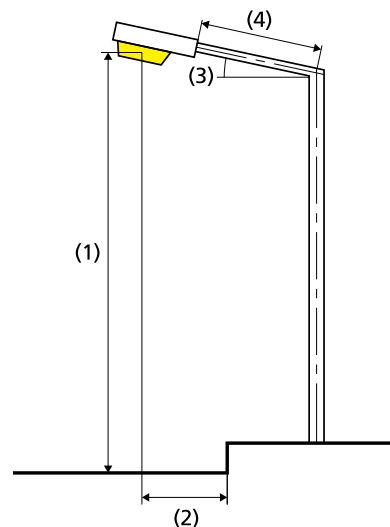
Fattore di diminuzione: 0.80

Carreggiata 1 (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.85	✓ 0.60	✓ 0.87	✓ 11	✓ 0.60

Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

Indice della densità di potenza (Dp)	0.022 W/lxm²
Densità di consumo energetico	
Disposizione: KAI Small 16led LT-M 525mA 3K (116.0 kWh/anno)	1.2 kWh/m² anno



Lampadina:	1x16led 29W 525mA 3K
Flusso luminoso (lampada):	3144.87 lm
Flusso luminoso (lampadina):	3145.00 lm
Ore di esercizio	
4000 h:	100.0 %, 29.0 W
W/km:	1450.0
Disposizione:	su un lato sopra
Distanza pali:	20.000 m
Inclinazione braccio (3):	0.0°
Lunghezza braccio (4):	0.000 m
Altezza fuochi (1):	6.000 m
Sporgenza punto luce (2):	0.000 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00

Valori massimi dell'intensità luminosa

per 70°:	692 cd/klm
per 80°:	73.2 cd/klm
per 90°:	0.00 cd/klm
Classe intensità luminose:	G*3

Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.

La disposizione rispetta la classe degli indici di abbagliamento D.5

Carreggiata 1 (M4)

Fattore di diminuzione: 0.80
Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.85	✓ 0.60	✓ 0.87	✓ 11	✓ 0.60

Osservatori corrispondenti (2):

Osservatore	Posizione [m]	Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15
Osservatore 1	(-60.000, 1.250, 1.500)	0.89	0.60	0.87	9
Osservatore 2	(-60.000, 3.750, 1.500)	0.85	0.60	0.95	11

Carreggiata 1 (M4)

Illuminamento orizzontale [lx]

4.583	26.3	20.1	13.5	9.64	7.72	7.62	9.22	13.2	20.1	24.6
3.750	23.8	18.7	13.5	9.94	8.54	8.42	9.59	12.9	18.5	22.6
2.917	19.9	16.5	12.6	10.3	9.26	9.08	9.80	12.1	16.1	19.4
2.083	17.0	14.6	11.5	10.0	9.54	9.29	9.52	11.0	14.2	16.8
1.250	15.6	13.3	11.1	9.62	8.85	8.75	9.14	10.5	12.9	15.3
0.417	13.7	12.0	10.1	8.87	8.38	8.25	8.61	9.73	11.5	13.5
m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000

Reticolo: 10 x 6 Punti

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
12.9	7.62	26.3	0.589	0.290

Osservatore 1

Luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²]

4.583	1.21	1.12	1.00	1.07	1.11	1.14	1.16	1.17	1.24	1.18
3.750	1.22	1.17	1.07	1.16	1.19	1.17	1.12	1.11	1.14	1.11
2.917	1.02	1.05	1.06	1.06	1.02	1.00	0.94	0.91	0.93	0.93
2.083	0.86	0.88	0.84	0.87	0.86	0.80	0.75	0.74	0.79	0.83
1.250	0.72	0.71	0.71	0.70	0.65	0.65	0.63	0.65	0.69	0.72
0.417	0.60	0.58	0.57	0.55	0.53	0.54	0.54	0.56	0.59	0.61
m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000

Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²]	Lmin [cd/m²]	Lmax [cd/m²]	g1	g2
0.89	0.53	1.24	0.600	0.433

Luminanza con lampada nuova [cd/m²]

4.583	1.51	1.40	1.25	1.34	1.38	1.42	1.45	1.47	1.54	1.48
3.750	1.52	1.47	1.33	1.45	1.49	1.46	1.40	1.39	1.42	1.39
2.917	1.27	1.32	1.33	1.33	1.28	1.24	1.17	1.14	1.16	1.16
2.083	1.08	1.10	1.06	1.09	1.08	1.00	0.94	0.92	0.98	1.03
1.250	0.90	0.89	0.88	0.87	0.81	0.81	0.79	0.81	0.86	0.90
0.417	0.75	0.72	0.71	0.69	0.67	0.68	0.68	0.70	0.73	0.76
m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000

Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²]	Lmin [cd/m²]	Lmax [cd/m²]	g1	g2
1.11	0.67	1.54	0.600	0.433

Osservatore 2

Luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²]

4.583	1.25	1.17	1.06	1.08	1.12	1.16	1.18	1.20	1.26	1.20
3.750	1.12	1.07	1.06	1.07	1.08	1.07	1.06	1.06	1.09	1.06
2.917	0.92	0.93	0.91	0.91	0.91	0.90	0.87	0.86	0.88	0.88
2.083	0.76	0.77	0.75	0.76	0.78	0.74	0.71	0.70	0.75	0.77
1.250	0.68	0.64	0.64	0.64	0.60	0.60	0.60	0.62	0.66	0.70
0.417	0.57	0.55	0.53	0.53	0.51	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59
m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000

Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²]	Lmin [cd/m²]	Lmax [cd/m²]	g1	g2
0.85	0.51	1.26	0.602	0.404

Luminanza con lampada nuova [cd/m²]

4.583	1.56	1.46	1.32	1.35	1.40	1.45	1.47	1.50	1.57	1.51
3.750	1.40	1.34	1.33	1.34	1.35	1.34	1.33	1.33	1.36	1.33
2.917	1.15	1.16	1.14	1.14	1.14	1.13	1.09	1.07	1.10	1.10
2.083	0.95	0.96	0.94	0.96	0.98	0.93	0.88	0.88	0.93	0.96
1.250	0.85	0.80	0.80	0.80	0.75	0.76	0.75	0.77	0.83	0.87
0.417	0.72	0.68	0.66	0.66	0.64	0.65	0.66	0.68	0.71	0.73
m	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	11.000	13.000	15.000	17.000	19.000

Reticolo: 10 x 6 Punti

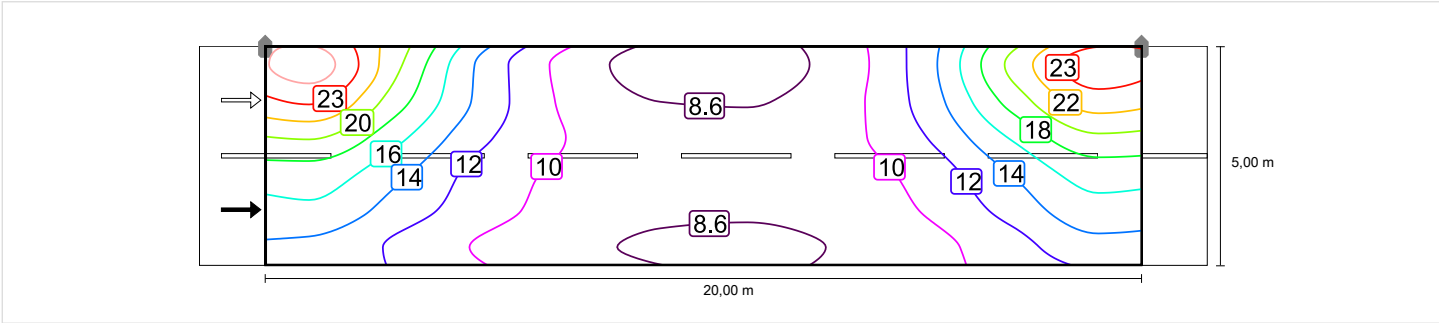
Lm [cd/m²]	Lmin [cd/m²]	Lmax [cd/m²]	g1	g2
1.06	0.64	1.57	0.602	0.404

Carreggiata 1 (M4)

Fattore di diminuzione: 0.80
Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.85	✓ 0.60	✓ 0.87	✓ 11	✓ 0.60

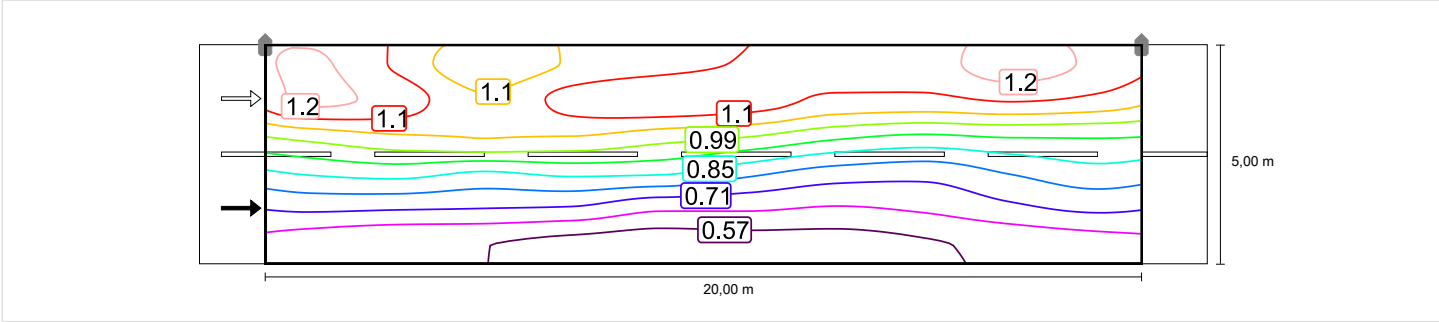
Illuminamento orizzontale



Scala: 1 : 200

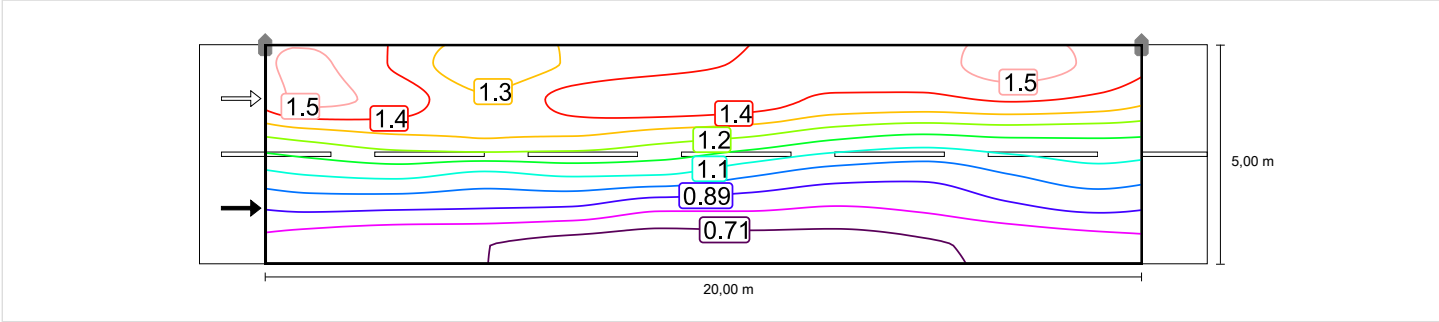
Osservatore 1

Luminanza con carreggiata asciutta



Scala: 1 : 200

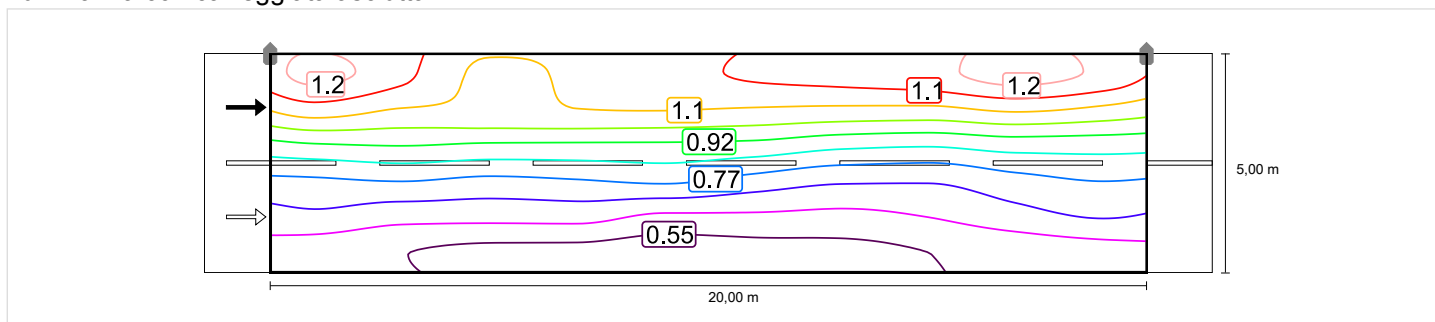
Luminanza con lampada nuova



Scala: 1 : 200

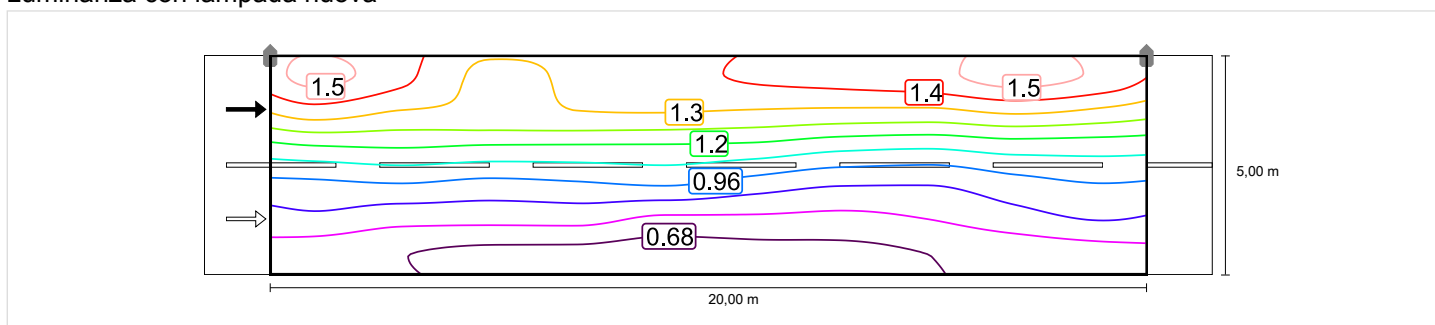
Osservatore 2

Luminanza con carreggiata asciutta



Scala: 1 : 200

Luminanza con lampada nuova



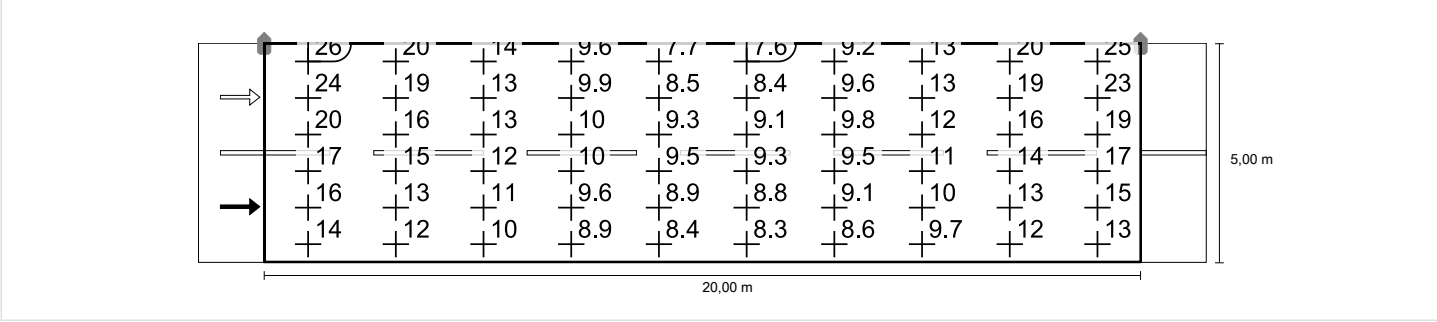
Scala: 1 : 200

Carreggiata 1 (M4)

Fattore di diminuzione: 0.80
Reticolo: 10 x 6 Punti

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.85	✓ 0.60	✓ 0.87	✓ 11	✓ 0.60

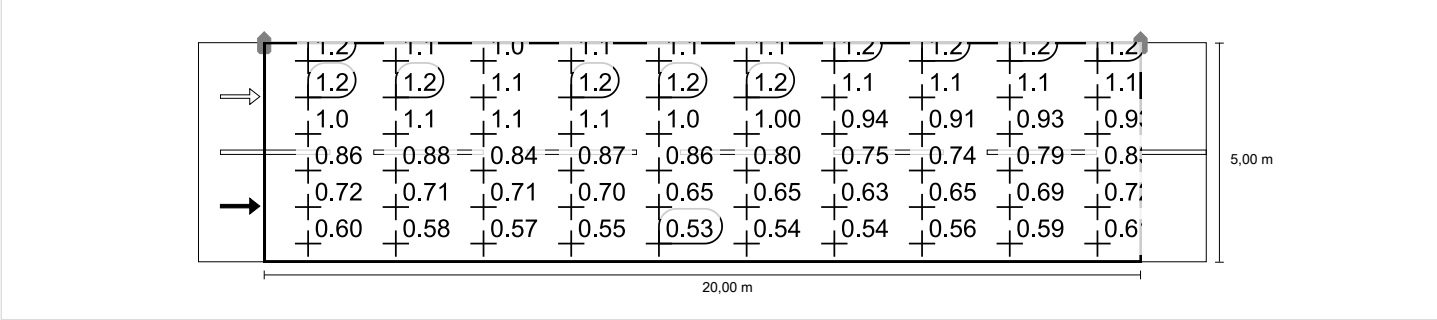
Illuminamento orizzontale



Scala: 1 : 200

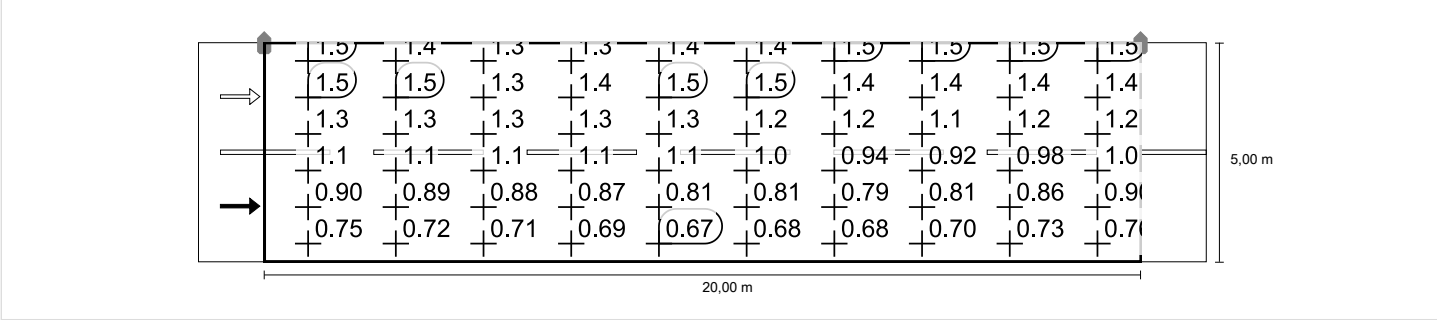
Osservatore 1

Luminanza con carreggiata asciutta



Scala: 1 : 200

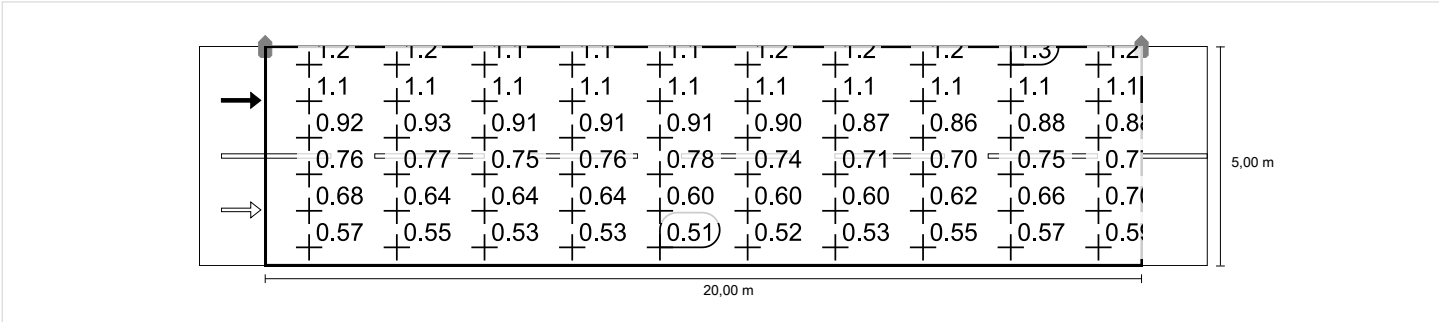
Luminanza con lampada nuova



Scala: 1 : 200

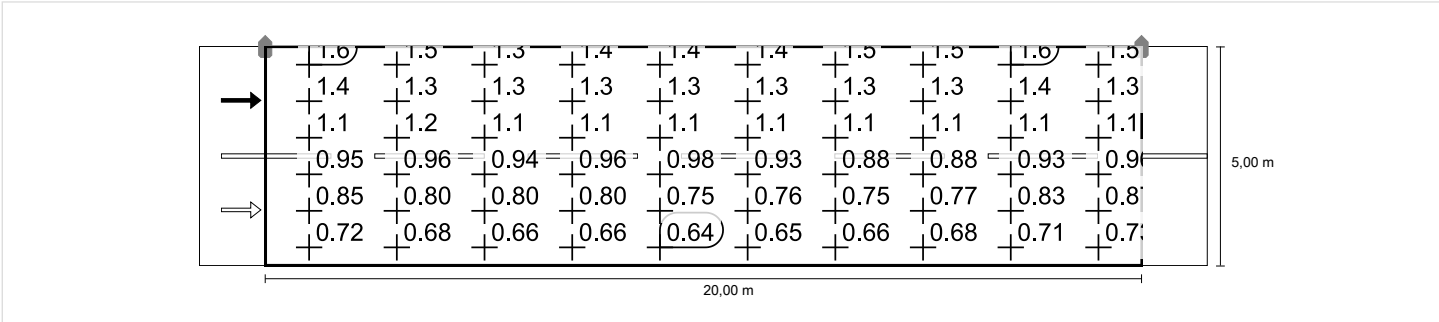
Osservatore 2

Luminanza con carreggiata asciutta



Scala: 1 : 200

Luminanza con lampada nuova



Scala: 1 : 200