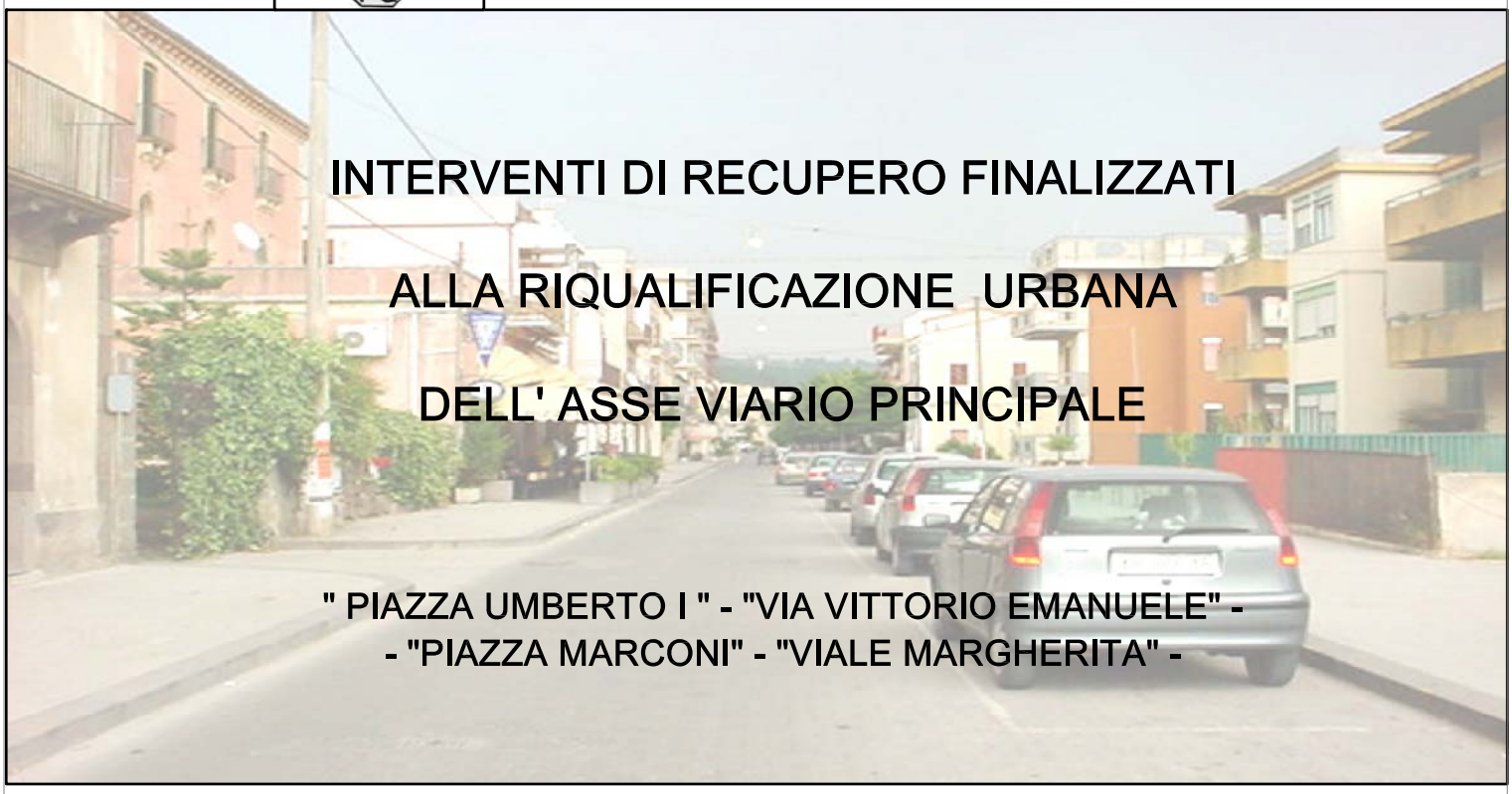
COMUNE DI VIZZINI

CITTA' METROPOLITANA DI CATANIA



INTERVENTI DI RECUPERO FINALIZZATI

ALLA RIQUALIFICAZIONE URBANA

DELL' ASSE VIARIO PRINCIPALE

" PIAZZA UMBERTO I " - "VIA VITTORIO EMANUELE" -
- "PIAZZA MARCONI" - "VIALE MARGHERITA" -

PROGETTO ESECUTIVO

2° STRALCIO FUNZIONALE

PROGETTISTA

PROGEN engineering

ARCH. M. LA GUZZA

COLLABORATORE

ARCH. C. TOSTO

IMPIANTI

ELABORATO: RELAZIONE IMPIANTO ELETTRICO

IL RUP

ARCH. S. LENTINI

VISTI E AUTORIZZAZIONI

ELABORATO

REL. I.

SCALA	
DATA	marzo 2021
COLLAB.	
COLLAB.	
FILE	

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Principi generali e norme di riferimento

Per il progetto dell'impianto di pubblica illuminazione per la zona della Via Vittorio Emanuele e del Viale Margherita 1° e 2° stralcio funzionale del Comune di Vizzini si fa riferimento alle norme di buona tecnica, alle norme vigenti in materia, tra cui in particolare le seguenti norme **Legge 186/68** "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici";

Norme CEI 64/8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"

Norme CEI 64/7 "Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari"

Norme CEI 17/13-1 "Quadri elettrici tipo ANS"

Norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo"

Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche"

Norme UNI 10819 "Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso"

Tutti i componenti elettrici saranno conformi alle norme di buona tecnica ed in particolare alle norme CEI e come tali provvisti di marchio, o comunque almeno di marcatura CE.

Punto di consegna

L'alimentazione sarà fornita dall'Ente Nazionale di distribuzione in bassa tensione 380/230 V e frequenza 50 Hz, con potenza contrattuale pari a 40 kW. Viste le utenze elettriche previste con i relativi assorbimenti e quelle scaturite da progetto, possiamo affermare che anche nell'ipotesi di un fattore di contemporaneità: Kc = 1 la potenza contrattuale richiesta soddisfa le esigenze di servizio.

Le condutture saranno dimensionate in funzione della potenza impegnata.

Caratteristiche dei materiali, dei cavi e delle protezioni

I materiali dovranno presentare caratteristiche conformi a quanto stabilito dalle leggi e ai regolamenti ufficiali vigenti in materia ed in particolare gli apparecchi di illuminazione dovranno essere conformi alla caratteristica di avere un'emissione nell'emisfero superiore (per angoli $\gamma \geq 90°$) non superiore all'intensità luminosa di 2 cd/mq.

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui devono essere installati e devono possedere adeguate caratteristiche di resistenza ad azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio. Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle relative Norme CEIUNEL e devono essere dotati

di marchio di qualità IMQ od equivalente.

Quadri elettrici

L'area sarà alimentata da due linee trifase con partenza da un quadro esistente e lunghezza di circa 850 mt.

Nel quadro sono previsti due interruttori di tipo magnetotermico differenziale quadripolare con valori di corrente e tensione nominale tali da risultare adeguati alla sezione dei cavi protetti e per i carichi presenti con potere di interruzione di 10 kA.

Linee di distribuzione

Le linea di distribuzione saranno costituite da un cavo multipolare 4x6 mmq con isolamento in EPR del tipo FG16OR16, tensione di isolamento 0,6/1 kV, posati in cavidotti interrati ad una profondità di circa 0,7 mt.

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722 e 00712.

I cavidotti saranno dotati di ulteriore segnalazione tramite una bandella di segnalazione posta superiormente.

Idonei pozzetti con chiusino pedonabile e delle dimensioni riportate in dettaglio nelle planimetrie allegate al progetto, posti nei cambiamenti di direzione ne garantiranno la sfìlabiltà. In corrispondenza dei singoli centri luminosi di pali e lampioni e apparecchi di illuminazione saranno effettuate le derivazioni tramite morsettiere e portelli sui pali.

Le derivazioni lungo i pali per i singoli centri luminosi saranno effettuate con cavo multipolare FG16OR16, protetto all'ingresso del palo con guaina, avente sezione 2x2,5 mmq.

Sezioni minime e cadute di tensioni massime ammesse

Le sezioni dei conduttori devono essere calcolate in funzione della potenza lunghezza dei circuiti, affinché la c.d.t. non superi il 4% della c.d.t. a vuoto, non devono essere superati i valori di portata ammessi dalle tabelle di unificazione verifica della massima c.d.t. si utilizzano i valori riportati nelle tabelle CEI-UNEL.

Protezione

I conduttori sono tutti protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corti circuiti. La protezione contro i sovraccarichi è prevista in ottemperanza alle prescrizioni delle Norme CEI 64-8. La sezione dei conduttori è stata verificata in modo che la loro portata (I_z) sia superiore alla corrente di impiego (I_b); gli interruttori automatici installati per la protezione dei cavi, hanno una corrente nominale

(I_n) compresa fra la corrente di impiego (I_b) e la portata del conduttore (I_z). La corrente di sicuro intervento dell'interruttore deve essere inferiore a 1.45 volte la portata del cavo. Queste condizioni vengono sintetizzate con le seguenti relazioni:

$$I_b < I_n < I_z \quad I_f < 1.45\ I_z$$

Inoltre, gli interruttori automatici magnetotermici sono coordinati con la sezione dei cavi in relazione alla lunghezza delle linee, al fine di interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi in qualsiasi punto della linea e in modo che non si raggiungano temperature pericolose che potrebbero essere causa di innesco di incendio. Tali condizioni risultano soddisfatte se è verificata la condizione:

$I^2 t < K^2 S^2$

essendo $I^2 t$ l'energia specifica passante;

K coeff. legato alla natura dell'isolante del cavo

S sezione del cavo in mm^2

METODO PER IL CALCOLO ELETTRICO

Determinazione del carico convenzionale

La determinazione del carico convenzionale si rende necessaria per poter calcolare in seguito la sezione dei conduttori e per verificare il valore della potenza contrattuale.

Il calcolo è stato eseguito considerando fattori di utilizzazione e di contemporaneità pari ad uno.

Calcolo della sezione dei cavi

La sezione dei conduttori è stata determinata adottando il criterio della massima caduta di tensione ammissibile imponendo una caduta percentuale complessiva non superiore al 4%.

Per ogni linea a valle del quadro generale di distribuzione si è imposta una caduta non superiore al 2% al fine di non superare il limite predetto.

Circuiti monofase

$$S = \rho \frac{2LI_b\ cos\varphi}{\Delta V_{max}}$$

Circuiti trifase

$$S = \rho \frac{1.73LI_b\ cos\varphi}{\Delta V_{max}}$$

con:

S la sezione del conduttore, in millimetri quadri (mmq)

ρ resistività del metallo conduttore, in ohm per millimetri quadrati diviso metri (Qmmq/m);

L la lunghezza del tronco di conduttura in esame, in metri (m);

Ib la corrente d'impiego che attraversa il tronco di conduttura in esame, in ampere (A);

cosφ il fattore di potenza nel tronco di circuito in esame;

ΔV_{max} il valore massimo della caduta di tensione ammissibile nei tronchi di circuito considerati.

Verifica caduta di tensione

La caduta di tensione è calcolabile (in Volt) con la formula approssimata:

$$\Delta V = K \frac{C_t I_b L}{1000}$$

AV = caduta di tensione [volt];

C_t = valore tabellato [K (R cosφ) + X senφ)];

Ib = corrente d'impiego della linea [ampere];

L = lunghezza della linea [metri]; 2 per linee monofasi;

K =1,73 per linee trifasi;

K =2 per linee monofasi;

R = resistenza a temperatura max di servizio [Ohm/km];

X = reattanza di fase della linea [Ohm/km],

IMPIANTO DI TERRA

L'impianto verrà realizzato con la tecnica del doppio isolamento e con l'impiego di apparecchi di illuminazione in classe II: in generale non è pertanto prevista la messa a terra delle parti componenti.

CALCOLI ILLUMINOTECNICI

I criteri di base più salienti seguiti nella progettazione illuminotecnica riguardano la funzionalità, il contenimento di consumi energetici e la rispondenza delle caratteristiche illuminotecniche degli apparecchi di illuminazione e delle sorgenti luminose alle specifiche esigenze connesse ai tipi di strade. Le lampade previste sono di tipo LED con efficienza luminosa molto alta che consente di avere dei costi di gestione per consumo di energia molto bassi.

Si adopererà un sistema di illuminazione per aree urbane in classe II, a luce indiretta, con sorgente a LED di tipo singolo o doppio installati su palo.

Gli apparecchi per l'illuminazione LED sono fondamentalmente composti da carenatura, gruppo elettrico e modulo LED; la carenatura che in genere è di metallo oltre a proteggere il modulo led e gli ausiliari elettrici ha anche la funzione di contribuire allo smaltimento del calore.

Gli apparecchi LED non hanno in genere il riflettore perché è lo stesso modulo con le relative lenti che provvede alla distribuzione del flusso luminoso e per salvaguardare la parte ottica gli apparecchi di illuminazione sono dotai di un vetro frontale di chiusura in modo da garantire un grado di protezione ipx3.

I pali di illuminazione devono rispettare le prescrizioni delle norme UNI EN 40 e devono essere marcati CE (regolamento UE 305/2011). La dimensione dei pali e delle relative mensole sono standardizzate dalla norma UNI EN 40-2 e in particolare il rapporto tra la lunghezza dello sbraccio e l’altezza del palo non deve essere superiore a ¼.

Il palo sarà di altezza fuori terra di h. = 5640 mm, composto da un palo in acciaio Fe510 UNI 10219-1 a sezioni circolari zincato a caldo secondo norma UNI EN ISO 1461, costituito da tre tronchi cilindrici aventi dimensioni, dal pezzo inferiore al pezzo superiore di 102x1900h e 89x2961h e 60x1358 mm tra di loro saldati in corrispondenza delle rastramazioni; il palo dovrà essere innestato nel terreno per 600 mm perfettamente a piombo nel plinto di fondazione. Asola di mm.186x45 mm per l'alloggio della morsettiera in classe di isolamento 2 per i collegamenti elettrici, tappo di chiusura conchiglia in alluminio, di asola di mm. 150x40 per il passaggio dei cavi elettrici all'interno, di guaina termoretraibile formata da materiali compositi (polioefinico irradiato e mastice butilico) applicato per un'altezza di mm 200 per una maggiore protezione dalla corrosione. Il palo inoltre sarà predisposto per accogliere un braccio con dei fori idonei per l'attacco e per il passaggio dei cavi d'alimentazione; nella parte terminale infine verrà collocata una cima terminale in ghisa alta 200mm decorata da due tori e una sfera, fissata alla cima del palo tramite due viti M8 in acciaio inox.

La mensola sarà formata da elementi in ghisa UNI EN 1561, ghisa sferoidale Uni EN 1563, acciaio Fe 360 UNI 10219-1. La mensola è composta da una struttura portante realizzata da parti in fusione di ghisa e parti in tubo di acciaio, assemblate e saldate tra loro; il tubo orizzontale principale lungo 100 mm e di diametro Ø 33 mm, che ha la funzione di sostegno del corpo illuminante, è dotato di un'asola per l'entrata all'interno del tubo del cavo di alimentazione. L'altro tubo verticale lungo 500 mm è collegato al tubo orizzontale tramite un raccordo a sostegno in ghisa sferoidale UNI EN 1563 di forma cubica; compreso altresì di un altro tubo curvato collegato alla mensola portante orizzontale e verticale, tramite due raccordi in ghisa sferoidale, di natura solo decorativa. La mensola è composta inoltre da una parte decorativa in fusione di alluminio alto 220 mm, avente la funzione di attacco per il corpo illuminante portato, posto nella parte terminale del tubo orizzontale tramite due viti M8 in acciaio inox; la decorazione è composta da una piccola pigna nella parte superiore ed un tubo filettato interno nella parte inferiore per la lanterna portata. Completano l'elemento due elementi in ghisa, sia decorativi che di sostegno, di forma cilindrica, necessari per l'aggancio di tutta la struttura mensola su sostegno esistente (palo) che abbia come diametro 60mm. La mensola così assemblata, a forma di "L", avrà una sporgenza di 1159 mm e un'altezza di 650 mm. La protezione delle superfici in ghisa è ottenuta con un ciclo di verniciatura a basso impatto ambientale.

Per il progetto illuminotecnico e per i requisiti di riferimento sono considerati i requisiti di quantità e qualità indicati dalle Norme UNI 11248 e Norme UNI 10819.
Sarà utilizzata una soluzione che prevede l'installazione di apparecchi singoli di potenza pari a 55 W, montati su uno sbraccio su palo (elementi descritti in precedenza) con disposizione a quinconce (si veda verifica illuminotecnica allegata).

Descrizione tecnica apparecchi

L'apparecchio di illuminazione previsto è una lanterna artistica tipo NERI o simile a tecnologia LED modello PN804L o equivalente, realizzata in pressofusione di alluminio (UNI EN 1706), avente come dimensioni 710x445x445mm, massa pari a 9,2 kg, con area esposta al vento di 0,102 mq.
L'apparecchio è realizzato in classe di isolamento 2, conforme alle Norme EN 60598-1-2-3, EN 62031, EN 55015, EN 61547 EMC, EN 61000-3-2/3, EN 62471.
La piastra interna a tecnologia LED ha le seguenti caratteristiche:
* Flusso effettivo 6000 lm
* Potenza effettiva 53,7w
* Temperatura di colore 3000°K
* Efficienza sistema 112 lm/w
* Ottica asimmetrica stradale
* Indice di resa cromatica: Ra>70

* Lenti rifrattive 2x2 in PMMA

* Rischio fotobiologico (EN62471): RG0 rischio assente.

L'alimentazione è di tipo elettronico, programmabile per la riduzione di potenza, protezione da corto circuito, da sovra-temperature e da sovra-tensioni fino a 10 Kv, durata stimata B10 a 100.000h; sezionatore automatico di linea elettronica all'apertura, morsettiera per cavi con sezione max 2,5 mm^2; in opera con ogni altro onere

CONFRONTO ECONOMICO RELATIVI ALL'UTILIZZO DI APPARECCHI LED ATTI AL CONSEGUIMENTO DI RISPARMIO ENERGETICO, OTTIMIZZAZIONE DEI LIVELLI DI ILLUMINAMENTO E RIDUZIONE DEGLI ONERI DI MANUTENZIONE

I principali pregi degli apparecchi LED

- efficienza luminosa elevata
- accensione immediata
- funzionamento anche a basse temperature senza riduzione del flusso
- l'alimentazione tramite alimentatori elettronici consente di risolvere i problemi legati alla caduta di tensione negli impianti estesi; gli alimentatori consentono infatti agli apparecchi di illuminazione di operare in un ampio intervallo di tensione in ingresso (es. 160-240 V) mentre l'alimentatore mantiene la tensione e/o la corrente di uscita costante (valore di uscita delle grandezze stabilito dal costruttore)
- consentono regolazione del flusso tramite protocollo DALI, installabile in un secondo momento.

Il risparmio ottenibile dall'utilizzo di apparecchi LED può essere riassunto del fatto di assicurare prestazioni elevate paragonabili ad altre tecnologie con potenza installata notevolmente ridotta.
L'utilizzo di apparecchiature LED la cui vita media può essere stimata prudenzialmente in 50000 h ma che teoricamente può oscillare tra 80000-150000 h, consente anche un risparmio sui costi manutentivi notevole
L'utilizzo di apparecchiature LED quindi permette un risparmio stimabile, considerando sia il risparmio energetico derivante dalle minori potenze elettriche impegnate e la riduzione della manutenzione a seguito della vita utile notevolmente maggiore, in circa € 10.000,00

CALCOLO ESEGUITO

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 *Ib* vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

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

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

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

La potenza di dimensionamento *Pd* 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 (□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 (□Q_d a valle).
Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

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

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 *Ib*, 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 *Iz* 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).

Im 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 *Iz* 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 *If* e corrente nominale In minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. 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.

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 sopraccitati 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

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 allumino, 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:

$$S_f < 16mm^2: \quad S_n = S_f$$
$$16 \le S_f \le 35mm^2: \quad S_n = 16mm^2$$
$$S_f > 35mm^2: \quad S_n = S_f/2$$

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.

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:

$$\begin{array}{ll} S_f < 16mm^2: & S_{PE} = S_f \\ 16 \le S_f \le 35mm^2: & S_{PE} = 16mm^2 \\ S_f > 35mm^2: & S_{PE} = S_f / 2 \end{array}$$

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:

- Sp è la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- 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:

- 2,5 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² o 16 mm² 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:

- 25 mm², se in rame;
- 35 mm², se in alluminio;

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:

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

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

espresse 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.

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:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left(R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot sin\varphi\right) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- *kcdt=2* per sistemi monofase;
- *kcdt=1.73* per sistemi trifase.

I parametri *Rcavo* e *Xcavo* 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(Ib)* è la caduta di tensione alla corrente *Ib* e calcolata analogamente alla *cdt(Ib)*.
Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

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

.

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.

Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.
Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.
Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.
I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).

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

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

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

$$
\begin{array}{ll}
50 < I_{cctrif} & \cos\phi_{cc} = 0.2 \\
20 < I_{cctrif} \le 50 & \cos\phi_{cc} = 0.25 \\
10 < I_{cctrif} \le 20 & \cos\phi_{cc} = 0.3 \\
6 < I_{cctrif} \le 10 & \cos\phi_{cc} = 0.5 \\
4.5 < I_{cctrif} \le 6 & \cos\phi_{cc} = 0.7 \\
3 < I_{cctrif} \le 4.5 & \cos\phi_{cc} = 0.8 \\
1.5 < I_{cctrif} \le 3 & \cos\phi_{cc} = 0.9 \\
I_{cctrif} \le 1.5 & \cos\phi_{cc} = 0.95
\end{array}
$$

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

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

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in m□:

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

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase *Ik1*, 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 $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos\varphi_{cc}$, cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

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

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

Fattore di correzione per trasformatori, CEI 11-25 (3.3.3)

Per i trasformatori con verso di potenza positiva, a due avvolgimenti con e senza variazione sotto carico, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza KT tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$
$$Z_{otK} = K_T \cdot Z_{ot}$$
$$K_T = 0{,}95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0{,}6 \cdot x_T}$$

dove

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza relativa del trasformatore e Cmax è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.
Tale fattore deve essere applicato sia alla impedenza diretta che a quelle omopolari.
Non va applicato agli autotrasformatori.

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.

Calcolo delle correnti massime di cortocircuito
Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione *Cmax*;
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 35023-2009 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in m□risulta:

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

dove □T 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:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$
$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$
$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze $R_{dvavoNeutro}$ 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:

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$
$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

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

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

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

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$
$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$
$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$
$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$
$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$
$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

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 m□) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutr\,omin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\left(2 \cdot R_d + R_{0Neutro}\right)^2 + \left(2 \cdot X_d + X_{0Neutro}\right)^2}$$

Fase terra:

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

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:

$$I_{k\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\min}}$$
$$I_{k1Neutr\,omax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\,omin}}$$
$$I_{k1PE\max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\min}}$$
$$I_{k2\max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\min}}$$

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

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k\max}$$

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr\,omax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE\max}$$

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

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, *Ip* 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.

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:

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

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

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

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_{k1min} e fase terra , espresse in kA:

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

$$I_{k1Neutr\,\mathrm{om}in} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\,\mathrm{om}ax}}$$

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

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

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*).

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:
   - *Iccmin*≥*Iinters min* (quest'ultima riportata nella norma come *Ia*);

- *Iccmax* ≤ *Iinters max* (quest'ultima riportata nella norma come *Ib*).

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
   - Iccmin ≥ Iinters min.

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
   - Icc max ≤ Iinters 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 *Iz* 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.

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 Ia 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.

Riferimenti normativi

Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- 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-carring 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.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

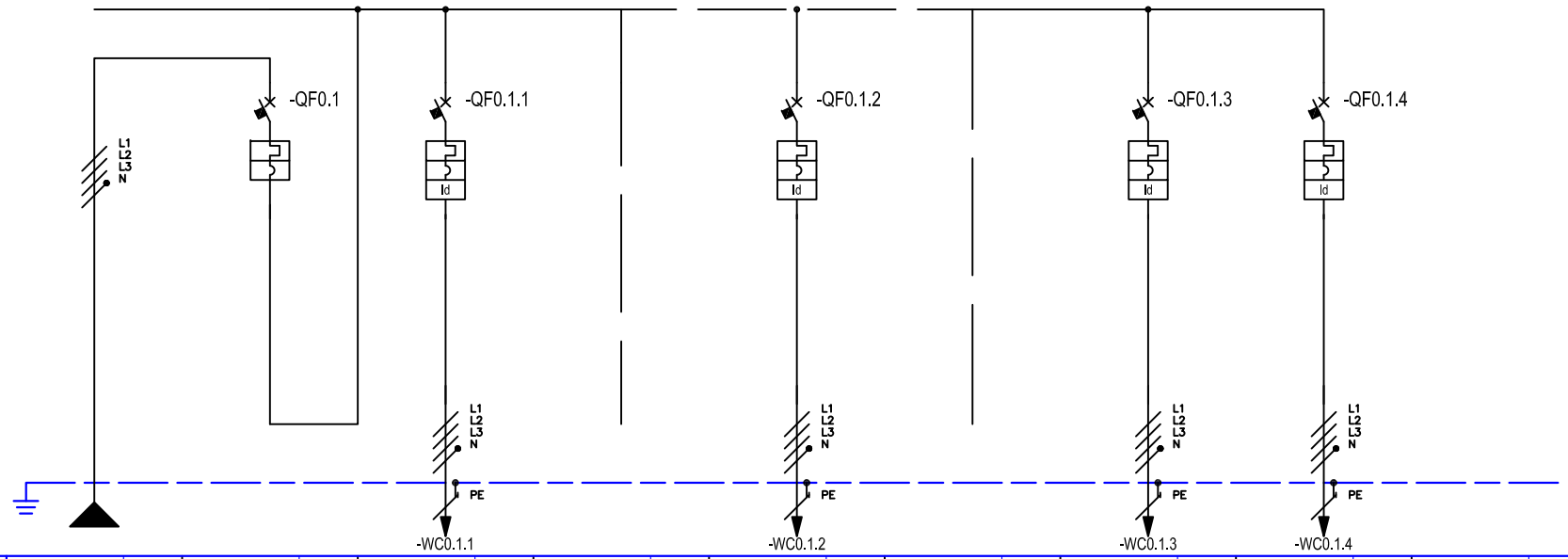
Norme di riferimento per la Media tensione

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-1 IXa Ed. 1999: Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia

elettrica

- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 11-35 IIa Ed. 2004: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV

SCHEMA UNIFILARE



* Selettività

** Filiazione (valore in kA)

NUMERAZIONE MORSETTI

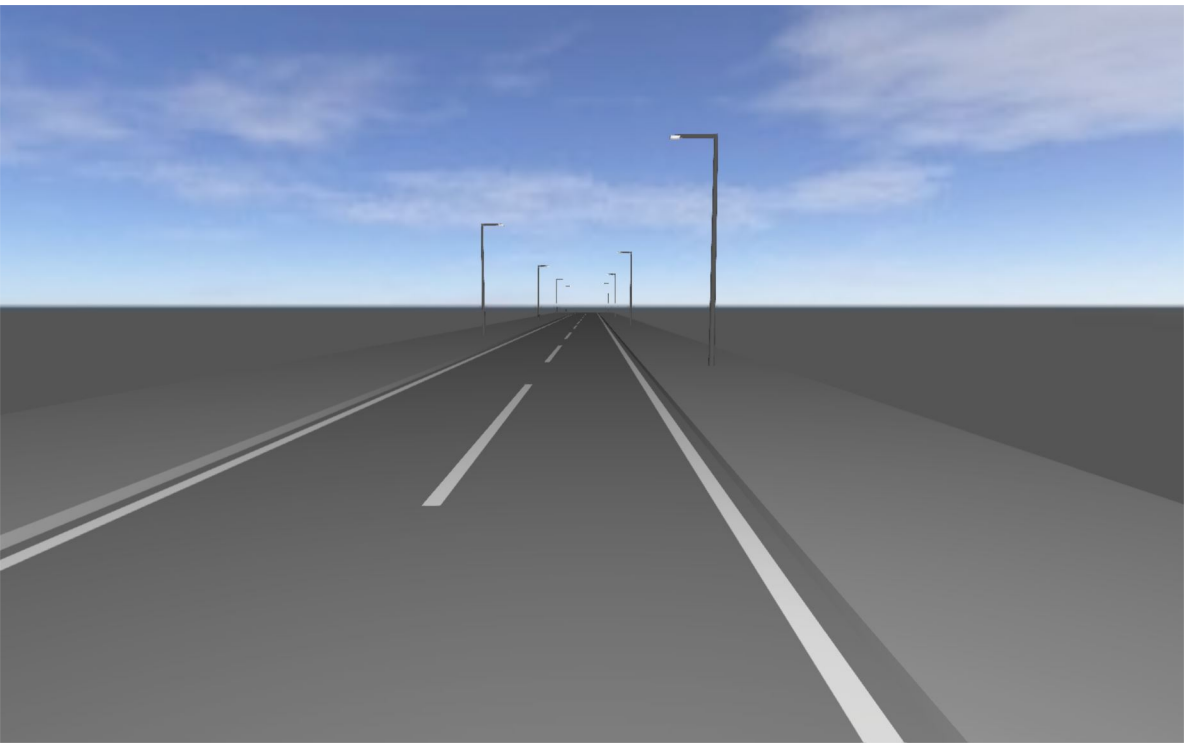
RIF. QUADRO [Q0]			1	2	3	4	5	6	7	8	9
NUMERAZIONE CIRCUITO	DISTRIBUZIONE		L1L2L3NPE	1	2 L1L2L3NPE		L1L2L3NPE		L1L2L3NPE	L1L2L3NPE	
DESCRIZIONE CIRCUITO			Generale	Generale	Altre utenze	Altre utenze	Altre utenze	Altre utenze	Illuminazione circuito 1	Illuminazione circuito 2	
TIPO APPARECCHIO											
INTERRUTTORE	Icu [kA] / Icn [A]			10	10		10		10	10	
Icu - CEI EN 60947-2	N. POLI	In [A]		3P+N	3P+N		3P+N		3P+N 10	3P+N 10	
Icn - CEI EN 60898-1	CURVA/SGANCIATORE			C	C		C		C	C	
	Ir [A]	tr [s]							10	10	
	Isd [A]	tsd [s]							100	100	
	Ii [A]										
	Ig [A]	tg [s]									
DIFFERENZIALE	TIPO	CLASSE			Vigi AC		Vigi AC		Vigi AC	Vigi AC	
	Idn [A]	tdn [ms]			0,03 Istantaneo		0,03 Istantaneo		0,03 Istantaneo	0,03 Istantaneo	
CONTATTORE	TIPO	CLASSE									
TELERUTTORE	BOBINA [V] N. POLI	In [A]									
TERMICO	TIPO	Irth [A]									
FUSIBILE	N. POLI	In [A]									
ALTRE APP.	TIPO	MODELLO									
CONDUTTURA	TIPO ISOLAMENTO	POSA	EPR 11		EPR 11		EPR 11		EPR 61	EPR 61	
	SEZIONE FASE-N-PE/PEN [mmq]								1x6 1x6 1x6	1x6 1x6 1x6	
	Ib [A]	Iz [A]	3,1 135		0 24		0 24		1,5 34,8	1,5 34,8	
	Un [V]	P [kW]	400 2	2	400		400		400 1	400 1	
FONDO LINEA	Icc min [kA]	Icc max [kA]	7,5 9,8		3,1 7,5		3,1 7,5		0 0,1	0 0,1	
	LUNGHEZZA [m]	dV TOTALE [%]	1 0		1 0		1 0		850 2	850 2	
NOTE			FG16R16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3		FG16R16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3		FG16R16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3		FG16OR16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3	FG16OR16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3	

CLIENTE	PROGETTO -	FILE	
	ARCHIVIO -	DATA 03/2021	REVISIONE R0.0
	DISEGNATORE -	PAGINA 3	SEGUE
IMPIANTO Illuminazione Viale Margherita		TAVOLA	

VERIFICA ILLUMINOTECNICA

Data 03/2021

DIALux

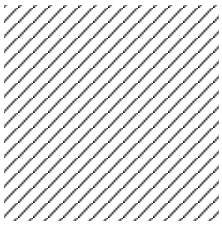


COMUNE DI VIZZINI - VIALE MARGHERITA

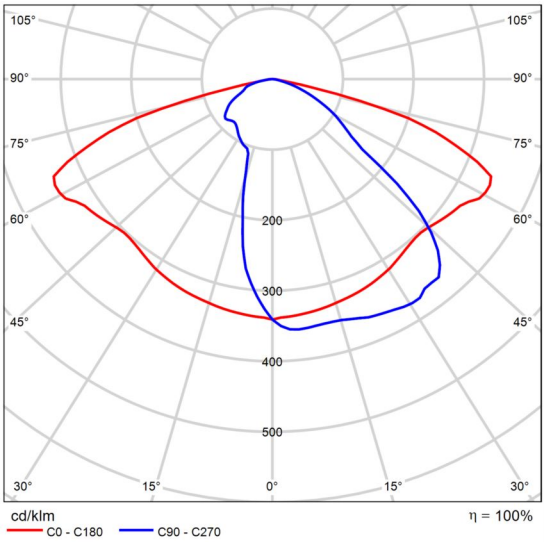
Created with DIALux

Scheda tecnica prodotto

Neri RNC20L Tra



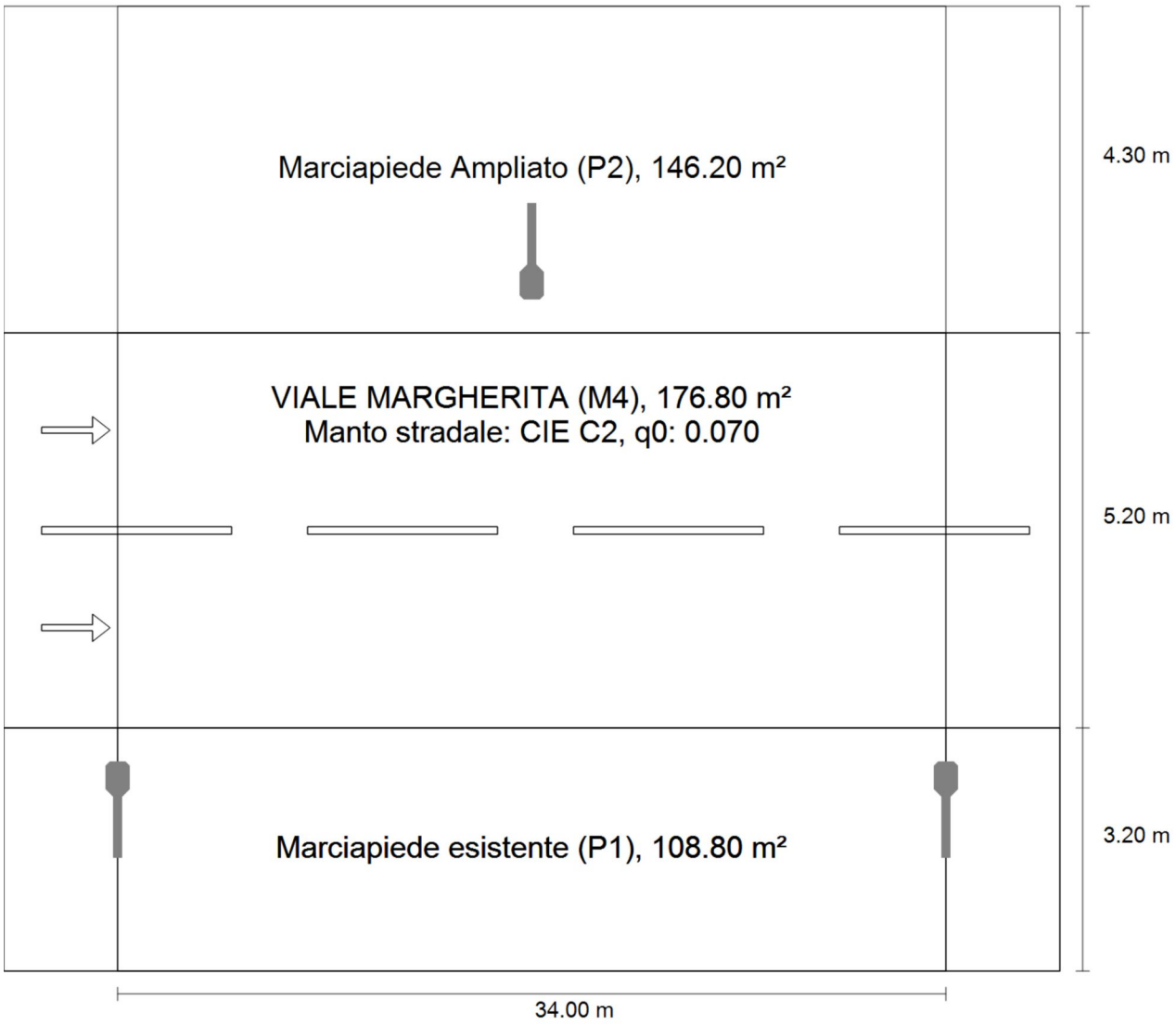
Articolo No.	6000lm 730 Type III A
P	49.0 W
$\Phi_{Lampadina}$	6000 lm
$\Phi_{Lampada}$	5999 lm
η	99.98 %
Efficienza	122.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	70



CDL polare

VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

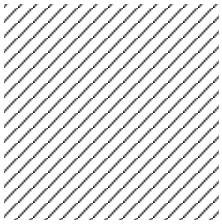
Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

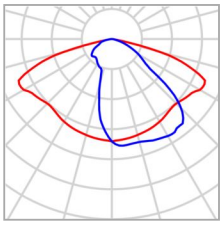


DIALux

VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)



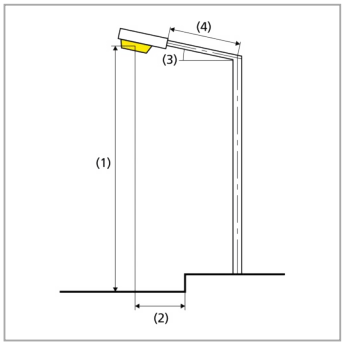


Produttore	Neri
Articolo No.	6000lm 730 Type III A
Nome articolo	RNC20L Tra
Dotazione	1x LED 730

P	49.0 W
$\Phi_{Lampadina}$	6000 lm
$\Phi_{Lampada}$	5999 lm
η	99.98 %

RNC20L Tra (su entrambi i lati sfasata)

Distanza pali	34.000 m
(1) Altezza fuochi	5.620 m
(2) Distanza fuochi	-0.700 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	1.000 m
Ore di esercizio annuali	4200 h: 100.0 %, 49.0 W
Consumo	2842.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminose Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	≥ 70°: 471 cd/klm ≥ 80°: 49.4 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Classe intensità luminose I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.	G*4
Classe indici di abbagliamento	D.5



VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Risultati per i campi di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Marciapiede Ampliato (P2)	E_m	13.90 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	4.10 lx	≥ 2.00 lx	✓
VIALE MARGHERITA	L_m	1.67 cd/m²	≥ 0.75 cd/m²	✓
	U_o	0.66	≥ 0.40	✓
	U_l	0.60	≥ 0.60	✓
	TI	10 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.68	-	-
Marciapiede esistente (P1)	E_m	16.77 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	E_{min}	5.27 lx	≥ 3.00 lx	✓

(1) Informazione, non fa parte della valutazione

Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.85.

Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

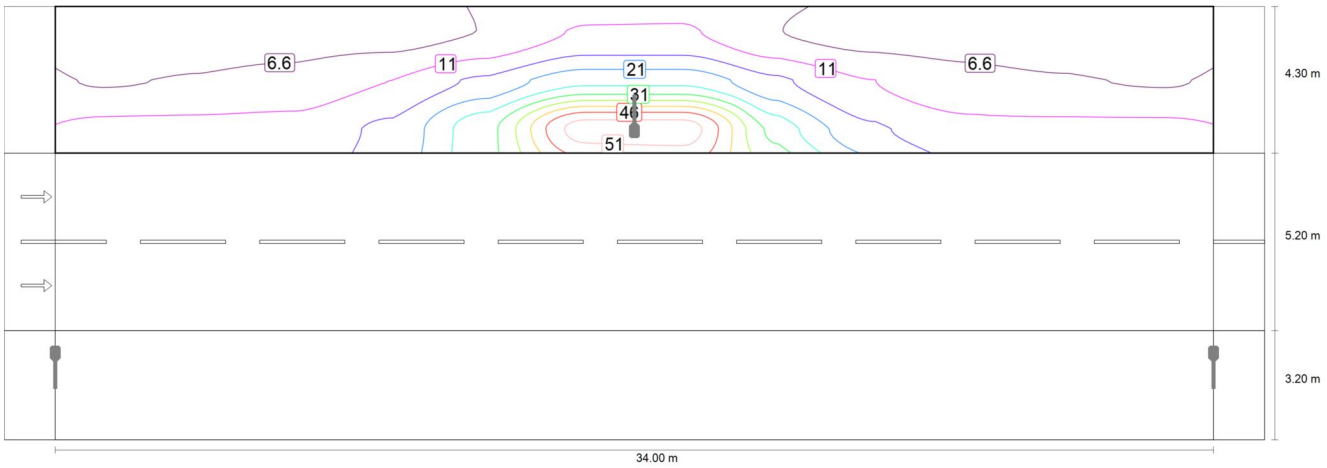
	Unità	Calcolato	Consumo
VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce	D_p	0.011 W/lx*m²	-
RNC20L Tra (su entrambi i lati sfasata)	D_e	1.0 kWh/m² anno,	411.6 kWh/anno

VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

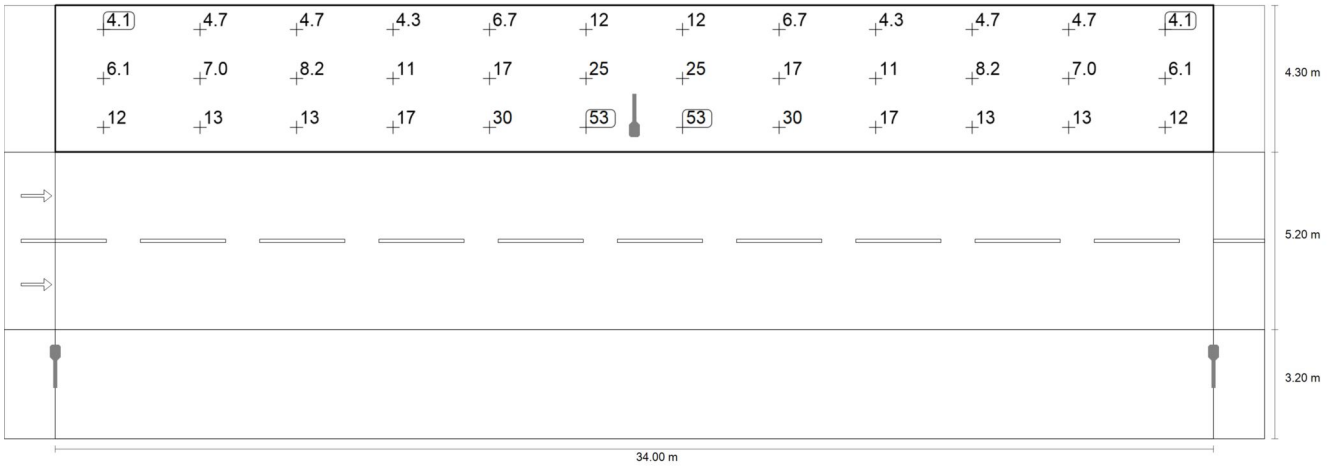
Marciapiede Ampliato (P2)

Risultati per campo di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Marciapiede Ampliato (P2)	E_m	13.90 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	4.10 lx	≥ 2.00 lx	✓



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Curve isolux)



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Raster dei valori)

m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
11.983	4.10	4.67	4.74	4.34	6.69	11.96	11.96	6.69	4.34	4.74	4.67	4.10
10.550	6.13	6.99	8.16	11.48	17.41	25.09	25.09	17.41	11.48	8.16	6.99	6.13
9.117	12.45	12.59	13.15	17.40	29.59	53.32	53.32	29.59	17.40	13.15	12.59	12.45

Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Tabella valori)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valore di manutenzione illuminamento orizzontale	13.9 lx	4.10 lx	53.3 lx	0.295	0.077

VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

VIALE MARGHERITA

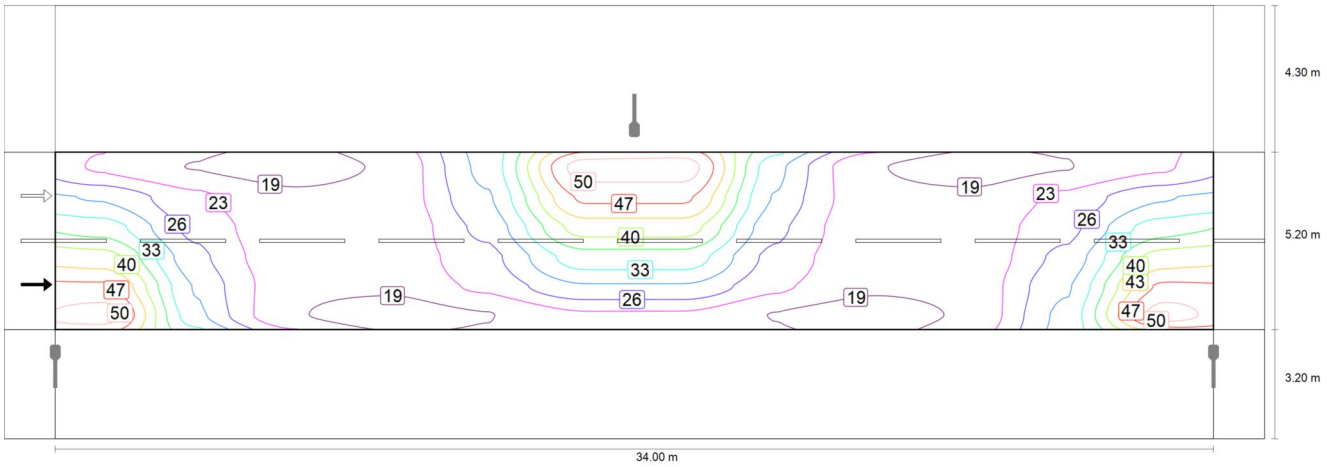
Risultati per campo di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
VIALE MARGHERITA	L_m	1.67 cd/m²	≥ 0.75 cd/m²	✓
	U_o	0.66	≥ 0.40	✓
	U_l	0.60	≥ 0.60	✓
	TI	10 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}(1)	0.68	-	-

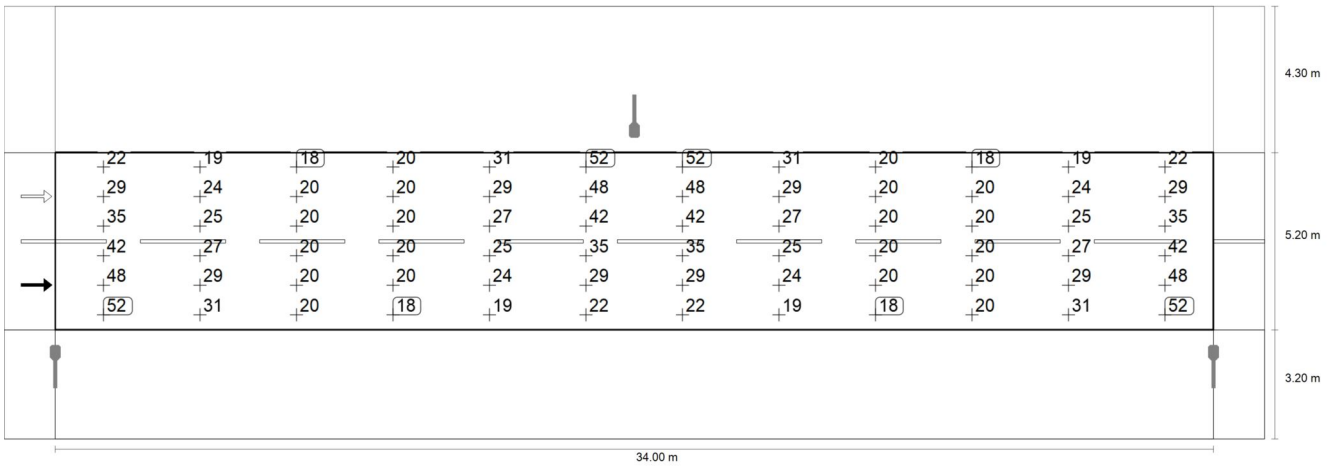
Risultati per osservatore

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Osservatore 1 Posizione: -60.000 m, 4.500 m, 1.500 m	L_m	1.68 cd/m²	≥ 0.75 cd/m²	✓
	U_o	0.67	≥ 0.40	✓
	U_l	0.60	≥ 0.60	✓
	TI	10 %	≤ 15 %	✓
Osservatore 2 Posizione: -60.000 m, 7.100 m, 1.500 m	L_m	1.67 cd/m²	≥ 0.75 cd/m²	✓
	U_o	0.66	≥ 0.40	✓
	U_l	0.60	≥ 0.60	✓
	TI	10 %	≤ 15 %	✓

(1) Informazione, non fa parte della valutazione



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Curve isolux)

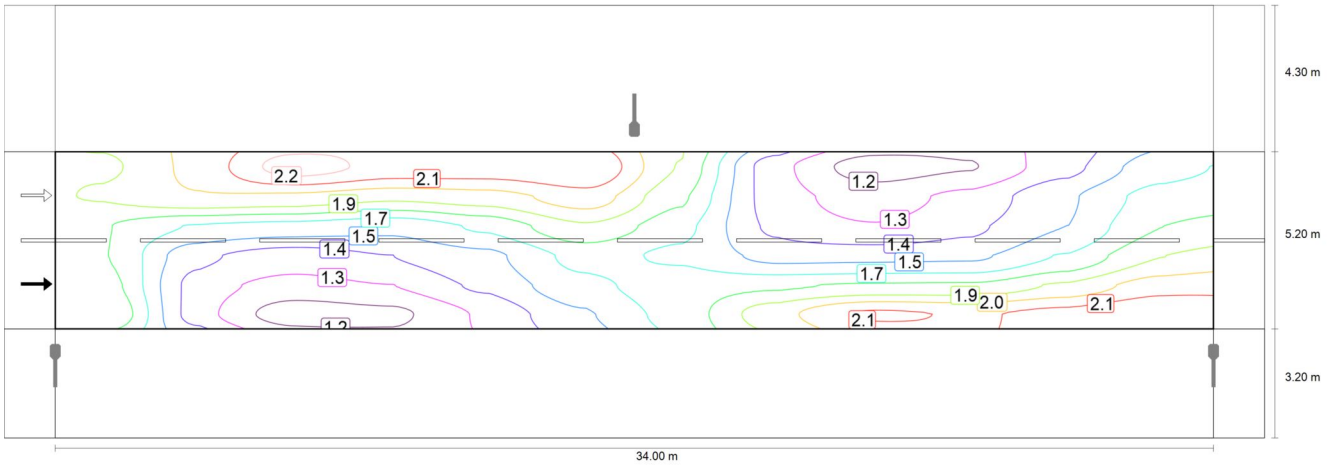


Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Raster dei valori)

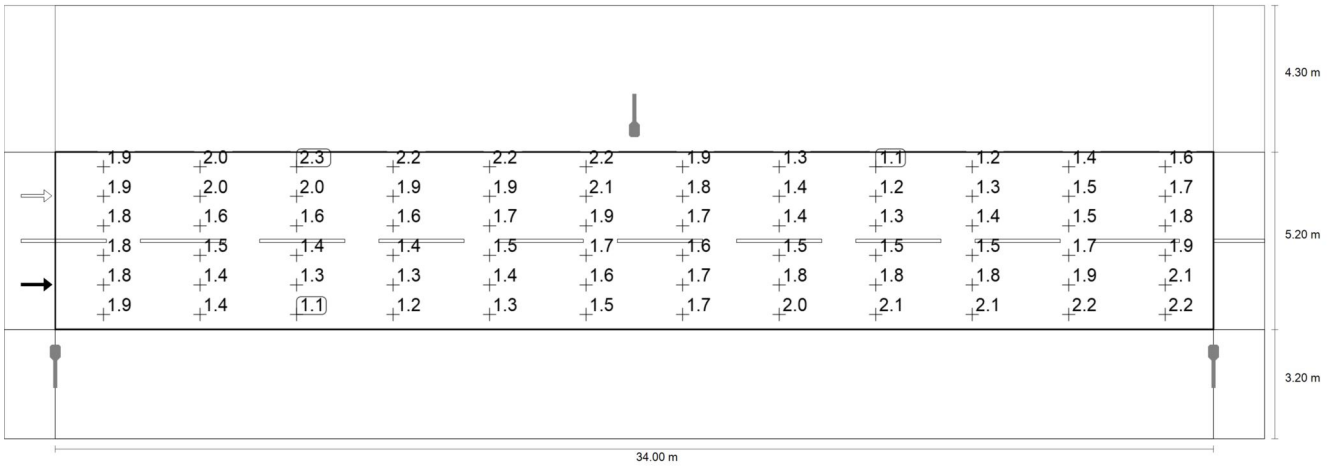
m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
7.967	22.24	19.15	17.55	19.73	30.63	52.12	52.12	30.63	19.73	17.55	19.15	22.24
7.100	29.33	23.53	19.98	20.49	29.24	47.54	47.54	29.24	20.49	19.98	23.53	29.33
6.233	35.00	25.11	20.40	20.13	27.20	41.53	41.53	27.20	20.13	20.40	25.11	35.00
5.367	41.53	27.20	20.13	20.40	25.11	35.00	35.00	25.11	20.40	20.13	27.20	41.53
4.500	47.54	29.24	20.49	19.98	23.53	29.33	29.33	23.53	19.98	20.49	29.24	47.54
3.633	52.12	30.63	19.73	17.55	19.15	22.24	22.24	19.15	17.55	19.73	30.63	52.12

Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Tabella valori)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valore di manutenzione illuminamento orizzontale	27.8 lx	17.6 lx	52.1 lx	0.631	0.337



Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Curve isolux)

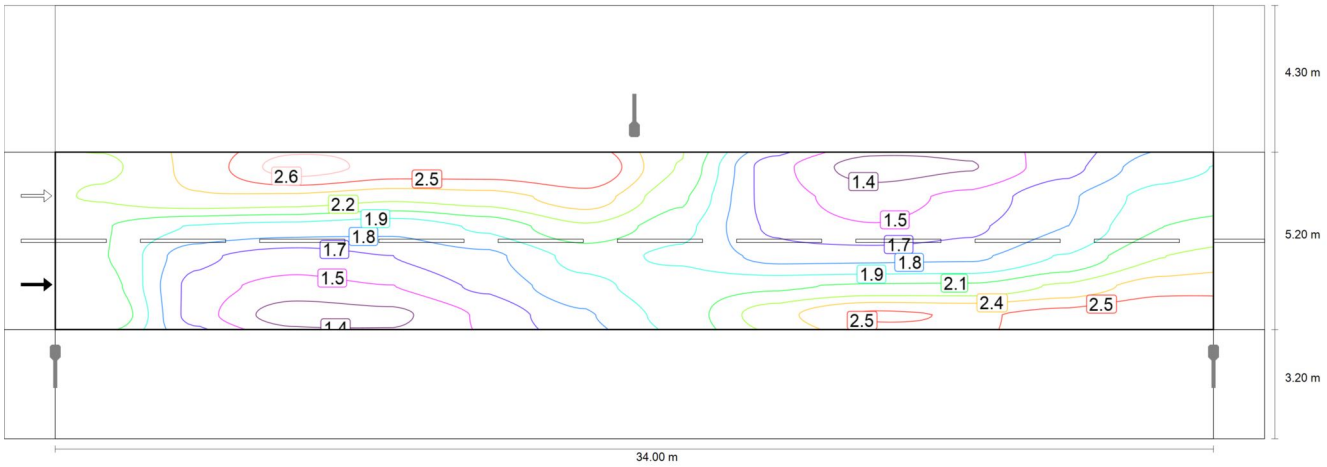


Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Raster dei valori)

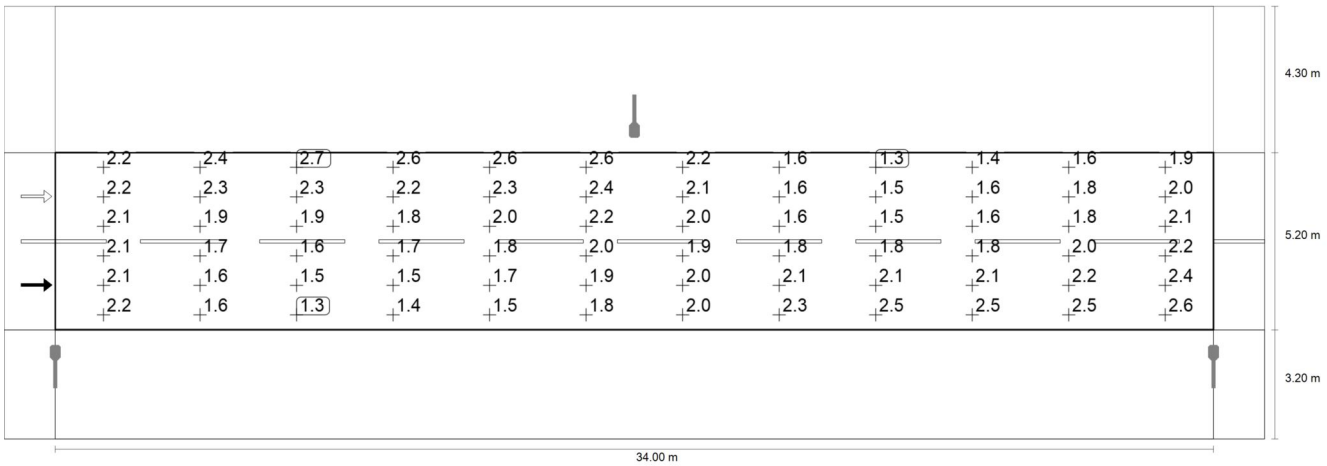
m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
7.967	1.87	2.04	2.30	2.20	2.19	2.24	1.88	1.35	1.13	1.17	1.37	1.61
7.100	1.90	1.99	1.97	1.91	1.95	2.07	1.80	1.36	1.25	1.33	1.51	1.70
6.233	1.78	1.64	1.60	1.57	1.68	1.87	1.69	1.39	1.31	1.39	1.54	1.77
5.367	1.78	1.45	1.35	1.42	1.51	1.69	1.63	1.50	1.51	1.52	1.66	1.89
4.500	1.82	1.37	1.25	1.30	1.44	1.61	1.71	1.75	1.79	1.79	1.91	2.07
3.633	1.89	1.36	1.12	1.15	1.32	1.52	1.69	1.96	2.14	2.12	2.16	2.24

Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Tabella valori)

	L_m	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta	1.68 cd/m²	1.12 cd/m²	2.30 cd/m²	0.669	0.487



Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Curve isolux)

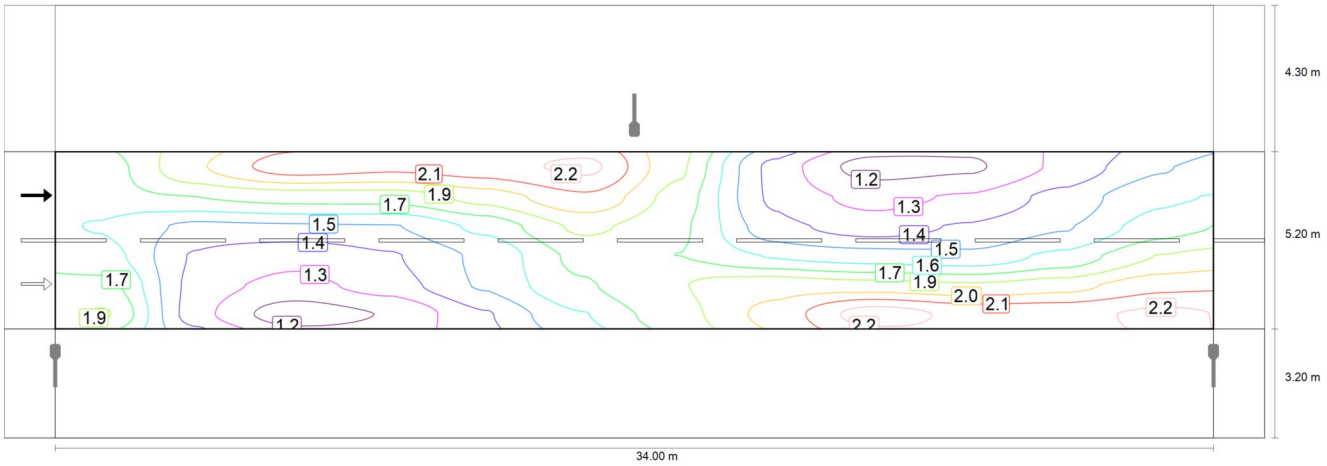


Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Raster dei valori)

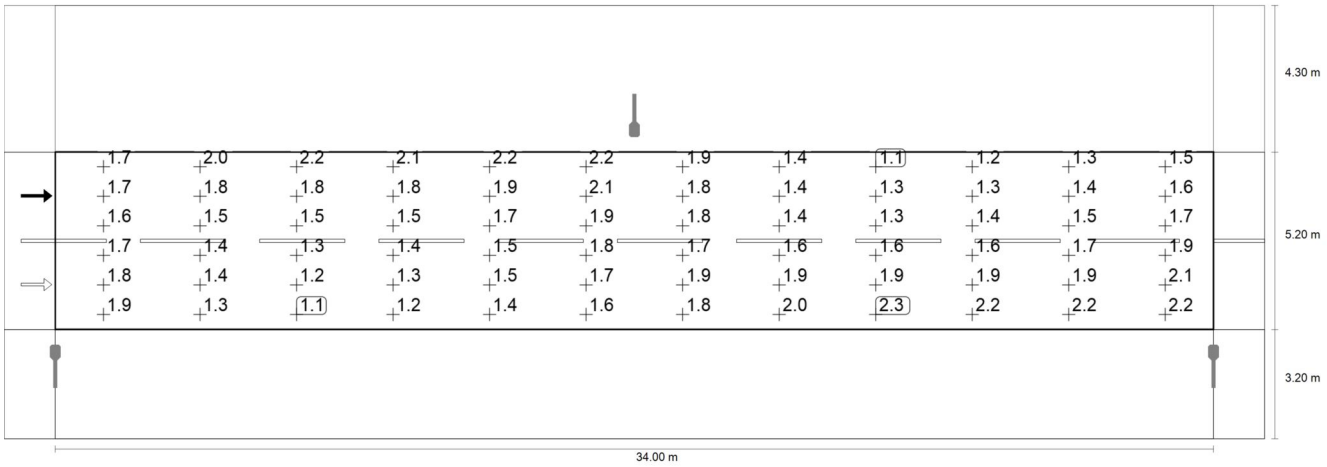
m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
7.967	2.20	2.40	2.71	2.59	2.58	2.63	2.21	1.59	1.32	1.38	1.61	1.89
7.100	2.24	2.35	2.32	2.25	2.29	2.43	2.11	1.60	1.47	1.57	1.78	2.00
6.233	2.09	1.93	1.89	1.84	1.97	2.20	1.99	1.64	1.54	1.64	1.81	2.08
5.367	2.09	1.71	1.59	1.67	1.77	1.99	1.92	1.76	1.77	1.78	1.96	2.22
4.500	2.14	1.62	1.47	1.53	1.70	1.90	2.01	2.06	2.10	2.11	2.25	2.44
3.633	2.22	1.60	1.32	1.36	1.55	1.78	1.99	2.31	2.52	2.49	2.54	2.64

Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Tabella valori)

	L_m	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione	1.97 cd/m²	1.32 cd/m²	2.71 cd/m²	0.669	0.487



Osservatore 2: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Curve isolux)

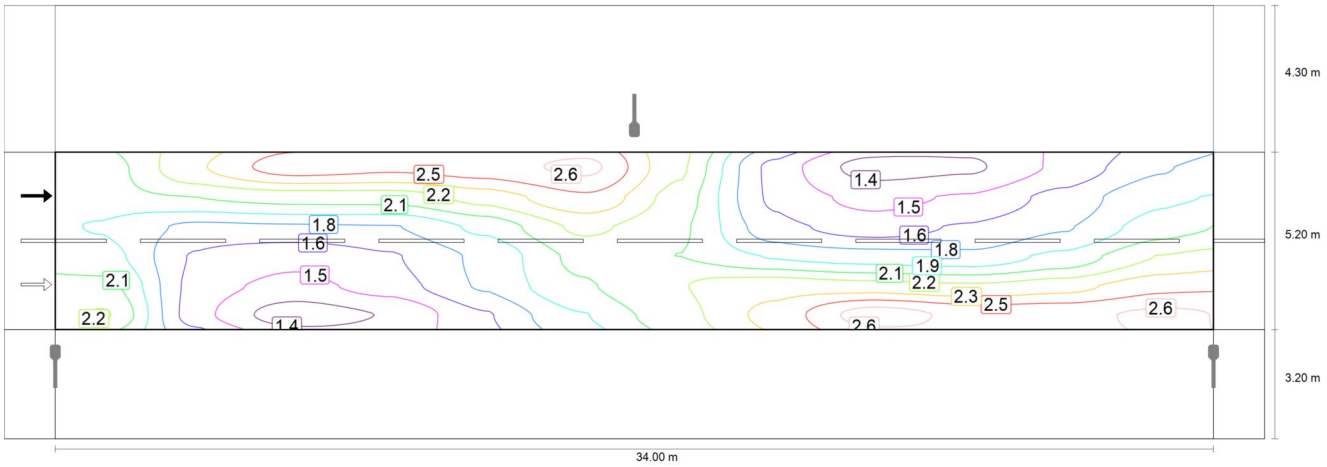


Osservatore 2: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Raster dei valori)

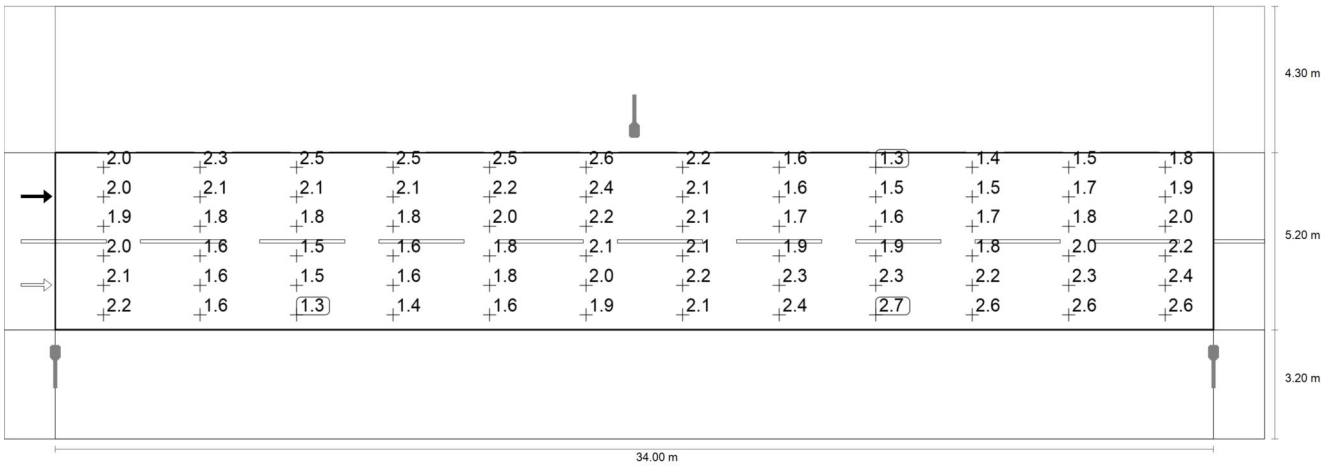
m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
7.967	1.70	1.97	2.16	2.12	2.16	2.24	1.89	1.36	1.12	1.15	1.31	1.51
7.100	1.71	1.75	1.79	1.79	1.91	2.07	1.82	1.37	1.25	1.30	1.44	1.61
6.233	1.63	1.49	1.50	1.51	1.66	1.89	1.77	1.45	1.35	1.41	1.51	1.70
5.367	1.68	1.39	1.31	1.39	1.54	1.78	1.75	1.62	1.58	1.56	1.67	1.87
4.500	1.79	1.36	1.25	1.34	1.53	1.73	1.86	1.94	1.92	1.89	1.94	2.07
3.633	1.88	1.33	1.11	1.17	1.39	1.63	1.81	2.02	2.27	2.18	2.19	2.24

Osservatore 2: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m²] (Tabella valori)

	L_m	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Osservatore 2: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta	1.67 cd/m²	1.11 cd/m²	2.27 cd/m²	0.664	0.488



Osservatore 2: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Curve isolux)



Osservatore 2: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Raster dei valori)

m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
7.967	2.00	2.31	2.54	2.49	2.54	2.64	2.22	1.61	1.32	1.36	1.54	1.77
7.100	2.01	2.06	2.10	2.11	2.25	2.44	2.14	1.62	1.47	1.53	1.70	1.90
6.233	1.91	1.75	1.76	1.78	1.96	2.22	2.08	1.70	1.59	1.66	1.77	1.99
5.367	1.98	1.63	1.54	1.63	1.81	2.10	2.06	1.91	1.86	1.83	1.97	2.20
4.500	2.10	1.60	1.47	1.58	1.80	2.04	2.19	2.29	2.26	2.22	2.28	2.43
3.633	2.21	1.57	1.30	1.38	1.64	1.91	2.13	2.37	2.67	2.56	2.57	2.63

Osservatore 2: Luminanza per nuova installazione [cd/m²] (Tabella valori)

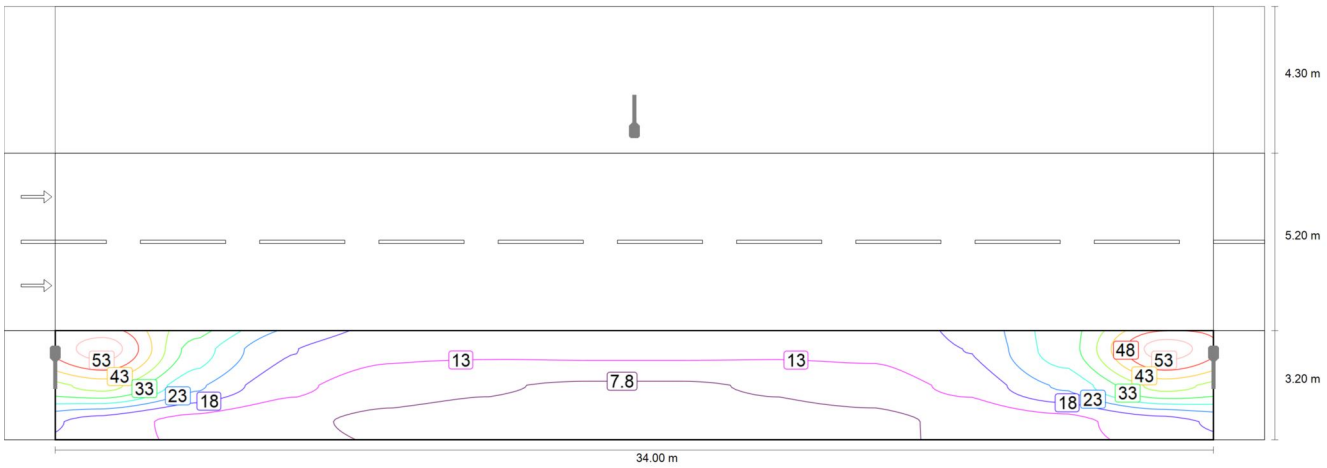
	L_m	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Osservatore 2: Luminanza per nuova installazione	1.97 cd/m²	1.30 cd/m²	2.67 cd/m²	0.664	0.488

VIALE MARGHERITA - Installazione Quinconce

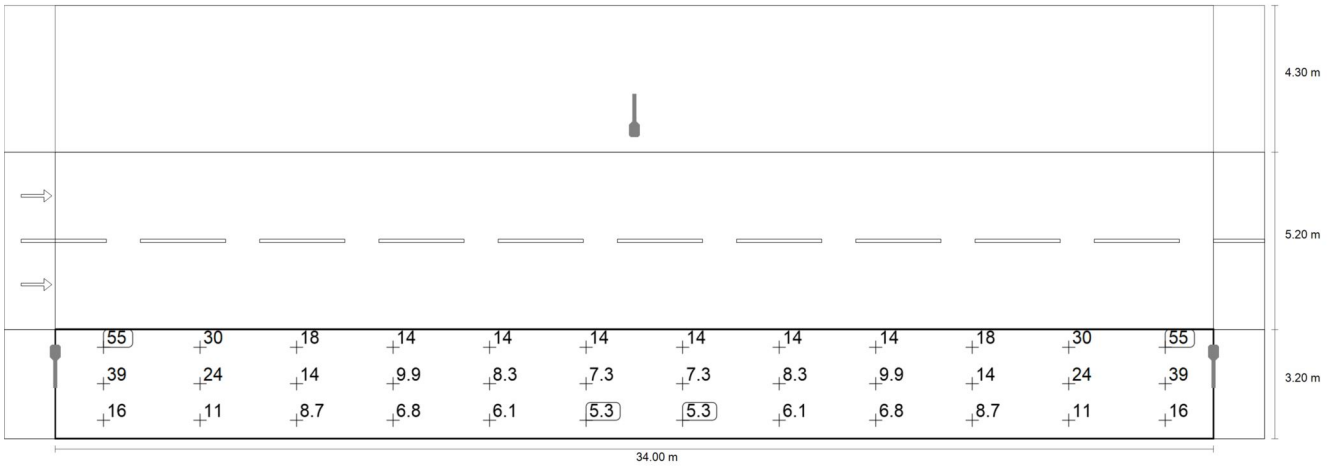
Marciapiede esistente (P1)

Risultati per campo di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Marciapiede esistente (P1)	E_m	16.77 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	E_{min}	5.27 lx	≥ 3.00 lx	✓



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Curve isolux)



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Raster dei valori)

m	1.417	4.250	7.083	9.917	12.750	15.583	18.417	21.250	24.083	26.917	29.750	32.583
2.667	55.24	30.39	17.89	13.85	13.75	14.23	14.23	13.75	13.85	17.89	30.39	55.24
1.600	39.45	23.57	14.13	9.92	8.28	7.27	7.27	8.28	9.92	14.13	23.57	39.45
0.533	15.74	11.31	8.73	6.77	6.12	5.27	5.27	6.12	6.77	8.73	11.31	15.74

Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Tabella valori)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valore di manutenzione illuminamento orizzontale	16.8 lx	5.27 lx	55.2 lx	0.314	0.095