

## AUTOSTRADA (A1) : MILANO – NAPOLI

### AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA DEL TRATTO MILANO SUD (Tang. Ovest) – LODI

### PROGETTO ESECUTIVO

#### IT – INTERVENTI PER IL TERRITORIO

POTENZIAMENTO VIA S. LUCIO

NUOVA ROTATORIA SU VIA MATTEOTTI

Impianti elettromeccanici

#### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Federica Luciani  
Ord. Ingg. Roma n.26460  
**RESPONSABILE OPERE  
TECNOLOGICHE**

#### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesca Di Noto  
Ord. Ingg. Milano N. 30472

#### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496  
**PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

#### CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO					Ordinatore:							
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA			Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00						
1	19959	LL00	PE	ITL	04	R	0003	0	0	0	0	R	O	P	T	0	1	25	-	0	SCALA: -

 <b>gruppo Atlantia</b>	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
	Ing. Ilaria Lavander Ord. Ingg. Milano N. 29830				n.	data
	REDATTO:		VERIFICATO:		0	NOVEMBRE 2017
	-		-		1	-
	-		-		2	-
-		-		3	-	
-		-		4	-	

#### VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Stefano Storoni

#### VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI E IL PERSONALE  
STRUTTURALE E VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE GENERALI .....</b>	<b>3</b>
2.1	PRESCRIZIONI ALLE NORME CEI 64.8 – SEZ. 714 .....	7
<b>3</b>	<b>IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA.....</b>	<b>9</b>
3.1	PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE .....	9
3.2	CARATTERISTICHE GENERALI DI UNA BUONA ILLUMINAZIONE.....	19
<b>4</b>	<b>DISTRIBUZIONE ELETTRICA IMPIANTO .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CALCOLI ILLUMINOTECNICI .....</b>	<b>24</b>
5.1	CLASSIFICAZIONE DELLE INTERSEZIONI IN FUNZIONE ALLA VIABILITÀ (UNI 11248) .....	25
<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE .....</b>	<b>26</b>
6.1	OGGETTO DELLA SPECIFICA .....	26
6.2	RISPONDEZZA A NORME TECNICHE .....	26
6.3	AMBIENTE DI INSTALLAZIONE E CARATTERISTICHE.....	26
6.4	DATI TECNICI .....	26
6.5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	27
6.6	POTENZA INSTALLATA - CARICO ELETTRICO.....	28
6.7	POSA APPARECCHI ILLUMINANTI - PLINTI.....	29
<b>7</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>30</b>
7.1	CALCOLI ILLUMINOTECNICI ROTATORIA.....	30
7.2	DIMENSIONAMENTO CONDUTTORI ELETTRICI ILLUMINAZIONE PUBBLICA.....	30

## 1      **PREMESSA**

Il presente documento è parte integrante del progetto esecutivo degli impianti elettrici di illuminazione pubblica previsti nell'ambito delle opere degli interventi per il territorio a seguito dell' "Ampliamento alla quarta corsia del tratto Milano Sud (Tangenziale Ovest) - Lodi.

Nei paragrafi successivi, con riferimento anche agli elaborati grafici allegati al progetto, sono riportati i calcoli illuminotecnici degli impianti di illuminazione previsti e il dimensionamento delle linee elettriche riferite al "Potenziamento Via San Lucio - Nuova rotatoria su Via Matteotti" (Lotto L04 - Rotatoria RO003).

Le predisposizioni impiantistiche sopra citate comprendono anche l'esecuzione delle opere civili a corredo e la fornitura e posa in opera dei materiali necessari alla realizzazione delle stesse.

L'obiettivo principale per il quale si dimensiona l'impianto di illuminazione di una strada è quello di assicurare a chi li percorre, durante le ore serali e notturne, un senso di sicurezza e di comfort.

Ciò si ottiene quando l'illuminazione rende possibile al conducente di una autovettura una corretta verifica del tracciato che si appresta a percorrere ed una veloce identificazione di eventuali pericoli od ostacoli che dovessero trovarsi lungo la carreggiata con particolare riferimento agli attraversamenti pedonali e/o alle aree di conflitto.

Le caratteristiche fotometriche considerate importanti in un impianto di illuminazione pubblica stradale sono le seguenti:

- livello di luminanza sulla strada;
- uniformità nella distribuzione della luminanza sulla strada;
- controllo dell'abbagliamento;
- resa di colore adeguata.

Tali caratteristiche dipendono, tra l'altro, anche dal flusso di traffico previsto nella strada da calcolare.

Per rispettare quanto sopra descritto l'impianto di illuminazione previsto fornirà obbligatoriamente le seguenti prestazioni:

- illuminare il piano stradale con un adeguato livello di luminanza e di uniformità;
- la luce deve avere un angolo di incidenza rispetto al piano di visuale del conducente tale da fornire una elevata visibilità del tracciato;
- utilizzare corpi illuminanti adeguati con lampade aventi una resa di colore adeguata in base all'area presa in oggetto, tenendo conto inoltre delle prescrizioni della Legge Regionale della Lombardia contro l'inquinamento luminoso.

### **NOTE GENERALI:**

***Le indicazioni ai tipi e marche commerciali dei materiali, riportate negli elaborati grafici e nei documenti di progetto in genere, sono da intendere solo come dichiarazione di caratteristiche tecniche. Sono ammessi altri tipi e marche purché equivalenti ed approvati dalla D.L. competente alla gestione dell'appalto.***

## 2 NORMATIVE GENERALI

Gli impianti e tutti i componenti elettrici installati, sono stati progettati e dovranno essere costruiti in osservanza a quanto dettato dal recente D.M. 37/08.

In particolare tutti i componenti e i materiali utilizzati per la realizzazione degli impianti di progetto dovranno essere completi di Marcatura CE, e/o comunque certificati a catalogo dal costruttore (marchio IMQ).

Gli stessi presenteranno caratteristiche di idoneità all'ambiente di installazione e saranno conformi alle Norme di Legge e ai Regolamenti vigenti di uso generale, in particolare alle Norme CEI e relative varianti in materia di impianti elettrici, in particolare:

### Normativa impianti elettrici

- D.M. del 22/01/2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- D.Lgs del 09/04/2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Legge del 1° MARZO 1968 N. 186 "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici" (regola d'arte);
- D.M. 236 14/06/89 "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche";
- Legge n. 791 del 18/10/1977 "Attuazione direttiva CEE n.73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro determinati limiti di tensione";
- D.M. del 10/4/1984 "Eliminazione dei radiodisturbi";
- Legge n. 13 del 9/1/1989 "Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati";
- Direttiva 93/68/CEE, recepita con D.Lgs 626/94 e D.Lgs 277/97: "Direttiva Bassa Tensione";
- Direttiva 89/336/CEE, recepita con D.Lgs 476/92 "Direttiva del Consiglio d'Europa sulla compatibilità elettromagnetica";
- D.Lgs 14/08/1996 n.493 "Segnaletica di sicurezza e/o salute sul luogo di lavoro";
- D.Lgs 12/11/1996 n.615 "Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 03/05/1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28/04/1992. Dalla direttiva 93/68/Cee del Consiglio del 22/07/1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29/10/1993";
- D.Lgs 31/07/1997 n.277 "Modificazione al decreto legislativo 25/11/1996 n.626, recante attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione";
- Norme UNI EN 40 "Pali per illuminazione pubblica";
- Norme UNI EN 1317 "Barriere di sicurezza stradali";
- Norma UNI EN ISO 1461 "Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio – Specificazioni e metodi di prova";
- Norma UNI EN 10025 "Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura";
- Norma UNI 10671 "Apparecchi di illuminazione – Misurazione dei dati fotometrici e presentazione dei risultati";
- Norma UNI 10819 "Luce e illuminazione: impianti di illuminazione esterna – requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso";

- Norma UNI EN 12665 “Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements” [Luce e illuminazione – Criteri e termini base per specificare i requisiti di illuminazione];
- Norma UNI 11248 “Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche”; Ultima edizione Ottobre 2016.
- Norma UNI EN 13201-1 “Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes” [Illuminazione stradale – Parte 1: Scelta delle classi di illuminazione]; Edizione 2016
- Norma UNI EN 13201-2 “Road lighting – Part 2: Performance requirements” [Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali]; Edizione 2016
- Norma UNI EN 13201-3 “Road lighting – Part 3: Calculation of performance” [Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni]; Edizione 2016
- Norma UNI EN 13201-4 “Road lighting – Part 4: Methods of measuring lighting performance” [Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche]; Edizione 2016
- Norma UNI EN 13032-2 “Light and lighting – Measurements and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places” [Luce e illuminazione – Illustrazione e misure dei dati fotometrici di lampade e luminarie – Parte 2: Illustrazione dei dati per ambienti di lavoro interni ed esterni];
- Pubblicazione CIE 17.4:1987 “International vocabulary for lighting” [Vocabolario internazionale di illuminazione];
- Pubblicazione CIE TC 4.21:1997 “Guidelines for minimizing sky glow” [Linee guida per la limitazione della luminosità del cielo];
- Pubblicazione CIE 112:1994 “Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting” [Sistema di valutazione della luce dispersa per uso entro aree esterne e sportive];
- Pubblicazione CIE 115:1995 “Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic” [Raccomandazioni per l’illuminazione di strade a traffico motorizzato e pedonabile];
- Pubblicazione CIE 129:1998 “Guide for lighting exterior work areas” [Guida per l’illuminazione esterna di aree di lavoro];
- Pubblicazione CIE 136:2000 “Guide to the lighting of urban areas” [Guida per l’illuminazione delle aree urbane];
- Pubblicazione CIE 140:2000 “Road lighting calculations” [Calcoli per illuminazione stradale];
- Pubblicazione CIE 150:2003 “Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations” [Guida per la limitazione degli effetti della luce dispersa dagli impianti di illuminazione esterna];
- Pubblicazione CIE 154:2003 “Maintenance of outdoor lighting systems” [Manutenzione degli impianti di illuminazione esterna];
- Norma Europea CEI EN 12464-2 “Lighting of work places – Part 2:Outdoor work places” [Illuminazione degli ambienti di lavoro – parte 2: ambienti esterni];
- CIE 88/90 “Guide for the lighting of the road tunnels”.
- Prescrizioni ANAS e/o comunali;
- Norme I.E.C. (Commissione Elettrotecnica Internazionale);
- Tabelle di unificazioni UNEL;
- Norme C.E.I. (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- Leggi regionali che definiscono i limiti di inquinamento luminoso con particolare riferimento alla Legge Regionale Lombardia n. 17 del 27/03/2000 e successive integrazioni;
- Delibera della Giunta Regionale della Lombardia n. 2611 del 11 Dicembre 2000 “Aggiornamento dell’elenco degli osservatori astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto”;
- Delibera della Giunta Regionale della Lombardia n. 7/6162 del 20 Settembre 2001 Criteri di applicazione della L.R. 17 “Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all’inquinamento luminoso”;

- Legge Regionale 21 Dicembre 2004 n° 38 - Pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia - 2° suppl. Ordinaria al n° 52 - 24 Dicembre 2004 “Modifiche ed integrazioni alla legge regionale del 27 marzo 2000 n.17 (Misure urgenti in materia di risparmio energetico ad uso illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso) ed ulteriori disposizioni”;
- Legge Regionale 20 Dicembre 2005 n° 19 - Pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia - 1° suppl. Ordinario al n° 51 - 22 Dicembre 2005 “Disposizioni legislative per l'attuazione del documento di programmazione economico-finanziaria regionale, ai sensi dell'articolo 9-ter della legge regionale 31 marzo 1978, n. 34 (Norme sulle procedure della programmazione, sul bilancio e sulla contabilità della Regione) - Collegato 2006”;
- Legge Regionale del 27 febbraio 2007 n. 5 - Pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia - BURL del 2 marzo 2007 n. 9, 2° suppl. ord. “Interventi normativi per l'attuazione della programmazione regionale e di modifica e integrazione di disposizioni legislative”;
- D.d.g. del 3 Agosto 2007 n° 8950, BURL n. 33 serie ordinaria del 13 Agosto 2007 “Legge Regionale 27 marzo 2000, n. 17: Linee guida per la realizzazione dei piani comunali dell'illuminazione”.

*In particolare l'impianto elettrico è stato progettato in conformità alle seguenti norme CEI:*

- Norma CEI 3-1 “Segni grafici per schemi elettrici; elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi e segni di uso generale”;
- Norma CEI 3-15 “Segni grafici per schemi; conduttori e dispositivi di connessione”;
- Norma CEI 3-18 “Segni grafici per schemi; produzione trasformazione e conversione dell'energia elettrica”;
- Norma CEI 3-19 “Segni grafici per schemi; apparecchiature e dispositivi di comando e protezione”;
- Norma CEI 3-20 “Segni grafici per schemi; strumenti di misura, lampade e dispositivi di segnalazione”;
- Norma CEI 3-23 “Segni grafici per schemi; schemi e piani di installazione architettonici e topografici”;
- Norma CEI 3-25 “Segni grafici per schemi; generalità”;
- Norma CEI 3-32 “Raccomandazioni generali per la preparazione degli schemi elettrici”;
- Norma CEI 7-6 “Controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso”;
- Norma CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- Norma CEI 17-5 “Interruttori automatici per corrente alternata e tensione nominale non superiore a 1000 V e per corrente continua e tensione nominale non superiore a 1200 V”;
- Norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali
- Norma CEI EN 61439-2 (CEI: 17-114) - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza
- Norma CEI 17-43 “Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione per le apparecchiature di assieme di protezione e di manovra per bassa tensione non di serie (ANS)”;
- Norma CEI 20-19 “Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V”;
- Norma CEI 20-20 “Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V”;
- Norma CEI 20-22 “Cavi non propaganti l'incendio”;
- Norma CEI 20-29 “Conduttori per cavi isolati”;
- Norma CEI 20-32 “Cavi con neutro concentrico isolati con gomma etilpropilenica ad alto modulo, per sistemi a corrente alternata con tensione non superiore a 1 kV”;
- Norma CEI 20-37 “Cavi elettrici: prove sui gas emessi durante la combustione”;

- Norma CEI 20-38 “Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi; parte I - tensione nominale non superiore a 0.6/1 kV”;
- Norma CEI 20-45 “Cavi resistenti al fuoco isolati con miscela elastomerica con tensione nominale U<sub>0</sub>/U non superiore a 0,6/1 kV”;
- Norma CEI 23-3 “Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione alternata non superiore a 415 V)”;
- Norma CEI 23-5 “Prese a spina per usi domestici e similari”;
- Norma CEI 23-8 “Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori”;
- Norma CEI 23-11 “Interruttori e commutatori per apparecchi per usi domestici e similari”;
- Norma CEI 23-12 “Prese a spina per usi industriali”;
- Norma CEI 23-14 “Tubi protettivi flessibili in PVC e loro accessori”;
- Norma CEI 23-18 “Interruttori differenziali per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati, per usi domestici e similari”;
- Norma CEI 23-25 “Tubi per installazioni elettriche; prescrizioni generali”;
- Norma CEI 23-28 “Tubi per installazioni elettriche - parte II: norme particolari per tubi - sez. tubi metallici”;
- Norma CEI 23-29 “Tubi in materiale plastico rigido per cavidotti interrati”;
- Norma CEI 23-31 “Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e porta apparecchi”;
- Norma CEI 34-21 “Apparecchi di illuminazione. Parte I; prescrizioni generali e prove”;
- Norma CEI 34-22 “Apparecchi di illuminazione. Parte II; requisiti particolari: apparecchi di illuminazione di emergenza”;
- Norma CEI 34-23 “Apparecchi di illuminazione. Parte II; requisiti particolari: apparecchi fissi per uso generale”;
- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori con tensione nominale fino a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua”;
- Norma CEI 64-8V2 in particolare la sezione 714. Febbraio 2005;
- Norma CEI 64-14 “Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori”;
- Norma CEI C.T. 70 Involucri di protezione. (Riferimenti costruttivi apparecchi);
- CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- CEI UNEL 35023 1970 “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”.

Tutti i materiali e gli apparecchi previsti negli impianti di illuminazione esterna a progetto sono idonei all'ambiente in cui sono installati e presenteranno caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

## 2.1 PRESCRIZIONI ALLE NORME CEI 64.8 – SEZ. 714

### a. Protezione da contatti diretti (Norme CEI 64.8 - Art. 714.412)

La Norma CEI 64.8 Sez. 714 stabilisce che per la protezione da contatti diretti è necessario adottare le seguenti soluzioni impiantistiche:

- Grado di protezione IPXXB solo per i componenti installati a 3 metri o più dal suolo (Ex IP2X).
- Grado di protezione IPXXD (Ex IP4X) per i soli componenti installati a meno di 3 metri.
- Gli apparecchi d'illuminazione stradale muniti di coppa di chiusura delle lampade dovranno avere un grado di protezione IPXXD.
- L'apertura degli involucri per organi d'esercizio dovrà essere possibile solo mediante attrezzi e si raccomanda di provvedere sino a tre metri di altezza, sistemi di chiusura degli involucri richiedenti l'uso di utensili non comuni (chiavi per bulloni a testa triangolare, chiave a brugola ecc.)

### b. Protezione contro i contatti indiretti (Norme CEI 64.8 - Art. 714.413)

Per quanto riguarda la protezione da contatti indiretti per impianti appartenenti al gruppo "B", individuazione con tensione di alimentazione inferiore a 1000V in corrente alternata con la seguente metodologia:

- Impiego di componenti di classe II (doppio isolamento) e perché tale sistema non richiede la messa a terra dei sostegni è necessario dotate cavi con guaina con tensione normale almeno pari a 750/1000V e la tensione di tenuta verso massa di tutti i componenti non deve essere inferiore a 4000V.
- Inoltre i cavi fanno capo a muffole stagne contenute alla base del palo di classe II e che anche gli apparecchi siano di classe II.
- Tale soluzione è da adottare per l'alimentazione dell'asse stradale composto da apparecchi illuminanti di classe II.
- Messa a terra e interruzione per l'alimentazione per sistemi TT.
- Tale procedura sarà adottata per l'alimentazione del regolatore di flusso realizzando un idoneo impianto di terra costituito da un dispersore a picchetto e corda di rame isolato da 16 mmq che li collega e li connette alla sbarra generale del Quadro Elettrico, ottenendo una resistenza di terra unica di tutto l'impianto che sarà poi a sua volta coordinata con il valore d'intervento della corrente del differenziale preposto all'interruzione automatica del circuito, al fine di ottemperare la relazione:

$$R_a I_a \leq 50 V$$

dove:

$R_a$  = è il valore più elevato della resistenza di terra dei singoli dispersori o la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse (ohm)

$I_a$  = è il valore della corrente d'intervento degli organi di protezione (A)

50V = è il valore della tensione di contatti limite (V).

secondo le Norme CEI 64.8 Art. 413.1.4.2

**c. Resistenza d'isolamento verso terra (Norme CEI 64.8 - Art. 714.311)**

La resistenza dell'isolamento dell'intero impianto preposto per il normale funzionamento con l'interruttore generale aperto, ma con tutti gli apparecchi illuminanti inseriti deve ottemperare la seguente relazione:

$$R_{iso} = \frac{2 U_o}{L+N} \quad \text{dove:}$$

- U<sub>o</sub> = è la tensione normale verso terra in kV  
L = è la lunghezza complessiva dei conduttori in Km.  
N = è il numero delle lampade del sistema

Il valore dell'isolamento con tensione di prova applicata di 500V non deve essere inferiore a **0,5 MΩ** (cautelativo).

**d. Caduta di tensione a fondo linea (Norme CEI 64.8 - Art. 714.525)**

Secondo le Norme CEI 64.8 Sez. V2 art. 714.525 la caduta di tensione fondo linea non deve superare il 5% della tensione nominale dell'impianto.

**e. Protezione della sezione d'incastro delle strutture metalliche**

La sezione di incastro dei pali metallici con formazione di calcestruzzo non affiorante dal terreno, dovrà essere protetta adeguatamente dalla corrosione mediante una fascia catramata e ricoperte di un collare in cls.

**f. Altezza minima degli impianti sulla carreggiata**

L'altezza minima sulla carreggiata di una qualsiasi parte di impianto deve essere almeno di 10 m.

**g. Distanziamenti dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione dei conduttori di linee esterne**

Per i distanziamenti dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dei conduttori o linee elettriche non devono essere inferiori a:

- 1 m di conduttori di classe 0 e 1;
- 3 + 0,015U m dei conduttori di linee di classe II e III, dove U è la tensione nominale della linea espresse in kV.

## 3 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

### 3.1 PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE

#### a. Considerazioni generali sulle Norme UNI EN 11248

Le nuove Norme UNI 11248 (ottobre 2016) forniscono le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada, identificata e definita in modo esaustivo nelle Norme UNI 13201-2 / 2016 mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica.

Le Norme si basano, nei loro principi fondamentali, sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici previsti nel rapporto tecnico CEN/TER 13201-1.

A tal fine introducono il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

Le Norme UNI 11248 individuano le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada ed in particolare:

- indicano come classificare una zona esterna destinata al traffico ai fini della determinazione della categoria che le compete;
- forniscono la procedura per la selezione nella categoria illuminotecnica che compete alla zona classificata;
- identificano gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale ed attraverso la valutazione dei rischi, permette il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale;
- forniscono prescrizioni sulle griglie di calcolo per gli algoritmi delle Norme UNI EN 13201-3 e le misurazioni in loco tratte dalle Norme UNI EN 13201-4.

I parametri individuati nelle presenti Norme consentono di identificare una categoria illuminotecnica conoscendo:

- la classe della strada nella zona di studio;
- la geometria della zona di studio;
- l'utilizzazione della zona di studio;
- l'influenza dell'ambiente circostante.

Inoltre consentono di adottare le condizioni di illuminazione più idonee, in base allo stato attuale delle conoscenze, perseguendo anche **un uso razionale dell'energia e con il contenimento del flusso luminoso disperso**.

#### b. Criteri di individuazione delle categorie illuminotecniche

Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento

- suddividere la strada in una o più zone di strada con condizioni omogenee dei pari parametri di influenza;
- per ogni zona di studio identificare il tipo di strada;
- nota del tipo di strada individuabile con l'ausilio del prospetto 1 (UNI 11248) la categoria illuminotecnica di riferimento.

#### Definizione della categoria illuminotecnica di progetto

Nota la categoria illuminotecnica di riferimento, valutare i parametri di influenza nel prospetto 2 (UNI 11248) secondo quanto indicato nel punto 7 (analisi dei rischi) e, considerando anche gli aspetti del contenimento dei consumi energetici, decidere se considerare la categoria illuminotecnica di riferimento con quella di progetto o modificarla, seguendo le indicazioni informative dei vari prospetti.

#### Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio

In base alle considerazioni esposte dal punto 7 (analisi dei rischi) e gli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, in traduzione, se necessario, una o più categorie illuminotecniche d'esercizio, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

Il progettista, nell'analisi del rischio, può decidere di non definire la categoria illuminotecnica di riferimento e determinando direttamente la categoria illuminotecnica di progetto. Per la valutazione dei parametri di influenza ancora seguire le prescrizioni del punto 7 e per la suddivisione in zone di studio ancora attenersi ai criteri esplicitati al punto 8. L'adozione di impianti con le caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso) purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica d'esercizio corrispondente, può rappresentare una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

#### Nota

I valori dei parametri illuminotecnici specifici per ogni categoria sono intesi come minimi mantenibili durante tutto il periodo di vita utile dell'impianto di illuminazione.

In conseguenza, per la luminanza e l'illuminamento, i valori iniziali di progetto misurabili per un impianto di illuminazione dovranno essere più elevati di quelli specificati per tenere conto, per esempio del deperimento delle lampade, della tolleranza di fabbricazione e dell'incertezza sui valori di coefficiente di luminanza "r", della pavimentazione stradale e dell'incertezza di misura in fase di verifica e di collaudo.

#### Valori normativi di riferimento

Di seguito si riportano i principali prospetti della norma tecnica ai quali si farà riferimento ai fini del dimensionamento illuminotecnico.

**c. Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento**

Prospetto 1

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km h-1]	Categoria illuminotecnica di riferimento
<b>A<sub>1</sub></b>	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
<b>A<sub>2</sub></b>	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
<b>B</b>	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle autostrade principali	70 - 90	M3
<b>C</b>	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 <sup>1</sup> )	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M2
<b>D</b>	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
<b>E</b>	Strade urbane interquartiere	50	M2
	Strade urbane di quartiere	50	M3
<b>F</b>	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 <sup>1</sup> )	70 - 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M3
		30	P2
	Strade locali urbane	50	M3
	Strade locali urbane: centri storici; isole ambientali; zone 30	30	C3
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/ P2
Strade locali interzonali		50	
<b>Fbis</b>	Itinerari ciclo-pedonali <sup>4</sup>	Non dichiarato	P2
		Strade a destinazione particolare <sup>1</sup>	

- 1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
- 2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria compatibile a questa (prospetto 5)
- 3) Vedere le osservazioni al punto 6.3
- 4) Secondo la Legge 1 agosto 2003 numero 214

Prestazioni richieste in base alla categoria illuminotecnica di riferimento (Norme UNI EN 13201-2 integrata con prescrizioni Norme UNI 11248)

**CLASSI M:**

Classe	Luminanza della carreggiata	Uniformità		Contrasto di soglia	Illuminamento aree circostanti
	$L$ [ $cd/m^2$ ]	$U_o$	$U_L$	$TI\%$	$SR$
<b>M1</b>	2,0	0,4	0,7	10	0,5
<b>M2</b>	1,5	0,4	0,7	10	0,5
<b>M3</b>	1,0	0,4	0,6	15	0,5
<b>M4</b>	0,75	0,4	0,6	15	0,5
<b>M5</b>	0,5	0,35	0,4	15	0,5
<b>M6</b>	0,3	0,35	0,4	15	N.R.

Dove:

<b>L</b>	:	Valore della luminanza del manto stradale ed espresso in $cd/m^2$
<b><math>U_o</math></b>	:	Rapporto tra la luminanza minima e luminanza media
<b><math>U_L</math></b>	:	Valore minimo dell'uniformità longitudinale delle corsie di marcia della carreggiata
<b><math>TI\%</math></b>	:	Misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale
<b>SR</b>	:	Rapporto tra l'illuminamento medio sulla fascia appena fuori dei bordi della carreggiata e l'illuminamento medio sulle fasce appena all'interno dei bordi

**CLASSI C:**

Classe	Illuminazione orizzontale	Uniformità	Contrasto di soglia
	$\bar{E}$ [lx]	$U_0$	T1%
<b>C0</b>	<b>50</b>	<b>0,4</b>	<b>10</b>
<b>C1</b>	<b>30</b>	<b>0,4</b>	<b>10</b>
<b>C2</b>	<b>20</b>	<b>0,4</b>	<b>10</b>
<b>C3</b>	<b>15</b>	<b>0,4</b>	<b>15</b>
<b>C4</b>	<b>10</b>	<b>0,4</b>	<b>15</b>
<b>C5</b>	<b>7,5</b>	<b>0,4</b>	<b>15</b>

**CLASSI P:**

Classe	Illuminazione orizzontale		Contrasto di soglia
	$\bar{E}$ [lx]	$E_{min}$	T1%
<b>P1</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>15</b>
<b>P2</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>15</b>
<b>P3</b>	<b>7,5</b>	<b>1,5</b>	<b>15</b>
<b>P4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
<b>P5</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>20</b>
<b>P6</b>	<b>2</b>	<b>0,4</b>	<b>20</b>
<b>P7</b>	<b>prestazioni non determinate</b>		

Sommario dei requisiti illuminotecnici secondo EN 13201-1

	<b>Classe illuminotecnica</b>	<b>Parametro di riferimento</b>	<b>Utilizzo prevalente</b>
•	M	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente asciutto
•	MW	Luminanza	Carreggiata stradale con prevalente traffico motorizzato a fondo prevalentemente bagnato
•	C	Illuminamento orizzontale	Aree di conflitto come strade commerciali, incroci, rotonde, sotto-passi, ecc.
•	P	Illuminamento orizzontale	Strade pedonali, piste ciclabili, campi scuola, parcheggi
•	SC	Illuminamento semicilindrico	Classe aggiuntiva per aumentare il senso di sicurezza e ridurre la propensione all'aggressione
•	EV	Illuminamento verticale	Classe aggiuntiva per facilitare la percezione di piani verticali come passaggi pedonali da utilizzare congiuntamente alle altre classi di base

**d. Livelli di prestazione visiva**

In linea esemplificativa si riporta la tabella comparativa dove si evince l'equilibrio tra i diversi requisiti dei parametri illuminotecnici:

<b>COORDINAMENTO DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE VISIVA</b>						
<b>1. Luminanza</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
2. Luminanza		MW1	MW2	MW3	MW4	MW5
<b>3. E. orizzontali</b>	<b>C0</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>4. E. orizzontali</b>				<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
5. E. semicilindrici	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
6. E. verticali	EV1-2	EV3	EV4	EV5		

**e. Definizione della categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio**

La valutazione dei parametri di influenza per la definizione della categoria illuminotecnica di progetto, viene effettuata mediante l'interpretazione del Prospetto 2, per quanto attinente l'applicazione dei parametri di riduzione, e del Prospetto 3; per quanto attinente l'applicazione di rimedi alle condizioni di complessità di esercizio dell'impianto, della norma UNI 11248 successivamente riportati:

Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza

[Prospetto 3 estrapolato dalla Norma UNI 11248]

Parametro di influenza		Variazione categoria illuminotecnica	Non si applica a	
Compito visivo normale		-1	A <sub>1</sub>	
Condizioni non conflittuali				
Flusso di traffico <50% rispetto al massimo				
Flusso di traffico <25% rispetto al massimo		-2	-	
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali		-1		
Colore della luce	con indice di resa dei colori maggiore o uguale a 60 si può ridurre la categoria illuminotecnica	-1 <sup>*)</sup>		
	con indice di resa dei colori minore di 30 si deve incrementare la categoria illuminotecnica	1		
Pericolo di aggressione		1		
Presenza di svincoli e/o intersezioni a raso				
Prossimità di passaggi pedonali				
Prossimità di dispositivi rallentatori				
*) In relazione a esigenze di visione periferica verificate nell'analisi dei rischi.				

Tutte le terminologie e le definizioni, relative alla identificazione dei coefficienti e comunque dei valori necessari per i calcoli, sono esclusivamente quelli utilizzati dalle norme CEI EN 13201-2 e pubblicazioni CIE 17.4:1987 sopramenzionate.

In particolare si intende per:

- Luminanza media mantenuta, indicata con il termine Lm, è il rapporto tra l'intensità luminosa di una sorgente nella direzione di un osservatore e la superficie emittente apparente così come viene vista dall'osservatore stesso, ed è espressa in cd/m<sup>2</sup>;
- Rapporto di uniformità U<sub>0</sub>, il rapporto fra luminanza minima e luminanza media su tutta la strada;
- Rapporto di uniformità U<sub>I</sub>, il rapporto fra luminanza minima e massima lungo la mezzera di ciascuna corsia;
- Illuminamento medio mantenuto, indicato con il termine E, è il rapporto tra il flusso luminoso emesso da una sorgente, e l'unità di superficie dell'oggetto illuminato, ed è espresso in lux;
- Illuminamento minimo mantenuto, indicato con il termine E<sub>min</sub>, è il più basso valore di illuminamento mantenuto sulla superficie stradale, ed è espresso in lux;
- Indice dell'abbagliamento debilitante, indicato con il termine TI, è l'abbagliamento prodotto dai centri luminosi, che può compromettere la

visione, senza necessariamente provocare una forte sensazione fastidiosa.

Qui di seguito vengono riportate le tabelle riguardanti le scelte effettuate e le prestazioni illuminotecniche secondo le norme UNI CEN 13201-2 alle quali è stato fatto riferimento durante lo studio illuminotecnico dell'area in oggetto.

Esempi di provvedimenti integrativi all'impianto di illuminazione pubblica

[Prospetto 4 estrapolato dalla Norma UNI 11248]

Condizione	Rimedio
Prevalenza di precipitazioni meteoriche	Ridurre l'altezza e l'interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e l'inclinazione massima delle emissioni luminose rispetto alla verticale in modo da evitare il rischio di riflessioni verso l'occhio dei conducenti degli autoveicoli
Riconoscimento dei passanti	Verificare che l'illuminamento verticale all'altezza del viso sia sufficiente
Luminanza ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnali stradali attivi e/o fluorifrangenti di classe adeguata
Elevata probabilità di mancanza di alimentazione	
Elevati tassi di malfunzionamento	
Curve strette in strade con elevata velocità degli autoveicoli	
Attraversamenti pedonali in zone con flusso di traffico e/o velocità elevate	Illuminare i passaggi pedonali con un impianto separato e segnalarli adeguatamente
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

Classificazione delle pavimentazioni stradali asciutte

[Prospetto D.1 estrapolato dalla Norma UNI 11248]

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere prospetto D.2	0,10	0,24	$S_1 \leq 0,4$
C2	Vedere prospetto D.3	0,07	0,97	$S_1 > 0,4$

Coefficienti ridotti di luminanza "r" della pavimentazione di classe C1  
 [Prospetto D.2 estrapolato dalla Norma UNI 11248]

$\beta$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
0	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770
0,25	710	708	703	710	712	710	708	708	707	704	702	708	698	702	704	714	708	724	719	723	
0,5	586	582	587	581	581	576	570	567	564	556	548	541	531	544	546	562	566	587	581	589	
0,75	468	467	465	455	457	446	430	420	410	399	390	383	373	384	391	412	419	437	438	445	
1	378	372	373	363	347	331	314	299	285	273	263	260	250	265	278	295	305	318	323	329	
1,25	308	304	305	285	270	244	218	203	193	185	179	173	173	183	194	207	224	237	238	245	
1,5	258	254	251	229	203	178	157	143	134	128	124	120	120	132	140	155	163	177	179	184	
1,75	217	214	205	182	153	129	110	100	95	90	87	84	88	98	103	116	123	134	137	138	
2	188	181	174	142	116	95	80	73	69	64	62	64	64	72	78	88	95	105	108	109	
2,5	145	136	121	90	66	53	46	41	39	37	36	36	39	44	50	55	60	66	69	71	
3	118	108	87	57	41	32	28	26	25	23	22	23	25	28	31	37	41	45	47	51	
3,5	97	87	64	39	26	20	18	17	16	15	15	16	17	19	23	27	30	33	35	37	
4	80	69	50	29	17	14	13	12	11	11	11	11	13	15	17	19	22	26	27	29	
4,5	70	58	37	21	13	10	9	8	8	8	8	9	10	12	14	16	17	20	21	22	
5	60	51	29	15	9	7	7	6	6	6	6	7	7	9	10	12	14	17	17	18	
5,5	52	41	23	12	7	6	6	6	5	4											
6	48	36	19	8	6	5	5	5	5												
6,5	44	32	17	7	6	5	5	5													
7	41	28	14	6	5	4	4	4													
7,5	37	26	12	6	4	3	3														
8	34	23	11	5	4	3	3														
8,5	32	21	9	5	4	3	3														
9	29	19	8	4	3	3															
9,5	27	17	7	4	3	3															
10	26	16	6	3	3	3															
10,5	25	16	6	3	2	1															
11	23	15	6	3	2	1															
11,5	22	14	6	3	2																
12	21	14	5	3	2																

Coefficienti ridotti di luminanza "r" della pavimentazione di classe C2  
 [Prospetto D.3 estrapolato dalla Norma UNI 11248]

$\beta$ tg $\epsilon$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
0,25	362	358	371	364	371	369	362	357	351	349	348	340	328	312	299	294	298	288	292	281
0,5	379	368	375	373	367	359	350	340	328	317	306	280	266	249	237	237	231	231	227	235
0,75	380	375	378	365	351	334	315	295	275	256	239	218	198	178	175	176	176	169	175	176
1	372	375	372	354	315	277	243	221	205	192	181	152	134	130	125	124	125	129	128	128
1,25	375	373	352	318	265	221	189	166	150	136	125	107	91	93	91	91	88	94	97	97
1,5	354	352	336	271	213	170	140	121	109	97	87	76	67	65	66	66	67	68	71	71
1,75	333	327	302	222	166	129	104	90	75	68	63	53	51	49	49	47	52	51	53	54
2	318	310	266	180	121	90	75	62	54	50	48	40	40	38	38	38	41	41	43	45
2,5	268	262	205	119	72	50	41	36	33	29	26	25	23	24	25	24	26	27	29	28
3	227	217	147	74	42	29	25	23	21	19	18	16	16	17	18	17	19	21	21	23
3,5	194	168	106	47	30	22	17	14	13	12	12	11	10	11	12	13	15	14	15	14
4	168	136	76	34	19	14	13	11	10	10	10	8	8	9	10	9	11	12	11	13
4,5	141	111	54	21	14	11	9	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	10	10	11
5	126	90	43	17	10	8	8	7	6	6	7	6	7	6	6	7	8	8	8	9
5,5	107	79	32	12	8	7	7	7	6	5										
6	94	65	26	10	7	6	6	6	5											
6,5	86	56	21	8	7	6	5	5												
7	78	50	17	7	5	5	5	5												
7,5	70	41	14	7	4	3	4													
8	63	37	11	5	4	4	4													
8,5	60	37	10	5	4	4	4													
9	56	32	9	5	4	3														
9,5	53	28	9	4	4	4														
10	52	27	7	5	4	3														
10,5	45	23	7	4	3	3														
11	43	22	7	3	3	3														
11,5	43	22	7	3	3															
12	42	20	7	4	3															

Il coefficiente di manutenzione utilizzato nei calcoli tiene conto della riduzione del rendimento luminoso degli apparecchi di illuminazione per effetto dell'insudiciamento delle ottiche e del deperimento dei riflettori.

Nei calcoli è stato utilizzato un coefficiente di manutenzione maggiormente restrittivo, a favore della sicurezza, pari a **0,80**.

AMBIENTE	TIPO DI APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE	
	APERTO	CHIUSO
<b>CON PRESENZA DI POLVERI, ESALAZIONI, ECC. FUMI,</b>	0,65-0,70	<b>0,75-0,80</b>
IN ATMOSFERA PULITA	0,80-0,85	0,85-0,90

### 3.2 CARATTERISTICHE GENERALI DI UNA BUONA ILLUMINAZIONE

I caratteri dei parametri dell'illuminazione delle strade con traffico motorizzato sono ottemperate dalla Norme UNI 11248 che determinano:

- Valori d'illuminamento delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori di uniformità delle strade in funzione alle loro caratteristiche d'uso;
- Valori dell'abbagliamento debilitante (fattore TI%) in funzione alle loro caratteristiche d'uso.

Gli impianti d'illuminazione saranno progettati al fine di rispondere alle prescrizioni tecniche delle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale", Norme CEI 64.8 - Sez. 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno", realizzando e superando i valori minimi sanciti dalle seguenti Norme, prendendo in esame gli aspetti principali della visione notturna su strade con traffico veicolare e più precisamente:

#### a. Indice di abbagliamento debilitante:

##### Abbagliamento d'incapacità (TI%):

è un indice che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generato dal fastidio visivo vero e proprio dei corpi illuminanti.

Questa incapacità dipende dal "velo" di luminanza creata dall'interno dell'occhio dall'eccessiva intensità luminosa ammessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

TI è un'espressione dell'abbagliamento che considera sia le caratteristiche dei corpi illuminanti che i parametri dell'installazione, tanto sarà più elevato l'indice TI tanta sarà l'incapacità di percepire un ostacolo in sicurezza.

In linea generale le nuove raccomandazioni internazionali raccomandano i seguenti limiti per TI:

- TI ≤ 10% per strade con velocità superiore a 70 km/h
- TI ≤ 15% per strade secondarie

Quindi l'occhio reagisce lentamente e con fatica in presenza di scarsi livelli di luminosità, per migliorare queste caratteristiche, l'illuminazione artificiale notturna deve creare un ambiente confortevole con un'illuminazione uniforme ed evitare fenomeni perturbati.

Il fenomeno della visione nella Pubblica illuminazione deve prendere dunque in considerazione i principali parametri legati alla vista ed in particolare:

- acuità visiva: ossia la capacità di una persona di vedere distintamente un ostacolo di dimensioni definite, maggiore è l'acuità visiva della persona e minori saranno le dimensioni dell'ostacolo che riuscirà a vedere.
- sensibilità di contrasto: ossia la possibilità di distinguere un eventuale ostacolo grazie allo scarto di luminanza esistente tra oggetto (ostacolo) e il fondo (strada). Generalmente la percezione è dovuta ad un contrasto negativo in cui l'ostacolo è visto in controluce su fondo illuminato.
- abbagliamento: provocato dagli apparecchi d'illuminazione, dall'ambiente circostante, dal riflesso del manto stradale e chiaramente dai proiettori delle vetture circolanti in senso inverso.
- visibilità: o meglio l'indice di visibilità, ossia la capacità di individuare un ostacolo.

Analizzando quindi questi fenomeni è stato possibile stabilire quali sono i parametri corretti per una buona installazione e come sia insufficiente parlare solo di illuminamento sulla sede stradale, senza considerare tutti gli altri aspetti che non sono correttamente utilizzati verificando anche un buon livello d'illuminamento.

#### b. Visione nella Pubblica illuminazione:

La sicurezza della circolazione automobilistica dipende in modo sostanziale dalla qualità della rete viabile e dai veicoli circolanti e durante le ore notturne un aspetto fondamentale nella sicurezza è rappresentato dalla qualità degli impianti di Pubblica illuminazione.

**Un impianto d'illuminazione è considerato buono quando questo consente di avere una rapida percezione visiva delle caratteristiche nel contesto stradale e degli ostacoli eventualmente presenti sulla carreggiata, per una distanza pari a quella d'arresto del veicolo.**

A seguito della velocità di marcia lo spazio di arresto (considerato come arresto d'emergenza in presenza di un ostacolo improvviso) può risultare molto superiore allo spazio illuminato con i soli fari delle vetture.

È chiaro che nelle ore notturne interagiscono altri elementi quali fatica, eventuali stati di eccitazione ecc., ma resta comunque determinante il fattore della visibilità e specificatamente la stessa Commissione C.I.E. esaminando alcuni tratti di strada, confrontando il tasso di incidenti prima e dopo la realizzazione di un buon impianto d'illuminazione, da questo confronto risulta una riduzione media del 43% degli incidenti che avvengono nelle ore notturne con una diminuzione media del 37% del numero dei morti.

Risulta evidente che le caratteristiche dell'impianto d'illuminazione devono essere tali da consentire all'occhio umano una corretta visione e vanno realizzati in funzione delle caratteristiche fisiche proprie dell'occhio nella visione notturna dell'automobilista:

- quantità e qualità della luce (luminanza e uniformità)
- percezione degli ostacoli (acuità visiva e sensibilità ai contrasti)
- perturbazione della visione (abbagliamento molesto e di incapacità)

Questi fenomeni sono strettamente correlati tra loro in quanto la variazione di un singolo fenomeno comporta un adattamento automatico dell'occhio alle mutate condizioni di variabilità.

Le raccomandazioni internazionali e le Norme UNI 11248, relative alla Pubblica illuminazione, stabiliscono i parametri di riferimento in modo tale da contenere l'adattamento dell'occhio umano entro i limiti idonei alle differenti condizioni di guida.

Quindi i progetti esecutivi dovranno essere sviluppati secondo quanto raccomandato dalle Norme UNI 11248 "Illuminazione stradale" è necessario:

- adottare apparecchi illuminanti con ottiche "cut-off" al fine di evitare qualsiasi abbagliamento e con ottiche in grado di limitare la diffusione del flusso luminoso verso l'alto secondo l'Art. 6 della Legge 17/2000 e s.m.i. della Regione Lombardia;

- ricercare una buona uniformità al fine di evitare ed individuare eventuali ostacoli;
- conservare nel tempo i parametri d'illuminamento iniziali consentendo di mantenere inalterati i valori d'illuminamento e quindi la sicurezza.

### c. Illuminazione Pubblica al servizio del pedone

L'illuminazione dei passaggi pedonali è sicuramente uno dei punti critici della pubblica illuminazione e come tale deve essere trattato con ancora maggiore accuratezza per due motivi:

- i rischi di probabile incidente in questa zona sono superiori al normale in quanto in condizioni di scarsa visibilità risulta difficile sia l'individuazione del pedone da parte dell'automobilista che la percezione della velocità e della distanza del veicolo da parte del pedone
- le conseguenze di questi incidenti sono sempre gravi, e spesso letali, per la persona a piedi con un grosso impatto, anche emotivo, sulla pubblica opinione

Per garantire una corretta illuminazione è necessario conseguire il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

#### Dal punto di vista dell'automobilista:

- Consentire la percezione a distanza di avvicinamento ad una zona a rischio
- Capacità di percepire, in tempo utile per fermarsi, la presenza di un passante
- Evitare fenomeni di abbagliamento che riducono le prestazioni visive.

#### Dal punto di vista del pedone:

- Permettere la percezione di un automezzo in arrivo
- Valutare distanza e velocità
- Vedere in maniera chiara l'attraversamento in modo da valutarne il tempo di attraversamento ed accedervi senza rischi

Per soddisfare le suddette condizioni è opportuno rifarsi a quanto detto in precedenza relativamente ai requisiti di un impianto di pubblica illuminazione e, data la pericolosità della zona in oggetto, rispondere come minimo ai requisiti richiesti per una strada con categoria assegnata e cioè:

**Uniformità Generale  $\geq 0.4$**   
**Abbagliamento di incapacità TI  $\leq 10$**   
**Zone laterali illuminate**

Se l'impianto in cui è previsto il passaggio pedonale risponde a questi requisiti ed il passaggio stesso non è in prossimità di un incrocio, i criteri sopra menzionati sono sufficienti per una corretta illuminazione.

## 4 DISTRIBUZIONE ELETTRICA IMPIANTO

L'impianto d'illuminazione pubblica in oggetto sarà realizzato secondo la Norma CEI 64-8 Variante V2 sezione 714 e previsto con allacciamenti in derivazione da un sistema TT monofase) in B.T. a 230V in corrente alternata di nuova realizzazione.

I cavi di distribuzione previsti a progetto sono a doppio isolamento in gomma di qualità G7, sotto guaina di PVC, con grado di isolamento 0,6/1kV, adatti per posa interrata, unipolari o bipolare con sezione unificata 2x(1x6) mm<sup>2</sup> oppure 2x6 mm<sup>2</sup> (fasi e neutro), con conduttori flessibili, di tipo FG7(O)R.

Tutti i cavi saranno provvisti di marchio IMQ e la sezione del conduttore di neutro sarà uguale a quella dei conduttori di fase, anche quando quest'ultima venga richiesta superiore a 16mm<sup>2</sup>.

Per la distinzione dei conduttori, da effettuarsi con fascette distintive in nastro adesivo poste in ogni pozzetto, potranno essere utilizzati i colori nero per la fasi, mentre per il neutro sarà sempre utilizzato il colore blu chiaro. La fornitura e la posa delle fascette di identificazione e/o del nastro adesivo si intendono già compensate col prezzo dei cavi e deve essere definita in accordo con la D.L.. I cavi posati entro i pali saranno ulteriormente protetti da guaina in PVC pesante.

Per le tratte terminali di alimentazione ad ogni singolo palo sono previste derivazioni dalla dorsale eseguite a mezzo di muffole stagne poste all'interno del pozzetto di derivazione stesso e/o in derivazione dalla morsettiera del palo. Il tratto terminale sarà anch'esso eseguito con cavo a doppio isolamento e presenterà una sezione pari a 2x2,5 mm<sup>2</sup>.

L'alimentazione di ogni palo stradale verrà realizzata attraverso una morsettiera con fusibili tipo Conchiglia o similare direttamente installato sul palo.

Tutti i cavi verranno posati all'interno di tubazioni in PVC pesante flessibile del tipo a doppia parete (interno liscio, esterno corrugato), a progetto sono previsti cavidotti con diametro pari a 110 mm; maggiori dettagli sulla posizione dei cavidotti sono rilevabili direttamente sulle tavole allegate al progetto.

La profondità di posa dei cavidotti, se circolano in aree verdi e/o sotto marciapiede sarà come minimo pari a 600 mm dal piano di calpestio, tutti gli attraversamenti stradali saranno provvisti di bauletto di calcestruzzo e saranno posati ad una profondità pari a – 1.000 mm dal manto stradale.

In corrispondenza di tutti i cavidotti è prevista la posa di apposita bandella di segnalazione per identificare la presenza di circuiti elettrici; particolare attenzione sarà posta nel rispettare le distanze minime di sicurezza da tubazioni gas, acqua ed impianti telefonici, anche in questo caso la normativa di riferimento risulta essere la CEI 11-17.

L'impianto di illuminazione pubblica sarà realizzato nel rispetto della UNI 13201, UNI 11248 ed UNI 10819. E' stata posta particolare attenzione nel rispettare la luminanza media, il rapporto di uniformità e la limitazione all'abbagliamento previsto dalle normative stesse.

L'impianto prevede un funzionamento di tipo automatico, l'accensione e lo spegnimento saranno comandati attraverso un dispositivo fotoelettrico (cellula) che sarà installato all'interno del quadro elettrico, con sensore alloggiato in zona protetta dall'illuminazione dei pali stessi.

Quando la luce solare raggiungerà un livello predeterminato (minimo) la fotocellula invierà un impulso e comanderà direttamente l'accensione di tutte le linee di illuminazione stradale ed inversamente, la stessa, annullerà il comando precedente al superamento della soglia di illuminazione naturale.

I corpi illuminanti saranno dotati di dispositivo integrato per la regolazione automatico del flusso luminoso (mezzanotte virtuale). L'alimentatore sarà configurato con un profilo di dimmerazione automatica che permette di sfruttare la massima intensità luminosa nelle prime e nelle ultime ore di accensione dell'impianto, riducendo così i consumi energetici nelle ore centrali della notte, quando frequentemente è sufficiente un livello di illuminazione inferiore.

Tale profilo di dimmerazione della mezzanotte virtuale (DIM-AUTO) si adatta automaticamente alla durata del periodo notturno durante l'anno.

Per l'impianto di illuminazione pubblica nell'area in oggetto sono stati previsti a progetto dei pali di illuminazione stradale aventi le seguenti caratteristiche:

- Pali in acciaio zincato a caldo a sezione circolare di altezza 9,0 m fuori terra ed altezza complessiva 9,8 m, infissi nel terreno per 0,8 m, sbraccio in acciaio zincato L=2,0 m, aventi le caratteristiche riportate sui dettagli costruttivi allegati al progetto;
- Apparecchi a Led (per pali da 9 m) per illuminazione stradale in classe II e grado di protezione IP66, con corpo in pressofusione di alluminio verniciato a polveri, gruppo ottico in alluminio classe A++ (ottica regolabile), schermo in vetro temprato ad elevata trasparenza, dotato di 72 Led 525 mA – 4.000°K, classe di sicurezza fotobiologica EXEMPT GROUP, potenza 74,5 W, marca FIVEP modello KAI o similare;
- Plinti per il fissaggio idoneo in ZONA 1 (vedi particolari costruttivi su tavole allegate al progetto).

Per quanto riguarda la scelta degli apparecchi illuminanti è stata rispettata la legge regionale n. 17 del 27/03/2000 (Regione Lombardia) e s.m.i. che stabilisce i requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

Le finalità della legge risultano le seguenti:

- riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi;
- riduzione dei fenomeni di abbagliamento;
- tutela dell'inquinamento luminoso dei siti degli osservatori astronomici professionali e non professionali di rilevanza regionale o provinciale, nonché delle loro zone circostanti (vedi elenco osservatori inseriti in allegato alla legge regionale);
- miglioramento della qualità della vita e delle condizioni di fruizione dei centri urbani e dei beni ambientali.

Una campionatura di tutti i corpi illuminanti previsti va presentata alla Direzione Lavori che potrà a suo avviso accettare o richiedere la loro sostituzione con modelli più appropriati.

Per quanto riguarda l'impianto di messa a terra dei pali non viene realizzato in quando si realizzeranno tutti impianti a doppio isolamento con apparecchi da alimentare tutti in classe II.

## 5 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Sono state scelte come opzioni concernenti l'area in oggetto i seguenti parametri. Si tende a precisare che è stata fatta una valutazione con parametri maggiormente restrittivi, il tutto a favore della sicurezza dei veicoli e pedoni che vi transiteranno.

### **Area (geometria):**

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| ➤ carreggiate separate                                       | <b>No</b>                     |
| ➤ tipo di giunzione  | <b>/</b>                      |
| ➤ distanza tra gli interscambi,<br>distanza tra gli svincoli | <b>&lt; 3km</b>               |
| ➤ densità delle intersezioni                                 | <b>&lt; 3 intersezioni/km</b> |
| ➤ zona di conflitto  | <b>Si</b>                     |
| ➤ geometria del tratto                                       | <b>in curva</b>               |
| ➤ pendenza media   | <b>&lt; 2%</b>                |
| ➤ dispositivi geometrici di rallentamento<br>del traffico    | <b>No</b>                     |

### **Traffico:**

- |                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| ➤ flusso giornaliero di veicoli   | <b>===</b>                  |
| ➤ flusso del traffico di ciclisti | <b>normale</b>              |
| ➤ flusso del traffico di pedoni   | <b>normale</b>              |
| ➤ difficoltà di guida             | <b>Superiore al normale</b> |
| ➤ veicoli in sosta                | <b>Si</b>                   |
| ➤ riconoscimento dei volti        | <b>Necessario</b>           |
| ➤ rischio di aggressione          | <b>Normale</b>              |

### **Influenze esterne ed ambientali:**

- |                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| ➤ complessità del campo visivo       | <b>Elevato</b> |
| ➤ luminanza ambientale               | <b>Urbana</b>  |
| ➤ condizioni atmosferiche principali | <b>Secco</b>   |

Congiuntamente alle scelte effettuate, ed in accordo con le norme CEI e secondo la Norma tecnica UNI 13201-2, sono state previste le seguenti prestazioni illuminotecniche.

I tratti stradali, contemplate nella infrastruttura in oggetto degli interventi di progetto possano essere prevalentemente definiti come strade di classe F (STRADE LOCALI URBANE) con velocità limite di 50 km/h riconducibili alla categoria illuminotecnica M3.

a) Per quanto riguarda l'illuminazione del tratto in oggetto strade Via Matteotti (RO003):

<i>Classificazione delle strade:</i>	<b>F– Strade locali urbane</b>	
<i>Categoria di illuminazione "M":</i>	<b>M3</b>	(tabella 1a UNI EN 13201-2)
<i>Luminanza media mantenuta:</i>	$L_m=1,0 \text{ cd/m}^2$	(valore minimo richiesto)
<i>Rapporto di uniformità generale:</i>	$U_0=0,40$	(valore minimo richiesto)
<i>Rapporto di uniformità longitudinale:</i>	$U_l=0,60$	(valore minimo richiesto)
<i>Indice abbagliamento debilitante:</i>	$TI=15\%$	(valore minimo richiesto)
<i>Illuminazione aree circostanti:</i>	$SR=0,5$	(valore minimo richiesto)

Secondo quanto indicato dalla norma UNI 11248, appendice C.3.2.1, nelle intersezioni a raso lineari, il livello di illuminamento previsto dovrebbe essere superiore di una categoria, rispetto a quello delle strade principali (M3 → C2), e quindi la classe di illuminazione C2.

Per quanto riguarda i risultati dei calcoli illuminotecnici, si rimanda agli allegati alla presente relazione illuminotecnica.

## 5.1 CLASSIFICAZIONE DELLE INTERSEZIONI IN FUNZIONE ALLA VIABILITÀ (UNI 11248)

Per le rotatorie ed i punti di intersezione a raso si dovrà far riferimento alla Norma UNI 11248 Appendice C: "La categoria illuminotecnica selezionata dovrebbe essere maggiore di un livello rispetto alla maggiore tra quelle previste per le strade di accesso, facendo riferimento al prospetto 6". Nel nostro caso, essendo la categoria illuminotecnica di livello massimo tra quelle selezionate per le strade di accesso **M3**, nell'intersezione sarà applicata la categoria illuminotecnica **C2**.

b) Per quanto riguarda le intersezioni a raso (incroci):

<i>Classificazione delle strade:</i>	<b>F– Strade locali urbane</b>	
<i>Categoria di illuminazione "M":</i>	<b>M3</b>	(tabella 1a UNI EN 13201-2)
<i>Categoria di illuminazione "C":</i>	<b>C2</b>	(tabella 2 UNI EN 13201-2)
<i>Illuminamento orizzontale medio:</i>	$E=20 \text{ lux}$	(valore minimo richiesto)
<i>Rapporto di uniformità generale:</i>	$U_0=0,40$	(valore minimo richiesto)

## 6 DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE

### 6.1 OGGETTO DELLA SPECIFICA

Oggetto della presente specifica è l'esposizione delle norme di carattere generale e particolare per il calcolo dei cavi di alimentazione relativo agli impianti di illuminazione in oggetto.

Il calcolo è stato realizzato sulla condizione di posa peggiorativa che risulta essere cavidotto interrato in bauletto di calcestruzzo. Ovviamente tale valore è cautelativo laddove ci sono tratti di progetto di cavidotto direttamente interrato.

### 6.2 RISPONDE A NORME TECNICHE

L'appaltatore con l'accettazione della presente specifica si impegna a rispettare:

- Tutte le leggi pertinenti in vigore nella Repubblica Italiana alla data di definizione dell'appalto e le Norme e Leggi in materia anti-infortunistica;
- Norme applicabili del Comitato Elettrotecnico italiano ed in particolare
- Le tabelle UNEL applicabili per le caratteristiche dei materiali unificati per le portate di corrente ecc e le equivalenti norme Europee.

### 6.3 AMBIENTE DI INSTALLAZIONE E CARATTERISTICHE

Le condizioni di impiego essenzialmente saranno per una posa interrata od entro tubazioni in polietilene e saranno del tipo unipolare o multipolare destinati entro tubi protettivi circolari con le seguenti condizioni ambientali:

- Temperatura massima: + 20°C;
- Temperatura minima: - 5°C

### 6.4 DATI TECNICI

- Identificazione del cavo	: FG7OR
- Tensione nominale	: 0,6/1kV
- Tensione di prova	: 4kV
- Temperatura d'esercizio	: max 90°C
- Temperatura di corto-circuito (max)	: 250°C
- Conduttore	: a corda flessibile di rame ricotto
- Isolamento	: gomma HEPR ad alto modulo
- Guaina	: guaina speciale di qualità R2
- Colore	: grigio chiaro RAL 7035

I dati caratteristici usati per il calcolo sono:

- Numero delle tubazioni: 1
- Numero dei cavi per tubo: da 1 a 2
- coefficiente di progettazione: K1

## 6.5 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

### a. Dimensionamento dei conduttori

Il dimensionamento dei conduttori è eseguito per assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

Le altre considerazioni che hanno influenzato la sezione del conduttore, coordinate con l'organo di protezione sono:

- i. protezione contro i sovraccarichi verificando che:

$$I_z \geq I_N \geq I_B$$

$$I_F \leq 1,45 \times I_z$$

Dove:

$I_B$  = è la corrente di regime

$I_N$  = è la corrente nominale degli organi di protezione

$I_z$  = è la portata del conduttore nelle condizioni di posa previste

$I_F$  = è la corrente di sicurezza di funzionamento della protezione

- ii. protezione contro i corto-circuiti verificando che:

- tutti gli apparecchi di protezione sono stati scelti in modo che l'energia specifica lasciata passare ( $I^2t$ ) sia inferiore a quella della linea e delle apparecchiature da proteggere;
- la caduta di tensione non sia superiore a quella prevista del 5%;
- la lunghezza massima protetta non è riportata nei documenti allegati, ma è ugualmente verificata dal calcolo computerizzato effettuato, anche se non richiesto dalle normative, in quanto i conduttori sono tutti verificati per la protezione contro i sovraccarichi.

### b. Corrente massima (portata) nelle condizioni di posa previste così ricalcolata

Dalle tabelle CEI-UNEL 35026 si avrà

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_7$$

Dove:

$I_0$  portata con temperatura del terreno a 20°C relativo al metodo di installazione previsto, ricavato dalla tabella 1

$K_1$  è il fattore di correzione per temperatura ambiente diversa da 20°C (tabella II)

$K_7$  è il fattore di correzione per più circuiti installati in fascio o strato (tabella IV CEI UNEL 35024/1)

**c. Livello di isolamento**

La resistenza di isolamento dell'impianto predisposto per il normale funzionamento con l'interruttore generale aperto, ma con tutti gli apparecchi illuminanti inseriti dovrà soddisfare la seguente relazione

$$R_{iso} < \frac{2}{(L+N)} \quad M\Omega$$

dove

L = è la lunghezza massima della linea in chilometri (con un minimo di 1km)

N = è il numero degli apparecchi illuminanti connessi

**d. Caduta di tensione**

La tensione di alimentazione influisce direttamente sull'emissione luminosa degli apparecchi di illuminazione

Le Norme CEI 64.8 Sez. 714 Art. 525 prescrivono che la caduta di tensione lungo la linea di alimentazione, calcolata a pieno carico e trascurando il transitorio di accensione, non sia superiore del valore nominale della tensione di alimentazione, salvo più severe limitazioni in relazione al tipo di lampada.

Il calcolo dei conduttori allegati al progetto prevedono il dimensionamento come se l'intero carico fosse posto a fondo linea. Il risultato emerso di caduta di tensione risulta ovviamente cautelativo.

**6.6 POTENZA INSTALLATA - CARICO ELETTRICO**

Di seguito vengono riportate il riepilogo delle potenze installate al quadro di alimentazione previsto a progetto. La potenza totale installata, in Watt, è stata desunta moltiplicando il numero di corpi illuminanti alla potenza del corpo illuminante, incrementata del 20-25% in modo tale da garantire un futuro ampliamento dell'impianto stesso senza dover intervenire su quanto attualmente dimensionato (linee, interruttori, fornitura elettrica).

QUADRO ELETTRICO	POTENZA NETTA SINGOLO PUNTO LUCE [W]	POTENZA DI AUTOCONSUMO [W]	TOTALE POTENZA PER PUNTO [W]	N° CORPI ILLUMINANTI	TOTALE POTENZA INSTALLATA [W]
QE-IP-L04_RO003	67	7,5	74,5	12	900

Il massimo carico allacciato alla rotatoria L04-RO003 di progetto è pari a circa 900 W. Integrando un incremento futuro pari 25% abbiamo un carico massimo futuro di circa 1.200 W.

In considerazione del carico in oggetto e vista la ridotta estensione della area da illuminare si prevede una consegna monofase di 3kW (1F+N). La posizione individuata sulla planimetria di progetto deve essere verificata in fase di cantierizzazione insieme alla Direzione Lavori secondo quanto definito con ente distributore.

## 6.7 POSA APPARECCHI ILLUMINANTI - PLINTI

I punti luce individuati in relazione di calcolo saranno posati su supporti metallici ad un'altezza pari a 9,0 m.f.t. e dotati di sbraccio di lunghezza massima pari a 2,0 m, a seconda delle necessità impiantistiche, al fine di garantire un arretramento del palo rispetto al filo interno del guard-rail non inferiore a 2,50 m.

Le armature stradali saranno inclinate rispetto all'orizzontale di 0° e sono conformi alle leggi nazionali e regionali contro inquinamento luminoso. Tutti gli apparecchi sono del tipo a Led come descritto nel capitolo dedicato alla distribuzione.

Per quanto riguarda i plinti di rimanda al dimensionamento strutturale inserito in altro documento di progetto.

La posizione finale del palo andrà verificata come coordinate in fase di cantierizzazione insieme alla Direzione Lavori sulla base del tracciato finale.

---

## **7 ALLEGATI**

### **7.1 CALCOLI ILLUMINOTECNICI ROTATORIA**

### **7.2 DIMENSIONAMENTO CONDUTTORI ELETTRICI ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

## **Rotatoria su S.P.115**

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

Data: 17.05.2017  
Redattore:

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

di

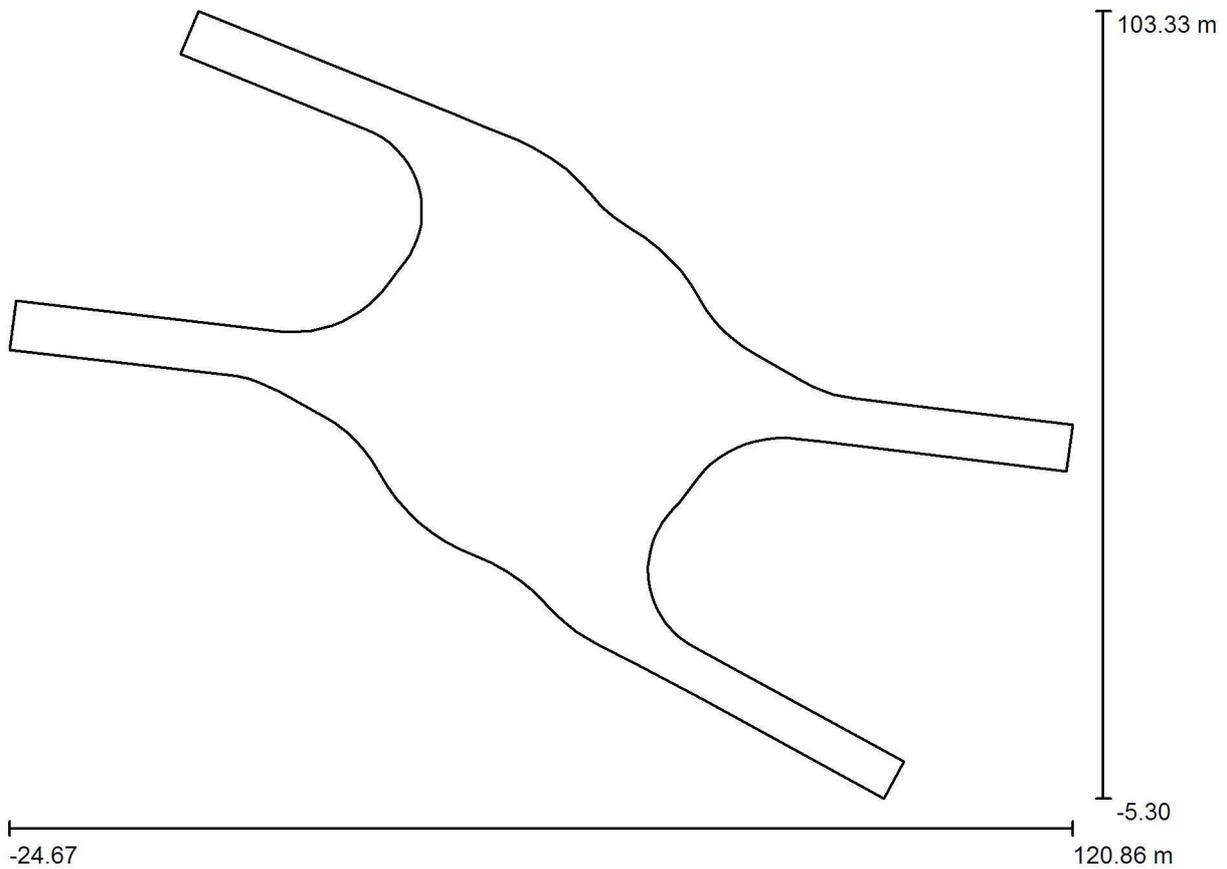
**Rotatoria su S.P.115**

Copertina progetto	1
Indice	2
<b>P 1 5 M M di d 5 5</b>	
Scheda tecnica apparecchio	3
<b>Rotatoria</b>	
Dati di pianificazione	4
Lista pezzi lampade	5
Lampade (planimetria)	6
Rendering 3D	7
Rendering colori sfalsati	8
<b>Su r i i s t r o</b>	
<b>Su r i i di a o o t i o o i o r a o i o d i o r s s o</b>	
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	9
<b>Su r i i di a o o t i o o i o r a o i o d i o r s s o</b>	
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	10
<b>Su r i i di a o o t i o o i o r a o i o d i o r s s o</b>	
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	11
<b>Su r i i di a o o t i o o i o r a o i o d i o r s s o</b>	
Grafica dei valori (E, perpendicolare)	12
<b>o strada</b>	
Riepilogo	13
Grafica dei valori (E, orizzontale)	14
Tabella radiale (E, orizzontale)	15



Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

Rotatoria  at  di  ia  i  a  io



Fattore di manutenzione: 0.85, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Scala 1:1041

isti  ta  a  ad

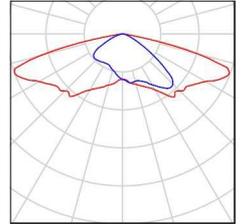
No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
1	14	FIVEP 01K12H2596_HM4 KAI Medium 72led LT-L 525mA 3K (1.000)	13720	13720	122.0
Totale:			192079	Totale: 192080	1708.0

Redattore  
Telefono  
Fax  
e-Mail

**Rotatoria □□ista □□□□i □a□ □ad□**

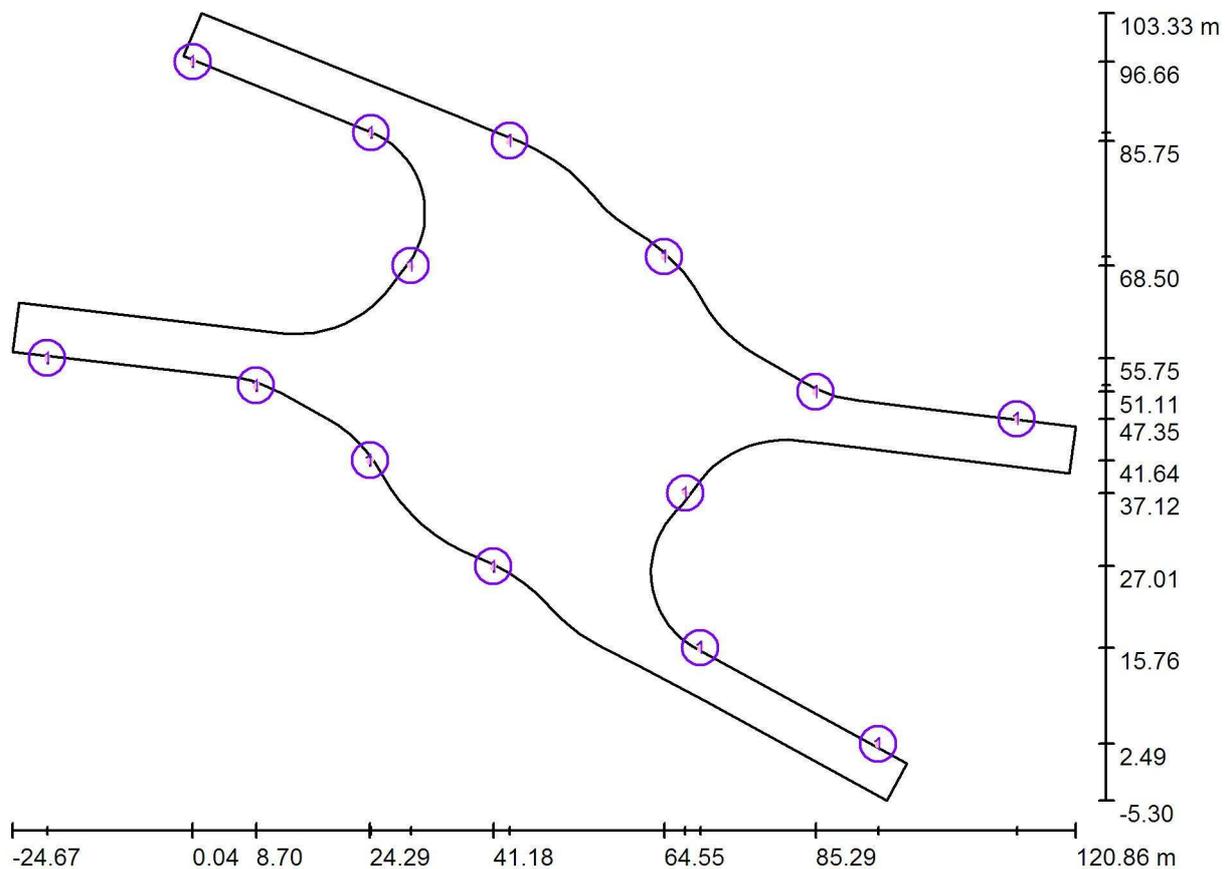
14 Pezzo FIVEP 01KI2H2596\_HM4 KAI Medium 72led LT-  
L 525mA 3K  
Articolo No.: 01KI2H2596\_HM4  
Flusso luminoso (Lampada): 13720 lm  
Flusso luminoso (Lampadine): 13720 lm  
Potenza lampade: 122.0 W  
Classificazione lampade secondo CIE: 100  
CIE Flux Code: 33 70 96 100 102  
Dotazione: 1 x 72led122W 525mA 3K (Fattore di  
correzione 1.000).

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



Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

Rotatoria a ad a i tria



Scala 1 : 1041

Lista a ad

No.	Pezzo	Denominazione
1	14	FIVEP 01KI2H2596_HM4 KAI Medium 72led LT-L 525mA 3K

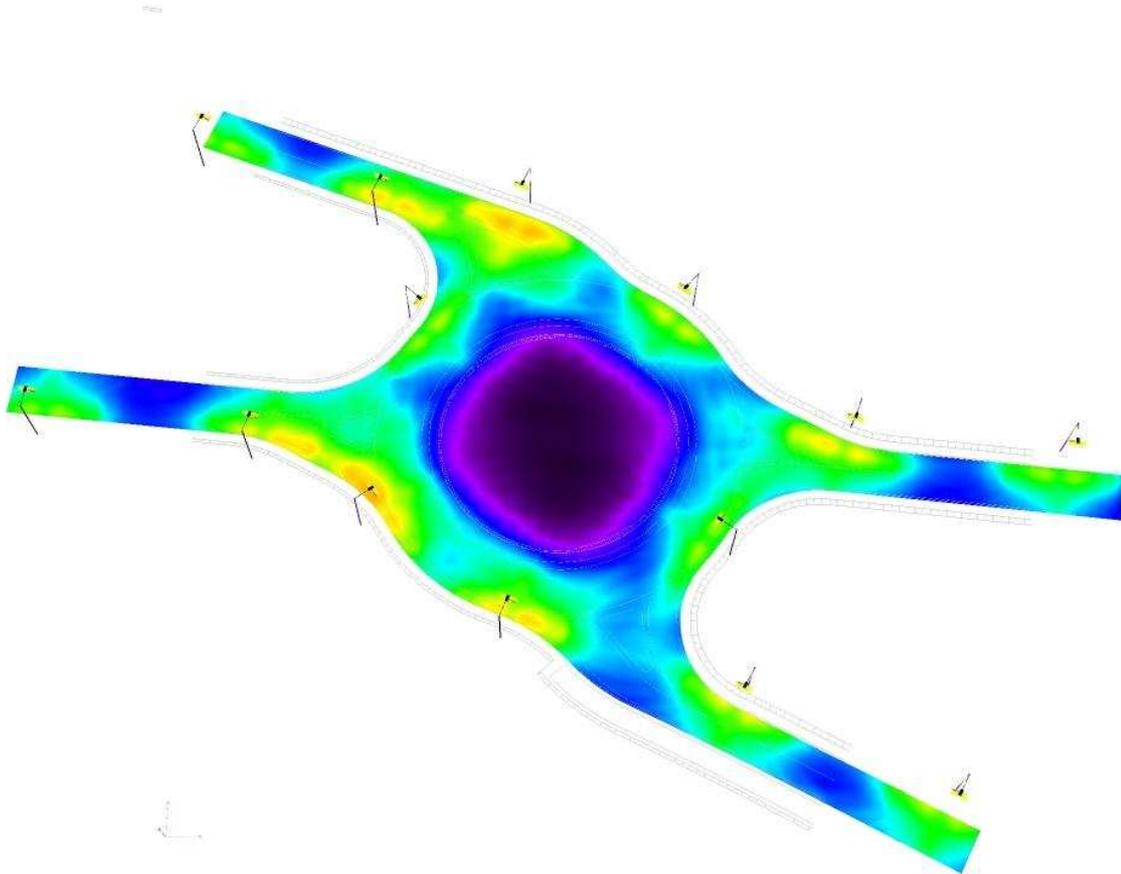
Redattore  
Telefono  
Fax  
e-Mail

Rotatoria R d r i



Redattore  
Telefono  
Fax  
e-Mail

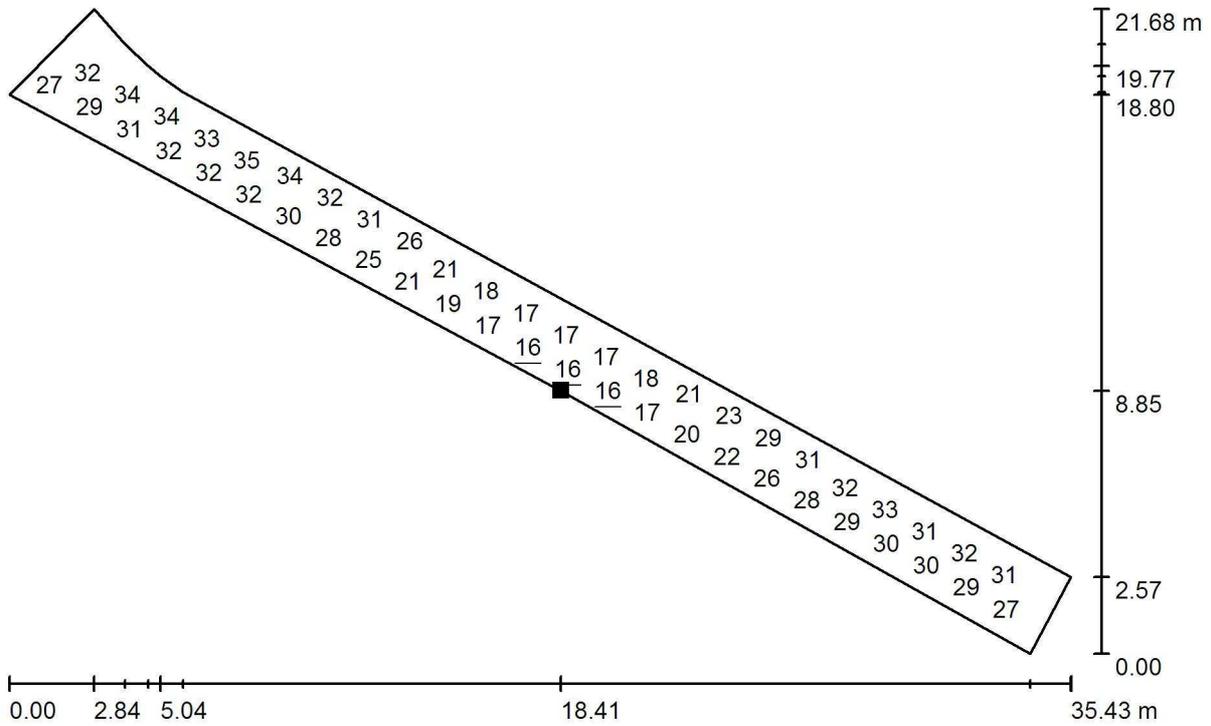
Rotatoria di Raddriori s.a.sati



0 7.50 15 22.50 30 37.50 45 52.50 60 lx

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

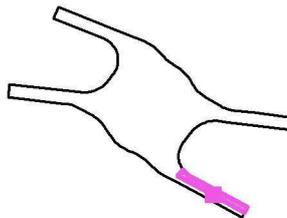
Rotatoria **Su** **r** **i** **i** **di** **a** **o** **o** **t** **i** **o** **o** **i** **o** **r** **a** **i** **o** **d** **i** **r** **s** **s** **o** **r** **a** **i** **a** **d** **i** **a** **o** **r** **i** **r** **a** **d** **i** **o** **a** **r**



Valori in Lux, Scala 1 : 254

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella  
 scena esterna:  
 Punto contrassegnato:  
 (80.711 m, 6.118 m, 0.000 m)

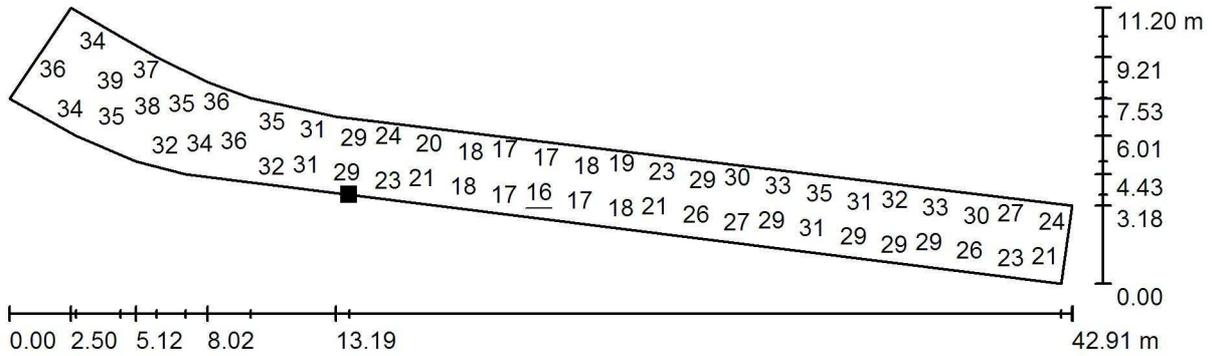


Reticolo: 128 x 16 Punti

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
27	16	38	0.579	0.415

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

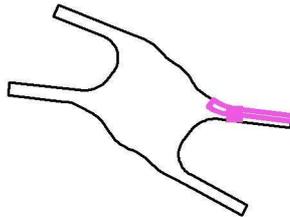
Rotatoria **Su** **r** **i** **i** **di** **a** **o** **o** **t** **i** **o** **o** **i** **o** **r** **a** **o** **d** **i** **r** **s** **s** **o** **r** **a** **i** **a** **d** **i** **a** **o** **r** **i** **r** **a** **d** **i** **o** **a** **r**



Valori in Lux, Scala 1 : 307

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella  
 scena esterna:  
 Punto contrassegnato:  
 (91.673 m, 46.686 m, 0.000 m)



Reticolo: 128 x 16 Punti

$E_m$  [lx]  
 28

$E_{min}$  [lx]  
 16

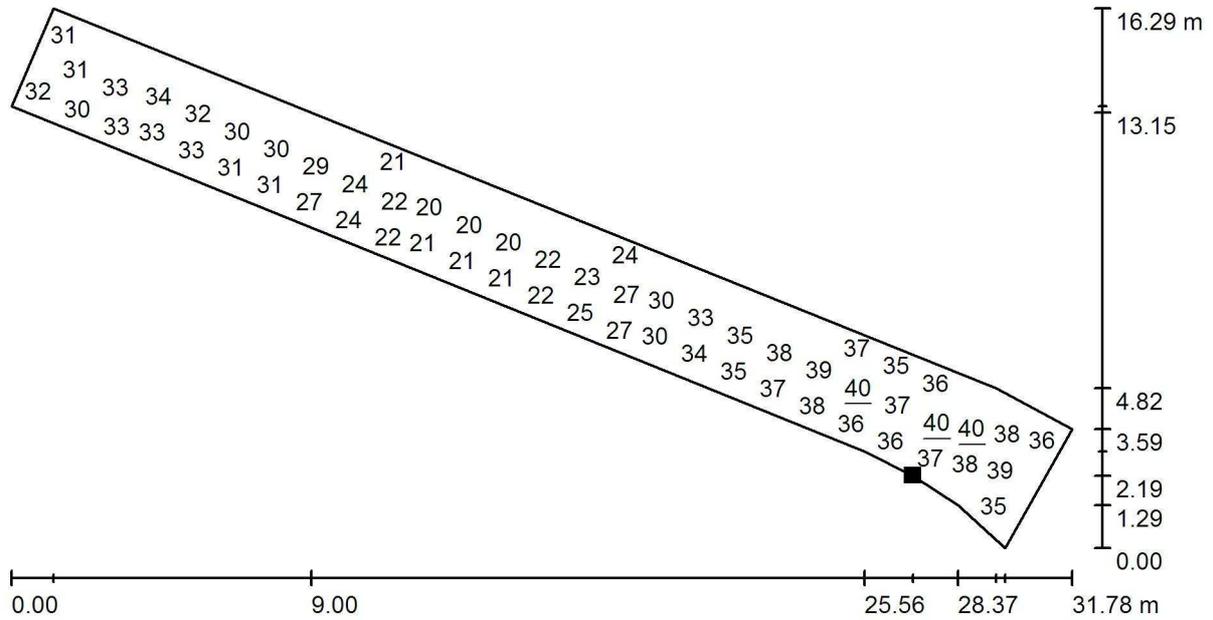
$E_{max}$  [lx]  
 40

$E_{min} / E_m$   
 0.571

$E_{min} / E_{max}$   
 0.403

Redattore  
Telefono  
Fax  
e-Mail

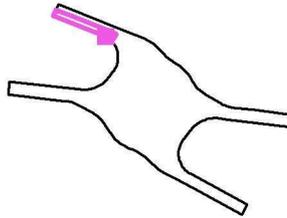
Rotatoria **Su** **r** **i** **i** **di** **a** **o** **o** **t** **o** **o** **i** **o** **r** **a** **i** **o** **d** **i** **r** **s** **s** **o** **r** **a** **i** **a** **d** **i** **a** **o** **r** **i** **r** **a** **d** **i** **o** **a** **r**



Valori in Lux, Scala 1 : 228

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella  
scena esterna:  
Punto contrassegnato:  
(25.771 m, 86.262 m, 0.000 m)

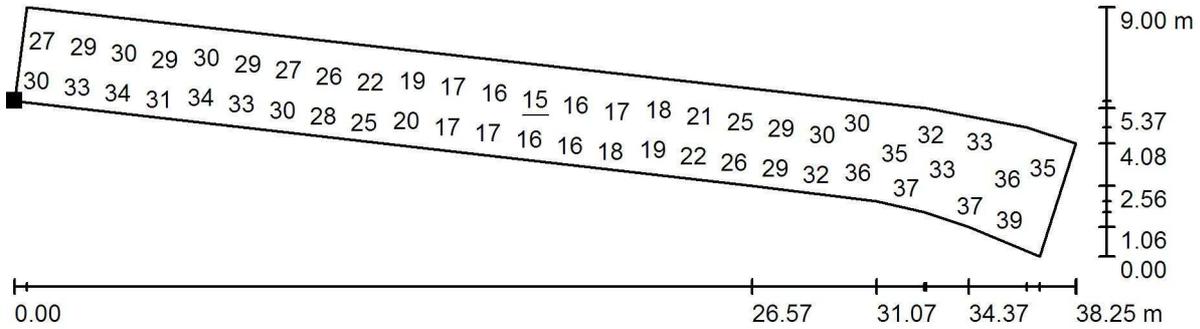


Reticolo: 128 x 16 Punti

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
30	18	40	0.610	0.454

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

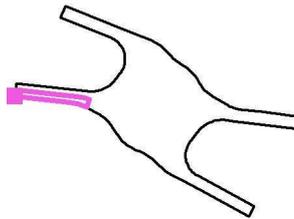
Rotatoria di tipo a rasoio con illuminazione a LED  
 Riferimento di progetto



Valori in Lux, Scala 1 : 274

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella  
 scena esterna:  
 Punto contrassegnato:  
 (-24.674 m, 56.615 m, 0.000 m)



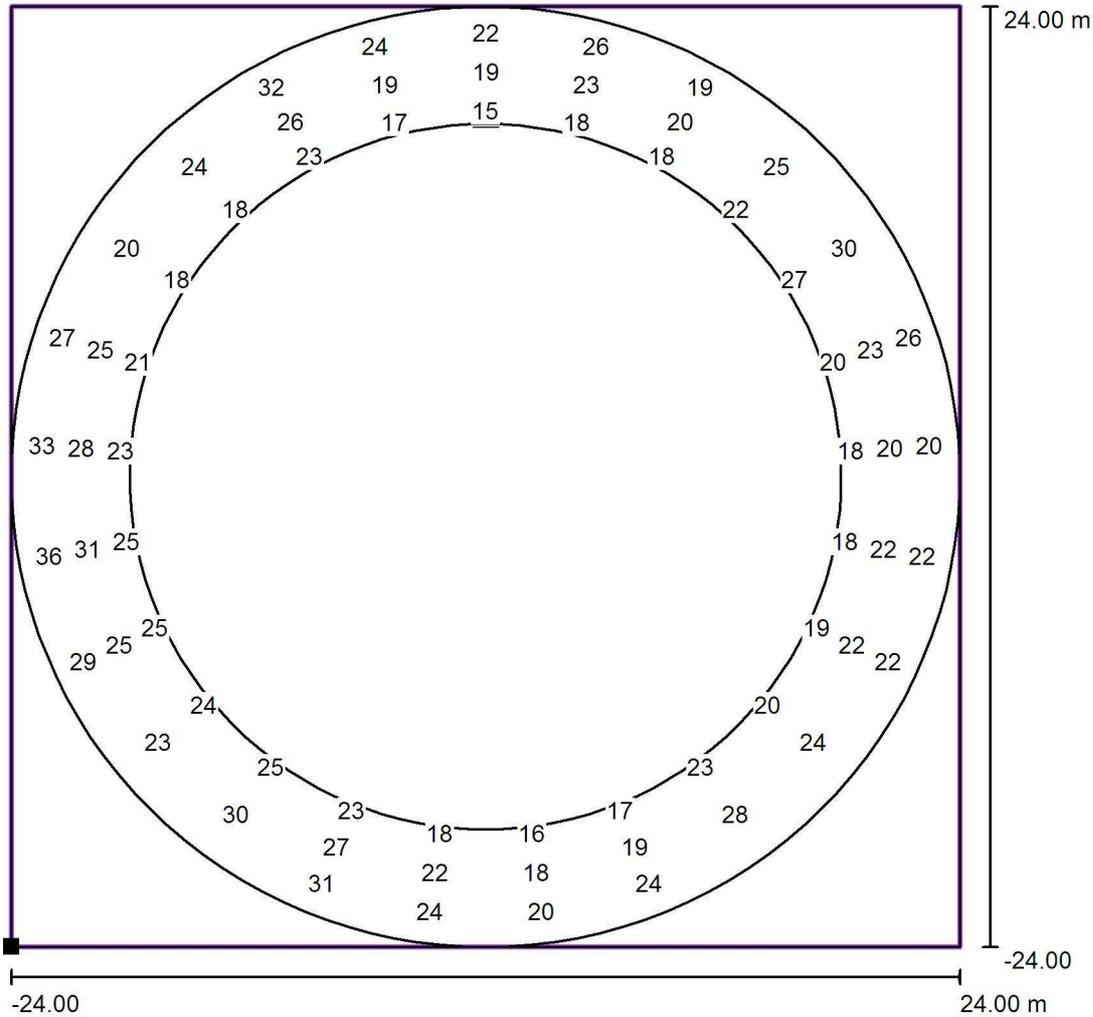
Reticolo: 128 x 16 Punti

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
26	15	40	0.568	0.371



Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

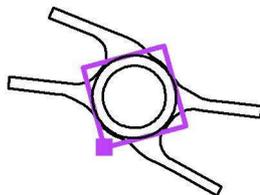
Rotatoria o strada a rai a di a ori ori o ta



Valori in Lux, Scala 1 : 385

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella  
 scena esterna:  
 Punto contrassegnato: (30.829 m,  
 22.376 m, 0.000 m)

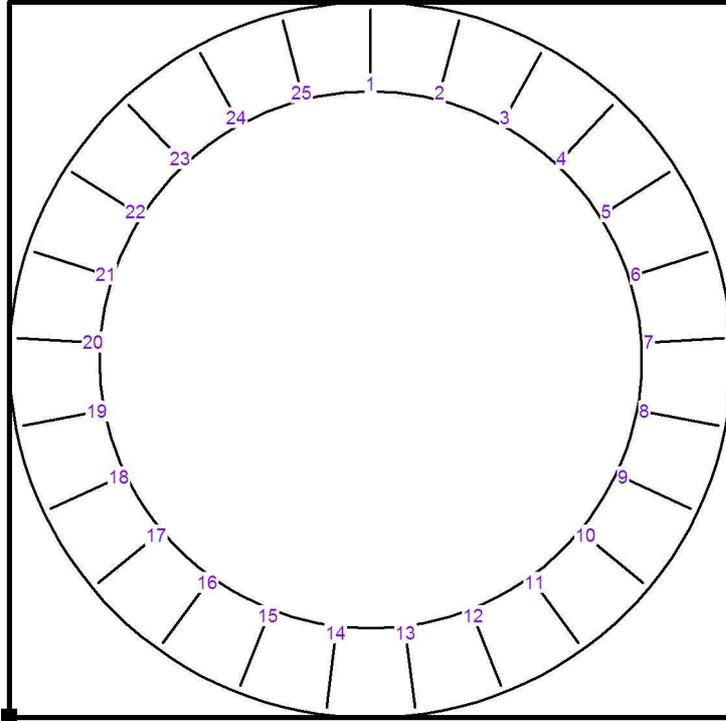


Reticolo: 25 x 6 Punti

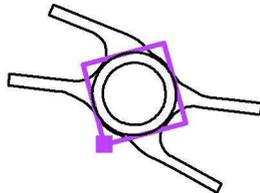
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
24	15	39	0.63	0.39

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

Rotatoria a strada a radia a 30°



Posizione della superficie nella scena esterna:  
 Punto contrassegnato: (30.829 m, 22.376 m, 0.000 m)



24	26	19	31	33	28	20	23	23	30	33	28	20	24	34	36	25	32
22	26	19	28	32	26	20	22	22	27	31	24	20	24	31	33	24	29
20	24	19	25	30	24	19	22	21	24	28	21	19	24	28	30	23	27
19	23	20	23	29	23	20	22	22	22	26	19	18	22	27	29	23	25
17	21	19	23	28	21	19	20	20	21	24	18	18	20	26	27	23	25
15	18	18	22	27	20	18	18	19	20	23	17	16	18	23	25	24	25
1				5					1	11	1	1	1	15	1	1	1

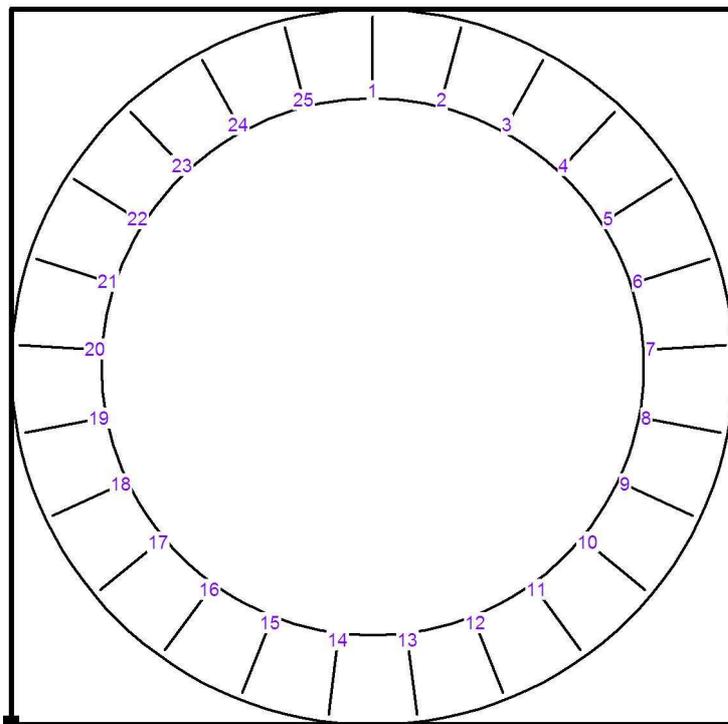
Valori in Lux. Rispettivamente dall'interno (I) all'esterno (VI).  
 Distanza punti della griglia trasversali al senso di marcia: 1.000 m  
 Distanza punti della griglia in senso di marcia: 4.524 m  
 La distanza dei punti della griglia in senso di marcia viene misurata sul bordo interno della pista.

Reticolo: 25 x 6 Punti

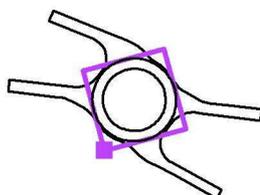
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
24	15	39	0.63	0.39

Redattore  
 Telefono  
 Fax  
 e-Mail

Rotatoria a strada a radia a 3 ori o ta



Posizione della superficie nella scena esterna:  
 Punto contrassegnato: (30.829 m, 22.376 m, 0.000 m)



39	36	27	23	29	34	26
36	33	27	21	27	32	24
33	30	26	20	24	28	21
31	28	25	20	21	26	19
28	26	24	19	20	24	19
25	23	21	18	18	23	17
1		1				5

Valori in Lux. Rispettivamente dall'interno (I) all'esterno (VI).  
 Distanza punti della griglia trasversali al senso di marcia: 1.000 m  
 Distanza punti della griglia in senso di marcia: 4.524 m  
 La distanza dei punti della griglia in senso di marcia viene misurata sul bordo interno della pista.

Reticolo: 25 x 6 Punti

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
24	15	39	0.63	0.39

Impianto illuminazione L04 □RO004 Andrea Angelini

Progetto:

### Elenco Tratte

Tratta	Circ.	Lungh. (m)	Form.	Cod./Sigla comm.	Cavi / fase	Sez. (mm <sup>2</sup> )	Colori	Importo	
W1	RN	140	2X	G□sette piu' □FG7(O)R	1	6			S
W2	RN	195	2X	G□sette piu' □FG7(O)R	1	6			S
W0	RN	3	2X	G□sette piu' □FG7(O)R	1	10			S

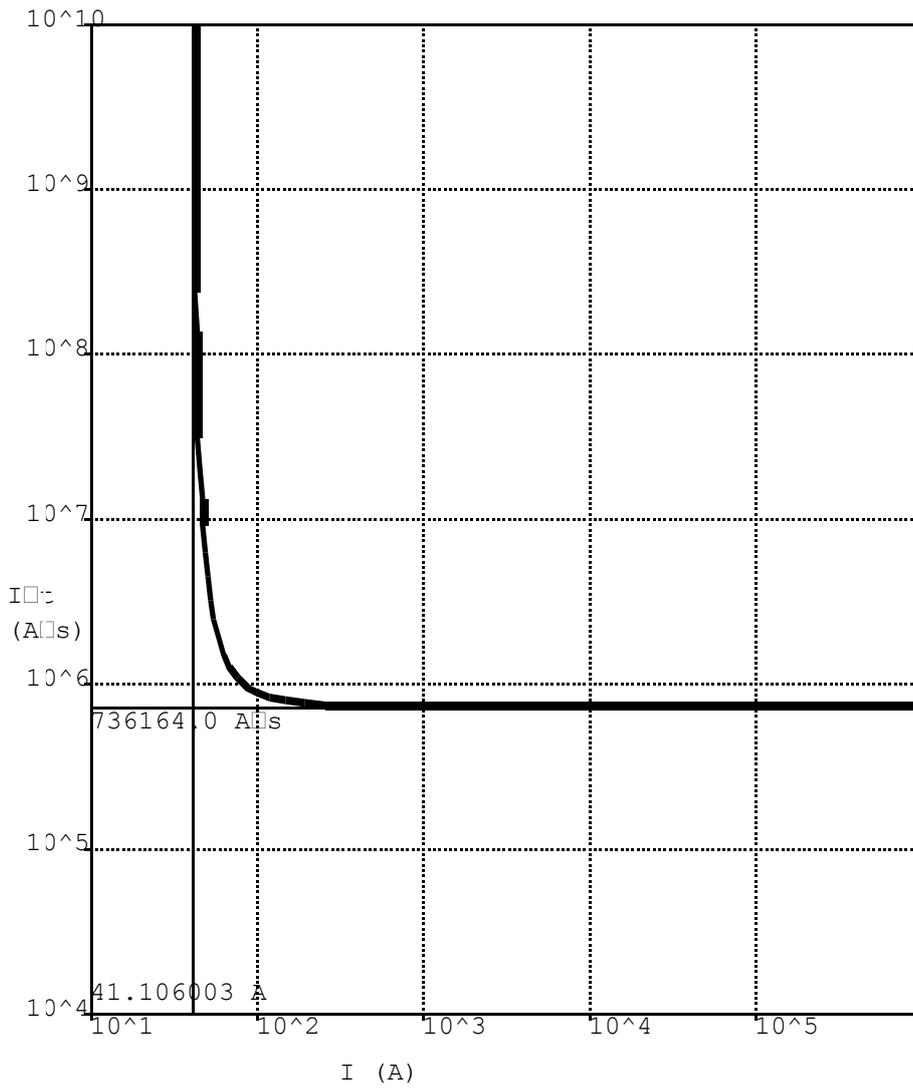
**Legenda:**

**Colori:** N: nero, M: marrone, GR: grigio, R: rosso, B: bianco, GV: giallo/verde, A: arancione, RO: rosa, BC: blu chiaro, BS: blu scuro, V: violetto

**Dimensionamento:** S : verifica positiva, N : verifica negativa, \* : non verificata

## Report Tratta

Tratta	W1
Tensione Esercizio	230 V
cosphi	0,9
Numero di cavi per fase	1
Frequenza	50Hz
Lunghezza	140 m
Tipo di Cavo	6 G7(F)E piu' 1 FG7(O)R
Sezione	6 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,71 %
Tipo di posa	interrato in tubo in terra umida
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Profondità	0,8 m
Distanza	0 m
Circuito	RN
Tensione Nominale	0.6/1 kV
Portata Nominale (Iz)	41,11 A (41,11 A x 1)
Temperatura Max Esercizio	90 ° Celsius
Temperatura Max Corto Circuito	250 ° Celsius
Corrente	2 A
Fattore di correzione libero	1
Potenza Attiva	0,41 kW
Temperatura in Esercizio Conduttore	30,14 ° Celsius
Verifica di JDC	Positiva
Energia Specifica Passante (I <sup>2</sup> t)	736.164 A <sup>2</sup> s
Diametro Esterno	15,4 mm
Corrente Corto Circuito Min.	0,15 kA
Corrente Corto Circuito Max. del Cavo	2,71 kA



**L**   **L**     **T**     **T**     **EL**   **ME**       **ME**   **T**    **ELL**   
 **E**

**T**   **TT**

**T**       **ETT**

Numero di cavi per fase	1
Lunghezza	140 m
Tipo di Cavo	7 cavi piu' FG7(O)R
Sezione	6 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,71 %
Tipo di posa	interrato in tubo in terra umida
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Profondità	0,8 m
Distanza	0 m
Circuito	RN
Portata Nominale (Iz)	41,11 A (41,11 A x 1)
Corrente	2 A
Fattore di correzione libero	1
Verifica di JDC	Positiva



**Criterio della caduta di tensione a regime**

**Criterio**

La formula assunta per il calcolo delle cadute di tensione a regime è stata la seguente:

$$\Delta V = 2(R_i \cos \phi + X_i \sin \phi)$$

dove:

- ΔV la caduta di tensione lungo la linea espressa in volt;
- R la resistenza della linea, espressa in ohm
- I la corrente di impiego della linea, espressa in ampere
- X la reattanza della linea, espressa in ohm
- cosφ il fattore di potenza del carico alimentato dalla linea.

La sezione del cavo è stata scelta in modo da soddisfare il vincolo imposto:

$$\Delta V \leq \Delta V_{max}$$

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

**Criterio di verifica della sezione**

La sezione scelta è

$$S \geq 2,5 \text{ mm}^2$$

Pertanto in base ai calcoli effettuati può essere considerata corretta

**Limitazioni**

*I Risultati ottenuti derivano da calcoli analitici la cui affidabilità è stata verificata ma che dipendono dai dati di base introdotti.*

*I Risultati dei calcoli sono validi solo:*

- per carichi lineari
- per i cavi Prysmian

*Nella realizzazione impiegata per il dimensionamento della sezione del cavo in relazione al cortocircuito il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) è stato calcolato assumendo per I il valore efficace della corrente di cortocircuito e per t la durata del cortocircuito stesso.*

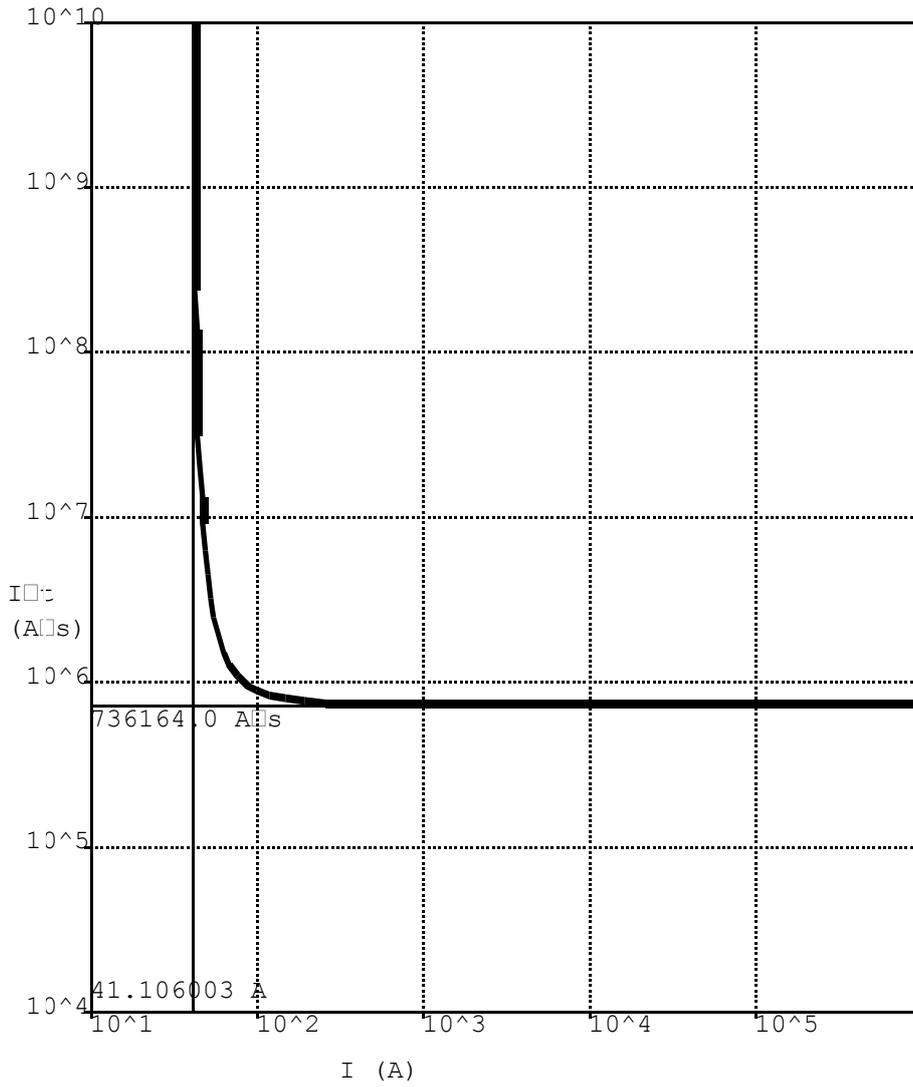
*Quest' approssimazione è valida per cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi. Nel caso di durate brevi (<0,1 s) e di impegno di dispositivi di protezione del tipo limitatore il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) deve essere fornito dal costruttore del dispositivo di protezione.*

*Le formule impiegate per il calcolo delle cadute di tensione sono valide nell'ipotesi di carichi induttivi, caratterizzati da un fattore di potenza compreso tra 0,9 e 0,5.*

*I valori di resistenza impiegati per il calcolo delle cadute di tensione sono riferiti alla massima temperatura di funzionamento del cavo scelto.*

## Report Tratta

Tratta	W2
Tensione Esercizio	230 V
cosphi	0,9
Numero di cavi per fase	1
Frequenza	50Hz
Lunghezza	195 m
Tipo di Cavo	Sette piu' FG7(O)R
Sezione	6 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,99 %
Tipo di posa	interrato in tubo in terra umida
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Profondità	0,8 m
Distanza	0 m
Circuito	RN
Tensione Nominale	0.6/1 kV
Portata Nominale (Iz)	41,11 A (41,11 A x 1)
Temperatura Max Esercizio	90 ° Celsius
Temperatura Max Corto Circuito	250 ° Celsius
Corrente	2 A
Fattore di correzione libero	1
Potenza Attiva	0,41 kW
Temperatura in Esercizio Conduttore	30,14 ° Celsius
Verifica di JDC	Positiva
Energia Specifica Passante (I <sup>2</sup> t)	736.164 A <sup>2</sup> s
Diametro Esterno	15,4 mm
Corrente Corto Circuito Min.	0,1 kA
Corrente Corto Circuito Max. del Cavo	2,71 kA



**L**   **L**     **T**     **T**     **EL**   **ME**       **ME**   **T**    **ELL**   
 **E**

**T**   **TT**

**T**       **ETT**

Numero di cavi per fase	1
Lunghezza	195 m
Tipo di Cavo	7 Sette piu' FG7(O)R
Sezione	6 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,99 %
Tipo di posa	interrato in tubo in terra umida
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Profondità	0,8 m
Distanza	0 m
Circuito	RN
Portata Nominale (Iz)	41,11 A (41,11 A x 1)
Corrente	2 A
Fattore di correzione libero	1
Verifica di JDC	Positiva

□□□□L□□L□ □ELL□ □E□□□□E

□□□ □riferimento ter□ □co

□□□□□ Ma□□□□ a corrente a□ □ □□□□□le

In relazione ai dati progettuali, per il tipo di cavo scelto, □stata assunta la seguente portata di riferimento:

$$I_0 = 24 \text{ A}$$

In funzione della temperatura ambiente e della modalità di posa di progetto sono stati assunti i seguenti fattori di correzione:

- per temperatura ambiente diversa da quella di riferimento  $k_1 = 0,93$  p.u.
- per circuiti adiacenti e/o numero di strati  $k_2 = 0,85$  p.u.
- per profondità di posa diversa da quella di riferimento  $k_3 = 1$  p.u.
- fattore libero di correzione (KFR)  $k_4 = 1$  p.u.
- per contributo di terza armonica (fase o neutro)  $k_5 = 1$  p.u.

La portata  $I_z$  del cavo scelto, nelle condizioni di installazione previste □stata quindi determinata verificando il criterio seguente:

$$I_z \geq I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \geq I_b$$

dove  $I_b$  □la corrente di impiego del circuito calcolata in base ai dati di progetto, comprese le eventuali armoniche.

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio □pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

□□□□□ □corrente d□corto c□rc□□to

In relazione al tipo di isolante □stata assunta la seguente costante del cavo:

$$K = 143$$

Il dimensionamento del cavo al corto circuito □stato effettuato in modo da soddisfare la relazione seguente:

$$S \geq (I_{sc}) / K$$

dove:

- S □la sezione del conduttore, espressa in  $\text{mm}^2$
- □l'energia specifica lasciata passare dalla protezione.

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio □pari a:

$$S = 2,5 \text{ mm}^2$$

**Criterio della caduta di tensione a regime**

**Criterio**

La formula assunta per il calcolo delle cadute di tensione a regime è stata la seguente:

$$\Delta V = 2(R_i \cos \phi + X_i \sin \phi)$$

dove:

- ΔV la caduta di tensione lungo la linea espressa in volt;
- R la resistenza della linea, espressa in ohm
- I la corrente di impiego della linea, espressa in ampere
- X la reattanza della linea, espressa in ohm
- cosφ il fattore di potenza del carico alimentato dalla linea.

La sezione del cavo è stata scelta in modo da soddisfare il vincolo imposto:

$$\Delta V \leq \Delta V_{max}$$

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

**Criterio di verifica della sezione**

La sezione scelta è

$$S \geq 2,5 \text{ mm}^2$$

Pertanto in base ai calcoli effettuati può essere considerata corretta

**Limitazioni**

*I Risultati ottenuti derivano da calcoli analitici la cui affidabilità è stata verificata ma che dipendono dai dati di base introdotti.*

*I Risultati dei calcoli sono validi solo:*

- per carichi lineari
- per i cavi Prysmian

*Nella realizzazione impiegata per il dimensionamento della sezione del cavo in relazione al cortocircuito il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) è stato calcolato assumendo per I il valore efficace della corrente di cortocircuito e per t la durata del cortocircuito stesso.*

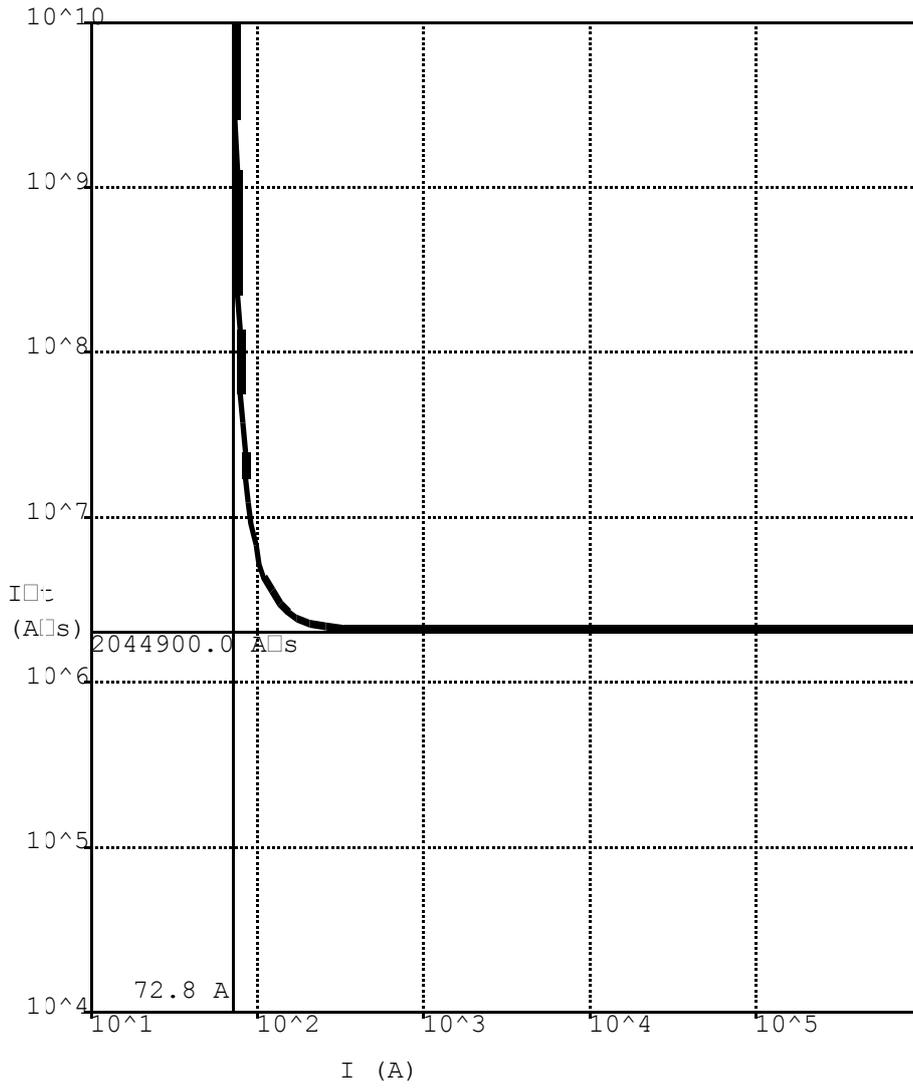
*Quest' approssimazione è valida per cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi. Nel caso di durate brevi (<0,1 s) e di impegno di dispositivi di protezione del tipo limitatore il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) deve essere fornito dal costruttore del dispositivo di protezione.*

*Le formule impiegate per il calcolo delle cadute di tensione sono valide nell'ipotesi di carichi induttivi, caratterizzati da un fattore di potenza compreso tra 0,9 e 0,5.*

*I valori di resistenza impiegati per il calcolo delle cadute di tensione sono riferiti alla massima temperatura di funzionamento del cavo scelto.*

## Report Tratta

Tratta	W0
Tensione Esercizio	230 V
cosphi	0,9
Numero di cavi per fase	1
Frequenza	50Hz
Lunghezza	3 m
Tipo di Cavo	7 Sette piu' FG7(O)R
Sezione	10 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,02 %
Tipo di posa	in tubo a parete
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Distanziati/A contatto	A Contatto
In Piano/A Trifoglio	In Piano
Circuito	RN
Tensione Nominale	0.6/1 kV
Portata Nominale (Iz)	72,8 A (72,8 A x 1)
Temperatura Max Esercizio	90 ° Celsius
Temperatura Max Corto Circuito	250 ° Celsius
Corrente	4 A
Fattore di correzione libero	1
Potenza Attiva	0,83 kW
Temperatura in Esercizio Conduttore	30,18 ° Celsius
Verifica di JDC	Positiva
Energia Specifica Passante (I <sup>2</sup> t)	2.044.900 A <sup>2</sup> s
Diametro Esterno	18,2 mm
Corrente Corto Circuito Min.	11,36 kA
Corrente Corto Circuito Max. del Cavo	4,52 kA



**L**   **L**     **T**     **T**     **EL**   **ME**       **ME**   **T**    **ELL**   
 **E**

**T**   **TT**

**T**       **ETT**

Numero di cavi per fase	1
Lunghezza	3 m
Tipo di Cavo	7 cavi piu' FG7(O)R
Sezione	10 mm <sup>2</sup>
Formazione	2X
Massima caduta di tensione ammissibile	4 %
Caduta di tensione operativa	0,02 %
Tipo di posa	in tubo a parete
Temperatura ambiente	30 ° Celsius
Nr circuiti adiacenti	2
Distanziati/A contatto	A Contatto
In Piano/A Trifoglio	In Piano
Circuito	RN
Portata Nominale (Iz)	72,8 A (72,8 A x 1)
Corrente	4 A
Fattore di correzione libero	1
Verifica di JDC	Positiva

Il presente documento è riservato ai clienti di Prysmian Group.

Il presente documento è riservato ai clienti di Prysmian Group.

Il presente documento è riservato ai clienti di Prysmian Group.

In relazione ai dati progettuali, per il tipo di cavo scelto, è stata assunta la seguente portata di riferimento:

$$I_0 = 22 \text{ A}$$

In funzione della temperatura ambiente e della modalità di posa di progetto sono stati assunti i seguenti fattori di correzione:

- Per temperatura ambiente diversa da quella di riferimento  $k_1 = 1$  p.u.
- Per circuiti adiacenti e/o numero di strati  $k_2 = 0,8$  p.u.
- Per profondità di posa diversa da quella di riferimento  $k_3 = 1$  p.u.
- Fattore libero di correzione (KFR)  $k_4 = 1$  p.u.
- Per contributo di terza armonica (fase o neutro)  $k_5 = 1$  p.u.

La portata  $I_z$  del cavo scelto, nelle condizioni di installazione previste è stata quindi determinata verificando il criterio seguente:

$$I_z \geq I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \geq I_b$$

dove  $I_b$  è la corrente di impiego del circuito calcolata in base ai dati di progetto, comprese le eventuali armoniche.

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

Il presente documento è riservato ai clienti di Prysmian Group.

In relazione al tipo di isolante è stata assunta la seguente costante del cavo:

$$K = 143$$

Il dimensionamento del cavo al corto circuito è stato effettuato in modo da soddisfare la relazione seguente:

$$S \geq (I_{sc}) / K$$

dove:

- $S$  è la sezione del conduttore, espressa in  $\text{mm}^2$
- $I_{sc}$  è l'energia specifica lasciata passare dalla protezione.

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 2,5 \text{ mm}^2$$

**Criterio della caduta di tensione a regime**

**Criterio**

La formula assunta per il calcolo delle cadute di tensione a regime è stata la seguente:

$$\Delta V = 2(R_i \cos \phi + X_i \sin \phi)$$

dove:

- ΔV la caduta di tensione lungo la linea espressa in volt;
- R la resistenza della linea, espressa in ohm
- I la corrente di impiego della linea, espressa in ampere
- X la reattanza della linea, espressa in ohm
- cosφ il fattore di potenza del carico alimentato dalla linea.

La sezione del cavo è stata scelta in modo da soddisfare il vincolo imposto:

$$\Delta V \leq \Delta V_{max}$$

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

**Criterio di verifica della sezione**

La sezione scelta è

$$S \geq 2,5 \text{ mm}^2$$

Pertanto in base ai calcoli effettuati può essere considerata corretta

**Limitazioni**

*I Risultati ottenuti derivano da calcoli analitici la cui affidabilità è stata verificata ma che dipendono dai dati di base introdotti.*

*I Risultati dei calcoli sono validi solo:*

- per carichi lineari
- per i cavi Prysmian

*Nella realizzazione impiegata per il dimensionamento della sezione del cavo in relazione al cortocircuito il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) è stato calcolato assumendo per I il valore efficace della corrente di cortocircuito e per t la durata del cortocircuito stesso.*

*Quest' approssimazione è valida per cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi. Nel caso di durate brevi (<0,1 s) e di impegno di dispositivi di protezione del tipo limitatore il valore dell'integrale di Joule ( $\int I^2 dt$ ) deve essere fornito dal costruttore del dispositivo di protezione.*

*Le formule impiegate per il calcolo delle cadute di tensione sono valide nell'ipotesi di carichi induttivi, caratterizzati da un fattore di potenza compreso tra 0,9 e 0,5.*

*I valori di resistenza impiegati per il calcolo delle cadute di tensione sono riferiti alla massima temperatura di funzionamento del cavo scelto.*