


## ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA  
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO  
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

### PERIZIA DI VARIANTE

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p>  <p><b>DIRPA 2</b> s.c.a.r.l.</p>	<p>Il Responsabile del Contraente Generale:</p> <p style="text-align: center;">Ing. Giacomo Zanchini</p>
--	--

<p>PROGETTAZIONE:</p> <p style="font-size: 1.2em;"><b>Partecipazioni Italia S.p.A.</b></p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p> <p>IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</p>	<p>ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;"> <p>dott. ing. Giovanni Antonio Gazzola Albo degli Ingegneri della Provincia di Piacenza n. 1525</p>  </div> </div>
---	---

<p>VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:</p> <p style="text-align: center;">Ing. Iginio Farotti</p>	
---	--

<p><b>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b></p> <p>3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p><b>Impianti tecnologici</b> Rotatoria SP 132 - Relazione illuminotecnica e di dimensionamento cavi ed apparecchiature</p>	<p>SCALA: -</p> <p>DATA: 30.05.2022</p>
--	---

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

CODICE ELABORATO:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	n° progr	Rev.
	L O 7 0 3	2 1 3	E	2 1	I M 5 3 0 4	R E L	0 1	A

Rev.	Data	Descrizione	Redatto		Controllato	Approvato
A	30.05.2022	Emissione	E.S.	G.A.Gazzola	Controllato	S. Lieto

## INDICE

<b>1</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO ILLUMINOTECNICO - PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE .....</b>	<b>8</b>
4.1	Generalita' .....	8
4.2	Apparecchi illuminanti utilizzati .....	8
4.2.1	<i>Apparecchi a LED</i> .....	8
4.3	Circuiti di alimentazione .....	9
4.4	Regolazione degli impianti di illuminazione esterna .....	10
4.5	Sostegni .....	10
4.5.1	<i>Pali</i> .....	10
4.6	Basamenti dei sostegni .....	11
<b>5</b>	<b>DATI TECNICI DI PROGETTO .....</b>	<b>12</b>
5.1	Dati di progetto derivanti dalle condizioni al contorno .....	12
5.2	Dati di progetto illuminotecnici .....	12
5.2.1	<i>Definizioni</i> .....	12
5.2.2	<i>Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento</i> .....	13
5.2.3	<i>Valutazione dei parametri di influenza</i> .....	16
5.2.4	<i>Fattore di manutenzione</i> .....	19
<b>6</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE .....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>DATI DI CALCOLO ILLUMINAZIONE .....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO CAVI ED APPARECCHIATURE - PREMESSA .....</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE .....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>11</b>	<b>DIMENSIONAMENTO LINEE BT .....</b>	<b>26</b>
11.1	Metodologia di verifica .....	26
	<i>Protezione contro i sovraccarichi</i> .....	26
	<i>Protezione contro i contatti indiretti</i> .....	27
	<i>Energia specifica passante</i> .....	29
	<i>Caduta di tensione (caso generale)</i> .....	29
	<i>Lunghezza max protetta per guasto a terra</i> .....	31
	<i>Lunghezza max</i> .....	31

11.2	FORMULE DI CALCOLI E VERIFICA UTILIZZATE DAL PROGRAMMA .....	32
	<i>Correnti di cortocircuito</i> .....	32
	<i>Verifica del potere di chiusura in cortocircuito</i> .....	33
11.3	LETTURA TABELLA RIEPILOGATIVE DI VERIFICA .....	35
	<i>Dati relativi alla linea</i> .....	35
	<i>Secondo tabelle UNEL 35024/1</i> .....	35
	<i>Secondo rapporto CENELEC RO 64-001 1991</i> .....	36
	<i>Secondo tabelle UNEL 35024/70</i> .....	36
	<i>Dati relativi alla protezione</i> .....	36
	<i>Parametri elettrici</i> .....	37
11.4	DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLE CEI UNEL 35024/1 E 35026/1 .....	38
	<i>Cavi unipolari - pose</i> .....	38
	<i>Cavi multipolari - pose</i> .....	41
	<i>Cavi unipolari - portate</i> .....	42
	<i>Cavi multipolari - portate</i> .....	43
	<i>Coefficienti di temperatura per pose in aria libera</i> .....	44
	<i>Coefficienti di temperatura per pose interrate</i> .....	45
	<i>Colori distintivi dei conduttori</i> .....	46
	<i>Sigle di designazione dei cavi</i> .....	48
12	DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLE IEC 364-5-523-1983 .....	51
	<i>Portate in funzione del tipo di posa</i> .....	51
	<i>Cavi unipolari - pose</i> .....	52
	<i>Cavi multipolari - pose</i> .....	54
13	DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLA CEI UNEL 35024/70 .....	57
	<i>Dati tecnici dei cavi</i> .....	58
	<i>Coefficienti di temperatura</i> .....	59
14	VERIFICA DELLA SOVRATEMPERATURA DEI QUADRI .....	61
	<i>Verifica sovratemperatura secondo CEI 17-43</i> .....	61
	<i>Verifica sovratemperatura secondo CEI 23-51</i> .....	63
	<i>Fattore di contemporaneità (23-51 § 4.9)</i> .....	64
	<i>Quadri con corrente nominale monofase minore o uguale a 32 A (CEI 23-51 § 6.2)</i> .....	65
15	ALLEGATO CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAVI ED APPARECCHIATURE .....	66
16	ALLEGATO CALCOLI ILLUMINOTECNICI .....	83

## 1 RELAZIONE DI CALCOLO ILLUMINOTECNICO - PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della Perizia di Variante del progetto di realizzazione dell'Asse Viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna maxi lotto 2, lavori di completamento della direttrice Perugia Ancona: SS 318 di "Valfabbrica", tratto Pianello – Valfabbrica, SS 76 "Val d'Esino", tratti Fossato Vico - Cancelli e Albacina - Serra San Quirico "Pedemontana delle Marche", tratto Fabriano-Muccia-Sfercia.

In particolare sono oggetto della relazione gli impianti di illuminazione relativi alla rotatoria sulla SP 132.

Le tipologie impiantistiche, ed i relativi requisiti funzionali, sono state adottate sia nel rispetto delle normative vigenti sia a seguito della necessità di collocare le componenti d'impianto in modo da rispettare la realtà architettonica e funzionali dell'area interessata all'intervento sia rispettando le specifiche tecniche costruttive degli enti distributivi e delle prescrizioni derivate dai vari enti locali. L'obiettivo principale per il quale si dimensiona l'impianto di illuminazione è quello di assicurare a chiunque vi transiti, durante le ore serali e notturne, un'adeguata performance e comfort visivo, nonché un senso di sicurezza. Ciò si ottiene quando l'illuminazione rende possibile al conducente di un'autovettura una corretta verifica del tracciato che si appresta a percorrere ed una veloce identificazione di eventuali pericoli od ostacoli che dovessero trovarsi lungo il percorso.

Inoltre, sempre dal punto di vista illuminotecnico, una intersezione stradale e/o un raccordo tra due strade può essere considerata un insieme di zone di conflitto, identificabili come:

- zone di intersezione o attraversamento;
- zone di diversione o uscita;
- zone di immissione.

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

- livello di illuminamento sulla strada;
- uniformità nella distribuzione dell'illuminamento 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 illuminamento e di uniformità;
- la luce possederà un angolo di incidenza rispetto al piano di visuale del conducente tale da fornire una elevata visibilità del tracciato;

- utilizzo di corpi illuminanti adeguati con lampade aventi una resa di colore adeguata in base all'area presa in oggetto e con ottiche CUT-OFF tali da rispettare le prescrizioni della normativa UNI 10819 e leggi regionali riguardanti la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

Il presente documento descrive la metodologia di dimensionamento seguita nella progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione. In particolare si evidenzia che:

- i calcoli allegati sono sviluppati con programmi software dedicati, i quali utilizzano armature illuminanti delle principali ditte fornitrici, universalmente riconosciuti di elevata affidabilità e debitamente validati;
- i criteri di calcolo di seguito riportati, dovranno essere utilizzati anche per la progettazione esecutiva.

Le indicazioni di tipi e marche commerciali dei materiali nel presente documento e negli altri elaborati di progetto, sono da intendersi come dichiarazione di caratteristiche tecniche.

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. L'altezza minima sulla carreggiata di una qualsiasi parte di impianto (franco libero) deve essere almeno di 6 m. Altezze minori possono essere adottate in casi particolari, previo autorizzazione del proprietario della strada. I pali distano dalla banchina non meno di 2,30 m dal guardrail.

## 2 DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE

Per comodità vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- BT - Simbolo generico di "Sistema di bassa tensione in c.a." (400/230V)
- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- FM - Forza Motrice
- IE - Illuminazione Esterna
- LED - Light Emitting Diode
- PL - Punto Luce
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

### 3 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi che sono stati considerati nello sviluppo del progetto definitivo degli impianti di cui trattasi; ad essi pertanto si è prestata particolare attenzione nel presente lavoro.

- Raccomandazioni CIE;
- Norma CEI 64-8/714 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Sezione 714: Impianti di illuminazione situati all'esterno;
- Norma UNI 10819 Luce e illuminazione. Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Norma UNI 11248:2016 Illuminazione stradale. Selezione delle categorie illuminotecniche;
- Norma EN 13201:2016 "Illuminazione stradale"
- Norma UNI EN 13201-2 Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali;
- Norma UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale – Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale – Parte 4: metodo di misura delle prestazioni fotometriche;
- Norme UNI EN 40 Pali per illuminazione;
- Norma EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places;
- Legge Regionale della Regione Lombardia del 5 ottobre 2015, n° 31: "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso"
- Legge n° 168 del 01.03.1968 "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici"
- Decreto n° 37 del 11.01.2008 "Regolamento concernente l'attuazione dell'Art. 11 – quarterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n° 248 del 02.12.2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti elettrici degli edifici"
- D.Lgs 81 del 09.04.2008 "Attuazione degli Artt. Del 03.08.2007, n° 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Gli impianti ed i componenti dovranno essere realizzati a regola d'arte e specificatamente:
- CEI 11.1: "Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata"
- CEI 11.17: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica"
- CEI 16.3: "Principi fondamentali e di sicurezza per interfaccia vano – macchina, la marcatura e l'identificazione principe di codifica per gli indicatori e per gli attuatori"
- CEI 17.6: "Apparecchiature prefabbricate con involucro in metallo per tensioni da 1kV a 52kV"
- CEI 17.11: "Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra, sezionatori e unità combinate con fusibili"

- CEI 17.13/1: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra a bassa tensione (Quadro B.T. tipo AS e ANS)"
- CEI 11.13-3: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra a bassa tensione destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accessi al loro uso – Quadri di distribuzione ASD"
- CEI 20.22.II: "Prove di incendio su cavi elettrici"
- CEI 20.35: "Cavi non propaganti la fiamma"
- CEI 20.38: "Cavi non propaganti l'incendio a bassa emissione di fumi opachi o gas tossici"
- CEI EN 61386-1 CEI 23-80 "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali"
- CEI EN 61386-23 CEI 23-83 "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori"
- CEI 64-8; V4 "Impianti elettrici multiutilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"



## 4 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

### 4.1 GENERALITA'

Si riporta nel seguito una breve descrizione dell'impianto rinviando agli altri elaborati di progetto (in particolare alle relazione tecnica ed agli elaborati grafici) per ulteriori dettagli.

L'illuminazione stradale ha lo scopo di garantire la sicurezza nelle ore notturne per tutti gli utenti della strada; il compito visivo per i conducenti degli autoveicoli è costituito dalla visibilità di ostacoli potenzialmente pericolosi, nelle condizioni ambientali e di traffico presenti ed in tempo utile per decidere e realizzare azioni correttive atte ad evitare incidenti.

Le soluzioni progettuali adottate hanno inoltre contemplato l'esigenza di contenere i consumi energetici e gli oneri manutentivi oltre a diminuire l'inquinamento luminoso verso l'alto.

### 4.2 Apparecchi illuminanti utilizzati

#### 4.2.1 Apparecchi a LED

Per l'illuminazione della viabilità esterna sono previsti apparecchi con sorgenti LED e corpo in pressofusione di alluminio.

L'apparecchio avrà una struttura modulare da 60 LED multichip, con diffusore in vetro piano trasparente temperato spessore 4 mm.

L'apparecchio, nel caso in cui un LED smetta di funzionare, ridefinisce la corrente di alimentazione sui rimanenti in modo tale da ridurre al minimo la variazione di flusso emessa dallo stesso.

La dissipazione del calore è garantita da adeguati dissipatori montati superiormente ai moduli LED.

L'alimentazione interna, in corrente continua, è garantita attraverso reattori elettronici di pilotaggio (driver), caratterizzati da elevata efficienza (>90%) e da elevata durata (100.000 ore).

L'apparecchio sarà inoltre equipaggiato di modulo ad onde convogliate per la regolazione del flusso luminoso emesso.

Altre caratteristiche degli apparecchi a LED si possono così riassumere:

#### **Apparecchio avente flusso luminoso di 11.768 lumen:**

- numero LED: 40
- alimentazione in corrente continua con valori regolabili per regolazione di flusso
- durata LED (L80): >100.000 h a 25°C di temperatura ambiente 700 mA di corrente di pilotaggio
- grado di protezione: IP66

- doppio isolamento (classe II)
- resa cromatica: > 75
- temperatura di colore: 4.000 K
- fattore di potenza: >0,95
- rendimento ottico (LOR): 80%
- efficienza luminosa delle sorgenti LED a 550 mA: =146 lm/W
- efficienza luminosa apparecchio a 550 mA (compresi ausiliari): =134 lm/W
- reattore elettronico senza necessità di condensatori di rifasamento
- peso: 7,3 kg
- montaggio su sbraccio laterale o testapalo diametro. 60 o 76mm, con attacco palo regolabile  $\pm 15^\circ$  a step di  $5^\circ$
- temperatura di funzionamento da  $-40^\circ\text{C}$  a  $+55^\circ\text{C}$ .
- alimentazione da 220÷240Vac a 50Hz
- potenza assorbita 88,1 W
- conforme a CEI EN 60598-1e CEI EN 60598-2-03

La distribuzione dei punti luce, nelle diverse zone servite dall'impianto di illuminazione, è riportata nelle tavole grafiche facenti parte del progetto.

### **4.3 Circuiti di alimentazione**

Gli impianti di illuminazione saranno alimentati da linee dedicate derivate dal quadro Generale QE1 collocato nel punto indicato sulla planimetria dello svincolo.

I circuiti relativi agli impianti di illuminazione esterna saranno costituiti da cavi unipolari non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici, tipo ARG7R 0.6/1 kV mentre le derivazioni terminali ai vari punti luce saranno eseguite all'interno delle morsettiere inserite alla base di ciascun sostegno.

I calcoli per il dimensionamento delle linee BT di alimentazione sono riportati in questo stesso documento come "Relazione di dimensionamento e calcoli apparecchiature elettriche e cavi".

#### **4.4 Regolazione degli impianti di illuminazione esterna**

L'accensione, lo spegnimento nonché l'inizio e la fine dei vari regimi di funzionamento degli impianti a servizio della viabilità saranno attuate mediante un orologio astronomico combinato con un interruttore crepuscolare, installato nel quadro di alimentazione.

La regolazione degli impianti d'illuminazione sarà eseguita tramite un impianto di gestione puntuale dei singoli punti luce, basato su un sistema ad onde convogliate. Ai sensi della Norma UNI 11248, nelle ore notturne, caratterizzate da un basso volume di traffico, si può ridurre il livello di luminanza/illuminamento del manto stradale. A tale scopo gli apparecchi a LED saranno equipaggiati con alimentatori dimmerabili 0-10V e da relativi moduli di comando gestiti dal sistema a onde convogliate. In condizioni ordinarie notturne, la corrente di alimentazione dei LED sarà fissata dai driver al valore della corrente di pilotaggio, mentre nelle ore notturne, caratterizzate da un basso volume di traffico, la corrente di alimentazione dei LED sarà stabilizzata dai driver a valori inferiori.

#### **4.5 Sostegni**

##### **4.5.1 Pali**

I pali di supporto degli apparecchi a LED saranno del tipo laminato a caldo, saldati longitudinalmente ad alta frequenza, realizzati in lamiera di acciaio S275JR (Fe430B) con caratteristiche meccaniche conformi alla UNI EN 10025.

I pali saranno zincati a caldo, internamente ed esternamente, e successivamente sottoposti ad un ciclo di verniciatura a polveri.

Essi avranno una forma conica diritta.

I pali saranno progettati secondo la UNI EN 40 e dotati di marcatura CE.

Nel caso specifico i sostegni avranno le seguenti caratteristiche meccaniche:

- palo conico per posa diretta del corpo illuminante
- altezza totale: 10,8 m
- peso del palo: 123 kg
- diametro di base: 168 mm
- diametro di testa: 60 mm
- spessore non inferiore a 4 mm
- portata con riferimento zona 6 e categoria di esposizione del terreno II: > 0,1 m<sup>2</sup>

I pali dovranno essere lavorati in fabbrica per l'alloggiamento degli accessori elettrici e dei sistemi di ancoraggio prima del trattamento di superficie di zincatura e della verniciatura esterna.

Dovranno infine essere corredati di attacco filettato per il collegamento all'impianto di terra ed avere, in corrispondenza della sezione di incastro, un rinforzo protettivo esterno costituito da guaina termorestringente in polietilene applicata con processo a caldo.

#### **4.6 Basamenti dei sostegni**

Per il supporto dei pali di illuminazione stradale dovranno essere realizzati plinti di fondazione interrati o adeguate piastre di fissaggio nel caso di pali collocati su opere d'arte (viadotti e muri).

- plinti di fondazione per il supporto dei pali dovranno essere forniti e posati in opera dei plinti in calcestruzzo con predisposto sia il foro verticale di infilaggio del palo sia il foro per il raccordo "orizzontale" con il pozzetto di transito delle condutture di alimentazione; per la posa dovrà essere eseguita una platea di appoggio in magrone con spessore di circa 100 mm mentre la sezione cava dovrà essere riempita con terreno ad elevata portanza.
- staffa di fissaggio per palo su opera d'arte: per il supporto di eventuali pali che dovranno essere collocati su viadotto o su muro dovranno essere realizzate adeguate staffe di fissaggio con piastre per l'applicazione a calcestruzzo armato con tasselli meccanici ad espansione o con tasselli chimici e barre filettate. Ogni staffa sarà dotata di un cilindro verticale per l'incastro del palo per la lunghezza necessaria, con una o più terne di bulloni di registrazione della verticalità dello stelo e blocco della rotazione; la staffa a piastre sarà zincata a bagno caldo dopo la lavorazione.

## 5 DATI TECNICI DI PROGETTO

### 5.1 Dati di progetto derivanti dalle condizioni al contorno

Costituiscono oggetto del presente paragrafo i dati di progetto derivanti da vincoli al contorno non aventi carattere illuminotecnico.

Nel caso specifico rientra in tale ambito la definizione della posizione dei sostegni rispetto ai limiti della carreggiata, o meglio, rispetto alle eventuali barriere di sicurezza collocate ai margini della stessa.

Infatti, per consentire la deformazione della barriera in caso di incidente, il palo di illuminazione va adeguatamente arretrato rispetto ad essa.

Nel caso specifico, si deve rispettare uno spazio di deformazione pari a 2,30 m (salvo diversa ed esplicita indicazione riportata negli elaborati grafici).

### 5.2 Dati di progetto illuminotecnici

Per la definizione dei livelli prestazionali che gli impianti di illuminazione stradale devono garantire si è fatto riferimento alla norma nazionale UNI 11248 – “Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche” ed alla UNI EN 13201-2 – “Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali”.

Nella suddette norme sono riportati le modalità di classificazione della strada da illuminare nonché i requisiti illuminotecnici per la progettazione, la verifica e la manutenzione di un impianto di illuminazione. Tali requisiti sono espressi in termini di livello e uniformità di luminanza e/o illuminamento del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata e limitazione dell'abbagliamento. Essi sono dati in funzione della categoria illuminotecnica di appartenenza della strada, la quale risulta a sua volta definita in relazione alla classificazione della strada sulla base sia del “Nuovo codice della strada” che di altri parametri di influenza.

#### 5.2.1 Definizioni

Si riportano nel seguito alcune definizioni tratte dalla Norma UNI 11248:

- **carreggiata:** Parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli. La carreggiata può essere composta da una o più corsie di marcia ed, in genere, è pavimentata e delimitata da strisce di margine. La carreggiata non comprende la corsia di emergenza.
- **categoria illuminotecnica:** Categoria che identifica una condizione di illuminazione in grado di soddisfare i requisiti per l'illuminazione di una data zona di studio.
- **categoria illuminotecnica di riferimento:** Categoria illuminotecnica determinata, per un dato

impianto, considerando esclusivamente la classificazione delle strade.

- categoria illuminotecnica di progetto: Categoria illuminotecnica ricavata, per un dato impianto, modificando la categoria illuminotecnica di riferimento in base al valore dei parametri di influenza considerati nella valutazione del rischio.
- complessità del campo visivo: Parametro che, valutata la presenza di ogni elemento visibile compreso nel campo visivo dell'utente della strada, indica quanto l'utente possa esserne confuso, distratto, disturbato o infastidito. La complessità del campo visivo dipende anche dalle condizioni di illuminazione dell'ambiente in quanto influenza il livello di adattamento dell'occhio. Esempi di elementi che possono elevare la complessità del campo visivo sono i cartelli pubblicitari luminosi, le stazioni di servizio fortemente illuminate, gli apparecchi di illuminazione non orientati correttamente, gli edifici illuminati, le vetrine fortemente illuminate, le illuminazioni di impianti sportivi e di ogni installazione a forte luminanza posta a lato delle strade o nella direzione di marcia dell'utente.
- parametro di influenza: Parametro in grado di influenzare la scelta della categoria illuminotecnica. I parametri di influenza possono essere per loro natura qualitativi o quantitativi.
- segnale cospicuo: Segnale che attrae l'attenzione dei conducenti degli autoveicoli a causa delle caratteristiche costruttive e/o funzionali e soprattutto della luminanza, in conseguenza sia dell'illuminazione propria sia delle caratteristiche di retroriflessione.
- zona di conflitto: Zona di studio nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano fra di loro o si sovrappongono con zone frequentate da altri tipi di utenti.
- zona di studio: Parte della strada considerata per la progettazione di un dato impianto di illuminazione.

### **5.2.2 Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento**

La norma UNI 11248 considera diversi tipi di strada, suddivisi secondo classi da A a F, a ciascuno dei quali viene attribuita una "Categoria illuminotecnica di ingresso" (vedi prospetto 1 sotto riportato) nelle condizioni dei parametri di influenza riportate nel prospetto 2.

prospetto 1 **Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h <sup>-1</sup> ]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento <sup>2)</sup>	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F <sup>3)</sup>	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
Strade locali interzonali	50	M3	
	30	C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali <sup>4)</sup>	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare <sup>1)</sup>	30	
1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792 <sup>10)</sup> . 2) Per le 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 comparabile con questa (prospetto 6). 3) Vedere punto 6.3. 4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".			

prospetto 2 **Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto <sup>1) 2)</sup>	1
Segnaletica cospicua <sup>3)</sup> nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 <sup>6)</sup> .	

Nel caso di cui trattasi si individuano le seguenti zone di studio:

- carreggiata extraurbana principale (tipo B secondo il codice della strada)
- zone di conflitto (rotatorie, rampe e corsie specializzate degli svincoli)

Per ciascuna zona di studio sopra elencata la categorie di riferimento, sulla base delle indicazioni del prospetto 1 risulta:

- rotatoria: categoria di riferimento C2
- adduzioni alla rotatoria (considerati come ambiti di transizione atti a favorire il passaggio da tratti non illuminati ad altri, invece, fortemente illuminati): categoria di riferimento C3

Per le zone di conflitto (rotatorie, rampe e corsie specializzate degli svincoli) trova altresì applicazione l'Appendice A della Norma UNI 11248 che, qualora le strade principali o di accesso non risultino illuminate, raccomanda di illuminare l'area di conflitto considerando una categoria di riferimento C desunta dal Prospetto 6 (figura seguente) in funzione della categoria illuminotecnica della strada di accesso e del coefficiente medio di luminanza  $Q_0$  che per una pavimentazione stradale in asfalto (classe C2) risulta pari a 0,07, così come definito dall'Appendice B della succitata norma.



prospetto 6 **Comparazione di categorie illuminotecniche**

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota: Nel caso in esame $Q_0 = 0,07$						

### 5.2.3 Valutazione dei parametri di influenza

Nota la categoria illuminotecnica di riferimento (vedi paragrafo precedente), sempre in base alla norma UNI 11248, si può definire la "Categoria illuminotecnica di progetto" alla quale risultano associati i relativi requisiti prestazionali dell'impianto di illuminazione.

Tale definizione, oltre a considerare gli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, si ottiene tramite una valutazione qualitativa dei parametri di influenza indicati nel prospetto 3.

La definizione della categoria di progetto può essere eseguita, applicando le variazioni di cui al prospetto 3 della norma UNI 11248, in base alla reale situazione dei parametri di influenza:

prospetto 3 **Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

La classe di riferimento per i calcoli illuminotecnici individuata è C2, in accordo la norma UNI11248: dal momento che l'infrastruttura principale non è dotata di illuminazione, il contesto rientra nella casistica prevista dal §A.2.1.4 (§ A.2 Illuminazione delle intersezioni a raso e a livelli sfalsati), riportato di seguito.

A.2.1.4

Strade di accesso non illuminate

Con riferimento al prospetto 6, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra categorie illuminotecniche di ingresso previste per le strade di accesso se venissero illuminate, per esempio a una categoria illuminotecnica massima M3, nell'intersezione lineare a raso deve essere applicata la categoria illuminotecnica C3 se  $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$ .

Inoltre per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si raccomanda di adottare soluzioni tecniche che creino un'illuminazione decrescente nella zona di transizione tra la zona illuminata e quella completamente buia. La lunghezza di questa zona non deve essere minore dello spazio percorso in 3 s alla velocità massima prevista di percorrenza dell'intersezione.

Assumendo la classe illuminotecnica teorica dell'infrastruttura pari a M2, si individua la classe C2 come classe illuminotecnica di progetto della rotatoria. Si ritiene necessario prendere in considerazione, oltre a illuminamento e uniformità, anche l'indice di abbagliamento debilitante, rispetto al quale si considera il requisito per la classe M2, cioè  $\leq 10$ .

Ovviamente, qualora non si possano applicare le convenzioni per i calcoli della luminanza del manto stradale di cui alla categoria tipo M (questo può accadere quando, ad esempio in curva, le distanze di osservazione sono minori di 60 m e quando sono significative posizioni diverse dell'osservatore), si fa riferimento alla categoria C che presenta un livello luminoso comparabile (vedi prospetto 6 al paragrafo 5.2.2, nel quale i gruppi di categorie illuminotecniche di livello luminoso comparabile sono riportate nella stessa colonna).

Per ciascuna categoria illuminotecnica, la Norma UNI EN 13201-2 riporta, nel prospetto 1 e 2, i requisiti prestazionali minimi richiesti all'impianto di illuminazione:

prospetto 1 Categorie illuminotecniche M

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante		illuminazione di contiguità
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	Asciutto
	$\bar{L}$ [minima mantenuta] cd x m <sup>2</sup>	$U_0$ [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

- a) L'uniformità longitudinale ( $U_l$ ) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.
- b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- c) I valori indicati nella colonna  $f_{T1}$  sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

prospetto 2 **Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale**

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$\bar{E}$ [minimo mantenuto] lx	$U_0$ [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Pertanto, nel caso specifico, i requisiti illuminotecnici richiesti dai diversi impianti risultano i seguenti:

PARAMETRO	ADDUZIONI	ZONE DI CONFLITTO (*)
Categoria di progetto della strada	<b>C3</b>	<b>C2</b>
Luminanza media mantenuta minima in carreggiata (cd/m <sup>2</sup> )	-	-
Valore minimo illuminamento zone di svincolo (lux)	15	20
Uniformità minima generale $U_0\% = L_{min}/L_{med}$	$\geq 40$	$\geq 40$
Uniformità minima longitudinale $U_l\% = L_{min}/L_{max}$	-	-
Valore massimo abbagliamento (TI%)	< 15%	< 10%

*Tabella: Requisiti illuminotecnici*

*Note: (\*) caso di strade principali o di accesso alla zona di conflitto non illuminate. Qualora le strade principali o di accesso alla zona di conflitto risultino illuminate, l'area di conflitto va illuminata considerando una categoria di riferimento maggiore di un livello rispetto alla maggiore tra quelle previste per le strade principali o di accesso illuminate.*

Ai sensi della Norma UNI 11248, le categorie di progetto sopra riportate, in presenza di basso e

scarso flusso di traffico, inferiori, rispettivamente, al 50% ed al 25% del massimo traffico previsto per la strada, possono essere "declassate", rispettivamente, di uno o due livelli individuando, in tal modo, le categorie di esercizio.

Le categorie di esercizio stabiliscono le prestazioni dell'impianto nelle specificate condizioni operative della strada (basso e scarso traffico) che si possono ottenere tramite l'utilizzo di adeguati sistemi di regolazione del flusso luminoso, di tipo centralizzato o distribuito sui singoli punti luce.

La loro applicazione dovrà essere, eventualmente, concordata con il Gestore dell'infrastruttura.

#### **5.2.4 Fattore di manutenzione**

Nelle valutazioni illuminotecniche riportate in allegato 1 è stato assunto un fattore di manutenzione (indicato come "fattore di diminuzione")  $K_m=0,8$ .

Come descritto nel rapporto tecnico CIE 154:2003 il fattore di manutenzione deriva dal prodotto dei seguenti tre fattori:

- $K_{LMF}$  : fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dalla lampada durante il normale utilizzo. Nel caso di cui trattasi si assume  $K_{LMF} = 0,90$  in quanto si fa riferimento al parametro  $L_{90}$  ovvero si ipotizza di cambiare lampada quando esse perdono il 7% del flusso iniziale
- $K_{LSF}$ : fattore che considera il numero di lampade fuori servizio dopo un determinato periodo di funzionamento. Nel caso di cui trattasi si assume  $K_{LSF}=1$  ovvero si ipotizza che le lampade fuori servizio vengano prontamente sostituite "su guasto". Il guasto dei moduli LED risulta peraltro segnalato dal sistema di controllo puntuale ad onde convogliate
- $K_{MF}$ : fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dall'apparecchio considerate specifiche condizioni ambientali e determinati intervalli fra due successivi interventi di manutenzione. Nel caso di cui trattasi si assume  $K_{MF} =0,90$  in quanto gli apparecchi illuminanti utilizzati hanno grado IP>6X, si ipotizza un intervento con pulizia dei vetri/ottiche ogni 12 mesi e si considera "basso" il livello di inquinamento

Pertanto il coefficiente  $K_m$ , sempre secondo la CIE 154:2003 e nelle ipotesi sopra esposte, vale:

$$K_m = K_{LMF} K_{LSF} K_{MF} = 0,90 \cdot 1 \cdot 0,90 \approx 0,8$$

## 6 CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE

### Definizione della categoria illuminotecnica di riferimento

Per l'illuminazione delle rotatorie e delle intersezioni si fa riferimento all'Appendice A dalle Norme UNI 11248 ai fini di individuare la classe di appartenenza.

Descrizione	<b>Rotatoria SP 132</b> Tipo di strada: <b>B</b> Strade extraurbane principale
Categoria Illuminotecnica di ingresso	<b>C2</b>

### Definizione della categoria illuminotecnica di progetto

Tenuto conto dei parametri di influenza nel prospetto 2 (UNI 11248) e delle indicazioni di variazione della categoria illuminotecnica in base all'analisi del rischio si ottiene:

<b>Rotatorie</b>	<b>C2</b> (In base a Par. A.2.1.4 e A.3.1.4 Appendice A UNI 11248)
<b>Adduzioni</b>	<b>C3</b>

## 7 DATI DI CALCOLO ILLUMINAZIONE

### Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio

In base alle considerazioni sopra esposte (analisi dei rischi) e dei parametri di influenza (utilizzando il Prospetto 1 della Norma UNI EN 13201-2:2016) ne deriva che:

Per la rotatoria:

	Categoria	Illuminamento orizzontale	
		E [minimo mantenuto] lux	U <sub>0</sub> [minimo]
Rotatoria	C2	20,0	0,40

Per i rami di adduzione alla rotatoria:

	Categoria	Illuminamento orizzontale	
		E [minimo mantenuto] lux	U <sub>0</sub> [minimo]
Adduzioni	C3	15,0	0,40

## **8 RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO CAVI ED APPARECCHIATURE - PREMESSA**

Lo scopo della presente relazione è quello di definire i criteri generali e progettuali con cui sono dimensionate le linee e le protezioni elettriche relative agli impianti di illuminazione a servizio della rotatoria SP 132.

I criteri alla base della progettazione degli impianti in oggetto si possono così elencare:

- sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti;
- semplicità ed economia di manutenzione;
- scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose;
- risparmio energetico;
- affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio.

Il presente documento, relativamente ai calcoli dimensionali degli impianti di Bassa Tensione (BT), intende evidenziare:

- la normativa tecnica utilizzata per il dimensionamento;
- i criteri di dimensionamento, tenendo conto dei vincoli impiantistici e della normativa vigente;
- i dati di input;
- i risultati dei calcoli dimensionali e delle verifiche di calcolo necessarie per la definizione degli impianti BT.

In particolare, sono descritti in generale i principali metodi di calcolo e di verifica, riportando le prescrizioni indicate dalla normativa in uso. Talvolta nei casi specifici, qualora sia necessario, potranno essere introdotte opportune ipotesi semplificative. I risultati delle verifiche di impianto, ottenute con software commerciale o tramite fogli di calcolo, sono riportati negli allegati, a cui dovrà essere fatto riferimento anche per le sigle e la simbologia adottata. Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche delle apparecchiature scelte, si rimanda agli elaborati grafici relativi ed in particolare agli schemi unifilari dei quadri elettrici.

## 9 DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE

Vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- ac Corrente alternata
- AD Azienda distributrice di energia elettrica
- AI Antincendio
- BT o bt Bassa Tensione in c.a. (400/230V)
- CA Continuità assoluta
- cc Corrente Continua
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CSA Capitolato Speciale di Appalto
- DL Direzione dei Lavori, generale o specifica
- FM Forza Motrice
- IMQ Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- IMS Interruttore di Manovra e Sezionatore
- I/O Input/Output
- SA Servizi Ausiliari ordinari
- UNEL Unificazione Elettrotecnica Italiana
- UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.



## 10 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nello sviluppo del progetto delle opere impiantistiche descritte nel presente documento sono stati considerati, in particolare, i seguenti riferimenti:

- Norma CEI 11-17 - "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo"
- CEI 11-20 2000 IV Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 2001 II Ed. (IEC 60909-2001): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 I Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIII Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 I Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- CEI 64-8; V4 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- CEI UNEL 35023 2009: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 50272: Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni.
- IEC 60287: Electric cables - Calculation of the current rating.

## 11 DIMENSIONAMENTO LINEE BT

### 11.1 METODOLOGIA DI VERIFICA

#### *Protezione contro i sovraccarichi*

(Secondo Norma CEI 64-8/4 - 433.2)

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove

$I_B$  = Corrente di impiego del circuito

$I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_z$  = Portata in regime permanente della condotta

$I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale

#### 4.1.2 Protezione contro i cortocircuiti

(Secondo Norma CEI 64-8/4 - 434.3)

$$I_{kMax} \leq P.d.i.$$

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

Dove

$I_{kMax}$  = Corrente di cortocircuito massima nel punto di installazione

P.d.I. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione

$I^2t$  = Integrale di Joule della corrente di cortocircuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)

$K$  = Coefficiente della condotta utilizzata

115 per cavi in rame isolati in PVC (76 se alluminio)

143 per cavi in rame isolati in XLPE/EPR (94 se alluminio)

S = Sezione della conduttura

### ***Protezione contro i contatti indiretti***

(Norma CEI 64-8/4 - 413.1.3.3/413.1.3.4/413.1.4.2/413.1.5.3/413.1.5.5/413.1.5.6)

#### Per sistemi TT

Se è soddisfatta la condizione:

$$R_E \times I_{dn} \leq U_L$$

Dove

$R_E$  = è la resistenza del dispersore in ohm;

$I_{dn}$  = è la corrente nominale differenziale in ampere;

$U_L$  = tensione di contatto limite convenzionale (50V per ambienti ordinari; 25V per ambienti particolari)

Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s.

#### Per sistemi TN

Se è soddisfatta la condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Dove

$U_0$  = è la tensione nominale verso terra in volt in c.a. e in c.c.

$Z_s$  = Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente

$I_a$  = è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A in funzione della tensione nominale  $U_0$  per i circuiti specificati in

413.1.3.4, ed, entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s; se si usa un interruttore differenziale,  $I_d$  è la corrente differenziale nominale di intervento.

#### Per sistemi IT

Se è soddisfatta la condizione:

$$R_E \times I_d \leq 50$$

Dove

$R_E$  = è la resistenza in ohm del dispersore al quale sono collegate le masse

$I_d$  = è la corrente di guasto, in ampere, del primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di linea ed una massa. Il valore di  $I_d$  tiene conto delle correnti di dispersione e dell'impedenza totale verso terra dell'impianto elettrico; non è necessario interrompere il circuito in caso di singolo guasto a terra. Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto sono:

quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente, le condizioni sono date nell'art.

413.1.4 Norma CEI 64-8/4 come per i sistemi TT

quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione, si applicano le prescrizioni relative al sistema TN ed in particolare:

quando il neutro non è distribuito:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 * I_a}$$

quando il neutro è distribuito:

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 * I_a}$$

Dove

$U_0$  = è la tensione nominale in c.a., valore efficace, tra fase e neutro

$U$  = è la tensione nominale in c.a., valore efficace, tra fase e fase

$Z_s$  = è l'impedenza dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione del circuito

$Z'_s$  = è l'impedenza del circuito di guasto costituito dal conduttore di neutro e dal conduttore di protezione del circuito

$I_a$  = è la corrente, in ampere, che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione entro i tempi indicati per i sistemi TN nella Tabella 41A di 413.1.3.3 o in 5 s.

### **Energia specifica passante**

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

Dove

$I^2t$  = valore dell'energia specifica passante letto sulla curva  $I^2t$  della protezione in corrispondenza delle correnti di corto circuito

$K^2S^2$  = Energia specifica passante sopportata dalla conduttura

Dove

$K$  = coefficiente del tipo di cavo

$S$  = sezione della conduttura

### **Caduta di tensione (caso generale)**

$$\Delta V = K \times I \times L \times (R_l \cos \varphi + X_l \sin \varphi)$$

Dove

$I$  = corrente di impiego  $I_B$  o corrente di taratura  $I_n$  espressa in A

$R_l$  = resistenza (alla TR) della linea in  $\Omega/\text{km}$

$X_l$  = reattanza della linea in  $\Omega/\text{km}$

$K$  = 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi

L = lunghezza della linea in km

#### Caduta di tensione secondo CEI UNEL 35023:2009-04

E' possibile considerare le tabelle CEI UNEL 35023:2009-04 per determinare la caduta di tensione.

Tali tabelle forniscono i valori di impedenza dei cavi e i valori di caduta di tensione per corrente e lunghezza unitarie. Rispetto al caso generale, la resistenza è indipendente dalla temperatura raggiunta dal cavo (questa modalità di calcolo restituisce cadute di tensione superiori rispetto al caso generale).

#### Caduta di tensione con corrente di avviamento/spunto

E' possibile calcolare la caduta di tensione in fase di avviamento/spunto di un'utenza.

In tal caso nella formula generale la corrente I viene sostituita dalla corrente  $I_B \times K$  moltiplicativo (il K moltiplicativo dovrà essere specificato sull'utenza), mentre le impedenze di linea  $R_l$  ed  $X_l$  sono valutate a 20°C.

Nel caso dei motori, il calcolo viene effettuato sulla corrente di avviamento;

Nel caso di altre utenze, il calcolo viene effettuato sulla corrente di spunto.

#### Caduta di tensione con carico squilibrato (ib monofase)

E' possibile calcolare la caduta di tensione in caso di carico fortemente squilibrato (il massimo grado di squilibrio corrisponde ad un carico monofase). In questa condizione si simula che, in una linea trifase con neutro, venga alimentato un unico utilizzatore monofase (caso più gravoso).

#### Temperatura a regime del conduttore

Il conduttore attraversato da corrente dissipa energia che si traduce in un aumento della temperatura del cavo. La temperatura viene calcolata come di seguito indicato:

$$T_R = T_Z \times n^2 - T_A (n^2 - 1)$$

Dove

$T_R$  = è la temperatura a regime espressa in °C

$T_Z$  = è la temperatura massima di esercizio relativa alla portata espressa in °C

$T_A$  = è la temperatura ambiente espressa in °C

$n$  = è il rapporto tra la corrente d'impiego  $I_B$  e la portata  $I_z$  del cavo, ricavata dalla tabella delle portate adottata dall'utente (UNEL 35024:70, IEC 364-5-523, UNEL 35024/1, UNEL 35026)

### ***Lunghezza max protetta per guasto a terra***

$$I_k \text{ min a fondo linea} > I_{int}$$

Dove

$I_k \text{ min}$  = corrente di corto circuito minima tra fase e conduttore di protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze dei conduttori a monte del tratto in esame.

$I_{int}$  = corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalla Tabella 41A di 413.1.3.3.

Il valore  $I_{int}$  viene rilevato dall'intersezione tra la retta del tempo (a 5s oppure secondo tab.41A) e la curva  $I^2t$  della protezione (interruttori e sganciatori termomagnetici) oppure dalla curva tempo-corrente (interruttori elettronici). Se è presente un interruttore differenziale,  $I_{int}$  corrisponde al valore di  $I_d$ .

### ***Lunghezza max***

Lunghezza massima determinata oltre che dalla lunghezza massima per guasto a terra, anche dalla corrente di corto circuito a fondo linea (se richiesta la verifica) e dalla caduta di tensione a fondo linea.



## 11.2 FORMULE DI CALCOLI E VERIFICA UTILIZZATE DAL PROGRAMMA

### *Correnti di cortocircuito*

$$I_k = \frac{U_n * C}{k * Z_{cc}}$$

Dove

per  $I_k$  trifase:  $U_n =$  tensione concatenata

$C =$  fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$$

per  $I_k$  fase-fase:  $U_n =$  tensione concatenata

$C =$  fattore di tensione

$$K = 2$$

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R_{fase}^2 + \sum X_{fase}^2}$$

per  $I_k$  fase-neutro:  $U_n =$  tensione concatenata

$C =$  fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{neutro})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{neutro})^2}$$

per  $I_k$  fase-protezione:  $U_n =$  tensione concatenata

$C =$  fattore di tensione

$$K = \sqrt{3}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R_{fase} + \sum R_{protez.})^2 + (\sum X_{fase} + \sum X_{protez.})^2}$$

### Fattore di tensione

Il fattore di tensione e la resistenza dei cavi assumono valori differenti a seconda della corrente di cortocircuito calcolata. I valori assegnati sono riportati nella tabella seguente:

	Ik MAX	Ik min
C	1	0.95
R	$R_{20^{\circ}C}$	$R = \left[ 1 + 0.004 \cdot \frac{1}{^{\circ}C} (\theta_e - 20^{\circ}C) \right] R_{20^{\circ}C}$ (Norma CEI 11-28 Pag. 11 formula (7))

dove la  $R_{20^{\circ}C}$  è la resistenza del cavo a  $20^{\circ}C$  e  $\theta_e$  è la temperatura impostata dall'utente nella impostazione dei parametri per il calcolo. Il valore di default è  $145^{\circ}C$  (come riportato nell'esempio di calcolo della norma CEI 11-28).

I valori di resistenza e reattanza utilizzati per i calcoli sono riportati al punto 4.6.1.

### **Verifica del potere di chiusura in cortocircuito**

(Norme CEI EN 60947-2)

$$I_p \leq I_{CM}$$

Dove

$I_p$  = è il valore di cresta della corrente di cortocircuito (massimo valore possibile della corrente presunta di cortocircuito)

$I_{CM}$  = è il valore del potere di chiusura nominale in cortocircuito

Valore di cresta ip della corrente di cortocircuito

Il valore di cresta IP è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.2 da:

$$I_P = K_{CR} \times \sqrt{2} \times I_K''$$

Dove

$I_K''$  = è la corrente simmetrica iniziale di cortocircuito

$K_{CR}$  = è il coefficiente correttivo ricavabile dalla seguente formula:

$$K_{CR} = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R_{cc} / X_{cc}}$$

Il valore di IP può tuttavia essere limitato da apparecchiature installate a monte che abbiano una caratteristica di limitazione del picco (valore letto dall'archivio apparecchiature).

Il valore di  $I_{CM}$  è dato dalla norma CEI 11-28 - Art. 9.1.1 da:

$$I_{CM} = I_{CU} \cdot n$$

Dove:

$I_{CU}$  = è il valore del potere di interruzione estremo in cortocircuito

$n$  = è un coefficiente da utilizzare in funzione della tabella normativa di seguito riportata

Potere di interruzione in cortocircuito kA valore efficace	Fattore di potenza	n	Valore minimo del fattore n potere di chiusura in cortocircuito potere di interruzione in cortocircuito
$4,5 \leq I \leq 6$	0,7		1,5
$6 < I \leq 10$	0,5		1,7
$10 < I \leq 20$	0,3		2,0
$20 < I \leq 20$	0,25		2,1
$20 < I \leq 20$	0,2		2,2

50		
50 < I		

Estratto dalla Tabella 2 – Rapporto n tra potere di chiusura e potere di interruzione in cortocircuito e fattore di potenza relativo (interruttori per corrente alternata)

### 11.3 LETTURA TABELLA RIEPILOGATIVE DI VERIFICA

#### ***Dati relativi alla linea***

Sigla = identificativo alfanumerico introdotto nello schema

Sezione = formazione e sezione della condotta

es.: 4x50+PE16 per cavo di neutro = cavo di fase

es.: 2Fj+1Nh+PEg per cavo di neutro diverso dal cavo di fase o con cavi fase (F), neutro (N), protezione (PE); in parallelo (1F, 2F, 3F ecc.).

(la lettera minuscola indica la sezione ed è riportata di seguito nelle tabelle)

lunghezza = lunghezza della condotta in metri

#### ***Secondo tabelle UNEL 35024/1***

modalità di posa = stringa codificata di quattro elementi es.115/1U\_\_2/30/1

Tipo isolante (115 = PVC, 143 = EPR)

Rif. metodo d'installazione \_Rif. tipo di posa secondo CEI 64-8

Temperatura di esercizio

Coefficiente correttivo di portata

### **Secondo rapporto CENELEC RO 64-001 1991**

modalità di posa = stringa codificata di quattro elementi es.115/A2\_\_2/30/1

Tipo isolante (115 = PVC, 143 = EPR)

Rif. metodo d'installazione \_Rif. tipo di posa secondo CEI 64-8 (vedere  
tabelle dei paragrafi 4.2.2 e 4.2.3)

Temperatura di esercizio

Coefficiente correttivo di portata

### **Secondo tabelle UNEL 35024/70**

modalità di posa = stringa codificata di quattro elementi (es.115/01-01/30/1)

Tipo isolante (115 = PVC, 135 = Gomma G2, 143 = EPR)

Colonne portate/modo (vedere tabella nella pagina successiva)

Temperatura di esercizio

Coefficiente correttivo di portata

### **Dati relativi alla protezione**

(letti da archivio apparecchiature)

tipo e curva = Stringa di testo del tipo di apparecchiatura

numero dei poli = Poli dell'apparecchiatura

corrente nominale (In) = Corrente di taratura della protezione

potere di interruzione (P.d.I.) = Potere di interruzione della apparecchiatura

corrente differenziale (Id) = Corrente differenziale della protezione

corrente di intervento = Corrente di intervento della protezione

### **Parametri elettrici**

$I^2t \leq K^2S^2 =$  (valori calcolati o letti sull'archivio apparecchiature)

$I_{k \max}$  a fondo linea = Corrente di corto circuito massima a fine linea

$I_{k \min}$  a fondo linea = Corrente di corto circuito minima a fondo linea

$I_{gt}$  fase/protezione a f.l. = Corrente di corto circuito fase/PE a fondo linea

$I^2t$  inizio linea = Energia specifica passante massima ad inizio linea

$I^2t$  fondo linea = Energia specifica passante massima a fondo linea

$K^2S^2 =$  Energia specifica passante sopportata dalla conduttura

$I_B =$  Corrente nominale del carico

$I_n =$  Corrente di taratura della protezione

$I_z =$  Portata della conduttura

$I_f =$  Corrente di funzionamento della protezione

C.d.t. con  $I_B =$  Caduta di tensione con la corrente del carico

C.d.t. con  $I_n =$  Caduta di tensione con la corrente di taratura

Lungh. max protetta per g.t. = Lunghezza massima della conduttura per avere un valore di corto circuito tra fase e protezione tale da garantire l'apertura automatica dell'organo di protezione entro i 5 secondi, o secondo la tabella CEI 64-8/4 - 41°.

Lungh. max = Lunghezza massima della conduttura per avere un valore di corto circuito tra fase e protezione tale da garantire l'apertura automatica dell'organo di protezione entro i 5 secondi, o secondo la tabella CEI 64-8/4 - 41A, per avere un corto circuito Trifase / Fase - Fase / Fase - Neutro superiore alla corrente di intervento della protezione (se richiesta la verifica), per avere una caduta di tensione inferiore al valore massimo impostato.

#### 11.4 DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLE CEI UNEL 35024/1 E 35026/1

Le tabelle seguenti riportano la corrispondenza esistente tra le tipologie di posa della norma CEI 64-8 tabella 52 C e le tabelle di portata dei cavi delle norme UNEL 35024/1 e UNEL 35026. Le tabelle sono caratterizzate da tre colonne. Il contenuto delle colonne è il seguente:

Tipo posa: riferimento numerico della posa secondo la Tabella 52C.

Descrizione: descrizione della posa secondo la Tabella 52C della norma CEI 64-8/5.

Metodo di installazione: è la tipologia di posa prevista dalla norma UNEL 35024/1 e UNEL 35026 in corrispondenza della quale è possibile ricavare la portata del cavo. Il metodo viene indicato con il riferimento della tabella delle portate e un numero progressivo. Il numero progressivo rappresenta la posizione della metodologia di posa prevista nella tabella.

Esempio: la posa "1 / senza guaina in tubi circolari entro muri isolanti / 1U" corrisponde a:

1 = Tipo di posa secondo la tabella 52C;

senza guaina in tubi circolari entro muri isolanti = Descrizione del tipo di posa;

1U = Prima riga della tabella delle portate dei cavi Unipolari

#### **Cavi unipolari - pose**

	UNIPOLARI	
--	-----------	--

PERIZIA DI VARIANTE

Tipo di posa	Descrizione	Metodo d'installazione
1	senza guaina in tubi circolari entro muri isolanti	1U
3	senza guaina in tubi circolari su o distanziati da pareti	2U
4	senza guaina in tubi non circolari su pareti	2U
5	senza guaina in tubi annegati nella muratura	2U
10	Per il collegamento dei pannelli fotovoltaici	10U
11	con o senza armatura su o distanziati da pareti	4U
11A	con o senza armatura fissati su soffitti	
11B	con o senza armatura distanziati da soffitti	
12	con o senza armatura su passerelle non perforate	4U
13	con o senza armatura su passerelle perforate	5U
14	con o senza armatura su mensole distanziati dalle pareti	5U
14	con guaina a contatto fra loro su mensole	5U, 6U, 7U
15	con o senza armatura fissati da collari	5U, 6U, 7U
16	con o senza armatura su passerelle a traversini	5U, 6U, 7U
17	con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde	5U
18	conduttori nudi o cavi senza guaina su isolatori	3U
21	con guaina in cavità di strutture	4U
22	senza guaina in tubi in cavità di strutture	2U
22A	con guaina in tubi in cavità di strutture	
23	senza guaina in tubi non circolari in cavità di strutture	2U
24	senza guaina in tubi non circolari annegati nella muratura	2U
24A	con guaina in tubi non circolari annegati nella muratura	



25	con guaina in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	4U
31	con guaina in canali orizzontali su pareti	2U
32	con guaina in canali verticali su pareti	2U
33	senza guaina in canali incassati nel pavimento	2U
34	senza guaina in canali sospesi	2U
34A	con guaina in canali sospesi	
41	senza guaina in tubi in cunicoli chiusi orizzontali o verticali	2U
42	senza guaina in tubi in cunicoli ventilati in pavimento	2U
43	con guaina in cunicoli aperti o ventilati	4U
51	con guaina entro pareti termicamente isolanti	1U
52	con guaina in muratura senza protezione meccanica	4U
53	con guaina in muratura con protezione meccanica	4U
61	in tubi protettivi interrati a contatto	8U
61	in tubi protettivi interrati	9U
62	Interrati a contatto senza protezione meccanica addizionale	8U
62	Interrati senza protezione meccanica addizionale	9U
63	Interrati a contatto con protezione meccanica addizionale	8U
63	Interrati con protezione meccanica addizionale	9U
71	senza guaina in elementi scanalati	1U
72	senza guaina in canali provvisti di separatori	2U
73	senza/con guaina posati in stipiti di porte	1U
74	senza/con guaina posati in stipiti di finestre	1U

Tabella 2 - Tabelle di corrispondenza tra il tipo di posa secondo la norma CEI 64-8 e i metodi di installazione delle norme CEI UNEL 35024/1, CEI UNEL 35026 e CEI 20-91.

**Cavi multipolari - pose**

MULTIPOLARI		
Tipo di posa	Descrizione	Metodo d'installazione
2	in tubi circolari entro muri isolanti	1M
3A	in tubi circolari su o distanziati da pareti	2M
4A	in tubi non circolari su pareti	2M
5A	in tubi annegati nella muratura	2M
11	con o senza armatura su o distanziati da pareti	4M
11A	con o senza armatura fissati su soffitti	4M
11B	con o senza armatura distanziati da soffitti	
12	con o senza armatura su passerelle non perforate	
13	con o senza armatura su passerelle perforate	3M
14	con o senza armatura su mensole distanziati da pareti	3M
15	con o senza armatura fissati da collari	3M
16	con o senza armatura su passerelle a traversini	3M
17	con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde	3M
21	in cavità di strutture	2M
22A	in tubi in cavità di strutture	2M
24A	in tubi non circolari annegati in muratura	
25	in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	2M
31	in canali orizzontali su pareti	2M
32	in canali verticali su pareti	2M
33A	in canali incassati nel pavimento	2M

34A	in canali sospesi	2M
43	in cunicoli aperti o ventilati	2M
51	entro pareti termicamente isolanti	1M
52	in muratura senza protezione meccanica	4M
53	in muratura con protezione meccanica	4M
61	in tubi o cunicoli interrati	8M
62	interrati senza protezione meccanica	8M
63	interrati con protezione meccanica	8M
73	posati in stipiti di porte	1M
74	posati in stipiti di finestre	1M
81	immersi in acqua	

Tabella 3 - Tabelle di corrispondenza tra il tipo di posa secondo la norma CEI 64-8 e i metodi di installazione delle norme CEI UNEL 35024/1 e CEI UNEL 35026.

### ***Cavi unipolari - portate***

Di seguito vengono riportate le portate dei cavi con conduttori di rame. La norma non prende in considerazione i seguenti tipi di posa: cavi interrati o posati in acqua, cavi posti all'interno di apparecchi elettrici o quadri e cavi per rotabili o aeromobili.

PERIZIA DI VARIANTE

Cavi unipolari con o senza guaina																						
Metodo di installazione	Isolante	n° conduttori attivi	Sezione nominale mm <sup>2</sup>																			
			1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
1U	PVC	2	-	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320	-	-	-	
		3	-	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286	-	-	-	
	EPR	2	-	19	26	35	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424	-	-	-	
		3	-	17	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380	-	-	-	
2U	PVC	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	
		3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-	-	
	EPR	2	17	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555	-	-	-	
		3	15	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490	-	-	-	
3U	PVC	2	-	19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	-	-	-	
		3	-	15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-	-	
	EPR	2	-	24	33	45	58	80	107	142	175	212	270	327	-	-	-	-	-	-	-	
		3	-	20	28	37	48	71	96	127	157	190	242	293	-	-	-	-	-	-	-	
4U	PVC	3	-	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	656	749	855
	EPR	3	-	24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703	823	946	1088
5U	PVC	2	-	22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629	754	868	1005
		3	-	19,5	26	35	46	63	85	114	143	174	225	275	321	372	427	507	587	689	789	905
	EPR	2	-	27	37	50	64	88	119	161	200	242	310	377	437	504	575	679	783	940	1083	1254
		3	-	24	33	45	58	80	107	141	176	216	279	342	400	464	533	634	736	868	998	1151
6U	PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	852	982	1138
		3	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	852	982	1138
	EPR	2	-	-	-	-	-	-	-	182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	1085	1253	1454
		3	-	-	-	-	-	-	-	182	226	275	353	430	500	577	661	781	902	1085	1253	1454
7U	PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920	1070
		3	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795	920	1070
	EPR	2	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169	1362
		3	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	1169	1362

Tabella 4 - Tabella delle portate alla temperatura di 30 °C dei cavi unipolari con o senza guaina relative alla tabella della norma CEI-UNEL 35024/1

**Cavi multipolari - portate**

Di seguito vengono riportate le portate dei cavi con conduttori di rame. La norma non prende in considerazione i seguenti tipi di posa: cavi interrati o posati in acqua, cavi posti all'interno di apparecchi elettrici o quadri e cavi per rotabili o aeromobili.

PERIZIA DI VARIANTE

Cavi multipolari																						
Metodo di installazione	Isolante	n° conduttori attivi	Sezione nominale mm <sup>2</sup>																			
			1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
1M	PVC	2	-	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334	-	-	-
		3	-	13	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298	-	-	-
	EPR	2	-	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442	-	-	-
		3	-	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396	-	-	-
2M	PVC	2	13,5	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394	-	-	-
		3	12	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339	-	-	-
	EPR	2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532	-	-	-
		3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455	-	-	-
3M	PVC	2	15	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593	-	-	-
		3	13,6	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497	-	-	-
	EPR	2	19	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741	-	-	-
		3	17	23	32	42	54	75	100	127	158	190	246	298	346	399	456	538	621	-	-	-
4M	PVC	2	15	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530	-	-	-
		3	13,5	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464	-	-	-
	EPR	2	19	24	33	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693	-	-	-
		3	17	22	30	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576	-	-	-

Tabella 5 - Tabella delle portate alla temperatura di 30 °C dei cavi multipolari relative alla tabella della norma CEI-UNEL 35024/1

**Coefficienti di temperatura per pose in aria libera**

Di seguito viene riportata la tabella contenente i coefficienti moltiplicativi che permettono di ricavare la portata dei cavi nel caso in cui la temperatura di posa sia diversa da 30°C, per le pose in aria libera.

La portata in tal caso è data da:  $I_T = I_{30^\circ} * K$

Dove

$I_T$  = è la portata del cavo alla temperatura considerata

$I_{30^\circ}$  = è la portata del cavo alla temperatura di 30°C

$K$  = è il coefficiente moltiplicativo riportato nella tabella e corrispondente alla temperatura di posa considerata.

PERIZIA DI VARIANTE

Temperatura	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
30	1.00	1.00
35	0.94	0.96
40	0.87	0,91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0,61	0.76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Tabella 6 - Tabella dei coefficienti di temperatura (K1) relativa alle pose in aria libera secondo la tabella CEI Unel 35024/1

***Coefficienti di temperatura per pose interrate***

Di seguito viene riportata la tabella contenente i coefficienti moltiplicativi che permettono di ricavare la portata dei cavi nel caso in cui la temperatura di posa sia diversa da 20°C, per le pose interrate.

La portata in tal caso è data da:  $I_T = I_{20^\circ} * K$

Dove

$I_T$  = è la portata del cavo alla temperatura considerata

$I_{20^\circ}$  = è la portata del cavo alla temperatura di 20°C

$K$  = è il coefficiente moltiplicativo riportato nella tabella e corrispondente alla temperatura di posa considerata

Temperatura	PVC	EPR
10	1,10	1,07
15	1.05	1.04
20	1.00	1.00
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tabella 7 - Tabella dei coefficienti di correzione per temperature di posa ( $K_1$ ) relative ai cavi interrati secondo la tabella UNEL 35026/1

**Colori distintivi dei conduttori**

Blu chiaro	Riservato al Neutro
------------	---------------------

PERIZIA DI VARIANTE

Giallo - Verde	<p>Riservato esclusivamente ai conduttori di terra, di protezione di collegamenti equipotenziali.</p> <p>I conduttori usati congiuntamente come neutro e conduttore di protezione (PEN), quando sono isolati, devono essere contrassegnati secondo uno dei metodi seguenti:</p> <p>Giallo/verde su tutta la loro lunghezza con, in aggiunta, fascette blu chiaro alle estremità;</p> <p>Blu chiaro su tutta la loro lunghezza con, in aggiunta, fascette giallo/verde alle estremità.</p>
Marrone, Nero, Grigio	Consigliati per i conduttori di Fase.

Tabella 8 - Colori distintivi dei conduttori (CEI 64-8/5 Art. 524.1)

0,5 mm <sup>2</sup>	Circuiti di segnalazione e circuiti ausiliari di comando. Se questi circuiti sono elettronici è ammessa anche la sezione di 0,1 mm <sup>2</sup> .
0,75 mm <sup>2</sup>	Conduttore mobile con cavi flessibili (con e senza guaina).
1,5 mm <sup>2</sup>	Circuiti di potenza.

Tabella 9 - Sezioni minime dei conduttori (CEI 64-8/5 Art. 514)



**Sigle di designazione dei cavi**

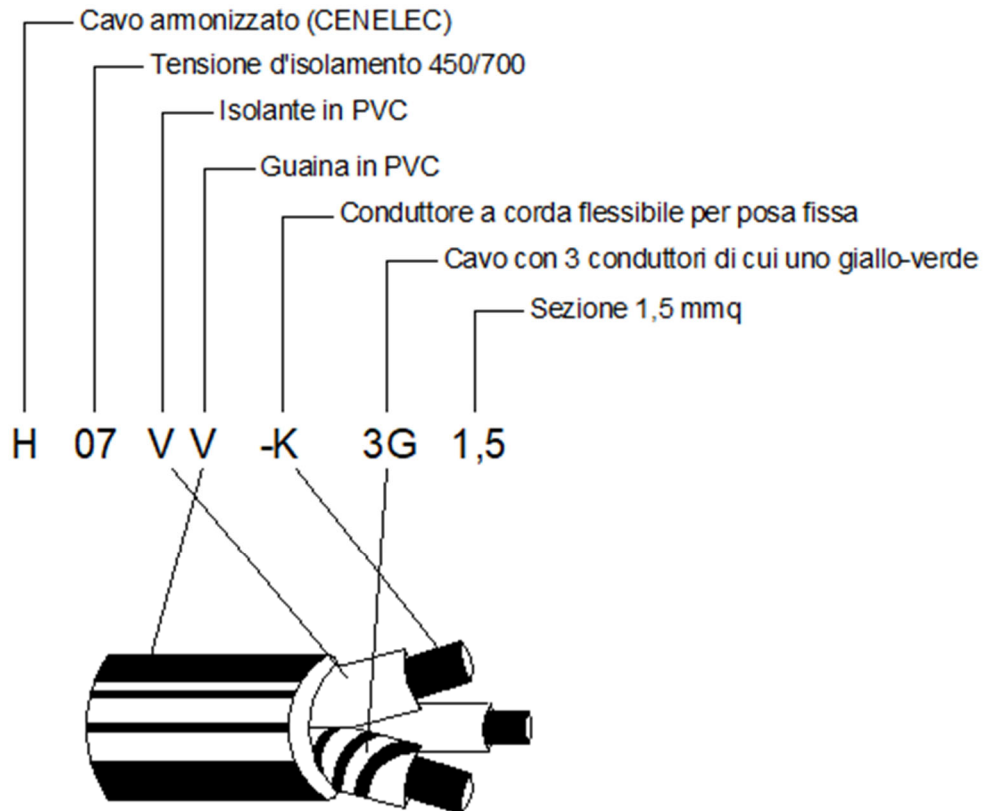
Caratteristiche		
Riferim. normativi	Norma armonizzata..... H Tipo nazionale autorizzato..... A Tipo nazionale..... N	A
Tensione nominale	300/300 V..... 03 300/500 V..... 05 450/750 V..... 07 0,6/1 kV..... 1	
Isolante	PVC..... V Gomma naturale e/o sintetica..... R Gomma siliconica..... S Gomma etilenpropilenica..... B Gomma Butilica..... B3 Polietilene..... E Polietilene reticolato..... X	
Guaina (eventualmente)	PVC..... V Gomma naturale e/o sintetica..... R Policloroprene..... N Treccia di fibra di vetro..... J Treccia Tessile..... T	B

PERIZIA DI VARIANTE

Particolari costruttivi (eventuali)	Cavo piatto, anime divisibili..... H Cavo piatto, anime non divisibili..... H2 Cavo rotondo (nessun simbolo)	
Conduttore	A filo unico rigido..... U A corda rigida..... R A corda flessibile per posa fissa..... K A corda flessibile per posa mobile... F A corda flessibilissima..... H	
Numero di anime.....		C
Senza conduttore di protezione..... X Con conduttore di protezione..... G Sezione del conduttore.....		

Tabella 10 - Sigle di designazione dei cavi (CEI 20-27 e CENELEC HD 361)

Esempio di designazione di un cavo



## 12 DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLE IEC 364-5-523-1983

**Portate in funzione del tipo di posa**

Stralcio da IEC 364-5-523-1983 e da rapporto CENELEC RO 64-001 1991																	
Metodo installazione	d'isolante	n° conduttori attivi	Sezione nominale mm <sup>2</sup>														
			1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
A	PVC	2	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320
		3	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286
	XP/E EPR	2	19	26	35	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424
		3	17	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380
A2	PVC	2	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291
		3	13	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261
	XP/E EPR	2	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386
		3	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346
B	PVC	2	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	-	-	-
		3	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	-	-	-
	XP/E EPR	2	23	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	-	-	-
		3	20	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	-	-	-
B2	PVC	2	16,5	23	30	38	52	69	90	111	135	168	201	232	-	-	-
		3	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	178	206	-	-	-
	XP/E EPR	2	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	-	-	-
		3	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	-	-	-
C	PVC	2	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461
		3	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403
	XP/E EPR	2	24	35	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599
		3	22	30	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500
D	PVC	2	22	29	38	47	63	81	104	125	148	183	216	246	278	312	360
		3	18	24	31	39	52	67	86	103	122	151	179	203	230	257	297
	XP/E EPR	2	26	34	44	56	73	95	121	146	173	213	252	287	324	363	419
		3	22	29	37	46	61	79	101	122	144	178	211	240	271	304	351
E	PVC	2	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514
		3	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430
	XP/E EPR	2	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641
		3	23	32	42	54	75	100	127	158	192	246	298	346	399	456	538
F	PVC	2	-	-	-	-	-	-	131	162	196	251	304	352	406	463	546
		3 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-	110	137	167	216	264	308	356	409	485
	XP/E EPR	2	-	-	-	-	-	-	161	200	242	310	377	437	504	575	679
		3 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-	135	169	207	268	328	383	444	510	607
G	PVC	3 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569
	XP/E EPR	3 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719

Tabella 11 - Tabella delle portate in funzione del tipo di posa secondo la norma CEI 64-8 e i metodi di installazione della norma IEC 364-5-523

- Note:
- (1) - Disposti a trefolo
  - (2) - Distanziati di almeno 1 diametro e disposti verticalmente

### **Cavi unipolari - pose**

Il metodo di installazione permette di stabilire la portata del cavo utilizzato per la conduzione dell'energia.

UNIPOLARI		
Tipo di posa	Descrizione	Metodo di installazione
1	senza guaina in tubi circolari entro muri isolanti	A
3	senza guaina in tubi circolari su o distanziati da pareti	B
4	senza guaina in tubi non circolari su pareti	B
5	senza guaina in tubi annegati nella muratura	A
11	con o senza armatura su o distanziati da pareti	C
11A	con o senza armatura fissati su soffitti	C
11B	con o senza armatura distanziati da soffitti	C
12	con o senza armatura su passerelle non perforate	C
13	con o senza armatura su passerelle perforate	E
14	con o senza armatura su mensole distanziati dalle pareti	E
14	con guaina a contatto fra loro su mensole	F
15	con o senza armatura fissati da collari	E
16	con o senza armatura su passerelle a traversini	E
17	con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde	E
18	conduttori nudi o cavi senza guaina su isolatori	G
21	con guaina in cavità di strutture	B2
22	senza guaina in tubi in cavità di strutture	B2

22A	con guaina in tubi in cavità di strutture	B2
23	senza guaina in tubi non circolari in cavità di strutture	B2
24	senza guaina in tubi non circolari annegati nella muratura	B2
24A	con guaina in tubi non circolari annegati nella muratura	B2
25	con guaina in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	B2
31	con guaina in canali orizzontali su pareti	B
32	con guaina in canali verticali su pareti	B2
33	senza guaina in canali incassati nel pavimento	B
34	senza guaina in canali sospesi	B
34A	con guaina in canali sospesi	B2
41	senza guaina in tubi in cunicoli chiusi orizzontali o verticali	B2
42	senza guaina in tubi in cunicoli ventilati in pavimento	B
43	con guaina in cunicoli aperti o ventilati	B
51	con guaina entro pareti termicamente isolanti	A
52	con guaina in muratura senza protezione meccanica	C
53	con guaina in muratura con protezione meccanica	C
61	con guaina in tubi o cunicoli interrati	D
62	con guaina interrati senza protezione meccanica	D
63	con guaina interrati con protezione meccanica	D
71	senza guaina in elementi scanalati	A
72	senza guaina in canali provvisti di separatori	B
73	senza/con guaina posati in stipiti di porte	A
74	senza/con guaina posati in stipiti di finestre	A

Tabella 12 - Tabella di corrispondenza tra il tipo di posa dei cavi unipolari secondo la norma CEI 64-8 e i metodi di installazione della norma IEC 364-5-523

### **Cavi multipolari - pose**

Il metodo di installazione permette di stabilire la portata del cavo utilizzato per la conduzione dell'energia.

MULTIPOLARI		
Tipo di posa	Descrizione	Metodo di installazione
2	in tubi circolari entro muri isolanti	A2
3A	in tubi circolari su o distanziati da pareti	B2
4A	in tubi non circolari su pareti	B2
5A	in tubi annegati nella muratura	A2
11	con o senza armatura su o distanziati da pareti	C
11A	con o senza armatura fissati su soffitti	C
11B	con o senza armatura distanziati da soffitti	C
12	con o senza armatura su passerelle non perforate	C
13	con o senza armatura su passerelle perforate	E
14	con o senza armatura su mensole distanziati da pareti	E
15	con o senza armatura fissati da collari	E
16	con o senza armatura su passerelle a traversini	E
17	con guaina sospesi a od incorporati in fili o corde	E
21	in cavità di strutture	B2
22A	in tubi in cavità di strutture	B2
24A	in tubi non circolari annegati in muratura	B2

25	in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	B2
31	in canali orizzontali su pareti	B
32	in canali verticali su pareti	B2
33A	in canali incassati nel pavimento	B2
34A	in canali sospesi	B2
43	in cunicoli aperti o ventilati	B
51	entro pareti termicamente isolanti	A
52	in muratura senza protezione meccanica	C
53	in muratura con protezione meccanica	C
61	in tubi o cunicoli interrati	D
62	interrati senza protezione meccanica	D
63	interrati con protezione meccanica	D
73	posati in stipiti di porte	A
74	posati in stipiti di finestre	A
81	immersi in acqua	A

Tabella 13 - Tabella di corrispondenza tra il tipo di posa dei cavi multipolari secondo la norma CEI 64-8 e i metodi di installazione della norma IEC 364-5-523



ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2  
LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA  
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO  
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

---

PERIZIA DI VARIANTE

### 13 DATI RELATIVI AI CAVI SECONDO LE TABELLA CEI UNEL 35024/70

modo ⇒	01	02	03	04	05	06	07		
tipo conduttore	multipolari	unipolari	unipolari non distanziati		multipolari distanziati	unipolari distanziati			
		con o senza guaina	senza guaina	con guaina		senza guaina	con guaina		
tipo posa	entro tubi o sotto modanature		su passerelle	su passerelle a parete su fune portante	su passerelle a parete	su passerella a	su passerella su isolatori		
portata↓	Protezione conduttori: PVC o Gomma G ↓ numero di conduttori								
01	4								
02		3	4			4			
03	4		2	3	4		3		
04		3	4	2	3	4	2		
05			2	3	4	2	3	2-3-4	
06				2	3		2	2-3-4	
07						2		2-3-4	
08							2-3-4		
	Protezione conduttori: Gomma G2 o Gomma G5 o EPR								
	01	02	03	04	05	06	07	08	
SEZIONE ↓	PORTATE ↓								
a	1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23
b	1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29
c	2,5	19	21	24	26	30	33	37	40
d	4	25	28	32	35	40	45	50	55
e	6	32	36	41	46	52	58	64	70
f	10	44	50	57	63	71	80	88	97
g	16	59	68	76	85	96	107	119	130
h	25	75	89	101	112	127	142	157	172
i	35	97	111	125	138	157	175	194	213
j	50	-	134	151	168	190	212	235	257
k	70	-	171	192	213	242	270	299	327
l	95	-	207	232	258	293	327	362	396
m	120	-	239	269	299	339	379	419	458
n	150	-	275	309	344	390	435	481	527
o	185	-	314	353	392	444	496	549	602
p	240	-	369	415	461	522	584	645	707

Tabella 14 - Tabella riepilogativa di tipo, posa e portata dei conduttori della tabella UNEL 35024/70 (a 30°C)

**Dati tecnici dei cavi**

Sezione mm <sup>2</sup>	Cavi unipolari		Cavi Multipolari	
	R20 °C	X	R20 °C	X
	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m
1	17,82	0,176	18,14	0,125
1,5	11,93	0,168	12,17	0,118
2,5	7,18	0,155	7,32	0,109
4	4,49	0,143	4,58	0,101
6	2,99	0,135	3,04	0,0955
10	1,80	0,119	1,83	0,0861
16	1,137	0,112	1,15	0,0817
25	0,717	0,106	0,731	0,0813
35	0,517	0,101	0,527	0,0783
50	0,381	0,101	0,389	0,0779
70	0,264	0,0965	0,269	0,0751
95	0,190	0,0975	0,194	0,0762
120	0,152	0,0939	0,154	0,0740
150	0,123	0,0928	0,126	0,0745
185	0,0992	0,0908	0,100	0,0742
240	0,0760	0,0902	0,0779	0,0752
300	0,0614	0,0895	0,0629	0,0750
400	0,0489	0,0876	0,0504	0,0742
500	0,0400	0,0867	0,0413	0,0744
630	0,0324	0,0865	0,0336	0,0749

Tabella 15 - Tabella delle resistenze e delle reattanze dei cavi elettrici secondo la tabella UNEL 35023-70 (a 20°C)

N.B.: Le resistenze e le reattanze per i cavi multipolari sono utilizzate per l'eventuale cavo di collegamento tra il trasformatore e il quadro generale di bassa tensione.

Il cavo di collegamento tra il trasformatore e il quadro generale di bassa tensione è possibile inserirlo nei dati di ingresso del quadro generale, però è possibile gestirlo in maniera più efficace creando un quadro fittizio in cui viene identificato solo il collegamento.

### **Coefficienti di temperatura**

Di seguito viene riportata la tabella contenente i coefficienti moltiplicativi che permettono di ricavare la portata dei cavi nel caso in cui la temperatura di posa sia diversa da 30°C.

La portata in tal caso è data da:  $I_T = I_{30^\circ} * K$

dove  $I_T$  = è la portata del cavo alla temperatura considerata

$I_{30^\circ}$  = è la portata del cavo alla temperatura di 30°C

$K$  = è il coefficiente moltiplicativo riportato nella tabella e corrispondente alla temperatura di posa considerata

Temperatura	PVC	Gomma (G2)	EPR
15	1.17	1.22	1.13
20	1.12	1.15	1.09
25	1.06	1.06	1.04
30	1.00	1.00	1.00
35	0.94	0.91	0.95
40	0.87	0.82	0.90
45	0.79	0.71	0.85
50	0.71	0.58	0.80

Tabella 16 - Tabella dei coefficienti di temperatura (K1) relativa alla tabella Unel 35024/70

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2  
LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA  
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO  
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

---

PERIZIA DI VARIANTE

## 14 VERIFICA DELLA SOVRATEMPERATURA DEI QUADRI

### **Verifica sovratemperatura secondo CEI 17-43**

Campo di applicazione (CEI 17-43 § 2)

Il presente metodo si applica ad ANS chiuse in involucri o a scomparti separati di ANS senza ventilazione forzata.

Note: 1. L'influenza dei materiali e lo spessore delle pareti usualmente adottati per gli involucri sulle temperature a regime è trascurabile. Il metodo è perciò applicabile agli involucri in lamiera d'acciaio, in lamiera di alluminio, in ghisa, in materiali isolanti e similari.

2. Per ANS di tipo aperto e con protezione frontale, non è necessaria la determinazione delle sovratemperature qualora sia evidente che le temperature dell'aria non sono suscettibili di eccessivi aumenti.

Oggetto (CEI 17-43 § 3)

Il metodo proposto permette di determinare la sovratemperatura dell'aria all'interno dell'involucro.

Nota: La temperatura dell'aria interna all'involucro è uguale alla temperatura dell'aria ambiente all'esterno dell'involucro più la sovratemperatura dell'aria interna all'involucro dovuta alla potenza dissipata dall'apparecchiatura installata.

Salvo specificazione contraria, la temperatura dell'aria ambiente all'esterno dell'ANS è la temperatura specificata per ANS per installazione all'interno (valore medio su 24 ore) di 35 °C. se la temperatura dell'aria ambiente all'esterno dell'ANS nel luogo di utilizzo supera i 35 °C, questa temperatura più elevata è considerata la temperatura dell'aria ambiente dell'ANS.

Condizioni di applicazione (CEI 17-43 § 4)

Questo metodo di calcolo è applicabile solo se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

la ripartizione della potenza dissipata all'interno dell'involucro è sostanzialmente uniforme;

l'apparecchiatura installata è disposta in modo da non ostacolare, se non in maniera modesta, la circolazione dell'aria;

l'apparecchiatura installata è prevista per c.c. o per c.a. fino a 60 Hz compresi, con la somma delle correnti dei circuiti di alimentazione non superiore a 3150 A;

i conduttori che trasportano le correnti elevate e le parti strutturali sono disposti in modo che le perdite per correnti parassite siano trascurabili;

per gli involucri con aperture di ventilazione, la sezione delle aperture d'uscita dell'aria è almeno 1,1 volte la sezione delle aperture di entrata;

non ci sono più di tre diaframmi orizzontali nell'ANS o in uno dei suoi scomparti;

qualora gli involucri con aperture esterne di ventilazione siano suddivisi in celle, la superficie delle aperture esterne di ventilazione in ogni diaframma interno orizzontale deve essere almeno uguale al 50% della sezione orizzontale della cella.

Informazioni necessarie per il calcolo (CEI 17-43 § 5.1)

Per calcolare la sovratemperatura dell'aria all'interno di un involucro sono necessari i seguenti dati:

dimensioni dell'involucro: altezza/larghezza/profondità;

tipo di installazione dell'involucro;

progetto dell'involucro, per esempio con o senza aperture di ventilazione;

numero di diaframmi orizzontali interni;

potenze dissipate effettive dell'apparecchiatura installata nell'involucro;

potenze dissipate effettive ( $P_n$ ) dei conduttori.

#### Fattore nominale di contemporaneità (CEI 17-13/1 § 4.7)

(Valore K di riferimento per il calcolo delle potenze dissipate)

Il fattore nominale di contemporaneità di una APPARECCHIATURA o di parte di essa avente diversi circuiti principali (per esempio uno scomparto o una frazione di scomparto), è il rapporto tra il valore massimo della somma, in un momento qualsiasi, delle correnti effettive che passano in tutti i circuiti principali considerati e la somma delle correnti nominali di tutti i circuiti principali dell'APPARECCHIATURA o della parte considerata di questa.

Quando il costruttore assegna un fattore nominale di contemporaneità, questo fattore deve essere usato per la prova di sovratemperatura conformemente alla 8.2.1.

Nota: In assenza di informazioni relative ai valori delle correnti effettive, possono essere utilizzati i seguenti valori convenzionali:

Numero di circuiti	Fattore di contemporaneità
2 e 3	0,9
4 e 5	0,8
6 e 9 (compreso)	0,7
10 e oltre	0,6

Tali coefficienti sono utilizzati sulle partenze; mentre sugli arrivi si effettua la sommatoria delle In a valle e se tale somma è inferiore alla In del generale ne si esegue il rapporto se no si imposta il valore di K pari a 1.

### **Verifica sovratemperatura secondo CEI 23-51**

Campo di applicazione (23-51 § 1.2)

La presente Norma Sperimentale si applica ai quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare realizzati assiemando involucri vuoti, conformi alla Norma Sperimentale CEI 23-49, con dispositivi di protezione ed apparecchi elettrici che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile.

Tali quadri devono essere:

adatti ad essere utilizzati a temperatura ambiente normalmente non superiore a 25 °C ma che occasionalmente può raggiungere i 35 °C;

destinati all'uso in corrente alternata con tensione nominale non superiore a 440 V;

con corrente nominale in entrata non superiore a 125 A (vedi Nota 1);



con corrente presunta di cortocircuito nominale non superiore a 10 kA o protetti da dispositivi di protezione limitatori di corrente aventi corrente di picco limitata non eccedente 17 kA in corrispondenza della corrente presunta di cortocircuito massima ammissibile ai terminali dei circuiti di entrata del quadro;

destinati ad incorporare apparecchi di protezione e manovra per uso domestico e similare con corrente nominale non superiore a 125 A.

Note: 1. Se il quadro è alimentato da più linee contemporaneamente, tale limite si riferisce alla somma delle correnti entranti.

2. In mancanza di Norme per altri tipi di quadri, la presente Norma può fornire indicazioni per la loro realizzazione purché venga rispettato quanto indicato nel presente paragrafo.

La presente Norma Sperimentale non prende in considerazione gli involucri da parete, da incasso e semiincasso destinati ad apparecchi facenti parte di serie per uso domestico e similare quali ad esempio interruttori elettronici, prese a spina, relè, piccoli interruttori differenziali o differenziali magnetotermici o piccoli interruttori automatici (vedi Norma CEI 23-49).

Si intendono apparecchi facenti parte di serie per uso domestico e similare quelli che si installano nelle scatole di cui alla Norma CEI 23-74.

#### ***Fattore di contemporaneità (23-51 § 4.9)***

(Valore K di riferimento per il calcolo delle potenze dissipate)

Coefficiente che tiene conto della probabilità che tutti i carichi collegati ai circuiti di uscita possano essere utilizzati contemporaneamente.

Esso si applica ai circuiti di uscita del quadro.

Il fattore di contemporaneità (K) può essere fissato tenendo conto:

del tipo di utenza (abitazione, ufficio, negozio);

della natura dei carichi e loro utilizzazione nella giornata;

del rapporto tra la corrente nominale del quadro ( $I_{nq}$ ) e la somma delle correnti di tutti gli apparecchi di protezione e manovra in uscita ( $I_{nu}$ ).

In mancanza di informazioni sui valori effettivi delle correnti in uscita dei circuiti

del quadro, si può fare ricorso ai seguenti valori:

Numero di circuiti	Fattore di contemporaneità
2 -3	0,8
4 - 5	0,7
6 ÷9 (compreso)	0,6
10 e oltre	0,5

**Quadri con corrente nominale monofase minore o uguale a 32 A (CEI 23-51 § 6.2)**

Sui quadri, con corrente nominale monofase minore o uguale a 32 A, si devono effettuare soltanto le verifiche prescritte ai punti 1 e 11 della Tabella 1 di pagina 9 di tale norma.

Nota: Nel caso in cui il quadro abbia masse, si deve effettuare anche la prova 9 relativa all'efficienza del circuito di protezione.

Per la dichiarazione di conformità del quadro alla regola dell'arte è stato predisposto un facsimile nell'Allegato A (certificazione verifica sovratemperatura).

Per la stesura dello schema del quadro si può fare riferimento all'Allegato C (schema unifilare).

Altre tipologie di quadri con corrente nominale in entrata non superiore a 125 A (CEI 23-51 § 6.3)

Per tutte le altre tipologie di quadri diverse da 6.2 e che ricadono nel campo di applicazione della presente Norma, si devono effettuare le verifiche e prove prescritte ai punti 1, 2, 3, 9 e 11 della Tabella 1, tenendo conto delle indicazioni fornite dal costruttore dell'involucro.

La verifica dei limiti di sovratemperatura può essere fatta in accordo con l'Allegato B della presente Norma.

Per la dichiarazione di conformità del quadro alla regola dell'arte è stato predisposto un facsimile nell'Allegato A (certificazione verifica sovratemperatura)

Per la stesura dello schema del quadro si può fare riferimento all'Allegato C (schema unifilare).

## 15 ALLEGATO CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAVI ED APPARECCHIATURE

### ALIMENTAZIONE

#### DATI GENERALI DI IMPIANTO

Tensione Nominale [V]	Sistema di Neutro	Distribuzione	P. Contrattuale [kW]	Frequenza[Hz]
400	TNS	3 Fasi + Neutro	0,61	50

#### ALIMENTAZIONE PRINCIPALE:INGRESSO LINEA

$I_{cc}$ [kA]	dV a monte [%]	$\text{Cos } \varphi_{cc}$	$\text{Cos } \varphi$ carico
10	0,0	0,50	0,90

## STRUTTURA QUADRI

**QE** - Quadro Generale illuminazione

## LINEE

Utenza	Siglatura	Ph/N/PE Derivazione	P [kW]	Cos φ	Tensione [V]	I <sub>b</sub> [A]
<b>1. Quadro: [QE] Quadro Generale illuminazione</b>						
Limitatore di sovratensioni		3F+N+PE	0		400	0
Interruttore crepuscolare e astronomico		3F+N+PE	0		400	0
Illuminazione circuito E1	U0.1.3	F+N+PE	0,26	0,90	230	1,27
Illuminazione circuito E2	U0.1.4	F+N+PE	0,17	0,90	230	0,85
Illuminazione circuito E3	U0.1.5	F+N+PE	0,17	0,90	230	0,85
Riserva		F+N+PE	0		230	0
Alimentazione circuiti ausiliari 24 V ac		3F+N+PE	0		400	0
Alimentatore sistema GSM		3F+N+PE	0		400	0

## LISTA LIMITATORI DI SOVRATENSIONE

Utenza	Modello SPD	$I_{imp}$ [kA]	$I_{max}$ [kA]	$I_n$ [kA]	$U_p$ [kV]
<b>2. Quadro: [QE] Quadro Generale illuminazione</b>					
Limitatore di sovratensioni	iQuick PRD20r 3P+N Tipo 2		20	5	1,5

## REGOLAZIONI

Utenza	Interruttore	Curva Sganciatore	$I_n$ [A]	$I_r$ [A]	$T_r$ [s]	$I_m$ [kA]	$I_{sd}$ [kA]	$T_{sd}$ [s]
Siglatura	Poli	$I_i$	$I_g$ [x $I_n$ - A]	$T_g$ [s]	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n}$ [A]	$T_{\Delta n}$ [ms]

### 3. Quadro: [QE] Quadro Generale illuminazione

Da Ente distributore	iC60 L	C	4	4	-	0,04	0,04	-
Q1	4	-	-	-				
Illuminazione circuito E1	iC60 N	C	10	10	-	0,1	0,1	-
Q0.1.3	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.
Illuminazione circuito E2	iC60 N	C	10	10	-	0,1	0,1	-
Q0.1.4	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.
Illuminazione circuito E3	iC60 N	C	10	10	-	0,1	0,1	-
Q0.1.5	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.
Riserva	iC60 N	C	10	10	-	0,1	0,1	-
Q0.1.6	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** DA ENTE DISTRIBUTORE

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b [A]/I_{nm} [A]$	$I_{b L1} [A]$	$I_{b L2} [A]$	$I_{b L3} [A]$	$\cos \varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0,61	1,27	1,27	0,85	0,85	0,9		1	

### CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.} [^{\circ}C]$	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	altri circuiti	K secur.
L1	3F+N+PE	uni	3	15	30	1		-	ravv.		1

16

Sezione Conduttori [mm <sup>2</sup> ]			$R_{cavo} [m\Omega]$	$X_{cavo} [m\Omega]$	$R_{tot} [m\Omega]$	$X_{tot} [m\Omega]$	$\Delta V_{cavo} [%]$	$\Delta V_{tot} [%]$	$\Delta V_{max\ prog} [%]$
fase	neutro	PE							
1x 6	1x 6	1x 6	9,26	0,41	21,96	22,41	0	0	4

17

$I_b [A]$	$I_z [A]$	$I_{cc\ max\ inizio\ linea} [kA]$	$I_{cc\ max\ Fine\ linea} [kA]$	$I_{ccmin\ fine\ linea} [kA]$	$I_{cc\ Terra} [kA]$
1,27	58	10	8,09	3,89	3,89

18

Designazione / Conduttore
FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3/Cu

### INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	$I_n [A]$	$I_r [A]$	$T_r [s]$	$I_m [kA]$	$I_{sd} [kA]$
Siglatura	$T_{sd} [s]$	$I_i$	$I_g [xI_n - A]$	$T_g [s]$	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n} [A]$	$T_{\Delta n} [ms]$
Da Ente distributore	iC60 L	4	C	4	4	-	0,04	0,04
Q1	4	-	-	-				

### VERIFICHE PROTEZIONI

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
SI	-	-	-



## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** LIMITATORE DI SOVRATENSIONI

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b [A]/I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	cos $\varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0	0	0	0	0				

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** INTERRUTTORE CREPUSCOLARE E ASTRONOMICICO

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	cos $\varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0	0	0	0	0				

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** ILLUMINAZIONE CIRCUITO E1

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	$\cos \varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0,26	1,27	1,27	0	0	0,9	1		

### CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	altri circuiti	K secur.
L0.1.3	F+N+PE	uni	190	61	30		1,08	0,8	ravv.		1

19

Sezione Conduttori [mm <sup>2</sup> ]			$R_{cavo}$ [mΩ]	$X_{cavo}$ [mΩ]	$R_{tot}$ [mΩ]	$X_{tot}$ [mΩ]	$\Delta V_{cavo}$ [%]	$\Delta V_{tot}$ [%]	$\Delta V_{max prog}$ [%]
fase	neutro	PE							
1x 10	1x 10	1x 10	558,79	22,61	580,75	45,02	0,71	0,71	4

20

$I_b$ [A]	$I_z$ [A]	$I_{cc max inizio linea}$ [kA]	$I_{cc max Fine linea}$ [kA]	$I_{cc min fine linea}$ [kA]	$I_{cc Terra}$ [kA]
1,27	54,84	6,56	0,22	0,09	0,09

21

Designazione / Conduttore
ARG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3 /Al

### INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	$I_n$ [A]	$I_r$ [A]	$T_r$ [s]	$I_m$ [kA]	$I_{sd}$ [kA]
Siglatura	$T_{sd}$ [s]	$I_i$	$I_g$ [x $I_n$ - A]	$T_g$ [s]	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n}$ [A]	$T_{\Delta n}$ [ms]
Illuminazione circuito E1	iC60 N	2	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.3	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.

PERIZIA DI VARIANTE

**CONTATTORE/TERMICO**

Siglatura	Contattore	Un Bobina [V]	I <sub>n</sub> [A]	Relè Termico	Reg. Min [A]	Reg. Max [A]
Ct0.1.3	iCT 16A Na (6A - AC7b)		16			

**VERIFICHE PROTEZIONI**

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
SI	SI	SI	SI

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** ILLUMINAZIONE CIRCUITO E2

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	$\cos \varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0,17	0,85	0	0,85	0	0,9	1		

### CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	altri circuiti	K secur.
L0.1.4	F+N+PE	uni	125	61	30		1,08	0,8	ravv.		1

22

Sezione Conduttori [mm <sup>2</sup> ]			$R_{cavo}$ [mΩ]	$X_{cavo}$ [mΩ]	$R_{tot}$ [mΩ]	$X_{tot}$ [mΩ]	$\Delta V_{cavo}$ [%]	$\Delta V_{tot}$ [%]	$\Delta V_{max prog}$ [%]
fase	neutro	PE							
1x 10	1x 10	1x 10	367,63	14,88	389,59	37,28	0,31	0,31	4

23

$I_b$ [A]	$I_z$ [A]	$I_{cc max inizio linea}$ [kA]	$I_{cc max Fine linea}$ [kA]	$I_{ccmin fine linea}$ [kA]	$I_{cc Terra}$ [kA]
0,85	54,84	6,56	0,33	0,14	0,14

24

Designazione / Conduttore
ARG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3 /Al

### INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	$I_n$ [A]	$I_r$ [A]	$T_r$ [s]	$I_m$ [kA]	$I_{sd}$ [kA]
Siglatura	$T_{sd}$ [s]	$I_i$	$I_g$ [xI <sub>n</sub> - A]	$T_g$ [s]	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n}$ [A]	$T_{\Delta n}$ [ms]
Illuminazione circuito E2	iC60 N	2	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.4	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.

PERIZIA DI VARIANTE

**CONTATTORE/TERMICO**

Siglatura	Contattore	Un Bobina [V]	I <sub>n</sub> [A]	Relè Termico	Reg. Min [A]	Reg. Max [A]
Ct0.1.4	iCT 16A Na (6A - AC7b)		16			

**VERIFICHE PROTEZIONI**

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
SI	SI	SI	SI

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** ILLUMINAZIONE CIRCUITO E3

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	$\cos \varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0,17	0,85	0	0	0,85	0,9	1		

### CAVO

Siglatura	Derivazione	tipo cond.	Lungh. [m]	Posa 64-8	$T_{emp.}$ [°C]	n° supp.	Resistività [°K m/W]	Prof. di Posa [m]	ravv. dist.	altri circuiti	K sicur.
L0.1.5	F+N+PE	uni	150	61	30		1,08	0,8	ravv.		1

25

Sezione Conduttori [mm <sup>2</sup> ]			$R_{cavo}$ [mΩ]	$X_{cavo}$ [mΩ]	$R_{tot}$ [mΩ]	$X_{tot}$ [mΩ]	$\Delta V_{cavo}$ [%]	$\Delta V_{tot}$ [%]	$\Delta V_{max prog}$ [%]
fase	neutro	PE							
1x 10	1x 10	1x 10	441,15	17,85	463,11	40,26	0,37	0,37	4

26

$I_b$ [A]	$I_z$ [A]	$I_{cc max inizio linea}$ [kA]	$I_{cc max Fine linea}$ [kA]	$I_{cc min fine linea}$ [kA]	$I_{cc Terra}$ [kA]
0,85	54,84	6,56	0,27	0,11	0,11

27

Designazione / Conduttore
ARG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3 /Al

### INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	$I_n$ [A]	$I_r$ [A]	$T_r$ [s]	$I_m$ [kA]	$I_{sd}$ [kA]
Siglatura	$T_{sd}$ [s]	$I_i$	$I_g$ [xI <sub>n</sub> - A]	$T_g$ [s]	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n}$ [A]	$T_{\Delta n}$ [ms]
Illuminazione circuito E3	iC60 N	2	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.5	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.

PERIZIA DI VARIANTE

**CONTATTORE/TERMICO**

Siglatura	Contattore	Un Bobina [V]	I <sub>n</sub> [A]	Relè Termico	Reg. Min [A]	Reg. Max [A]
Ct0.1.5	iCT 16A Na (6A - AC7b)		16			

**VERIFICHE PROTEZIONI**

Sovraccarico	Corto Circuito massimo	Corto Circuito minimo	Persone
SI	SI	SI	SI



## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** RISERVA

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b [A]/I_{nm} [A]$	$I_{b L1} [A]$	$I_{b L2} [A]$	$I_{b L3} [A]$	cos $\phi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0	0	0	0	0				

### INTERRUTTORE

Utenza	Interruttore	Poli	Curva Sganciatore	$I_n [A]$	$I_r [A]$	$T_r [s]$	$I_m [kA]$	$I_{sd} [kA]$
Siglatura	$T_{sd} [s]$	$I_i$	$I_g [xI_n - A]$	$T_g [s]$	Differenz.	Classe	$I_{\Delta n} [A]$	$T_{\Delta n} [ms]$
Riserva	iC60 N	2	C	10	10	-	0,1	0,1
Q0.1.6	2	-	-	-	Vigi	AC	0,03	Ist.

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** ALIMENTAZIONE CIRCUITI AUSILIARI 24 V AC

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	cos $\varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0	0	0	0	0				

## CALCOLI E VERIFICHE

**QUADRO:** [QE] QUADRO GENERALE ILLUMINAZIONE

**LINEA:** ALIMENTATORE SISTEMA GSM

### CARATTERISTICHE GENERALI DELLA LINEA

P [kW]	$I_b$ [A]/ $I_{nm}$ [A]	$I_{b L1}$ [A]	$I_{b L2}$ [A]	$I_{b L3}$ [A]	cos $\varphi_b$	$K_{utilizzo}$	$K_{contemp.}$	$\eta$
0	0	0	0	0				

## **28 ALLEGATO CALCOLI ILLUMINOTECNICI**

I calcoli illuminotecnici, eseguiti tenendo conto dei vari vincoli e dati di progetto precisati nei paragrafi precedenti, sono stati condotti con il software illuminotecnico di proprietà della Schreder Spa.

Il programma di calcolo esegue le verifiche illuminotecniche secondo le indicazioni fornite dalla Norma UNI EN 13201-3.

I risultati dei calcoli sono riportati nell'allegato: essi riportano la distribuzione dei valori puntuali della luminanza e/o dell'illuminamento sulla carreggiata. Essi inoltre fanno riferimento a specifici apparecchi illuminanti presenti in commercio al solo fine di verifica del presente progetto, dovendo necessariamente selezionare un'ottica per la loro esecuzione.

Sarà onere dell'impresa esecutrice produrre i calcoli di verifica condotti con i dati fotometrici dello specifico corpo illuminante da essa prescelto, qualora diverso da quello assunto nel presente progetto.

## Riferimenti normativi

I calcoli illuminotecnici sono stati eseguiti sulla base delle normative identificate di seguito:

UNI 10819:1999, <i>Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso</i>	■
Leggi Regionali contro l’inquinamento luminoso e ll.mm.ii.	■
UNI 11095:2011, <i>Illuminazione delle gallerie stradali</i>	
EN 12464-1:2011, <i>Illuminazione dei posti di lavoro in interni</i>	
Norma UNI EN 12464-2:2014, <i>Illuminazione dei posti di lavoro in esterno</i>	
Norma UNI EN 13201:2016, <i>Illuminazione stradale</i>	■
Norma UNI 11248:2016, <i>Illuminazione stradale – selezione delle categorie illuminotecniche</i>	■
Norma UNI 11630:2016, <i>Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico</i>	■
DM 27/9/2017, <i>Adozione dei Criteri Ambientali Minimi per [...] l’acquisizione di apparecchi per l’illuminazione pubblica, ed. 18/10/2017</i>	■
Norma UNI TS 11726:2018, <i>Progettazione illuminotecnica degli attraversamenti pedonali nelle strade con traffico motorizzato</i>	
Norma UNI 12193:2019, <i>Illuminazione sportiva</i>	
Norma ISO-CIE TS 22012:2019, <i>Maintenance factor determination – Way of working</i>	■

## Note al calcolo<sup>1</sup>

Vengono presentati i risultati illuminotecnici della rotatoria in oggetto, rispetto alla quale è stata utilizzata la classe C2 per la zona di conflitto in sé e C3 per i tratti dei rami di ingresso, considerati come ambiti di transizione atte a favorire il passaggio da tratti non illuminati ad altri, invece, fortemente illuminati.

---

<sup>1</sup> I documenti costituenti il presente elaborato sono da intendersi quali mere verifiche illuminotecniche e devono essere integrati in un progetto illuminotecnico redatto da soggetto abilitato, vale a dire professionista indipendente iscritto ad albo professionale, come da UNI 11630:2016.

## Riepilogo risultati

### Rotatoria

C2 (IL : Ave = 20,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	20,2	43	29	8,7	29,5	✔

### Ramo 1

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	15,2	51	39	7,8	19,9	✔

### Ramo 2

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)



1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	19,6	41	29	8,1	27,7	✔

### Ramo 3

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	20,3	45	31	9,2	29,4	✔

## Lista materiali

Ph. color	Descrizione	Current [mA]	Flusso di lampada [klm]	Flusso apparecchio [klm]	Potenza [W]	Efficienza [lm/W]	FM	Altezza [m]	Apparecchiatura
	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	700	13,869	11,768	88,1	134	0,800	7 x 10,00	



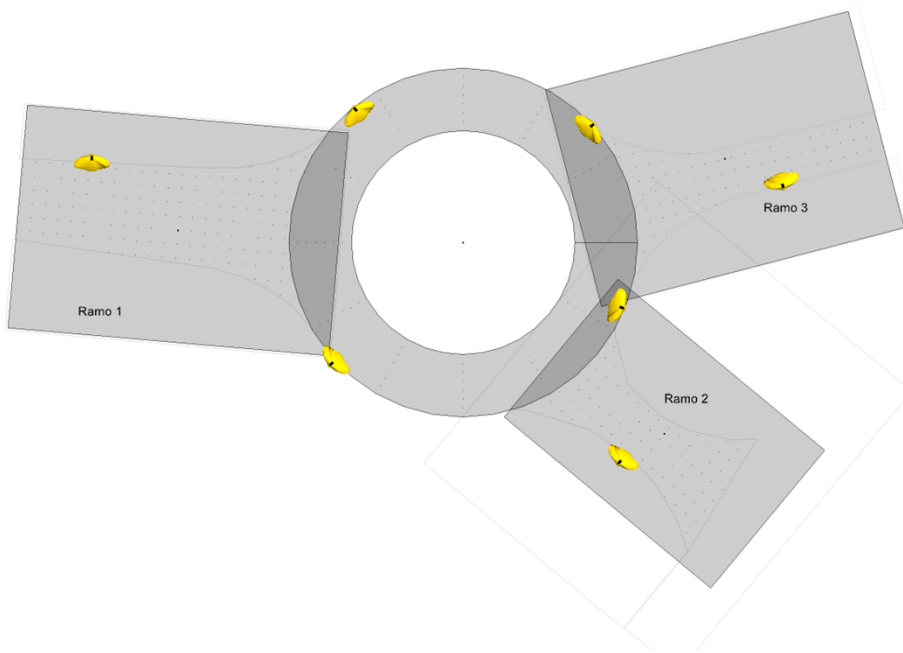
## Tabella dei contenuti

1.	Istantanea.....	
1.1.	Vista Planimetrica .....	
2.	Apparecchi.....	
2.1.	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602 .....	
3.	Documentazione Fotometrica .....	
3.1.	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602 .....	
4.	Risultati.....	
4.1.	Riepilogo Griglia .....	
5.	Power consumption .....	
5.1.	Configuration .....	
6.	Configuration.....	
6.1.	Descrizione matrice .....	
6.2.	Posizione apparecchi .....	
6.3.	Gruppi apparecchi .....	
6.4.	Rotatoria - Normal.....	
6.5.	Ramo 1 - Normal.....	
6.6.	Ramo 2 - Normal.....	
6.7.	Ramo 3 - Normal.....	
7.	Griglie .....	
7.1.	Rotatoria .....	
7.2.	Ramo 1.....	
7.3.	Ramo 2.....	
7.4.	Ramo 3.....	

# 1. Istantanea

---

## 1.1. Vista Planimetrica



## 2. Apparecchi

### 2.1. AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602

**Tipologia** AMPERA EVO 1

**Riflettore** 5308

**Sorgente** 40 LEDs 700mA NW740

**Protettore** Flat glass

**Flusso di lampada** 13,869 klm

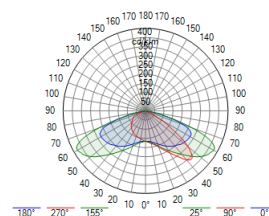
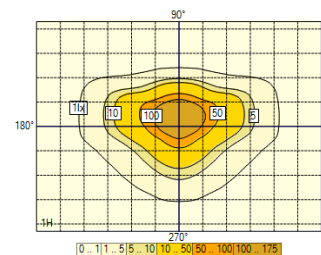
**Potenza** 88,0 W

**FM** 0,80

**Matrice** 504602

**Flusso apparecchio** 11,768 klm

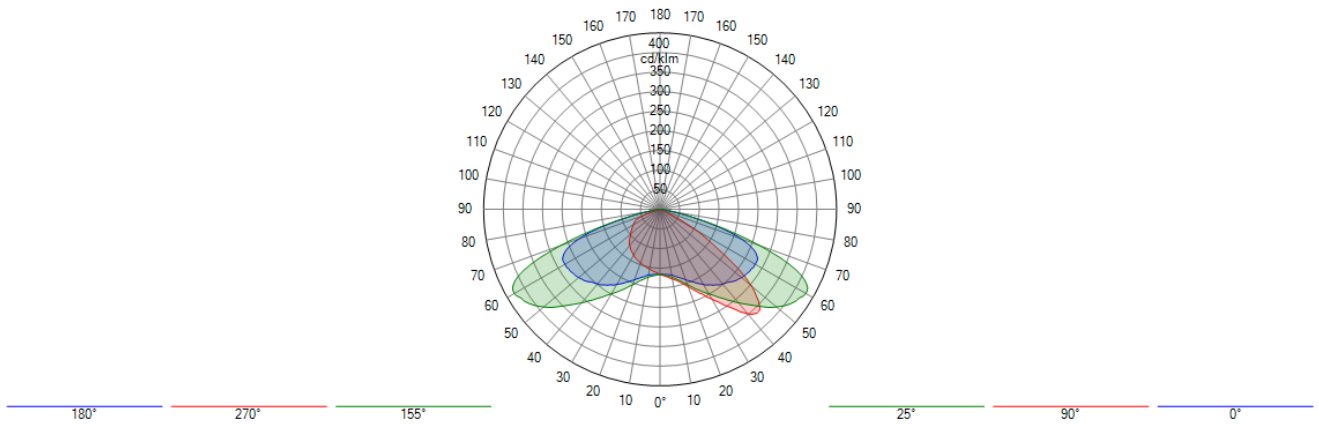
**Efficienza** 134 lm/W



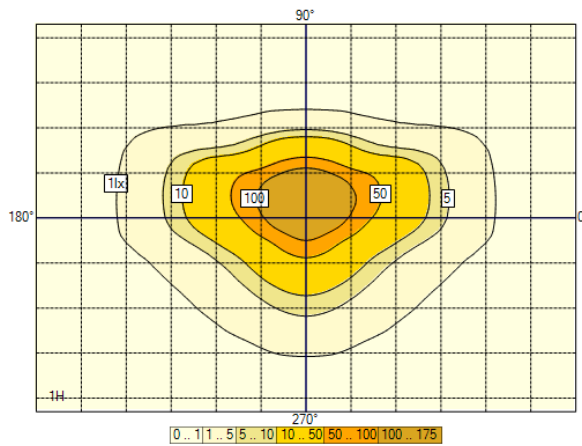
### 3. Documentazione Fotometrica

#### 3.1. AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602

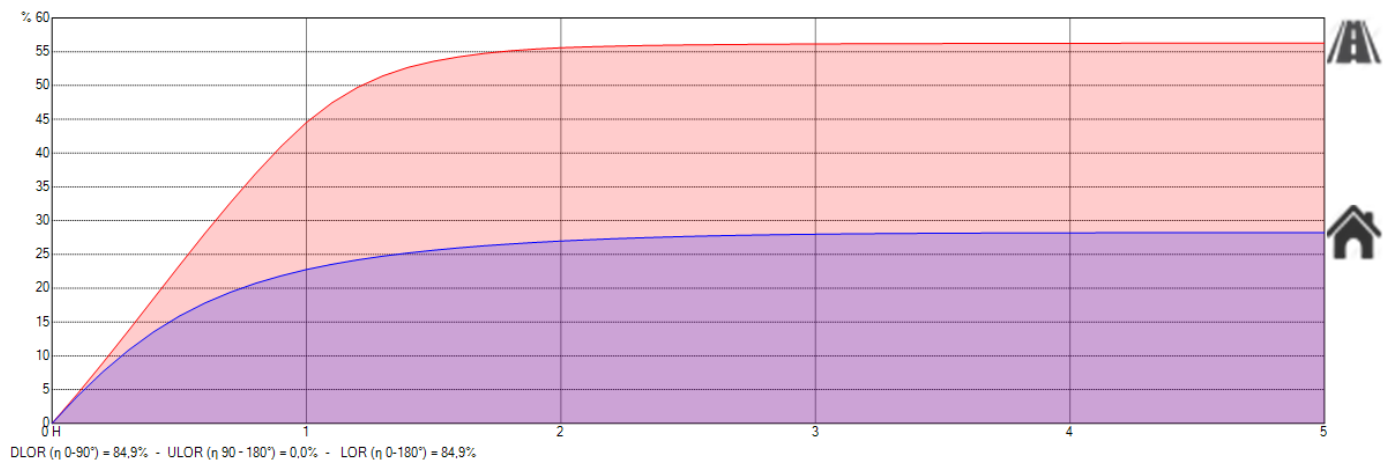
Diagramma Polare/Cartesiano



Isolux



Rappresentazione del coef. di utilizzazione



## 4. Risultati

### 4.1. Riepilogo Griglia

#### Rotatoria

C2 (IL : Ave = 20,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	20,2	43	29	8,7	29,5	✓

#### Ramo 1

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	15,2	51	39	7,8	19,9	✓

#### Ramo 2

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	19,6	41	29	8,1	27,7	✓

#### Ramo 3

C3 (IL : Ave = 15,00 lux Uo = 40 % TI : 15 %)

1. Illuminamento	Medio (M) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	
Configuration	20,3	45	31	9,2	29,4	✓


## 5. Power consumption

### 5.1. Configuration

Apparecchi	Current [mA]	Quantità	Dimmeraggio	Potenza / Apparecchi	Totale
AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	700	7	100 %	88 W	616 W

## 6. Configuration

### 6.1. Descrizione matrice

Ph. color	Descrizione	Current [mA]	Flusso di lampada [klm]	Flusso apparecchio [klm]	Potenza [W]	Efficienza [lm/W]	FM	Altezza [m]	Apparecchiatura
■	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	700	13,869	11,768	88,1	134	0,800	7 x 10,00	

### 6.2. Posizione apparecchi

	Color	N°	Posizione			Apparecchio							Bersaglio		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nome	Current [mA]	Az [°]	TI [°]	Rot [°]	Flusso [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
✓	■	1	83,05	68,83	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	180,3	0,0	0,0	13,869	0,800	83,05	68,83	0,00
✓	■	2	109,86	45,83	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	47,5	0,0	0,0	13,869	0,800	109,86	45,83	0,00
✓	■	3	112,55	74,26	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	141,1	0,0	0,0	13,869	0,800	112,55	74,26	0,00

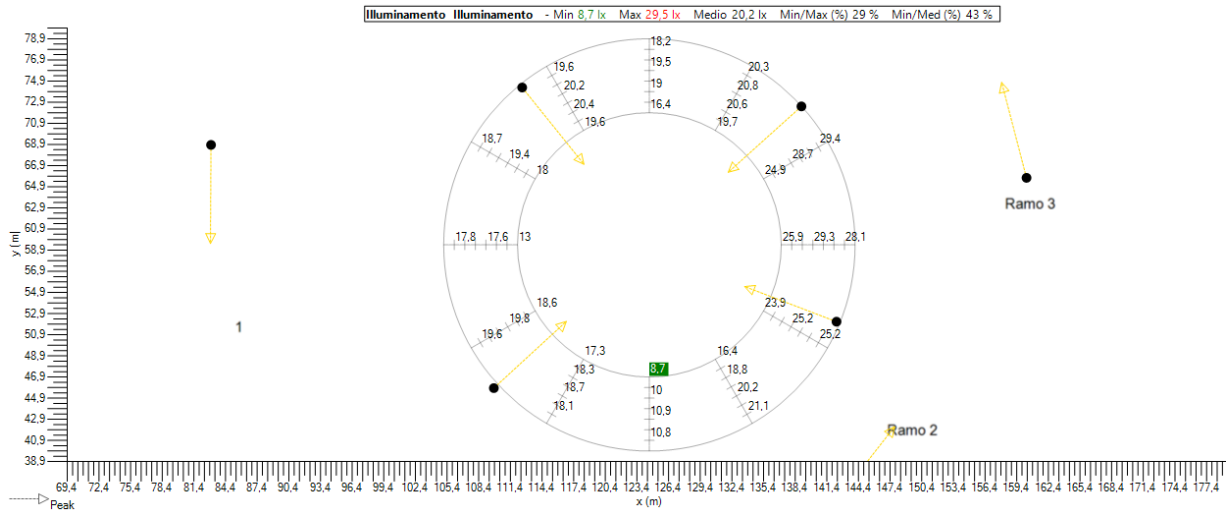
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	139,02	72,48	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	228,1	0,0	0,0	13,869	0,800	139,02	72,48	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	142,09	34,84	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	38,1	0,0	0,0	13,869	0,800	142,09	34,84	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	142,34	52,11	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	290,9	0,0	0,0	13,869	0,800	142,34	52,11	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	160,35	65,72	10,00	AMPERA EVO 1 40 LEDs 700mA NW740 Flat glass 5308 504602	-	345,4	0,0	0,0	13,869	0,800	160,35	65,72	0,00

### 6.3. Gruppi apparecchi

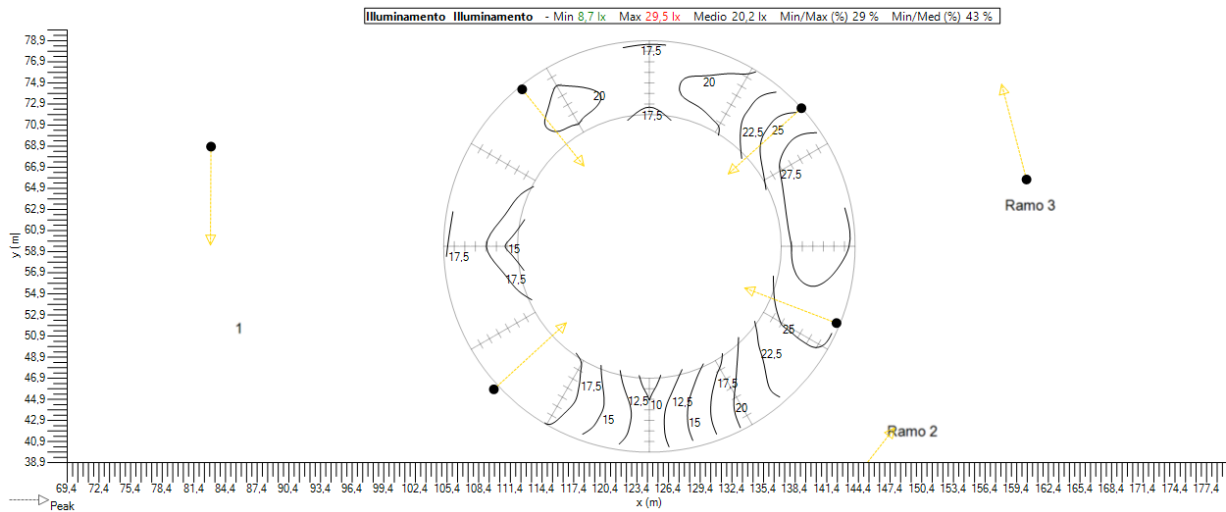
Singolo										
	Color	N°	Posizione			Apparecchio				
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nome	Az [°]	Tl [°]	Rot [°]	Dim [%]
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	83,05	68,83	10,00	Luminaire 1	180,3	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	109,86	45,83	10,00	Luminaire 6 (1)	47,5	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	112,55	74,26	10,00	Luminaire 2	141,1	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	139,02	72,48	10,00	Luminaire 3	228,1	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	142,09	34,84	10,00	Luminaire 6	38,1	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	142,34	52,11	10,00	Luminaire 5	290,9	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	160,35	65,72	10,00	Luminaire 4	345,4	0,0	0,0	100

### 6.4. Rotatoria - Normal

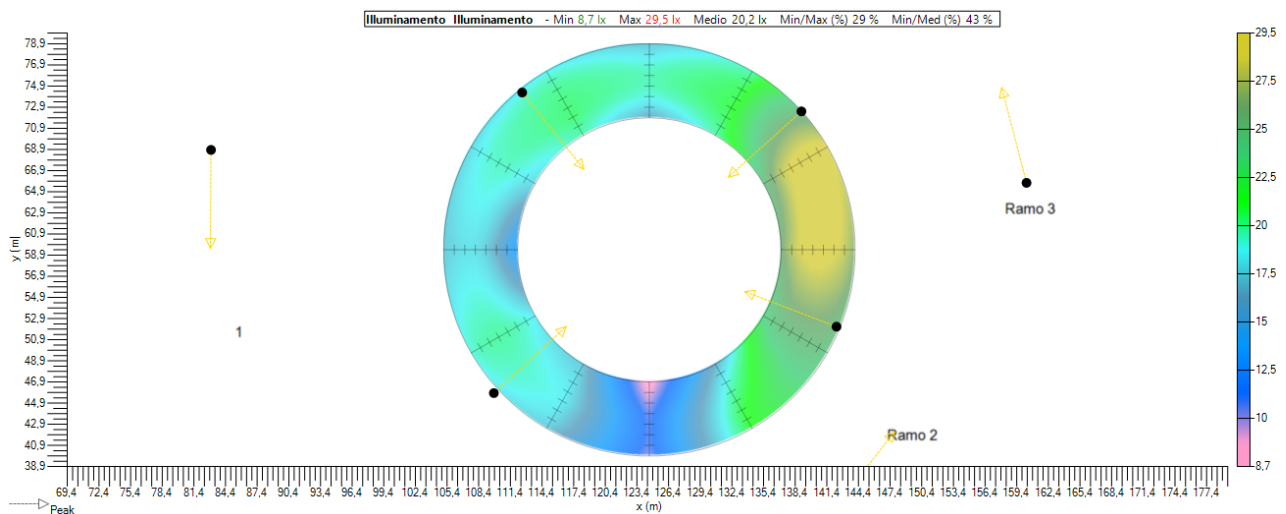
#### Valori



#### Isolevel

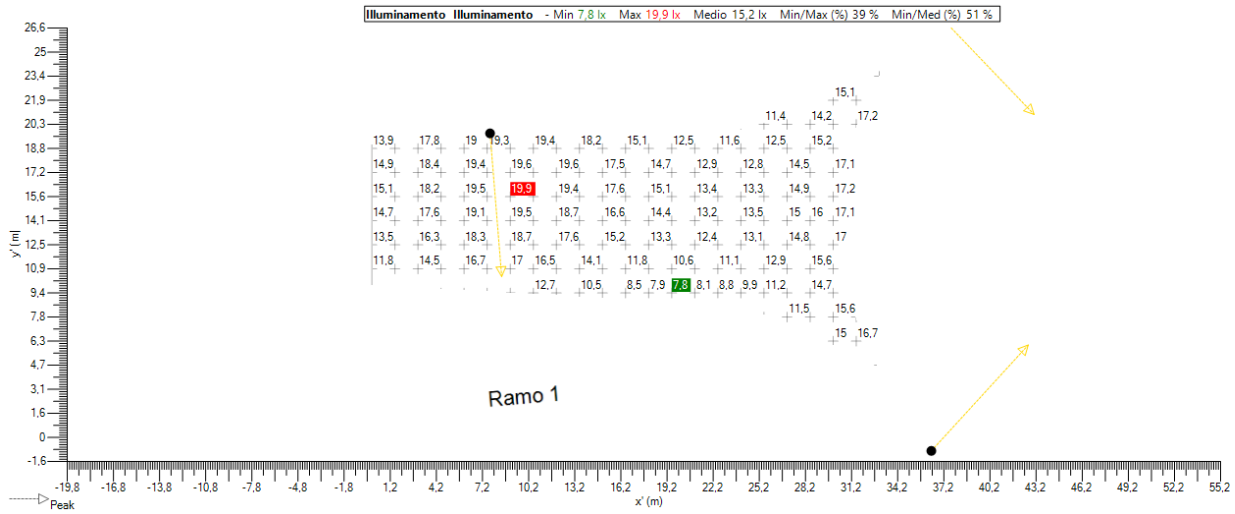


#### Ombre

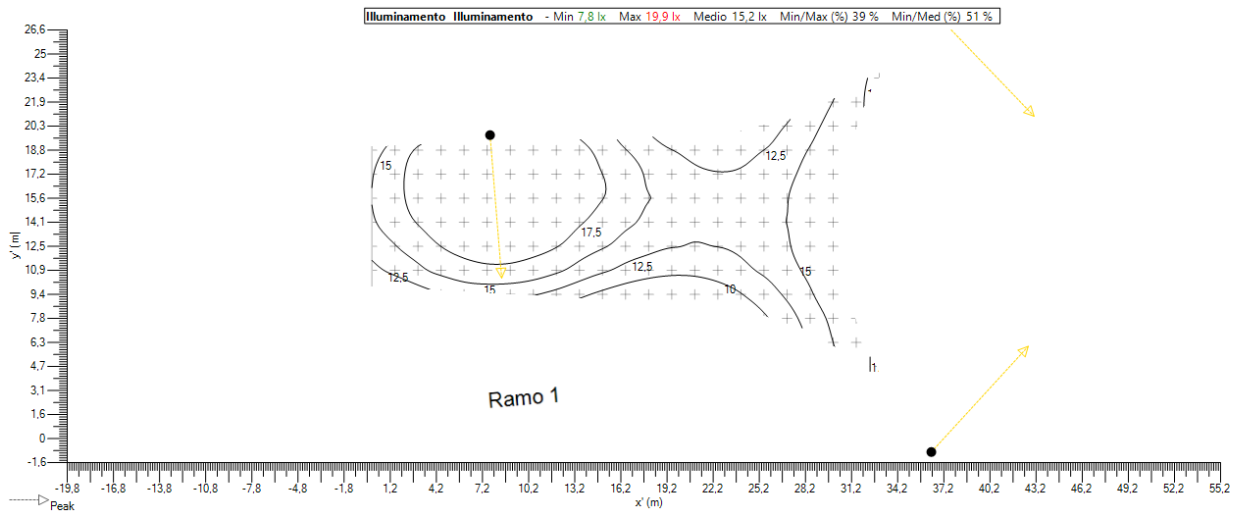


### 6.5. Ramo 1 - Normal

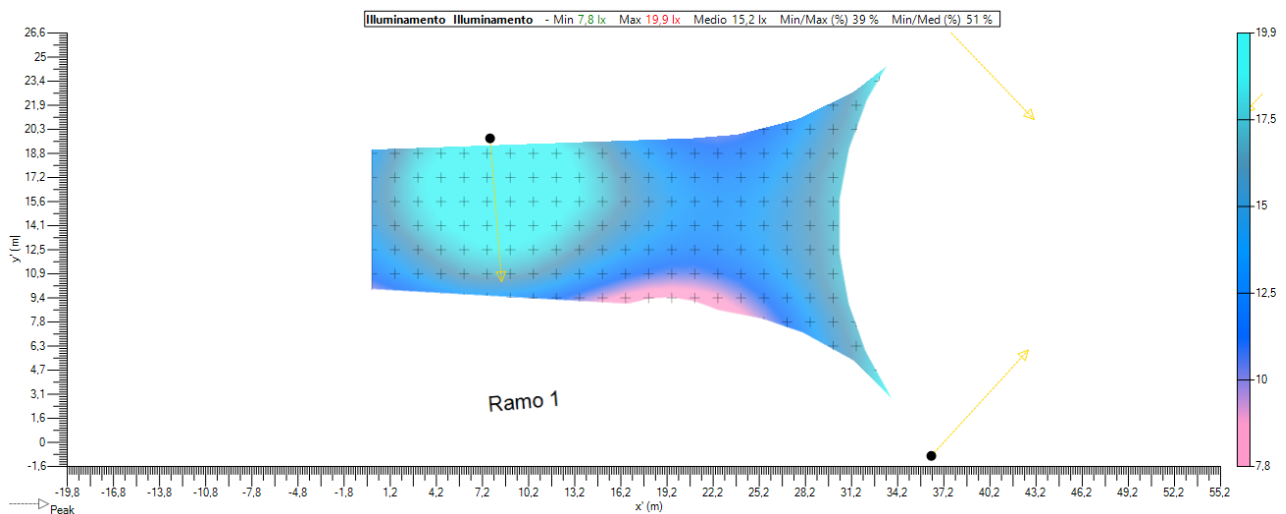
#### Valori



#### Isolevel



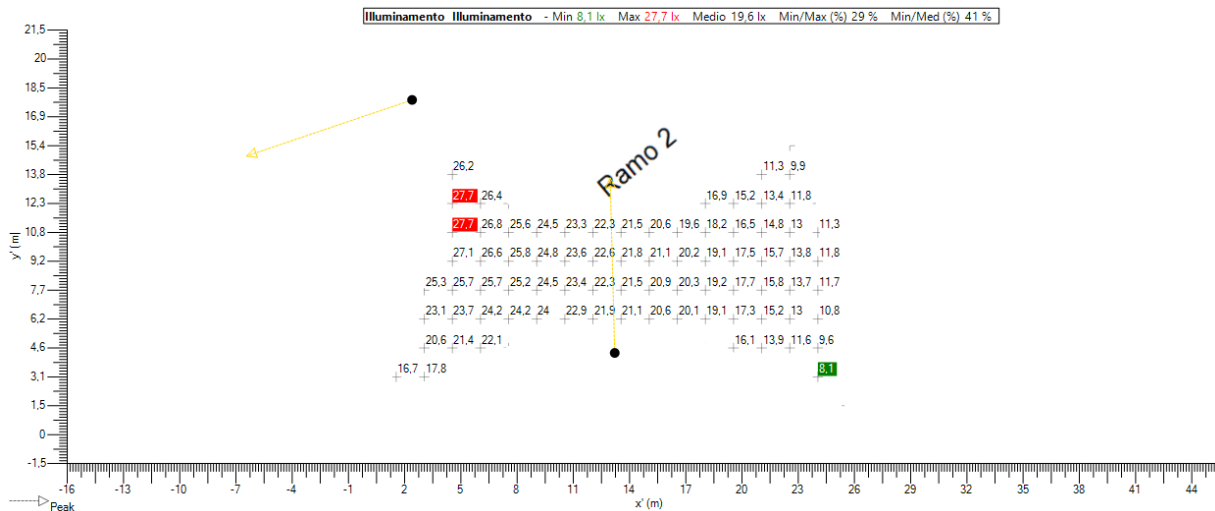
#### Ombre



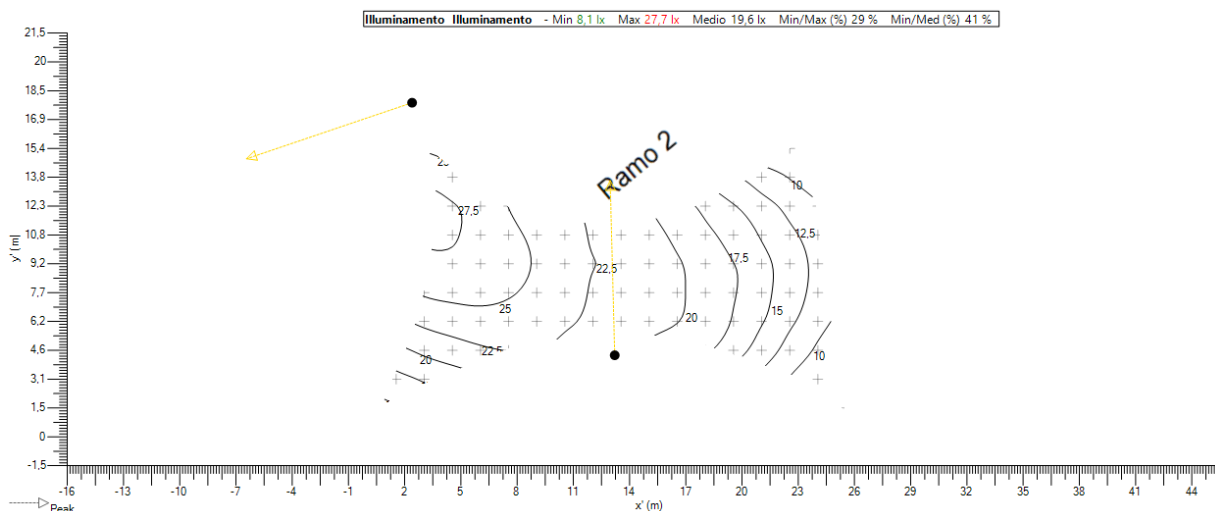


### 6.6. Ramo 2 - Normal

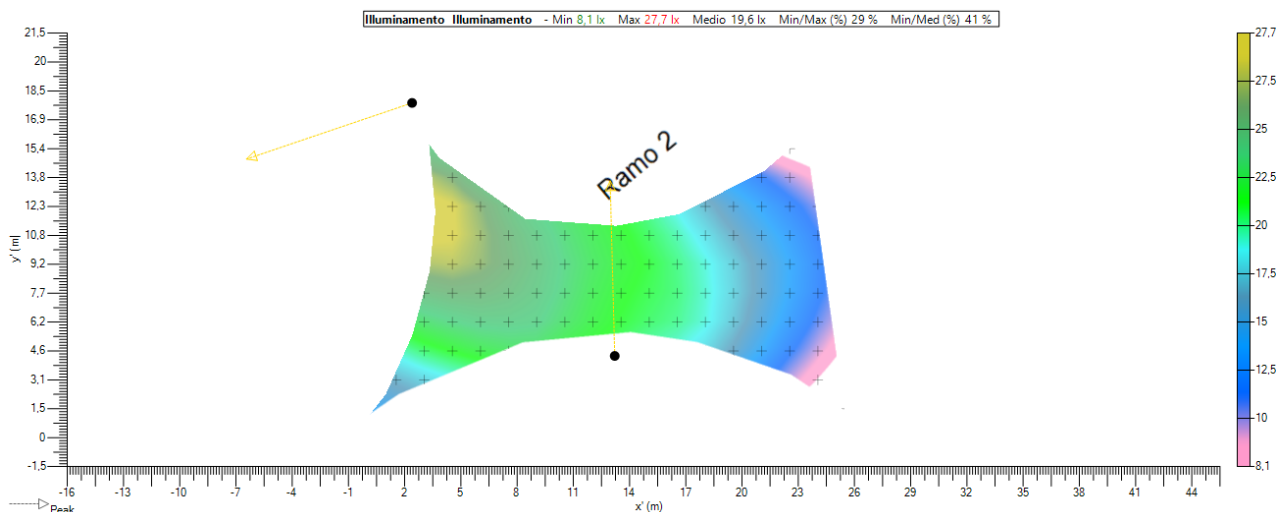
#### Valori



#### Isolevel

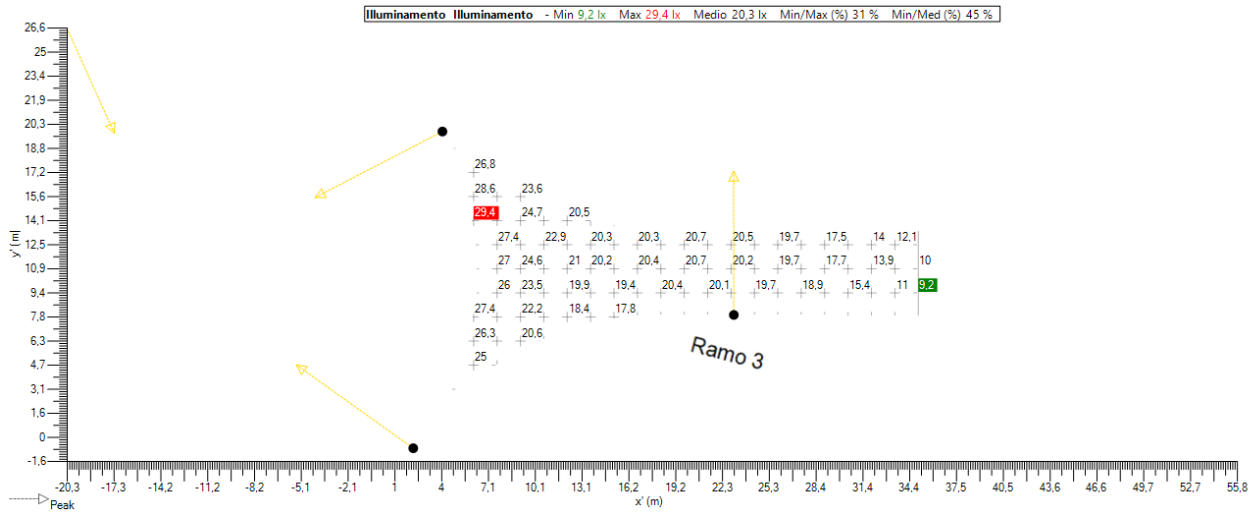


#### Ombre

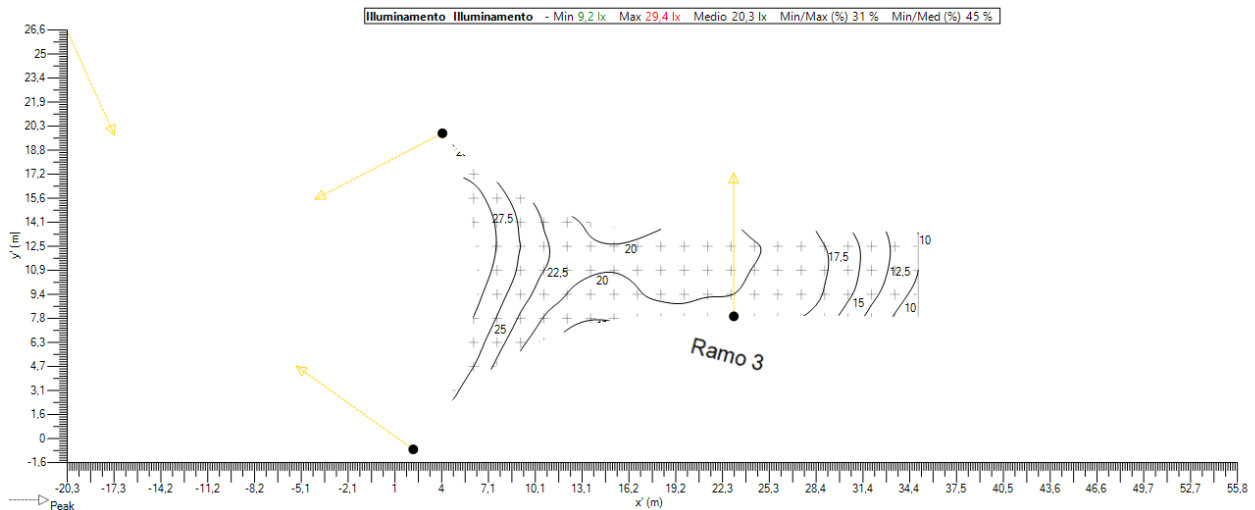


### 6.7. Ramo 3 - Normal

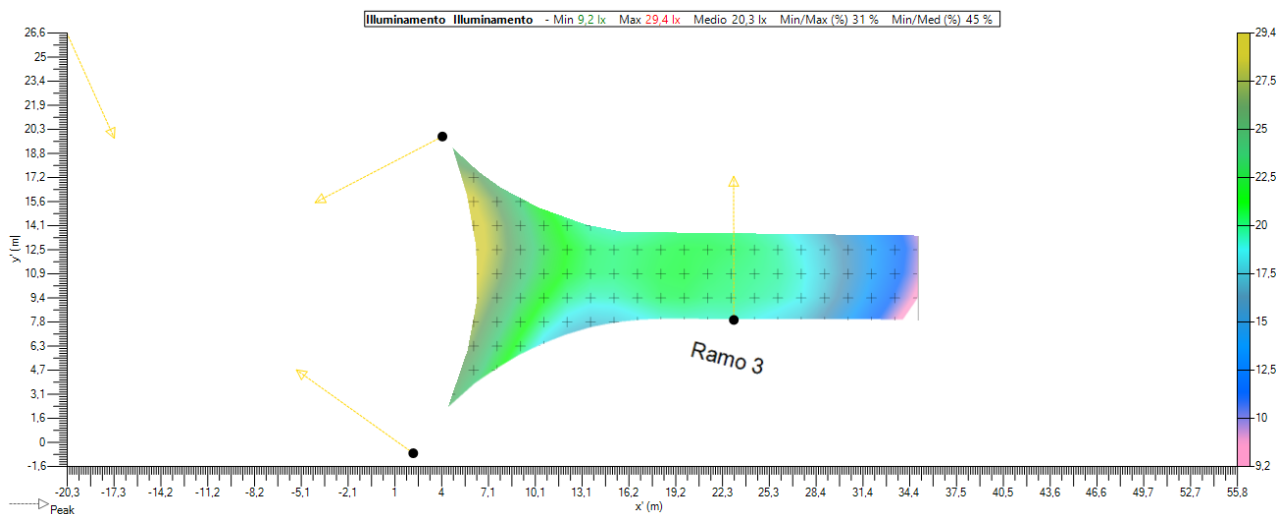
#### Valori



#### Isolevel



#### Ombre



## 7. Griglie

### 7.1. Rotatoria

#### Generale

Tipologia Griglia circolare

Attivato

Colore

#### Geometria

Origine X 124,60 m Y 59,38 m Z 0,00 m

Rotazione X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 0,0 °

Dimensione Conteggio X 8 Conteggio R 12  
Distanza 1,00 m Offset 12,50 m  
Taglia X 7,00 m

### 7.2. Ramo 1

#### Generale

Tipologia Griglia rettangolare XY

Uso Esclusivo Esclusivo

Attivato

Colore

#### Geometria

Origine X 73,69 m Y 49,84 m Z 0,00 m

Rotazione X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 355,0 °

Dimensione Conteggio X 25 Conteggio Y 17  
Distanza X 1,50 m Distanza Y 1,56 m  
Taglia X 36,00 m Taglia Y 25,00 m

### 7.3. Ramo 2

#### Generale

Tipologia Griglia rettangolare XY

Uso Esclusivo Esclusivo

Attivato

Colore

#### Geometria

Origine X 129,17 m Y 39,87 m Z 0,00 m

Rotazione X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 320,4 °

Dimensione Conteggio X 21 Conteggio Y 14  
Distanza X 1,50 m Distanza Y 1,54 m  
Taglia X 30,00 m Taglia Y 20,00 m

### 7.4. Ramo 3

#### Generale

Tipologia Griglia rettangolare XY

Uso Esclusivo Esclusivo

Attivato

Colore

#### Geometria

Origine X 140,08 m Y 52,24 m Z 0,00 m

Rotazione X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 14,6 °

Dimensione Conteggio X 24 Conteggio Y 17  
Distanza X 1,52 m Distanza Y 1,56 m  
Taglia X 35,00 m Taglia Y 25,00 m