

EMISSIONE	DATA	MODIFICHE
A	2017.11.10	PRIMA EMISSIONE
B	2018.06.15	SECONDA EMISSIONE

COMUNE DI CATANIA

Completamento del Piano di Risanamento del Rione S. Berillo

Convenzione urbanistica del 16/11/2012 tra Comune di Catania e Istica s.p.a. - C.E.Co.S. s.r.l. - Risanamento San Berillo s.r.l.

OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA - PARCHEGGI PUBBLICI INTERRATI CON SOVRASTANTE E ATTIGUA AREA A VERDE ATTREZZATO Vp1-Vp2

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO DI ILLUMINAMENTO E VIDEOSORVEGLIANZA VERDE ATTREZZATO

Tav:R05



Consulenza impianti elettrici e antincendio:
BdT Ingegneria

E&P Tecnologia e Progetti
Studio di Ingegneria Consoli-Miranda & Associati



INDICE GENERALE

1.	PREMESSA	3
1.1.	OGGETTO DELL'INTERVENTO	4
2.	REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI	4
2.1.	REQUISITI DI RISPONDENZA A REGOLAMENTI SPECIFICI	5
3.	SCELTE PROGETTUALI	5
3.1.	PROFILO GENERALE DELL'IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE	5
3.2.	CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO	6
3.3.	ALIMENTAZIONE bt	7
3.4.	CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTI e MATERIALI	7
3.4.1.	grado di protezione delle apparecchiature	7
3.5.	CONDUTTURE ELETTRICHE BASSA TENSIONE	8
3.5.1.	colori distintivi dei cavi	8
3.5.2.	prescrizioni generali per la posa delle linee in cavo	8
3.6.	SEZIONE DEI CONDUTTORI	9
3.6.1.	Sezioni minime conduttori di fase e cadute di tensione massime ammesse	9
3.6.2.	Sezione minima dei conduttori neutri	9
3.6.3.	Sezione dei conduttori di terra e protezione	9
3.7.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ed indiretti	9
4.	CALCOLI ELETTRICI – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO	11
4.1.	CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	11
4.2.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	11
4.2.1.	Integrale di Joule	13
4.2.2.	Dimensionamento dei conduttori di neutro	14
4.2.3.	Dimensionamento dei conduttori di protezione	14
4.2.4.	Calcolo della temperatura dei cavi	15
4.2.5.	Cadute di tensione	16
4.3.	CALCOLO DEI GUASTI	16
4.3.1.	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito	17
4.3.2.	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito	19
4.3.3.	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	20
5.	IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE	20
5.1.	IMPIANTO DI TERRA DELL'area a verde	21
6.	RIFASAMENTO	22
7.	DISTRIBUZIONE ALLE UTENZE	23
7.1.	DISTRIBUZIONE AGLI UTILIZZATORI	23
8.	QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE	24
8.1.	DATI E DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE CON IL QUADRO	24
8.2.	COLLAUDO	24
8.3.	GARANZIE	24
9.	IMPIANTO PRESE	25
10.	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	25
10.1.	UNIFORMITÀ DI ILLUMINAMENTO	28
10.2.	COLORE DELLA LUCE	28
10.3.	RESA DEL COLORE	29
10.4.	apparecchi di illuminazione	29
10.5.	pali di sostegno e morsettiere	29
10.6.	apparecchi di illuminazione	30

10.7.	PROGETTO ILLUMINOTECNICO	30
11.	ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA ED EMERGENZA _____	35
12.	IMPIANTI SPECIALI _____	35
13.	VERIFICHE DI COLLAUDO _____	36
14.	INTERVENTI DI MANUTENZIONE _____	37
15.	DOCUMENTAZIONE A CARICO DEL COMMITTENTE / GESTORE _____	37
16.	DICHIARAZIONE DI CONFORMIT _____	38
17.	ALLEGATI _____	38

La presente relazione si propone di descrivere gli impianti elettrici (illuminazione e forza motrice) e speciali da realizzare nell'ambito della progettazione delle aree verdi pubbliche attrezzate, identificate come facenti parte del "Completamento del Piano di Risanamento del Rione S. Berillo" del Comune di Catania ed ubicate tra via L. Sturzo e piazza della Repubblica.

Il progetto prevede la realizzazione di:

- un impianto di illuminazione pubblica delle aree verdi al fine di garantire la sicurezza dei cittadini ed il risparmio energetico;
- un impianto di videosorveglianza TVCC dedicato ad ogni area a verde e centralizzato in un'unica postazione presidiata;
- un impianto di energia forza motrice dedicato all'alimentazione delle pompe di irrigazione, piccole apparecchiature.

Nell'area sottostante verrà realizzata un'autorimessa costituita da 3 piani interrati per la quale è prevista una progettazione separata in quanto soggetta anche a CPI.



1.1. OGGETTO DELL'INTERVENTO

L'intervento prevede in sintesi la realizzazione di:

- aree a verde (VP1-2) con percorsi pedonali e spazi giochi, banchine e marciapiedi

Lo scopo della presente relazione è quello di determinare i criteri esecutivi degli impianti e dei requisiti tecnici e funzionali relativi agli stessi onde garantire la perfetta rispondenza alle specifiche norme tecniche in materia a garanzia di funzionalità e sicurezza per gli operatori.

2. REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI

Gli impianti ed i componenti dovranno essere realizzati a regola d'arte (Legge 186 del 1.3.68).

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, dovranno essere conformi alle norme di Legge ed ai regolamenti vigenti in data odierna ed in particolare alle:

- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81
Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- D.P.R. del 01.08.1011 n. 151
(direttive prevenzione incendi)
- D.M. 22-1-2008 n. 37
Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- Norme CEI 64-8 settima edizione
(i.e. utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V)

Norme specifiche:

CEI 17-13 fasc. 4152 (terza edizione), (Apparecchiature assiemate di protezione e manovra)

CEI 11-25 2001 IIa Ed. (EC 909): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.

CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.

CEI 17-5 VIa Ed. 1998: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.

CEI 23-3 IV Ed. 1991: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.

CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

D.Leg. 106/17 "Adeguamento della Normativa Nazionale alle disposizioni del Regolamento (UE) n.305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione (quali ad esempio i cavi CPR a doppio isolamento con tensione nominale (Uo/U) non inferiore a 0,6/1 kV del tipo FG16OR16-0,6/1 kV Cca-s3,d1,a3).

2.1. REQUISITI DI RISPONDENZA A REGOLAMENTI SPECIFICI

L'intervento nel suo complesso si identifica come realizzazione di impianti elettrici e pertanto esula dalla verifica di ottemperanza a regolamenti specifici.

3. SCELTE PROGETTUALI

3.1. PROFILO GENERALE DELL'IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE

Per l'area a verde, si prevede di prelevare alimentazione in bt (400V) dal pozzetto di illuminazione pubblica stradale più vicino (per il collegamento dell'illuminazione) e da un punto di consegna stabilito in accordo con Ente gestore (per il collegamento della forza motrice)

In questa fase di progetto si estrapola una potenza massima assorbita ben definita.

Ipotizzando attive ed a pieno carico tutte le utenze delle aree descritte al paragrafo 1.1 si ha:

- Area VP1-2
 - Illuminazione $P=1,5 \text{ kW } 400\text{V}$
 - Forza Motrice $P=10 \text{ kW } 400\text{V}$

Di seguito gli schema a blocchi della distribuzione elettrica dell'area interessata.

REF. QUADRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																														
<div> <div> NOTE PROGETTO TENSIONE 400 (V) FREQUENZA 50 (Hz) SIST. DI NEUTRO TT NORME DI RIFERIMENTO INT. SCATOLARI C3 DI 80647-2 INT. MODULARI C3 DI 80647-2 C3 DI 80888 CARPENTIERA C3 DI 81438-2 </div> <div> </div> </div>																																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td>Nome del quadro</td> <td></td> <td>Consegna ENEL</td> <td></td> <td>Quadro Servizi FU</td> <td>Quadro VP1-2 Illuminazione</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corrente nominale (A)</td> <td></td> <td>50</td> <td></td> <td>20</td> <td>40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tensione nominale (V)</td> <td></td> <td>400</td> <td></td> <td>400</td> <td>400</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Icc in ingresso (kA)</td> <td></td> <td>9,3</td> <td></td> <td>1,6</td> <td>1,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caduta di tensione al quadro (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,1</td> <td>0,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Formazione linea (F+N+PE)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1x10 1x10 1x10</td> <td>1x6 1x6 1x6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lunghezza linea (m)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60</td> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"> </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> </td> </tr> <tr> <td colspan="10"> </td> </tr> <tr> <td>Norma di riferimento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Industriale</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Nome del quadro		Consegna ENEL		Quadro Servizi FU	Quadro VP1-2 Illuminazione					Corrente nominale (A)		50		20	40					Tensione nominale (V)		400		400	400					Icc in ingresso (kA)		9,3		1,6	1,1					Caduta di tensione al quadro (%)				1,1	0,4					Formazione linea (F+N+PE)				1x10 1x10 1x10	1x6 1x6 1x6					Lunghezza linea (m)				60	60																																			Norma di riferimento				Industriale					
Nome del quadro		Consegna ENEL		Quadro Servizi FU	Quadro VP1-2 Illuminazione																																																																																																																		
Corrente nominale (A)		50		20	40																																																																																																																		
Tensione nominale (V)		400		400	400																																																																																																																		
Icc in ingresso (kA)		9,3		1,6	1,1																																																																																																																		
Caduta di tensione al quadro (%)				1,1	0,4																																																																																																																		
Formazione linea (F+N+PE)				1x10 1x10 1x10	1x6 1x6 1x6																																																																																																																		
Lunghezza linea (m)				60	60																																																																																																																		
Norma di riferimento				Industriale																																																																																																																			
CLIENTE IMPIANTO Impianto Area a verde Vp1-2				PROGETTO ARCHIVIO DISEGNATORE		- FILEQUADRO_VP1-2.dwg DATA PAGINA 1 TAVOLA REVISIONE R0.0 SEGUE																																																																																																																	

3.2. CLASSIFICAZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO

Il sistema elettrico presenta le seguenti caratteristiche elettriche.

Tensione di alimentazione BT	V	400/230V
Frequenza	Hz	50
Sistema di conduttori attivi	3F+N o F+N	3 (L ₁ - L ₂ - L ₃) + N o L+N
Stato del neutro		Distribuito
Tipo alimentazione		Trifase + Neutro o Monofase
Tensione di alimentazione utenze	V	400V/230V
Sistema di terra		TT
Potenza contrattuale stimata	kW	da 10kW
Potenza teorica di dimensionamento	kVA	da 15kVA

3.3. ALIMENTAZIONE BT

L'alimentazione ha luogo tramite fornitura BT 400V; la fornitura è localizzata all'interno dell'armadio impiantistica (vedi dettaglio nelle tavole elettriche P12) e da questo, tramite un collegamento in cavo, viene alimentato il QE_VP_FM (quadro elettrico Forza Motrice area a verde) posto anch'esso all'interno dello stesso armadio. I quadri elettrici QE_VP_ILL (quadro elettrico Illuminazione area a verde) posizionati dentro l'armadio impiantistica risultano collegati a monte direttamente alla linea di alimentazione dell'illuminazione pubblica stradale.

Ai quadri elettrici QE_VP_ILL risultano collegati a valle rispettivamente:

- circuiti illuminazione a led (bollard e paletti d'arredo alti massimo 1m e pali alti 4m)

Ai quadri elettrici QE_VP_FM risultano collegati a valle rispettivamente:

- circuiti prese
- impianti speciali in assoluta continuit 
- pompe di irrigazione

Nel punto di consegna vengono assunti come valori base i seguenti:

Icc trifase 16 kA

Icc monofase 10kA

3.4. CARATTERISTICHE GENERALI IMPIANTI E MATERIALI

La struttura delle singole aree a verde non rientra tra le attivit  soggette ai controlli ai sensi del D.P.R.151/2011, la presente relazione si riferisce esclusivamente all'area destinata a verde attrezzato.

Pertanto non si individua in esso luogo a maggior rischio di incendio e/o particolari rischi normativamente classificabili, pertanto si assumono i locali e le aree come "ordinari".

In particolare tali ambienti sono classificabili secondo il DPR 151/2011 nella categoria A, come luoghi a rischio di incendio ordinario; su questi assunti si basa la progettazione degli impianti elettrici descritta in questa relazione; gli impianti elettrici dovranno essere realizzati in conformit  ai disposti della L.186 in modo idoneo al tipo di ambiente in cui risultano installati tali da non costituire fonte di pericolo per le persone o le cose presenti. In particolare dovranno essere rispettate le indicazioni riportate a seguire

3.4.1. *grado di protezione delle apparecchiature*

Il grado di protezione di una apparecchiatura indica la capacit  del proprio involucro di impedire l'ingresso di corpi solidi o liquidi all'interno della stessa.

Detta caratteristica risulta espressa per mezzo di un codice cos  composto

IP X Y (Z W)

dove:

- X rappresenta il grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei e contro l'accesso a parti pericolose.
- Y rappresenta il grado di protezione contro la penetrazione dell'acqua.
- Z - W lettere addizionale

In conformit  alla norma CEI 64.8 sono stati scelti i seguenti gradi di protezione **minimi** in funzione del tipo di installazione:

Quadri elettrici bt (ubicati all'interno)	IP31
Quadri elettrici bt (ubicati all'esterno)	IP55
Corpi illuminanti ambienti interni	IP40
Corpi illuminanti aree esterne	IP65 e classe II
Prese a spina industriali	IP44

Come regola di base è stato adottato il grado minimo IP65 per tutte le apparecchiature posizionate in ambienti ove possa verificarsi il contatto accidentale con acqua / liquidi.

3.5. CONDUTTURE ELETTRICHE BASSA TENSIONE

Le condutture elettriche utilizzate per la distribuzione dell'energia elettrica dai quadri agli utilizzatori, dovranno essere conformi a quanto di seguito indicato:

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria (per l'alimentazione di tutti gli utilizzatori) dovranno essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_o/U) non inferiori a 450/750V (tipo N07V-K e/o H07(O)RN); per le condutture principali, ed ove necessario, sono stati previsti conduttori a doppio isolamento con tensione nominale (U_o/U) non inferiore a 0.6/1 kV (tipo FG16(O)R16 0.6/1kV).

SIGLA DI DESIGNAZIONE	LIVELLO DI ISOLAMENTO	RISPONDENZA NORMATIVA
FG16(O)R16 0.6/1kV	600/1000V AC - 900V DC	CEI-UNEL 35375
N07 V-K	450/750 V	CEI 20-35 CEI 20-22II
H07(O)RN	450/750 V	CEI 20-19 CEI 20-35

Tutti i dettagli dei cavi sono riportati negli schemi unifilari (allegati J03) e nella sezione dedicata alle verifiche e calcoli della presente relazione.

3.5.1. colori distintivi dei cavi

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti dovranno essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione dovranno essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde.

Per quanto riguarda i conduttori di fase, saranno contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone.

3.5.2. prescrizioni generali per la posa delle linee in cavo

Nelle installazioni fisse, ove esistono rischi di danneggiamento dovuti a sollecitazioni meccaniche (fino ad un'altezza di 2,5 m) i cavi saranno opportunamente protetti, inoltre la posa deve avvenire in modo da non dar luogo a sforzi di trazione permanenti, inoltre durante le operazioni di tiro il cavo non deve ruotare sul proprio asse ed il raggio di curvatura non deve essere inferiore a quanto indicato sul catalogo del costruttore.

Per varie tipologie di posa devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- i tubi, i condotti ed i canali porta-cavi devono avere un diametro superiore a 1,3 volte il diametro del cavo o fascio di cavi;

- i cavi nei cunicoli, a soffitto, a parete, su passerelle o supporti distanziati devono essere provvisti di guaina protettiva;
- i cavi interrati devono essere muniti di guaina protettiva e di una protezione meccanica supplementare adatta a sopportare le prevedibili sollecitazioni meccaniche esterne.

3.6. SEZIONE DEI CONDUTTORI

3.6.1. *Sezioni minime conduttori di fase e cadute di tensione massime ammesse*

Le sezioni dei conduttori relativi a tutte le linee dell'impianto in questione sono state calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti affinché la caduta di tensione non superi il valore:

4% della tensione a vuoto per circuiti di FM

3% della tensione a vuoto per circuiti di illuminazione.

I cavi da impiegare in fase installativa risultano dimensionati e scelti fra le sezioni unificate.

3.6.2. *Sezione minima dei conduttori neutri*

La sezione dei conduttori è stata dimensionata in modo da non risultare inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase fino alla sezione nominale di 16 mm^2 , oltre i 25 mm^2 per carichi equilibrati i conduttori di neutro sono stati ridotti alla metà del conduttore di fase.

3.6.3. *Sezione dei conduttori di terra e protezione*

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non dovrà essere inferiore alla sezione del conduttore di fase per sezioni fino a 16 mm^2 e inferiori alla metà della sezione del conduttore di fase per sezioni $\geq 25 \text{ mm}^2$.

3.7. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI

La protezione contro i contatti diretti ed indiretti è stata realizzata tramite le seguenti misure principali:

1. Misure di protezione totali.
2. Misure di protezione aggiuntive mediante dispositivi a sovracorrente o a corrente differenziale (protezione attiva).

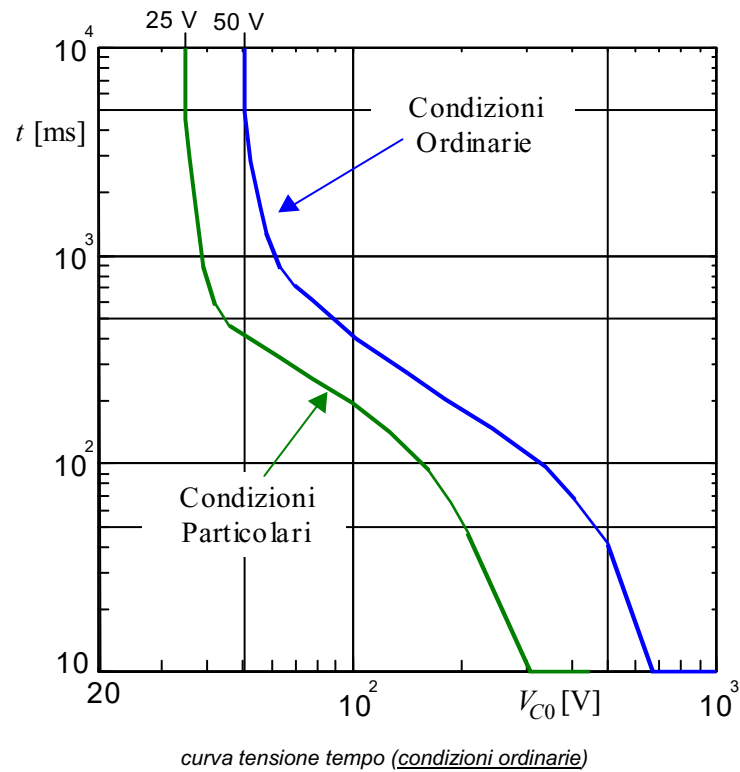
Nel dettaglio specifico di progetto, sono stati adottati (per tutte le aree a verde) interruttori automatici di tipo magneto-termico con differenziale selettivo sui quadri elettrici QE_VP_ILL e QE_VP_FM; data la tipologia di distribuzione di tipo TT, si rende necessaria la presenza delle protezioni differenziali a monte di eventuali quadri elettrici con carpenteria in metallo/materiale conduttore, in modo da limitare la tensione di contatto ed il tempo di guasto al di sotto dei valori imposti dalla norma (curva tensione/tempo).

Per l'intera distribuzione in cavo sono state adottate protezioni magneto-termiche in abbinamento a conduttori a doppio isolamento e/o a protezioni meccaniche supplementari. La protezione differenziale a monte si rivela in questo caso utile in caso di cedimento degli isolamenti dei conduttori e guasti a terra con impedenza non nulla, tale quindi da evitare che gli involucri, le barriere e le canalizzazioni conduttrici (dette genericamente masse)

posti a protezione dai contatti diretti, vadano in tensione con potenziale grave pericolo per chi si trovasse a contatto.

Sono poi state adottate protezioni differenziali ad alta sensibilità (30mA) in tutti i casi previsti dalla tabella A della CEI 64/8, in particolare:

- circuiti che alimentano le prese a spina con $I_n \leq 20A$ (art 412.5.3 a)
- apparecchi di illuminazione non alimentati a bassissima tensione di sicurezza (SELV) (art.559.8)



4. CALCOLI ELETTRICI – DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

4.1. CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

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

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

nella quale:

$k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;

$k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

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

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

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

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

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

La potenza di dimensionamento P_d data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

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

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

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

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

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

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

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

4.2. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

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

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

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

$$b) \quad I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

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

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;

conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

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

IEC 448;

IEC 365-5-523;

CEI-UNEL 35024/1;

CEI-UNEL 35024/2;

CEI-UNEL 35026.

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

La portata minima del cavo viene calcolata come:

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

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

tipo di materiale conduttore;

tipo di isolamento del cavo;

numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;

eventuale declassamento deciso dall'utente.

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

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

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

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

4.2.1. *Integrale di Joule*

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

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

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

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

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G16:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G16:	K = 87

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

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G16:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G16:	K = 116

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

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G16:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89

4.2.2. Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, pu avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni: il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²;

la massima corrente che pu percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;

la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm² se il conduttore in rame e a 25 mm² se il conduttore in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

determinazione in relazione alla sezione di fase;

determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;

determinazione in relazione alla portata del neutro.

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

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

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

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

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

4.2.3. Dimensionamento dei conduttori di protezione

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

determinazione in relazione alla sezione di fase;

determinazione mediante calcolo.

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

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

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

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

dove:

- S_p la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- I il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

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

2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;

4 mm² se non è prevista una protezione meccanica;

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

4.2.4. Calcolo della temperatura dei cavi

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

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

esprese in °C.

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

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

4.2.5. Cadute di tensione

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

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

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

con:

$k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;

$k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo riferito a 80 °C, mentre il secondo riferito a 50Hz, ferme restando le unit  di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

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

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

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

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

4.3. CALCOLO DEI GUASTI

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

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

guasto trifase (simmetrico);

guasto bifase (disimmetrico);

guasto fase terra (disimmetrico);

guasto fase neutro (disimmetrico).

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

4.3.1. Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

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

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

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

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

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

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

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

La reattanza invece:

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

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

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

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

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

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

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

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

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

Per il conduttore di neutro si ha:

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

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

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

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello_guasto}$$

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

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

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

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

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

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

Fase neutro (se il neutro distribuito):

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

Fase terra:

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

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

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

$$I_{k1Neutromax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \min}}$$

$$I_{k1PEmax} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

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

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

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

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

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

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

dove:

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

Vengono ora esposti i criteri di calcolo delle impedenze allo spunto dei motori sincroni ed asincroni, valori che sommati alle impedenze della linea forniscono le correnti di guasto che devono essere aggiunte a quelle dovute alla fornitura. Le formule sono tratte dalle norme CEI 11.25 (seconda edizione 2001).

4.3.2. Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

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

la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25)

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

isolamento in PVC	Tmax = 70 C
isolamento in G	Tmax = 85 C
isolamento in G5/G7	Tmax = 90 C
isolamento serie L rivestito	Tmax = 70 C
isolamento serie L nudo	Tmax = 105 C
isolamento serie H rivestito	Tmax = 70 C
isolamento serie H nudo	Tmax = 105 C

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3.3. Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

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

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

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

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

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

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

Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:

$I_{ccmin} \geq I_{inters \min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);

$I_{ccmax} \leq I_{inters \max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).

- b) L'intersezione unica o la protezione costituita da un fusibile:

$I_{ccmin} \geq I_{inters \min}$.

- c) L'intersezione unica e la protezione comprende un magnetotermico:

$I_{cc \max} \leq I_{inters \max}$.

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

Note:

La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la I_z dello stesso.

La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

5. IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE

Per impianto di terra si intende un impianto costituito dai seguenti elementi:

- dispersori;
- conduttori di terra;
- collettori (o nodi) principali di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali principali e supplementari.

L'impianto cos costituito coordinato con idonei dispositivi di protezione, nell'ipotesi di guasto verso terra del sistema di alimentazione, realizza il metodo di protezione per interruzione automatica dell'alimentazione.

Tale sistema risulta essere quello pi comunemente utilizzato contro i **contatti indiretti**, contro i contatti cio di una persona con una "massa" o "massa estranea" che si trovi in tensione per il contatto accidentale con un conduttore attivo del sistema elettrico esercito. Questi inoltre il solo ammesso per impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I.

5.1. IMPIANTO DI TERRA DELL'AREA A VERDE

Nel caso in oggetto l'impianto di terra e protezione verr realizzato tramite il collegamento con un cavo giallo/verde di sezione non inferiore alla sezione di fase fino all'impianto di terra costituito da un picchetto a croce in acciaio di lunghezza 1,5m e posizionato in prossimit dell'armadio impiantistica. Non verr posizionata una nuova treccia di rame lungo il percorso di illuminazione in quanto si adotteranno apparecchiature (corpo illuminante, morsettiera e pali) in classe II. Ragion per cui come prescritto dalle norme (CEI 64-8) fatto divieto per tali apparecchiature l'uso della messa a terra e relativo dispositivo differenziale.

Si rimanda agli elaborati P12 per i dettagli sull'impianto.

Sulla base delle indagini in sito e di progetto, considerando la stratigrafia superiore (quota tra piano di campagna e profondit di 1.00m) si pu riscontrare un terreno tipo " top limoso-sabbioso bruno con ghiaia e ciottoli vulcanici". E' possibile effettuare un calcolo semplificato del valore della resistenza di terra, ipotizzando che l'impianto sia costituito unicamente da un dispersore a picchetto a croce di lunghezza 1,5m; trascurando cautelativamente l'influenza degli altri dispersori, utilizzando la relazione valida per **dispersori a picchetto a croce di diametro 12mm** si ha:

dati di base:

terreno: sabbioso secco, $\rho=200 \Omega\text{m}$

dispersore: dispersore a picchetto a croce in acciaio di lunghezza 1,5m

diam. disp. $d=12\text{mm}$ (ipotizzando una sezione cilindrica)

si estrapola un valore di circa $R_T = \frac{\rho}{L} = \frac{200}{1.5} = 133,3\Omega$ per l'impianto di terra.

A detto impianto di dispersione dovr essere collegato il sistema di distribuzione del conduttore di protezione e dei conduttori equipotenziali relativi alle installazioni di tutte le utenze.

Tutte le masse e le masse estranee dell'impianto (carcasce metalliche degli utilizzatori, tubazioni metalliche dei servizi tecnologici, masse estranee, ecc.), saranno collegate al nodo equipotenziale mediante idonei conduttori equipotenziali aventi caratteristiche adeguate alla specifica funzione svolta.

Nel caso di distribuzione TT con fornitura direttamente in bt risulta necessario adottare protezioni opportune contro i contatti indiretti, ed in tal senso occorre verificare nei casi ove non possibile adottare alimentazione in bassa tensione di sicurezza o doppio isolamento, separazione elettrica, etc, che le protezioni con interruzione dell'alimentazione verifichino la relazione

$$R_{t\leq} \frac{50V}{I_d}$$

dove R_t la somma delle resistenze di terra dei conduttori e dei dispersori

Ipotizzando un valore di R_t pari a 134 , risulta necessario installare protezioni differenziali con valore

$$I_d \leq \frac{50}{134} = 0,375 A$$

valore che consente l'implementazione della selettività verticale anche con valori di resistenza di terra oltre il valore estrapolato dai calcoli.

Tali valori risultano verificati in quanto sono state previste protezioni differenziali sul quadro elettrico di fornitura di valore non superiore a 0,3 A.

6. RIFASAMENTO

Non si prevede di utilizzare apparati di rifasamento, in quanto la tipologia delle utenze alimentate non risulta tale da impattare sul fattore di potenza in misura tale da scendere al di sotto del valore limite di 0,95 (illuminazione a led e piccole pompe di irrigazione anche con presenza di inverter).

7. DISTRIBUZIONE ALLE UTENZE

7.1. DISTRIBUZIONE AGLI UTILIZZATORI

Come precedentemente accennato, l'alimentazione ha luogo tramite fornitura BT 400V e 230V; la fornitura localizzata all'interno dell'armadio impiantistica (vedi dettaglio nelle tavole elettriche P12) e da questo, tramite un collegamento in cavo, viene alimentato e il QE_VP_FM (quadro elettrico Forza Motrice area a verde) posto anch'esso all'interno dello stesso armadio. I quadri elettrici QE_VP_ILL (quadro elettrico Illuminazione area a verde) posizionati dentro l'armadio impiantistica risultano collegati a monte direttamente alla linea di alimentazione dell'illuminazione pubblica stradale.

Ai quadri elettrici QE_VP_ILL risultano collegati a valle rispettivamente:

- circuiti illuminazione a led (bollard e paletti d'arredo alti massimo 1m e pali alti 4m)

Ai quadri elettrici QE_VP_FM risultano collegati a valle rispettivamente:

- circuiti prese
- impianti speciali in assoluta continuit
- pompe di irrigazione

I principi e le regole fondamentali di progettazione considerate sono: dal quadro elettrico di illuminazione QE_VP_ILL si dirama una alimentazione principale in cavo FG16(O)R16 di sezione adeguata entro cavidotto interrato fino alle utenze. L'alimentazione sar trifase + neutro in quanto si pensato di suddividere la potenza elettrica nelle tre fasi dei circuiti di illuminazione.

Dal quadro QE_VP_FM si diramano tutte le alimentazioni secondarie verso tutte le utenze di forza motrice (pompe sommerse di irrigazione, alimentazione degli apparati tvcc posti all'interno dell'armadio impiantistica).

Tutte le alimentazioni principali saranno realizzate tramite linee in cavo tipo FG16(O)R16 0.6/1 kV entro cavidotto interrato; maggiori dettagli si evincono negli allegati grafici P12 e P14.

L'alimentazione degli utilizzatori finali (lampade, prese di corrente, con derivazione dai quadri sar realizzata con linee in cavo multipolare (FG16OR16 0.6/1kV – HO7(O)RN 0.5kV) e/o conduttori unipolari (N07 V-K) per i tratti entro cavidotti incassati nella muratura o entro cavidotti rigidi staffati a vista.

8. QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE

I quadri elettrici dovranno essere costruiti con materiali atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche, nonché agli effetti dell'umidità che possono verificarsi in servizio normale.

Gli apparecchi ed i circuiti dovranno essere disposti in modo da mantenere le distanze di isolamento adeguate, da assicurare il loro funzionamento e da facilitare la manutenzione con il necessario grado di sicurezza.

Tutti i quadri sono stati dimensionati in modo tale da evitare qualunque forma di riscaldamento nel pieno rispetto delle specifiche Norme CEI 17-13.

8.1. DATI E DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE CON IL QUADRO

Il costruttore dei quadri dovrà fornire la seguente documentazione in fase di collaudo:

Rapporti di collaudo per le seguenti prove e verifiche:

- 1) Verifica funzionamento e cablaggio
- 2) Verifica isolamento e frequenza industriale
- 3) Verifica misure di protezione
- 4) Calcolo dei limiti di sovratemperatura
- 5) Calcolo o tabella per la verifica della tenuta al corto circuito del sistema barre dei quadri.

Dichiarazioni di conformità alle norme

Dichiarazioni per la marcatura CE

Cartelli monitori a corredo e tasca con schema

Gli schemi elettrici dovranno essere realizzati rispettando le indicazioni delle norme CEI 3 - 33 ÷ 38.

8.2. COLLAUDO

Presso l'azienda costruttrice dei quadri si devono effettuare le prove individuali previste dalla norma CEI EN 60439-1 anche in presenza del committente che potrà controfirmare i rapporti di collaudo.

Le prove da eseguire sono:

Verifica della tensione d'isolamento a frequenza industriale

Verifica delle distanze in aria e superficiali

Verifica del funzionamento meccanico di tutte le apparecchiature

Ispezione e controllo del cablaggio

Prova di funzionamento elettrico di tutto il quadro

Verifica dei mezzi di protezione e della continuità dei circuiti di protezione.

I rapporti di collaudo devono far parte della documentazione allegata ai quadri.

8.3. GARANZIE

I quadri elettrici oggetto della presente fornitura dovranno essere coperti da garanzia per un periodo di 12 mesi dalla data di consegna o dalla data del collaudo se avvenuto alla presenza del committente.

Durante questo periodo il costruttore dei quadri dovrà sostituire le parti e le apparecchiature che dovessero rilevare malfunzionamenti nell'esercizio nei limiti specifici indicati.

Qualora i quadri fossero in funzione l'intervento dovrà avvenire presso il luogo d'installazione con tempi e modalità da concordare con il committente.

Gli eventuali interventi sui quadri in tensione dovranno avvenire nel pieno rispetto di tutte le norme di sicurezza ed antinfortunistiche.

Al fine di garantire i livelli più elevati di qualità e sicurezza, il costruttore delle carpenterie e degli interruttori, dovrà essere in grado di garantire una organizzazione interna con sistema di qualità certificato in accordo con quanto prescritto dalla vigente normativa UNI - EN 29000.

9. IMPIANTO PRESE

Ogni armadio impiantistica sarà dotato di prese a spina per installazione fissa di varie tipologie a secondo dell'utilizzo, per come indicato nelle tavole grafiche; sinteticamente sono presenti prese del tipo:

- Schuko bivalente 10/16A con polo di terra secondo CEI 23-50, in esecuzione standard ed IP44 (con calotta impermeabile apribile)

Come presupposto generale normativo e di progettazione, ogni presa o gruppo di prese saranno allacciate ad una linea elettrica protetta a monte tramite interruttore MTD ad alta sensibilità I_{Δ} 30mA.

10. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

L'impianto di illuminazione artificiale ha lo scopo di permettere il facile riconoscimento degli oggetti e delle persone limitando l'insorgere di possibili cause di rischio e rendendo chiaramente percepibili le eventuali situazioni di pericolo.

Influendo sulla capacità visiva, sull'attività, sulla sicurezza e sul benessere delle persone, risulta necessario che l'impianto di illuminazione sia realizzato nel rispetto delle specifiche esigenze degli utenti.

I riferimenti normativi sono la UNI-EN 11248 (illuminazione stradale) ed inoltre la UNI-EN 13201-2/3/4/5 (illuminazione stradale: requisiti prestazionali, categorie illuminotecniche) in cui sono riportati i tabellari dei valori di illuminamento e le categorie illuminotecniche per l'analisi dei rischi e per le varie attività, in essa sono riportate anche le indicazioni sulla qualità della luce, espressa come temperatura di colore, resa cromatica e la classe di qualità per la limitazione dell'abbagliamento.

A seguito dell'individuazione della tipologia di strada e del limite di velocità del traffico veicolare, si definisce la categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi.

La procedura per la definizione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi ha inizio con la suddivisione della strada (o area a verde) in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza. Per ogni tratto omogeneo segue l'identificazione della tipologia di strada, attraverso i dati geometrici e funzionali propri della strada.

Nella tabella seguente presa dalla UNI EN 11248:2016 vengono riportate le categorie illuminotecniche di ingresso per l'analisi dei rischi:

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	Limite di velocità (km h ⁻¹)	Categoria illuminotecnica di ingresso
A1	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	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) ¹⁾	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 ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ⁴⁾	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 ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ⁴⁾	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792¹⁾.

2) Per le strade di servizio dalle strade urbane di scorrimento, definire la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore e la categoria comparabile con questa (prospetto 6).

3) Vedere punto 5.3.

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".

La valutazione della categoria illuminotecnica di progetto segue le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12248:2016. La classificazione della strada (o area a verde) individuata, per il nostro scopo, la Fbis evidenziata in rosso.

Per l'individuazione dell'indice di categoria illuminotecnica di progetto si deve procedere con l'analisi dei rischi, mediante la valutazione dei parametri di influenza. Partendo dall'indice di categoria di ingresso (nel nostro caso P2) si devono valutare i parametri di influenza più significativi. La categoria illuminotecnica di progetto deve essere valutata per la portata di servizio della strada, indipendentemente dal flusso di traffico effettivamente presente.

Successivamente si possono stabilire una o più categorie illuminotecniche di esercizio, in funzione della variazione dei parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico.

Di seguito le tabelle riportanti tali indicazioni:

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 ^{1) 2)}	1
Segnaletica cospicua ³⁾ 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 ¹⁵ .	

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

Tutto quanto detto deve essere abbinato a quanto riportato nella norma UNI EN 13201-2 che definisce i requisiti prestazionali dell'illuminazione stradale. Nel nostro caso, i requisiti prestazionali per la categoria P ed HS vengono indicati nel paragrafo 6 di detta norma, la quale stabilisce le categorie riguardanti pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie d'emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, nonché a strade pedonali, parcheggi, cortili scolastici, etc. La nostra area a verde si può considerare rientrante in questa definizione.

Di seguito si riporta la tabella relativa alle categorie illuminotecniche P:

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E} ^{a)} [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		
a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.				

Sul seguente prospetto vengono indicati i valori di illuminamento orizzontale medio E_m e minimo E_{min} ed inoltre i valori di illuminamento minimo del piano verticale $E_{v,min}$ e semicilindrico minimo $E_{sc,min}$ (requisiti aggiuntivi necessari per il riconoscimento facciale).

La categoria illuminotecnica che prenderemo in esame per verificare i calcoli illuminotecnici di progetto effettuati, tenendo conto di quanto già detto e dei parametri di influenza del prospetto 2 e 3, è la categoria illuminotecnica P3.

I valori di illuminamento orizzontale (E_m ed E_{min}) saranno calcolati su una zona della strada o dell'area a verde su un piano a livello del suolo mentre i valori di illuminamento semicilindrico e verticale su un piano a 1,5m al di sopra del suolo o del livello della zona strada (rif. norma UNI EN 13201-3).

Risulta quindi chiaro che i valori di illuminamento in lux da considerare per il calcolo e la verifica illuminotecnica sono:

$$\begin{aligned} E_m &= 7,5 \text{ lux} \\ E_{min} &= 1,5 \text{ lux} \\ E_{v,min} &= 2,5 \text{ lux} \\ E_{sc,min} &= 1,5 \text{ lux.} \end{aligned}$$

I calcoli illuminotecnici svolti soddisfano ampiamente tali valori (vedi allegato) ed inoltre non tengono conto del contributo dell'illuminazione stradale delle aree limitrofe.

Nel coordinamento tra l'illuminazione generale e quella del singolo ambiente, l'illuminamento di esercizio si riferisce all'ambiente, ed i valori indicati prendono in considerazione:

stato medio di invecchiamento dell'impianto di illuminazione;

locale attrezzato o zona di esso;

in generale alla superficie di lavoro orizzontale all'altezza di 0,85 m dal pavimento

le zone di transito nella mezzeria, all'altezza di 0 m dal pavimento.

I valori sopra riportati valgono per apparecchi con distribuzione luminosa diretta o prevalentemente diretta e per intervalli periodici di manutenzione di 12 mesi; si può considerare un fattore di deprezzamento inferiore se gli interventi di manutenzione sono effettuati ad intervalli di tempo più brevi dei 12 mesi.

10.1. UNIFORMITÀ DI ILLUMINAMENTO

Il rapporto fra l'illuminamento minimo e quello medio nel locale o nella zona del locale dove si svolgono determinate attività sede di compito visivo, non deve essere minore di 0,8. Nelle aree adiacenti, che non sono sede di compito visivo, il valore medio dell'illuminamento non deve mai essere inferiore ad un terzo del valore medio nella zona sede del compito visivo.

10.2. COLORE DELLA LUCE

Le lampade usate per l'illuminazione di interni vengono suddivise in tre gruppi secondo la temperatura di colore e le sigle fra parentesi derivano dalle iniziali dei termini inglesi Warm, Intermediate, Cold.

[1] temperatura di colore minore di 3300 K: colore della luce bianco-calda (W);

[2] temperatura di colore da 3300 K a 5300 K: colore della luce bianco-neutra (I);

[3] temperatura di colore maggiore di 5300 K: colore della luce bianco-fredda (C).

La temperatura di colore verrà scelta dalla DL in funzione delle caratteristiche del locale / della zona o comunque in mancanza di precise indicazioni si considererà come valore di riferimento i 4000 K.

10.3. RESA DEL COLORE

Particolari esigenze di resa dei colori devono essere soddisfatte impiegando sorgenti luminose con adatte caratteristiche di resa cromatica. La suddivisione in quattro gruppi dei valori dell'indice generale di resa del colore R, definita nella Tab.4, consente la scelta della sorgente luminosa più adatta in ragione del tipo di attività cui l'ambiente è destinato.

Tab. 4 Gruppo di resa del colore e corrispondente indice di resa cromatica (UNI 12464)

Gruppo di resa del colore (Ra')	Indice di resa del colore (Ra)
1A	> 90
1B	$80 \leq Ra \leq 90$
2	$60 \leq Ra < 80$
3	$40 \leq Ra < 60$
4	$20 \leq Ra < 40$

Nel progetto non si identificano locali e/o zone che richiedono un indice di resa cromatica particolarmente elevato.

10.4. APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi di illuminazione saranno di tipo a LED e costituite da due tipologie:

- corpi illuminanti su pali per illuminazione dall'alto delle zone di passaggio pedonale;
- corpi illuminanti tipo bollard per l'illuminazione dei passaggi pedonali;
- corpi illuminanti tipo bollard per la retro illuminazione della struttura a protezione dei vani corpo scala di collegamento con l'autorimessa sottostante.

Tutti i corpi illuminanti saranno idonei all'installazione all'esterno con grado di protezione IP65 e classe di isolamento II. Inoltre alcuni corpi illuminanti su palo saranno dotati di telecamere per la videosorveglianza.

10.5. PALI DI SOSTEGNO E MORSETTIERE

I pali di sostegno in acciaio zincato (altezza f.t. da 4m a 6m) saranno conformi alle norme UNI EN 40-5. Dopo aver correttamente posizionato il palo in allineamento perfetto, lo spazio residuo tra il palo e la tubazione di sostegno verrà riempito di sabbia ben costipata ed il tutto sarà sigillato da una coronella di malta cementizia posta nel punto di incastro del palo stesso. Ogni palo sarà dotato di asola entrata cavi, portello copri asola in alluminio pressofuso completo di guarnizione e morsettiera in resina poliammidica, realizzata in classe di isolamento II, con fusibili di protezione.

I pali dovranno essere protetti contro la corrosione alla base per un tratto di almeno 20 cm fuori terra e 20 cm entro terra (totale 40 cm) con uno dei seguenti sistemi:

- nastro autocollante in gomma butile con primer integrato e film portante in materiale resistente ai raggi ultravioletti; nastro da applicarsi su superficie pulita e asciutta, a spirale dal basso all'alto, con sormonto minimo di 1 cm;
- manicotto termorestringente. L'applicazione va eseguita su superficie pulita, asciutta e preriscaldata sui 55 C. Il riscaldamento del manicotto va fatto con fiamma a temperatura non superiore ai 125 C. Il diametro del manicotto da usare deve essere non meno del 103 pi grande del diametro del palo.

Il palo non potrà essere posizionato in vicinanza di linee elettriche a distanze inferiori a quanto ammesso dalle norme CEI 64-8/7, che si intendono espressamente richiamate.

Il palo non potrà essere posizionato rispetto al bordo esterno della carreggiata a distanze inferiori a quanto ammesso dalle norme CEI 64-8/7, UNI EN 1317, UNI CEI 70030, DM 18.02.1992 n. 223 e successivi aggiornamenti che si intendono espressamente richiamate.

Si ricorda che il materiale costituente il palo eviterà la necessità della messa a terra del palo stesso.

Per l'alimentazione di ogni singolo apparecchio illuminante e la derivazione da palo a palo si dovranno utilizzare delle morsettiere con caratteristiche di classe II fissate all'interno di ogni singolo palo.

Le morsettiere saranno di tipo bipolari a tre o più vie, doppio isolamento completo di fusibili e portello di chiusura a chiave.

10.6. APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi di illuminazione saranno di tipo a LED e costituite da due tipologie:

- corpi illuminanti su pali per illuminazione dall'alto delle zone di passaggio pedonale;
- corpi illuminanti tipo bollard per l'illuminazione dei passaggi pedonali;
- corpi illuminanti tipo light up per illuminazione dei giochi d'acqua della fontana.

Nessun corpo illuminante su palo sarà dotato di telecamera integrata per la videosorveglianza in quanto quest'ultima sarà garantita da idonee telecamere fisse dislocate e staffate su pali e/o sulla parete del vano corpo scala.

10.7. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Le nozioni esaminate nei paragrafi precedenti permettono di determinare in modo ottimale la qualità, il numero e la potenza delle sorgenti luminose per consentire lo svolgimento di qualsiasi tipo di attività nei vari ambienti nel migliore dei modi e con il minor dispendio energetico.

In sede di progetto sono state scelte sorgenti luminose di tipo a LED installate a pavimento, a parete, e su palo.

I corpi illuminanti hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

- grado di protezione dell'armatura richiesto dall'ambiente (IP65 all'aperto e nei locali tecnici);
- temperatura di colore e resa cromatica delle lampade, stabilite dalle Tabelle UNI in funzione dell'attività da svolgere;
- tipo di curva fotometrica, in relazione alla forma geometrica dei locali e alle esigenze d'illuminazione;
- efficienza luminosa, in funzione del tempo di funzionamento;

- dotazione di schermo antiabbagliamento (solo negli uffici e nelle sale ove si prevede la presenza di video terminali);
- avviamento istantaneo o ritardato, in dipendenza del tipo di attività ;
- forma e tipo di armatura, in funzione del tipo e delle dimensioni dell'ambiente di installazione.

Scelto il tipo di lampada e di armatura più idonei per un dato ambiente, occorre determinarne il numero e la potenza necessari per ottenere l'illuminamento e l'uniformità d'illuminamento richiesti.

I valori ottenuti tengono in considerazione:

- l'insudiciamento o l'annerimento del corpo illuminante definendo il coefficiente di manutenzione (da 0,70 a 0,90).
- altezza del locale (incluso nel coefficiente di utilizzazione CU)
- qualità delle pareti (incluso nel coefficiente di utilizzazione CU)
- caratteristica specifica della sorgente luminosa (incluso nel coefficiente di utilizzazione CU)

Il coefficiente CU è stato fornito dalle case costruttrici sotto forma di tabella in funzione del rapporto di cavità, detto anche indice del locale, del soffitto e del pavimento, nei casi in cui la situazione non è nota, si considerano i valori medi tra quelli riportati.

Insieme alla tabella e alla curva fotometrica, le case costruttrici riportano le distanze longitudinali e trasversali tra le sorgenti luminose, per limitare al massimo le disuniformità d'illuminamento.

Tramite l'ausilio del software di calcolo illuminotecnico "DiaLux", sono stati valutati gli illuminamenti dell'area esterna perimetrale zona parcheggio.

I dettagli tecnici ed il layout dei corpi illuminanti sono riportati negli allegati alla presente relazione e sulle tavole elettriche P12. Di seguito si riportano alcuni risultati della valutazione con relativi render.

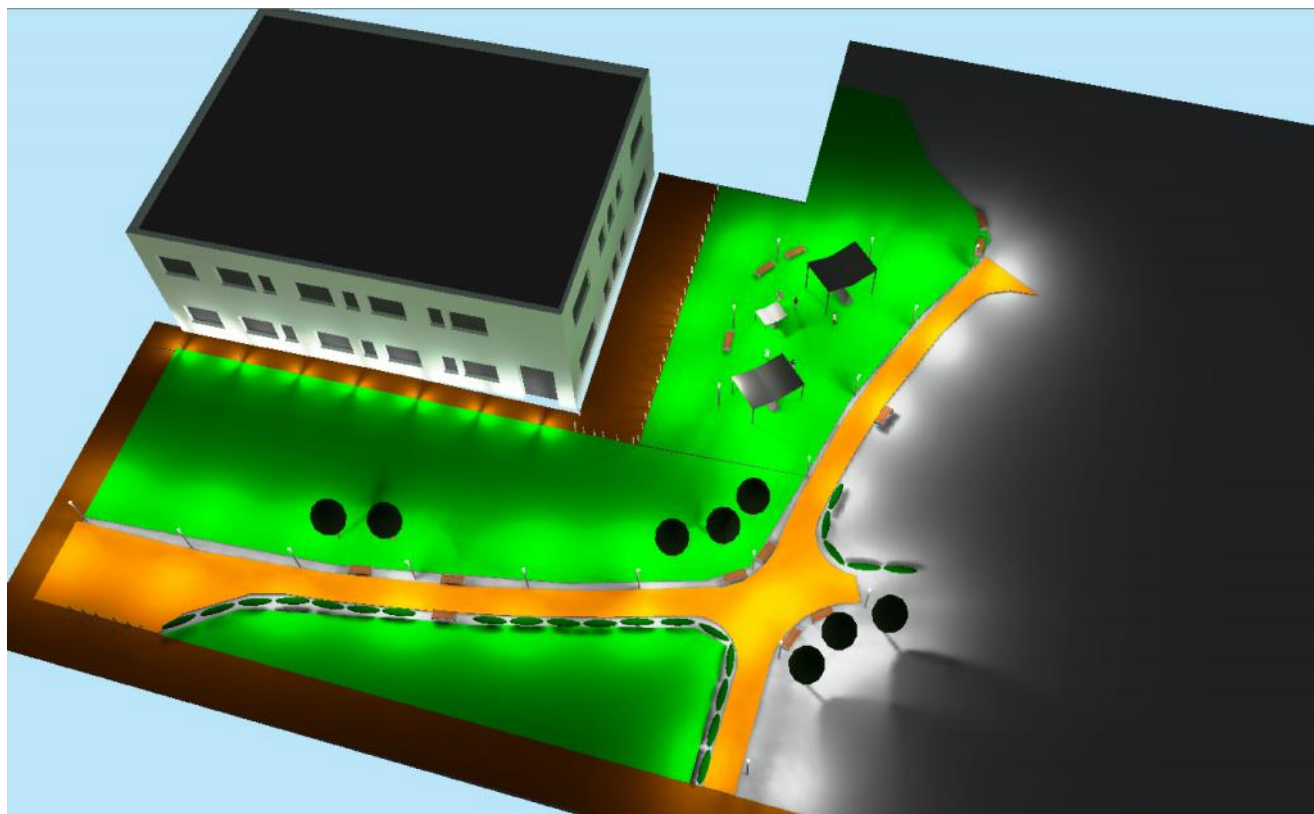


Figura 1: *rendering 3D vista aerea in bianco/nero area a verde VP1-2*

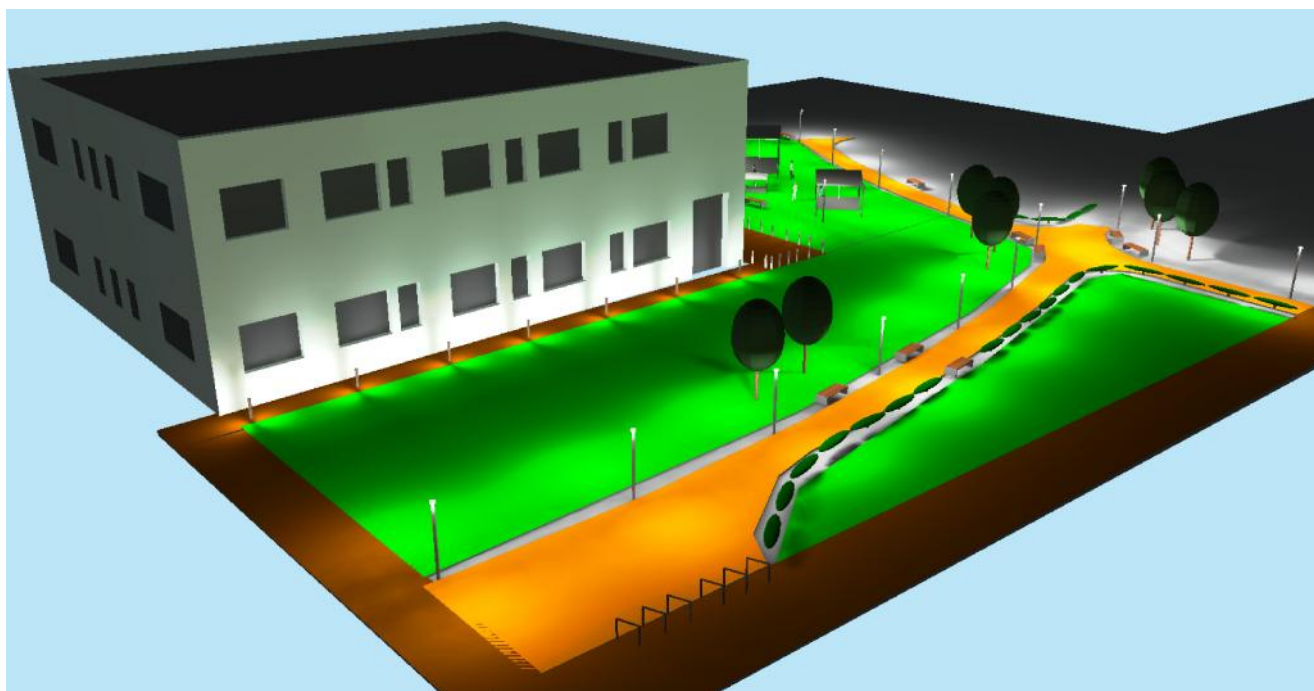


Figura 2: *rendering 3D in bianco/nero area a verde VP1-2 lato ingresso pedonale via Luigi Rizzo*

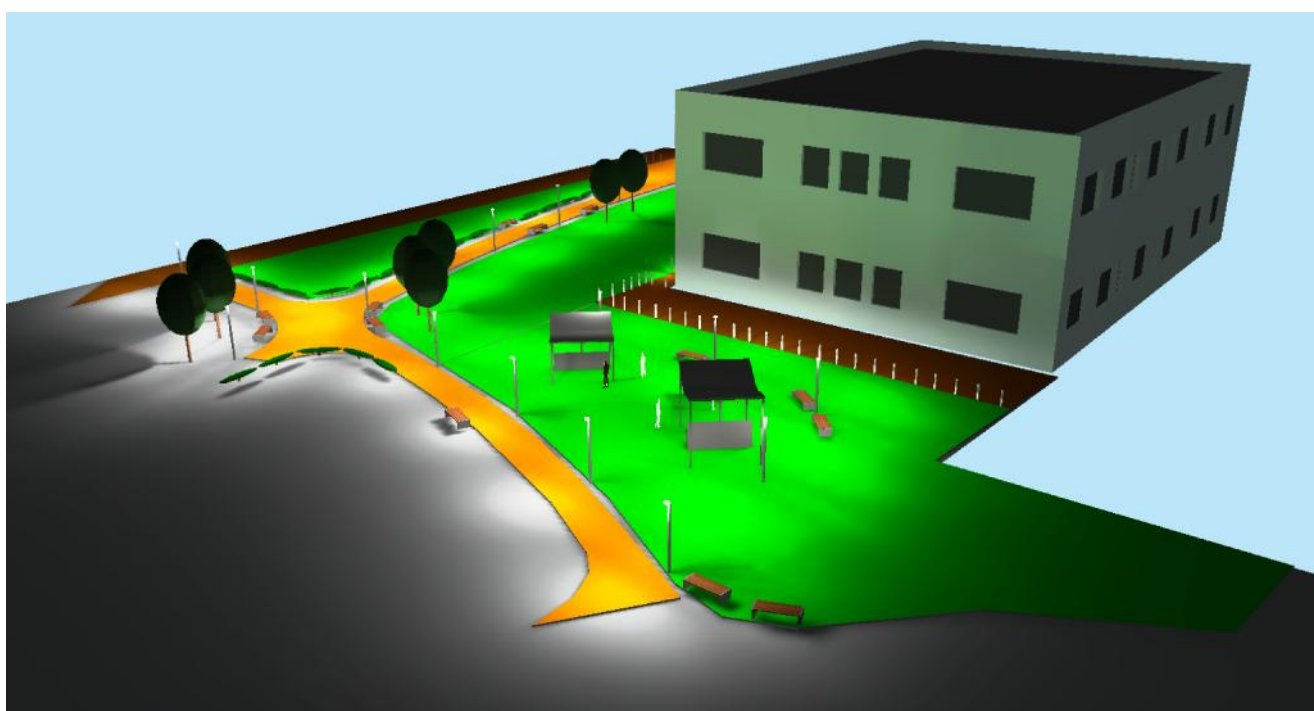


Figura 3: *rendering 3D in bianco/nero area a verde VP1-2 zona area bambinopoli*

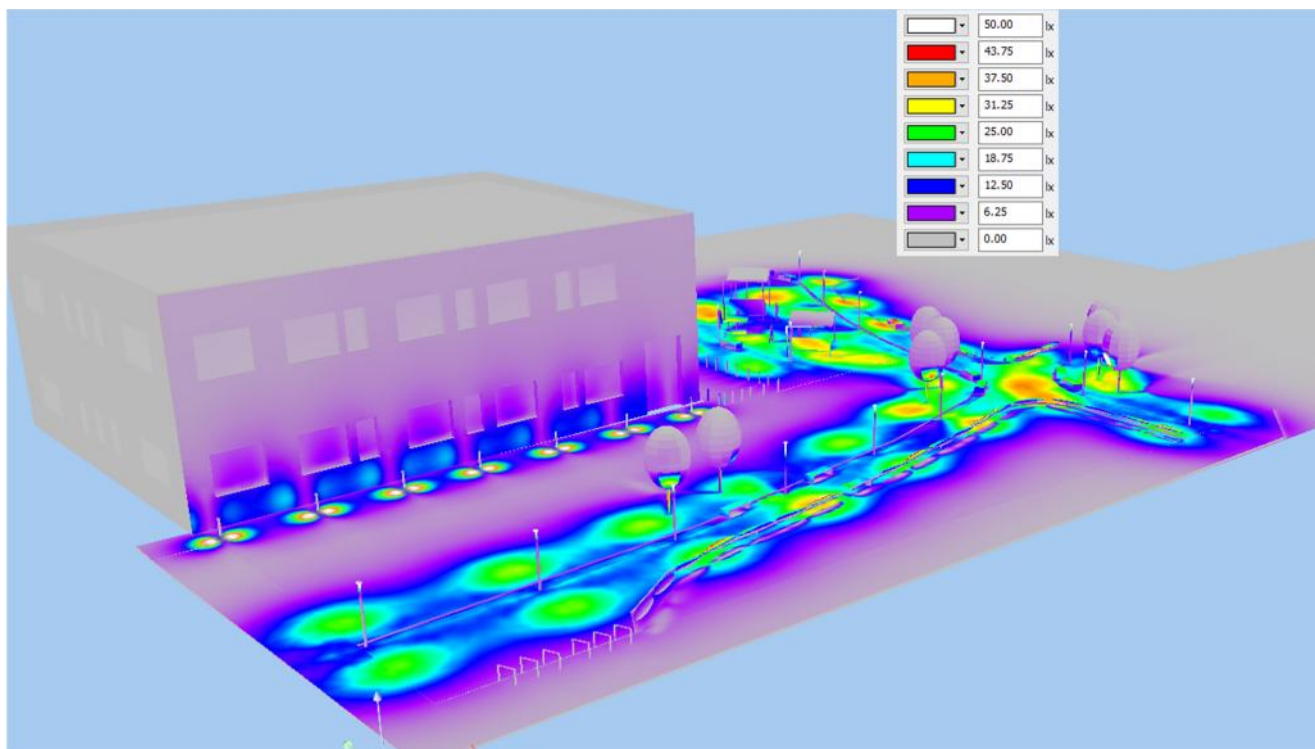


Figura 4: rendering 3D a colori sfalsati area a verde VP1-2 ingresso lato via Luigi Rizzo

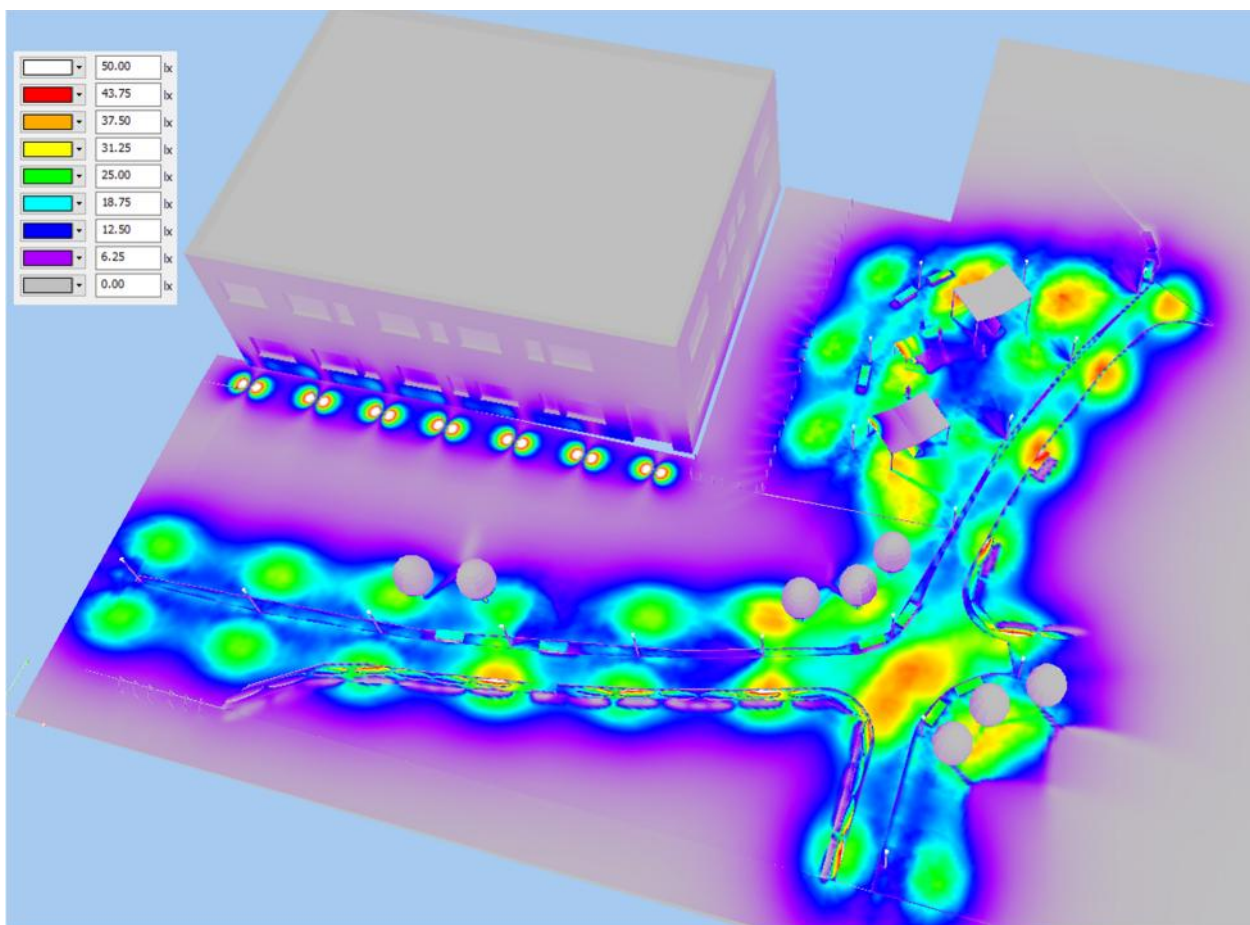


Figura 5: rendering a colori sfalsati area a verde VP1-2 dall'alto

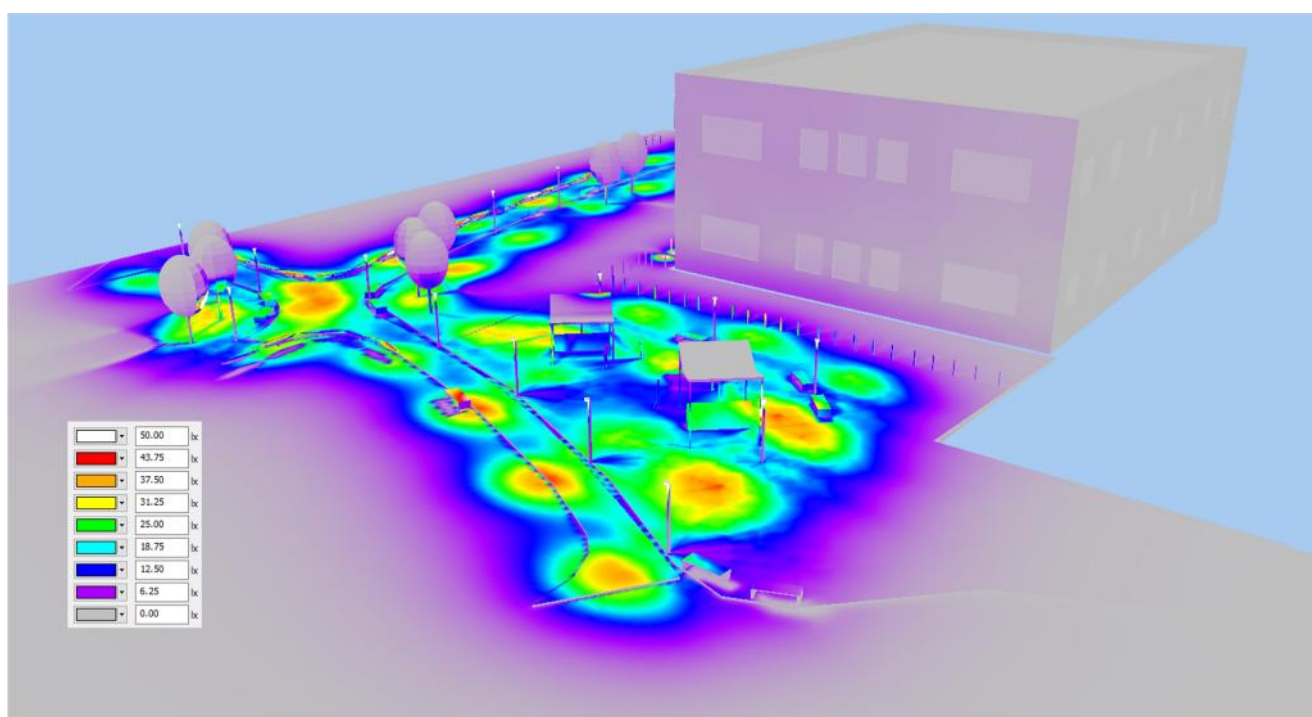


Figura 6: rendering a colori sfalsati area a verde VP1-2 zona area bambinopoli

11. ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA ED EMERGENZA

In base all'applicazione dei dettami legislativi le vie di esodo e le uscite di sicurezza devono essere dotate di un'illuminazione di intensità sufficiente che entri in funzione in caso di guasto all'impianto elettrico con un tempo di intervento <0.5s.

Non si prevede un apposito impianto di illuminazione di sicurezza ed emergenza in quanto l'area a verde comunale può considerarsi intrinsecamente luogo sicuro.

12. IMPIANTI SPECIALI

è stato previsto solo un sistema di videosorveglianza TVCC.

La ripresa e l'eventuale registrazione delle immagini degli percorsi esterni vengono effettuati esclusivamente ai fini della sicurezza e della tutela del patrimonio comunale ed il trattamento dei dati acquisiti tramite l'impianto di videosorveglianza è fondato sui presupposti di necessità, liceità e finalità.

L'utilizzo dell'impianto di sorveglianza avverrà nel rispetto del Protocollo d'Intesa Provinciale sulla installazione dei sistemi di sicurezza antirapina nei luoghi di lavoro 17.07.2012.

Per ogni area a verde è previsto un impianto tvcc costituito principalmente da telecamere del tipo fisse da 2Mp installate su apposito palo o staffate su parete, vedi tavola grafica P13. I sistemi di ripresa saranno composti da telecamere a colori ad alta risoluzione che visualizzeranno in modo ottimale le aree adibite a transito e percorsi pedonali.

L'impianto di videosorveglianza sarà sviluppato sfruttando a pieno le potenzialità offerte dalla tecnologia della trasmissione dati secondo il protocollo IP nonché dalla modalità di alimentazione Power Over Ethernet (PoE). Tutte le telecamere, pertanto, avranno indirizzamento IP e saranno alimentate direttamente tramite il medesimo conduttore dedicato alla trasmissione dei segnali, ciò elimina la necessità di cablare i relativi conduttori di potenza e di installare apparati di alimentazione in locale o in remoto.

Ogni area avrà la seguente tipologia di impianto: telecamere IP collegate tramite cavo utp cat. 6 agli switch PoE 8 porte 10/100M + 1 porta uplink 10/100 funzione Vlan con bypass per il segnale tvcc posto all'interno dell'armadio impiantistica. La presenza di ups dedicati ad ogni area garantisce la continuità di servizio. Per ogni impianto dovrà essere attivato un punto di connessione internet ADSL da almeno 20Mega di velocità garantita in modo tale da dare la possibilità di remotizzazione su rete ethernet e di registrare in maniera automatica tramite opportuno software.

Tutto il sistema è poi concentrato in un locale presidiato scelto in accordo con le autorità locali dei VV.UU. in cui sono presenti altri sistemi similari relative ad altre aree sorvegliate di Catania e dove verranno posizionati il NVR da 16 canali e n.1 ups da 1,5kVA sotto descritti.

Tutto il sistema di videosorveglianza è costituito dai seguenti apparati:

- n.1 NVR di tipo Embedded, sino a 16 ingressi IP. Risoluzione dei canali IP sino a 12Mpixel, banda totale massima in ingresso 256M, Formati H.265/H.264/H.264+/MPEG4, Supporta 1 uscita audio, canale voice talk, supporta 1 uscita video HDMI (4K), 1 uscita video VGA (FullHD), 16 ingressi allarme, 4 uscite relè, 2 USB 2.0 e 1 USB 3.0, 2 Schede di rete Ethernet 10/100/1000 Mbps, sino a 128 stream in rete (256Mbps), web server multibrowser, sino a 4HDD SATA da 6TB cadauno, alimentatore interno 240VAC,

consumo 13W, temperatura di esercizio da -10 C a +55 C. Funzioni Smart, Eziv Cloud. Mod. tipo DS-7732NI-I4 o similare. Completo di Hard Disk Progettato specificamente per i sistemi di video sorveglianza di rete "videoregistratore (NVR)" in cui sono necessari la scalabilit  e l'aumento di telecamere. Compatibilit  con il nvr e vcr di vecchia generazione. Con tecnologia IntelliSeek che riduce il rumore ambientale e le vibrazioni. Tecnologia AllFrame con alte prestazioni in scrittura per i dischi rigidi WD viola NV, lavorando con lo streaming ATA per ridurre la perdita di frame e migliorare la riproduzione in streaming;

- n.14 Telecamera tipo Bullet 2MP dotata di un sensore CMOS a scansione progressiva per fornire immagini ad alta risoluzione fino a 1920x1080. Inoltre, la funzionalit  IR offre fino a 50 metri di distanza IR di visibilit  in condizioni di scarsa o addirittura pari a zero-luce. Min. Illuminazione 0.01 Lux @ (F1.2, AGC ON), 0 Lux con IR, Lens 4mm, F2.0; Day & Night ICR, Video Compressione H.264 /MJPEG H.264, Intrusion Detection, Line Crossing Detection, Wide Dynamic Range Digitale, Protezione IP66, antivandalo IK10, 12VDC/POE 7,5W MAX, completo di box in alluminio per connettorizzazione. Mod. tipo DS-2CD2T22WD-I5 o similare.
- N.3 Switch, 8 porte 10/100 PoE + 1 porta uplink 10/100, funzione Vlan, potenza=10W per porta, modello tipo UTS08POE o similare
- N.2 UPS ONLINE 1,5kVA con sistema eco power gestita da microprocessore, stabilizzazione AVR, 1500VA, 2 uscite tipo schuko protette da black-out, sovra tensioni. Micro interruzioni ed interferenze. Led per segnalazione stato funzionamento, monofase230vac, dimensioni 10x14x28, 3,5Kg, batteria 12v.Mod. tipo FGCERAPL1501 o similare. Collocato a qualunque altezza e su qualsiasi superficie o supporto, montato e cablato entro apposito vano gi  predisposto, compresi leeventuali staffe e/o supporti di raccordo di qualsiasi tipo ed entit  , i tasselli, le minuterie necessarie all'ancoraggio, le eventuali operemurarie ed ogni ulteriore onere, accessorio e magistero per dare l'opera finita e collaudata a perfetta regola d'arte e nel rispetto delle normative di legge vigenti.
- accessori.

Maggiori dettagli si evincono dagli elaborati grafici P12, P13 e P14 relativi all'area a verde VP1-2.

13. VERIFICHE DI COLLAUDO

Ad impianto ultimato si provveder  su incarico della committente alle seguenti verifiche:

- rispondenza alle disposizioni di Legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei VV.FF.;
- rispondenza a prescrizioni particolari concordate in sede di offerta;
- rispondenza alle Norme CEI relative al tipo di impianto, come di seguito descritto.

Sar  eseguita a lavori ultimati una ispezione visiva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle Norme generali, delle Norme degli impianti di terra e delle Norme particolari riferentesi all'impianto installato secondo progetto.

Detto controllo accerter  che il materiale elettrico, costituente l'impianto fisso, sia conforme alle relative Norme, sia scelto correttamente ed installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che possano compromettere la sicurezza.

14. INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Al fine di mantenere l'efficienza e le condizioni di sicurezza dell'impianto, è necessario eseguire periodicamente la manutenzione, specialmente dopo il verificarsi di guasti, ricorrendo a personale qualificato.

Qualsiasi modifica eseguita sull'impianto dovrà essere riportata sugli schemi elettrici, che devono quindi essere tenuti sempre aggiornati.

Ogni nuova apparecchiatura installata sui quadri dovrà essere chiaramente identificata attraverso targhetta esplicativa, il personale deve essere istruito sul funzionamento degli impianti e sulle manovre da compiere in caso di emergenza.

Le condizioni di sicurezza dell'impianto sono strettamente legate all'esecuzione di verifiche e controlli periodici, si raccomanda pertanto di seguire almeno i seguenti controlli periodici:

- controllo a vista dello stato dell'impianto: ogni due anni;
- efficienza dell'impianto di terra: ogni due;
- misure isolamento linee principali: ogni due anni.

Sono inoltre necessari controlli a intervalli almeno mensili, eseguiti da personale opportunamente istruito, per verificare:

- funzionamento impianto di sicurezza;
- funzionamento dispositivi differenziali.

15. DOCUMENTAZIONE A CARICO DEL COMMITTENTE / GESTORE

Al termine dei lavori prima di mettere in funzione l'impianto in oggetto, è necessario effettuare la verifica degli impianti di terra, ed entro 30 gg dalla data di collaudo l'omologazione presso l'ISPESL competente del territorio. Nel caso di nuova installazione, spetta all'impresa installatrice rilasciare la documentazione, mentre l'onere del proprietario dell'impianto trasmettere la stessa agli enti competenti.

Il datore di lavoro deve comunque mantenere in efficienza gli impianti, ed accertarsi nel caso in cui non venga eseguita regolarmente la verifica, che questi non creino situazioni di pericolo.

Si ricorda che costituisce **OBBLIGO GIURIDICO** dell'utente il mantenimento in efficienza degli impianti elettrici secondo l'applicazione del DPR 462/2001. L'obbligo di rispettare quanto previsto dal DPR 462/2001 grava sul datore di lavoro ai sensi del D.Lgs 81/2008, art. 2, comma 1, lettera b.

Le verifiche sugli impianti di cui a seguire costituiscono strumento tecnico/normativo per identificare eventuali anomalie e/o comprovare l'efficienza degli stessi nel tempo.

La verifica degli impianti a valle del punto di consegna ha una scadenza biennale e comprende:

- la misura della resistenza di terra
- la verifica dei dispositivi di protezione differenziale
- la verifica dei conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali

16. DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

Ad impianti ultimati la ditta installatrice sarà tenuta a rilasciare idonea DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ secondo DM37/08.

17. ALLEGATI

Alla seguente relazione vengono allegati i calcoli illuminotecnici dell'area VP1-2.

IL TECNICO

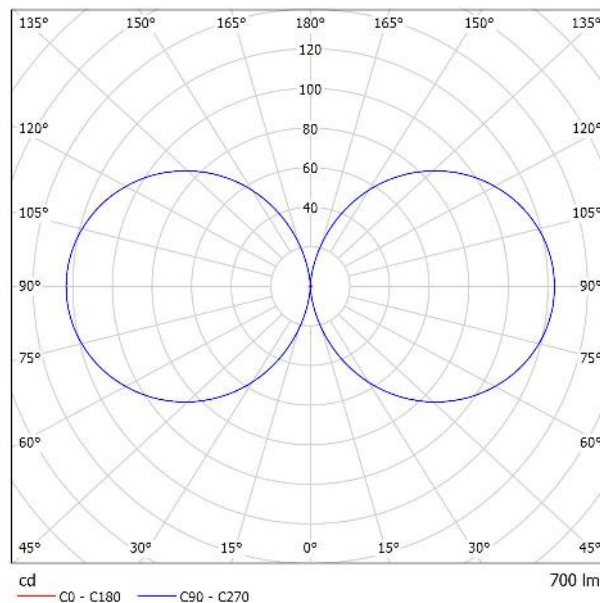


Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**iGuzzini illuminazione S.p.A BN41_LB44 Pencil LED: Rectangular bollard H=620mm,
Warm White Leds, integrated electronic control gear, double emission, diffusing optic.
- 18W 2500lm / Scheda tecnica apparecchio**

Emissione luminosa 1:

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



Classificazione lampade secondo CIE: 50
CIE Flux Code: 12 37 67 50 100

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

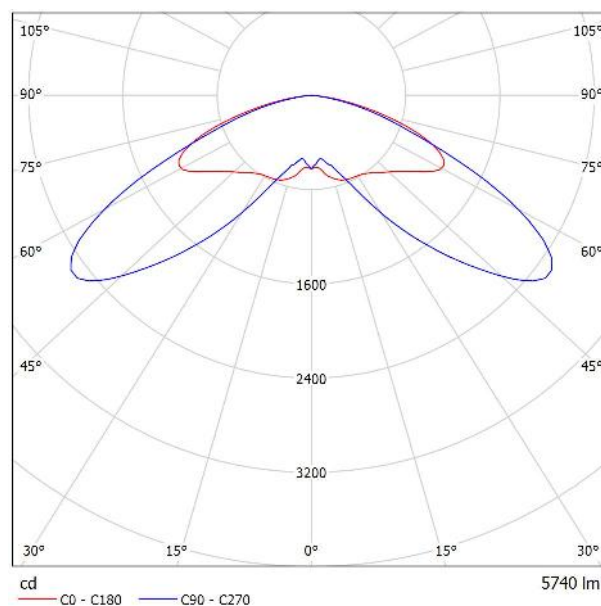


Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**iGuzzini illuminazione S.p.A Crown: Pole-mounted system - Neutral White - SM
symmetrical optic - 58.2W 5740lm (Profile 1-4) - 69.7W 6660lm (Profile 2) - 81.3W
7520lm (Profile 3) - 4000K / Scheda tecnica apparecchio**

Emissione luminosa 1:

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



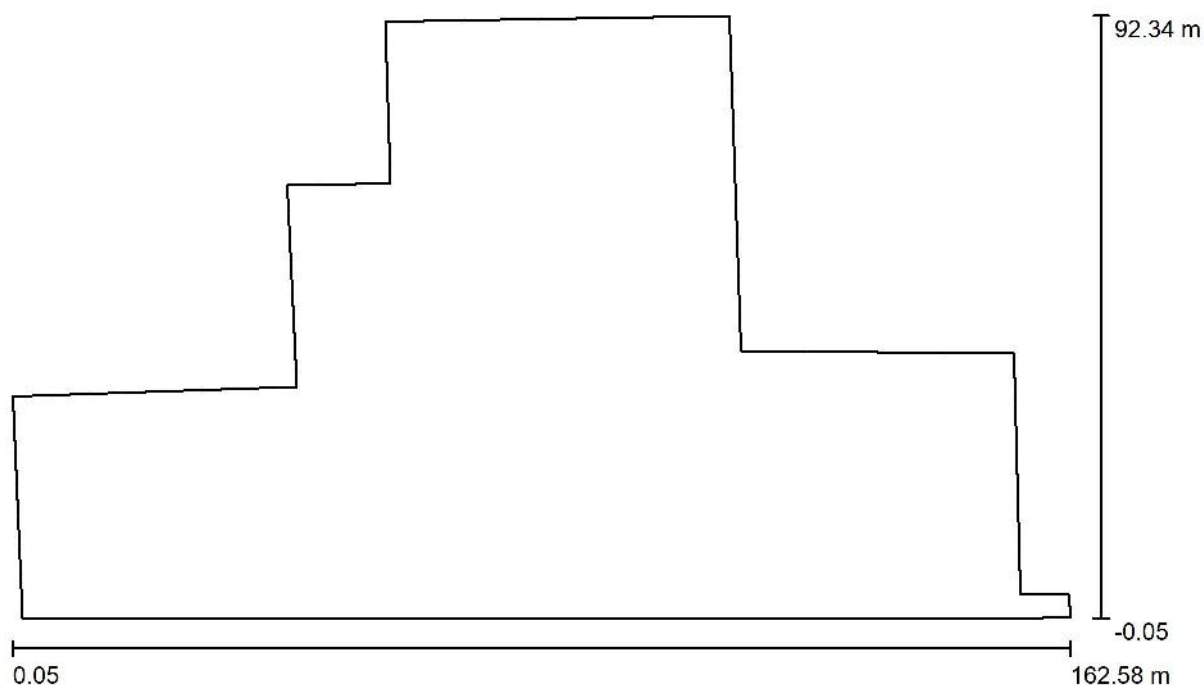
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 24 66 95 100 100

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Dati di pianificazione



Fattore di manutenzione: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 2.0%

Scala 1:1162

Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
1	7	iGuzzini illuminazione S.p.A BN41_LB44 Pencil LED: Rectangular bollard H=620mm, Warm White Leds, integrated electronic control gear, double emission, diffusing optic. - 18W 2500lm (1.000)	700	700	22.0
2	18	iGuzzini illuminazione S.p.A Crown: Pole- mounted system - Neutral White - SM symmetrical optic - 58.2W 5740lm (Profile 1-4) - 69.7W 6660lm (Profile 2) - 81.3W 7520lm (Profile 3) - 4000K (0.700)	5740	5740	58.2
Totale:			108222	108222	1201.6

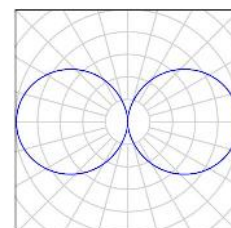


Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Lista pezzi lampade

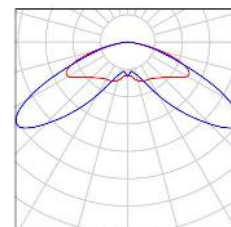
7 Pezzo iGuzzini illuminazione S.p.A BN41_LB44 Pencil
LED: Rectangular bollard H=620mm, Warm
White Leds, integrated electronic control gear,
double emission, diffusing optic. - 18W 2500lm
Articolo No.: BN41_LB44
Flusso luminoso (Lampada): 700 lm
Flusso luminoso (Lampadine): 700 lm
Potenza lampade: 22.0 W
Classificazione lampade secondo CIE: 50
CIE Flux Code: 12 37 67 50 100
Dotazione: 1 x LED Warm White (Fattore di
correzione 1.000).

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



18 Pezzo iGuzzini illuminazione S.p.A Crown: Pole-
mounted system - Neutral White - SM
symmetrical optic - 58.2W 5740lm (Profile 1-4) -
69.7W 6660lm (Profile 2) - 81.3W 7520lm (Profile
3) - 4000K
Articolo No.: Crown: Pole-mounted system -
Neutral White - SM symmetrical optic - 58.2W
5740lm (Profile 1-4) - 69.7W 6660lm (Profile 2) -
81.3W 7520lm (Profile 3) - 4000K
Flusso luminoso (Lampada): 5740 lm
Flusso luminoso (Lampadine): 5740 lm
Potenza lampade: 58.2 W
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 24 66 95 100 100
Dotazione: 1 x Profile 01-04 (Fattore di
correzione 0.700).

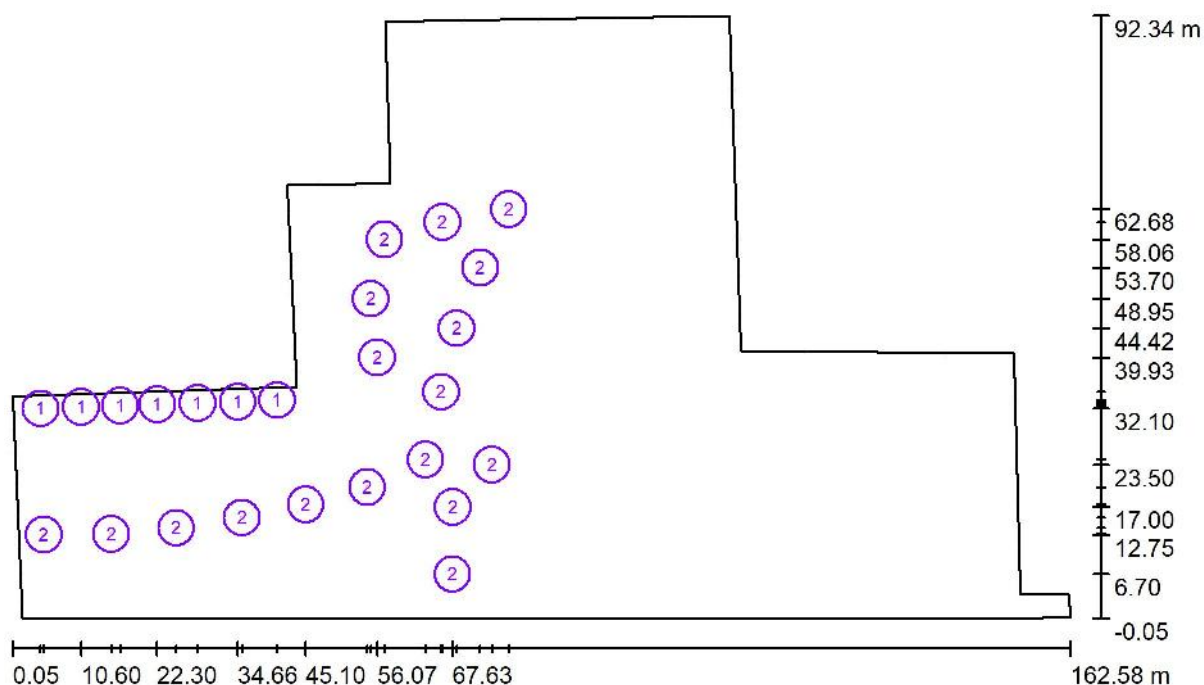
Per un'immagine della
lampada consultare il
nostro catalogo
lampade.





Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Lampade (planimetria)



Scala 1 : 1162

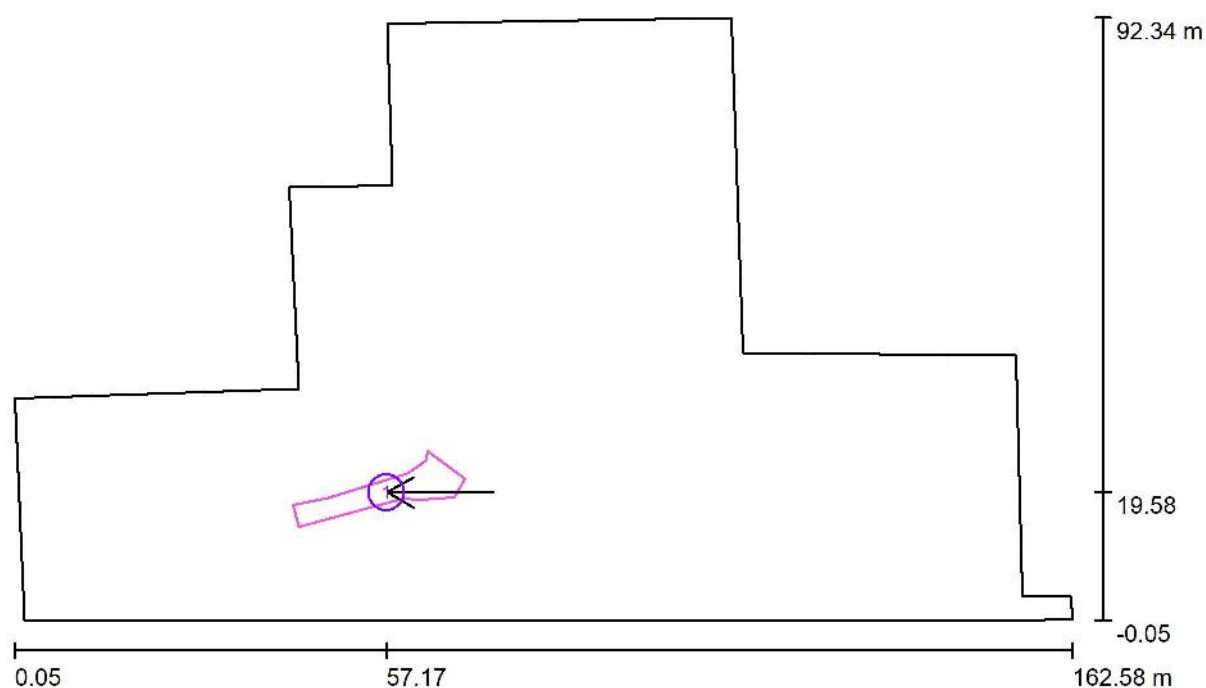
Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione
1	7	iGuzzini illuminazione S.p.A BN41_LB44 Pencil LED: Rectangular bollard H=620mm, Warm White Leds, integrated electronic control gear, double emission, diffusing optic. - 18W 2500lm
2	18	iGuzzini illuminazione S.p.A Crown: Pole-mounted system - Neutral White - SM symmetrical optic - 58.2W 5740lm (Profile 1-4) - 69.7W 6660lm (Profile 2) - 81.3W 7520lm (Profile 3) - 4000K



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Superfici di calcolo (panoramica risultati)



Scala 1 : 1162

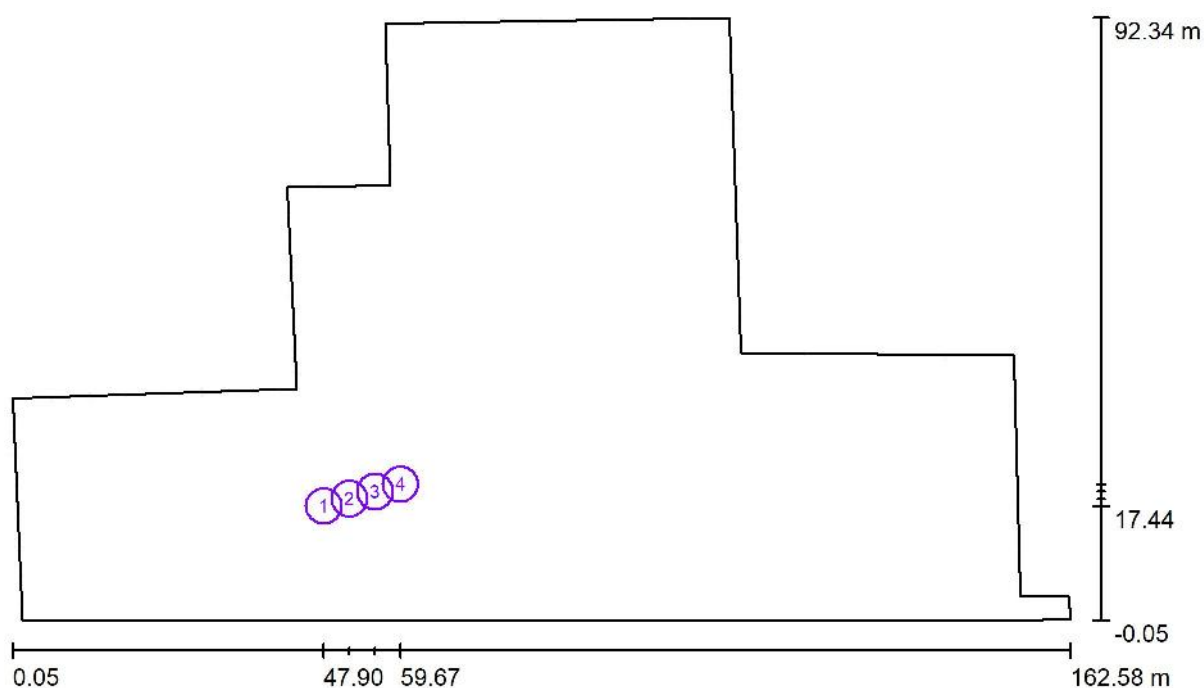
Elenco superfici di calcolo

No.	Denominazione	Tipo	Reticolo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie di calcolo 1	verticale, 0.0°	12 x 12	16	4.58	36	0.287	0.126



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Punti di calcolo (panoramica risultati)



Scala 1 : 1162

Lista dei punti di calcolo

No.	Denominazione	Tipo	Posizione [m]			Rotazione [°]			Valore [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto di calcolo verticale 1	verticale, semicil.	47.897	17.440	1.500	0.0	0.0	0.0	7.57
2	Punto di calcolo verticale 2	verticale, semicil.	51.820	18.559	1.500	0.0	0.0	0.0	13
3	Punto di calcolo verticale 3	verticale, semicil.	55.743	19.678	1.500	0.0	0.0	0.0	5.74
4	Punto di calcolo verticale 4	verticale, semicil.	59.667	20.797	1.500	0.0	0.0	0.0	15

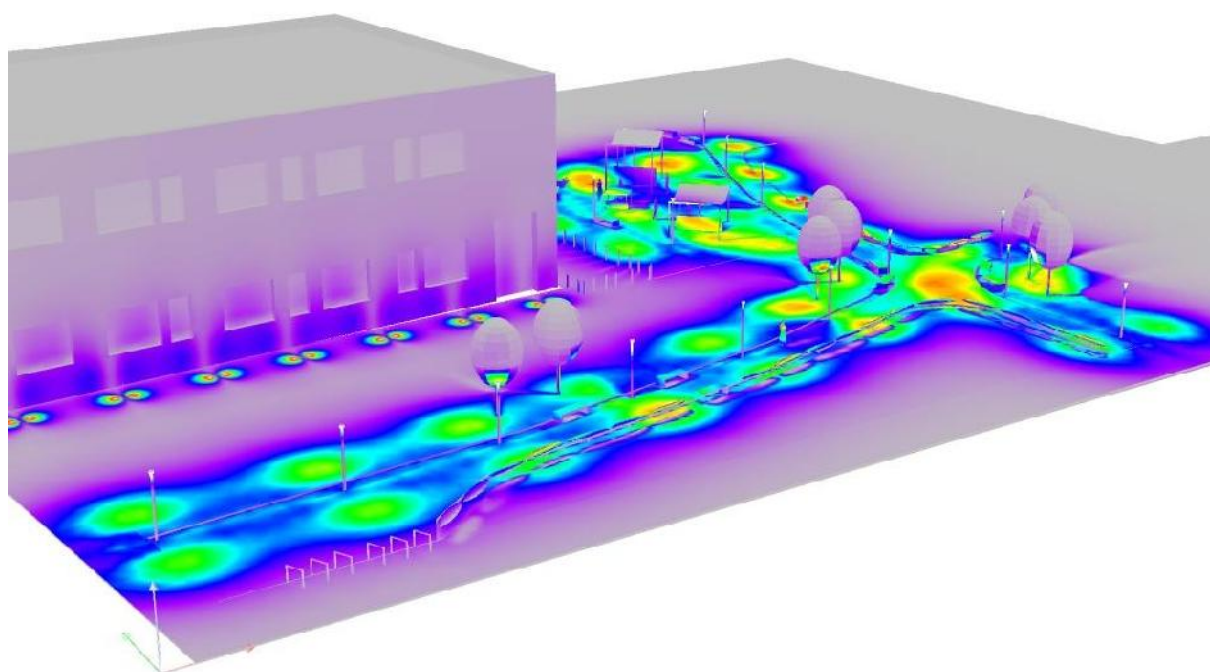
Riepilogo dei risultati

Tipi di punti di calcolo	Numero	Medio [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Verticale, semicil.	4	10	5.74	15	0.56	0.37



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Rendering colori
sfalsati**

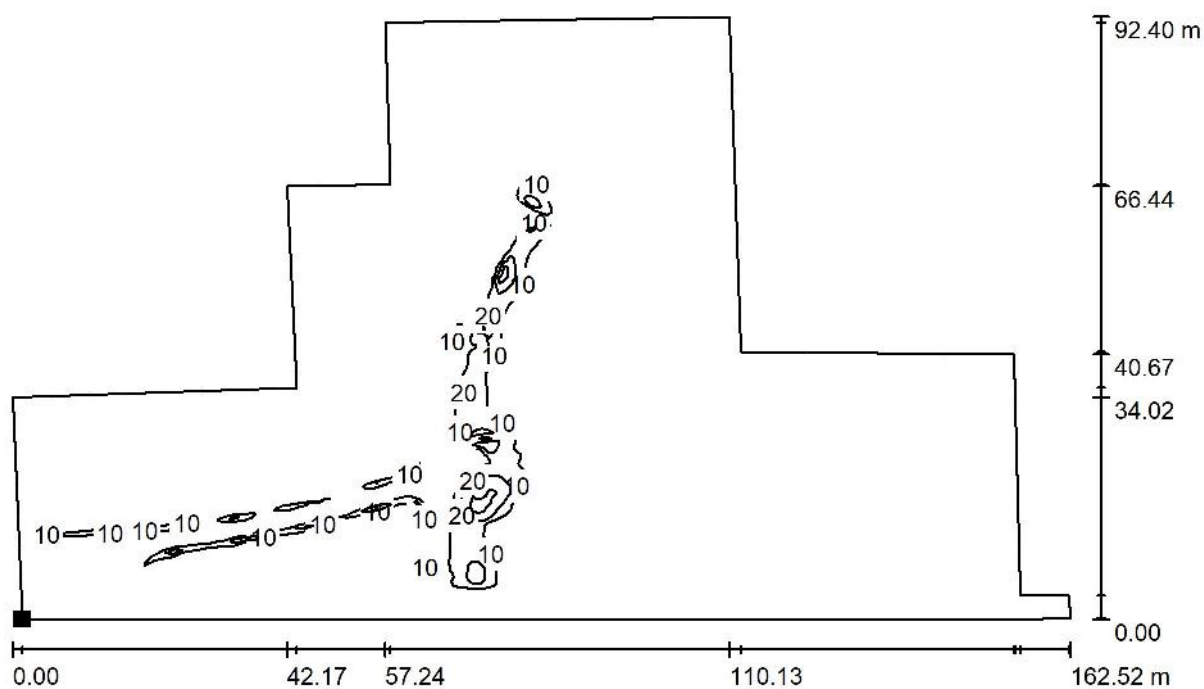


lx



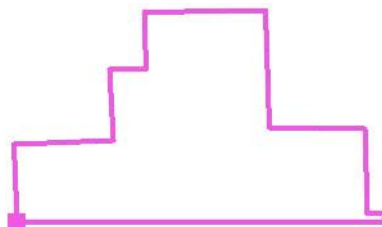
Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Elemento del pavimento
1 / Superficie 1 / Isolinee (E)**



Valori in Lux, Scala 1 : 1162

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(1.578 m, -0.054 m, 0.000 m)



Reticolo: 200 x 200 Punti

E_m [lx]
1.11

E_{min} [lx]
0.00

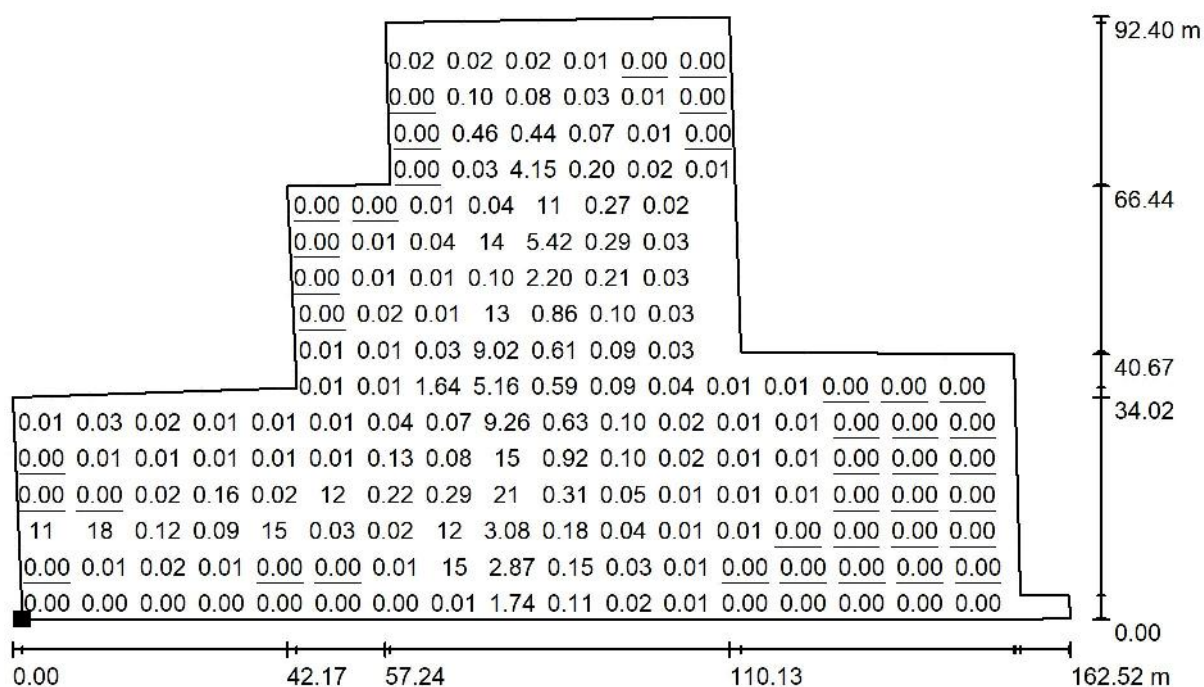
E_{max} [lx]
38

E_{min} / E_m
0.001

E_{min} / E_{max}
0.000

Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Elemento del pavimento
1 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)**

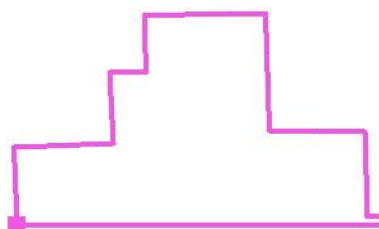


Valori in Lux, Scala 1 : 1162

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:

Punto contrassegnato:
(1.578 m, -0.054 m, 0.000 m)



Reticolo: 200 x 200 Punti

$$E_m \text{ [lx]} \\ 1.11$$

$E_{\min} [Ix]$
0.00

$$E_{\max} [Ix]$$
$$E_{\min} / E_m$$

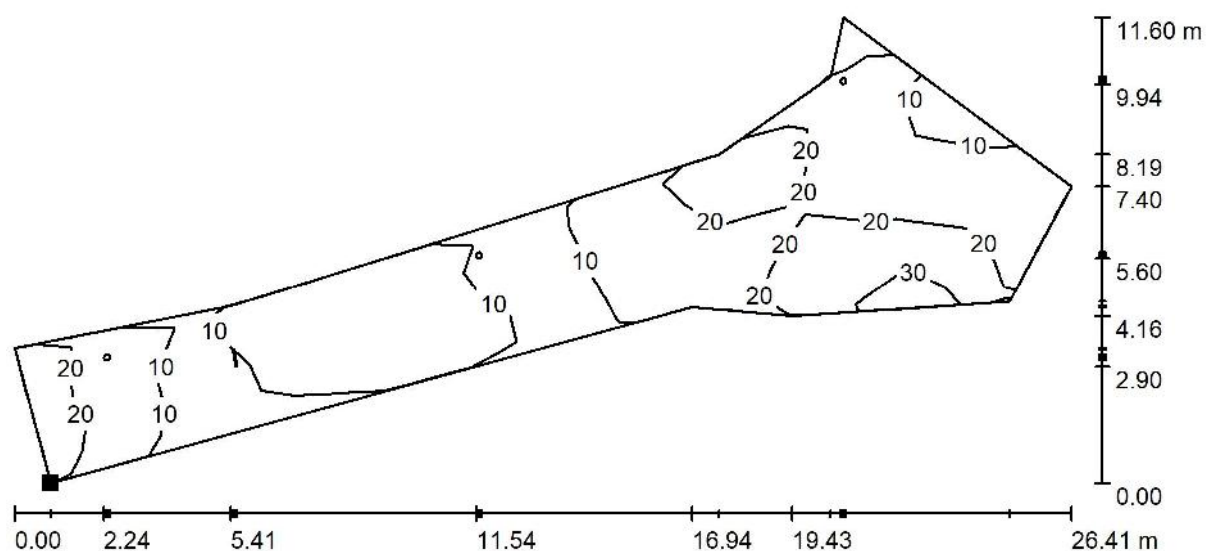
$$0.001$$
$$E_{\min} / E_{\max}$$

0.000



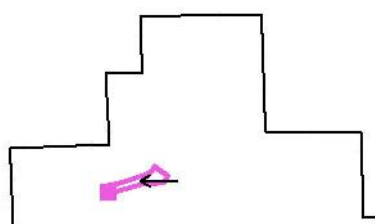
Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

**Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Superficie di calcolo 1 /
Isolinee (E, verticale)**



Valori in Lux, Scala 1 : 189

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(43.700 m, 14.300 m, 1.500 m)



Reticolo: 12 x 12 Punti

E_m [lx]
16

E_{min} [lx]
4.58

E_{max} [lx]
36

E_{min} / E_m
0.287

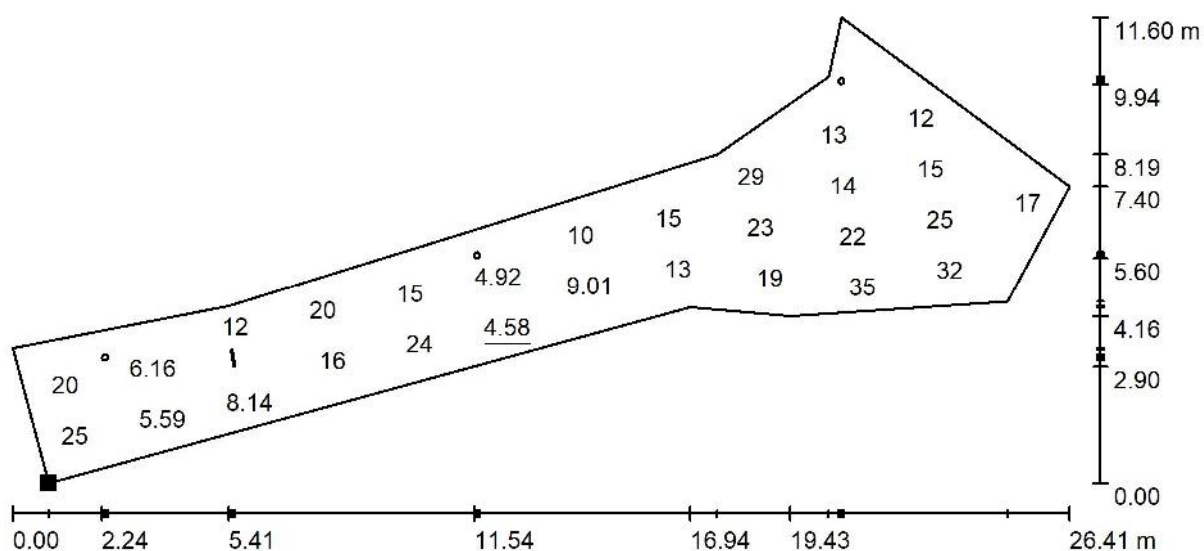
E_{min} / E_{max}
0.126

Rotazione: 0.0°



Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

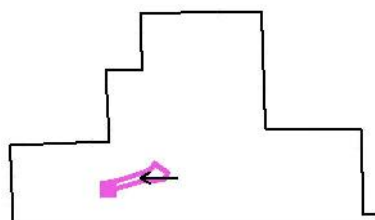
**Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Superficie di calcolo 1 /
Grafica dei valori (E, verticale)**



Valori in Lux, Scala 1 : 189

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(43.700 m, 14.300 m, 1.500 m)



Reticolo: 12 x 12 Punti

E_m [lx]
16

E_{min} [lx]
4.58

E_{max} [lx]
36

E_{min} / E_m
0.287

E_{min} / E_{max}
0.126

Rotazione: 0.0°



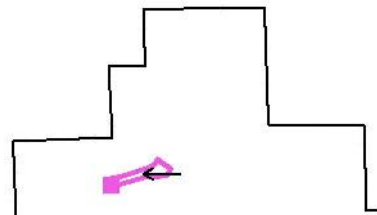
Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Superficie di calcolo 1 / Tabella (E, verticale)



Riquadro corrente
 Altri riquadri

Posizione della superficie nella
scena esterna:
Punto contrassegnato:
(43.700 m, 14.300 m, 1.500 m)



7.402	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6.759	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6.115	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14
5.471	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15
4.828	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	13
4.184	/	/	/	/	/	5.12	10	16	29	12	
3.540	/	/	/	20	16	4.90	10	15	27	14	
2.897	25	7.60	12	20	15	4.92	9.56	14	23	16	
2.253	20	6.16	8.32	17	18	4.90	9.01	13	19	22	
1.609	24	5.75	8.84	16	24	<u>4.58</u>	8.58	12	19	29	
0.966	25	5.59	8.14	15	23	<u>4.58</u>	/	/	19	35	
0.322	21	5.54	/	/	/	/	/	/	/	/	/
m	1.113	3.338	5.563	7.789	10.014	12.239	14.465	16.690	18.915	21.140	

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 12 x 12 Punti

E_m [lx]
16

E_{min} [lx]
4.58

E_{max} [lx]
36

E_{min} / E_m
0.287

E_{min} / E_{max}
0.126

Rotazione: 0.0°



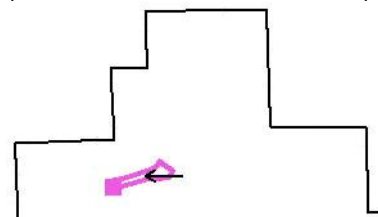
Redattore
Telefono
Fax
e-Mail

Copia diCopia diVp1-2 lamp Crown BM34 da 35W e bollard / Superficie di calcolo 1 / Tabella (E, verticale)



Posizione della superficie nella
scena esterna:

Punto contrassegnato:
(43.700 m, 14.300 m, 1.500 m)



7.402	/	/
6.759	/	/
6.115	9.88	/
5.471	10	/
4.828	12	/
4.184	13	/
3.540	15	16
2.897	18	17
2.253	25	17
1.609	29	14
0.966	32	/
0.322	36	/
m	23.366	25.591

Attenzione: Le coordinate si riferiscono all'immagine rappresentata sopra. Valori in Lux.

Reticolo: 12 x 12 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	4.58	36	0.287	0.126

Rotazione: 0.0°