

S T U D I O D I I N G E G N E R I A
N O F E R I N I R O B E R T O

OPERE DI URBANIZZAZIONE
AREA TEATRO SOCIALE
PIANGIPANE - RAVENNA

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI
ILLUMINAZIONE PUBBLICA

PROGETTO
(D.M. 37/2008)

RELAZIONE ILLUMINOTECNICA SPECIALISTICA

Committente: MORINA S.R.L.

Progettista: Dott. Ing. Roberto Noferini

Ravenna, gennaio 2023 – rev. 4

Via Destra Canale Molinetto,169 - Ravenna
tel +39 0544 1582140
cell +39 335 5236077
e-mail roberto.noferini@Gmail.com

INDICE

pag.

1 - Premessa	4
2 - Criteri utilizzati per le scelte progettuali e di progettazione degli impianti	4
3 - Fattibilità dell'intervento	5
4 - Distanziamenti	5
5 - Abbattimento barriere architettoniche	5
6 - Sottoservizi	5
7 - Caratteristica impianto elettrico	6
8 - Caratteristiche linee di alimentazione	6
9 - Caratteristiche punti luce	6
10 - Caratteristiche sostegni	7
11 - Caratteristiche apparecchi illuminanti	7
12 - Interventi sull'impianto di terra	8
13 - Calcolo illuminotecnico	8
14 - Scelta della categoria illuminotecnica – UNI 11248 - Procedimento	8
15 - Classificazione delle strade	9
16 - Categoria illuminotecnica di ingresso	10
17 - Analisi dei rischi	12
18 - Requisiti per il traffico motorizzato	14
19 - Requisiti per le zone di conflitto	15
20 - Requisiti per pedoni e ciclisti	16
21 - Analisi dei rischi	17
22 - Definizione della categoria di progetto e di esercizio	18

S T U D I O D I I N G E G N E R I A
N O F E R I N I R O B E R T O

23 - Caratteristiche degli apparecchi di illuminazione - IPEA.	19
24 - Caratteristiche degli impianti di illuminazione - IPEI.	23
25 - Prescrizioni generali inerenti la sicurezza	29
26 - Impianto di terra	31
27 - Verifiche iniziali	32

1 - Premessa

I lavori, oggetto della presente relazione, riguardano la proposta progettuale di intervento di PUA e individuato nella scheda POC_Rq.04 del Comune di Ravenna. I terreni sono ubicati in località Piangipane.

Con l'esecuzione dei lavori previsti in progetto si propone di servire la nuova area tramite l'illuminazione dei percorsi a traffico sia veicolare che ciclo-pedonale.

2 - Criteri utilizzati per le scelte progettuali e di progettazione degli impianti

Volendo trasmettere in ogni ora del giorno la giusta sensazione dell'area, si è cercato di caratterizzare i percorsi, veicolari e pedonali, in base alle loro caratteristiche geometriche e di fruizione.

La filosofia di progettazione è quella di evitare di inondare di luce le aree circostanti, scegliendo corpi illuminanti dotati di ottiche in grado di sagomare e convogliare la luce solo lungo l'area d'interesse ed evitare inutili dispersioni.

Per quanto riguarda il numero dei punti luce, l'interdistanza, l'altezza di installazione, il tipo di lampade e di ottiche sono stati scelti per garantire che i parametri illuminotecnici risultino conformi alle prescrizioni della norme (UNI-EN 10439, EN13201 e raccomandazioni AIDI).

Lungo i percorsi a prevalente traffico veicolare verranno utilizzati corpi illuminanti installati ad un'altezza fuori terra pari a circa 8,0 mt. e altezza del punto luce a 8 mt fuoriterra.

Per quanto riguarda la funzionalità e l'economia di gestione, sarà mantenuto un ottimo rapporto qualità/costi, in quanto è previsto l'utilizzo di apparecchi di illuminazione dotati di lampade LED (4.000K) e l'impiego di regolatori di flusso elettronici per la parzializzazione delle potenze durante le ore di minor utilizzo. Questa tipologia di apparecchi presentano la peculiarità di emettere la radiazione luminosa ad una particolare lunghezza d'onda, che risulta essere ben recepita dall'occhio umano.

Siano dotati di orologi astronomici che prevedano un orario di accensione e spegnimento che segua quanto indicato dalla Delibera 25 settembre 2008 ARG/elt 13 5/08 dell'AEEG e s.m.i con un ritardo massimo all'atto dell'accensione pari a 20 minuti ed un anticipo massimo all'atto dello spegnimento pari a 20 minuti.

3 - Fattibilità dell'intervento

Sulla base dei dati ricevuti sugli impianti esistenti nel sottosuolo o aerei e secondo quanto evidenziato in fase di sopralluogo non risultano interferenze con impianti tecnologici esistenti tali da pregiudicare la fattibilità dell'intervento.

4 - Distanziamenti

La distanza dei punti e di ogni altra parte dell'impianto dai limiti della carreggiata dovrà essere tale da non creare interferenze con i veicoli che circolano regolarmente sulla carreggiata (art. 3.6.1 della CEI 64-7).

5 - Abbattimento barriere architettoniche

I sostegni saranno ubicati in modo da non arrecare intralcio alla circolazione e non formare barriere architettoniche. In particolare i sostegni saranno ubicati ad almeno 0.5/0.8 m dalla cordatura del marciapiede oppure a ridosso della recinzione o confine privato.

6 - Sottoservizi

La rete di alimentazione dovrà essere realizzata in maniera da non interferire in maniera alcuna con gli altri sottoservizi previsti quali tubazioni del gas,

tubazioni dell'acqua, fognature, cavi Enel (BT e MT), cavi telefonici ed altro, né in fase di esecuzione e tanto meno in quella di esercizio dell'impianto stesso.

I cavidotti dovranno pertanto essere debitamente distanziati dalle altre canalizzazioni per facilitarne le eventuali operazioni di manutenzione; nel caso la ditta dovrà contattare i proprietari dei sottoservizi, al fine di individuare in maniera precisa il percorso degli stessi.

7 - Caratteristica impianto elettrico

L'impianto elettrico di illuminazione viene alimentato con consegna di energia in bassa tensione al valore nominale 400 V 50 Hz trifase con neutro da parte dell'ente distributore.

L'impianto in progetto appartiene ai sistemi di 1° categoria, con collegamenti di protezione tipo TT.

8 - Caratteristiche linee di alimentazione

Sono previsti cavi per energia elettrica identificati dalle seguenti sigle di designazione: per i conduttori di fase e neutro: cavi unipolari a doppio isolamento tipo ARG16R16 oppure FG16R16 0.6/1kV a norme CEI 20-13, con marchio IMQ; cavo unipolare FS17 CEI UNEL 35716, marchio IMQ.

I conduttori vanno distinti tramite indicazione esterna alla guaina protettiva utilizzando nastro adesivo (1 segno fase R, 2 segni fase S, 3 segni fase T, azzurro per il neutro) all'interno dei pozzetti.

I punti luce vanno collegati alle tre fasi della linea di alimentazione in modo sequenziale per mantenere il carico il più possibile equilibrato e per mantenere la caduta di tensione entro i valori di progetto.

9 - Caratteristiche punti luce

I punti luce in progetto, composti da sostegni e corpi illuminanti, sono realizzati da componenti in classe II.

10 - Caratteristiche sostegni

I pali per illuminazione pubblica utilizzati sono conformi alle norme UNI-EN 40.

È previsto l'impiego di pali in acciaio trafilato conico zincato a sezione circolare di qualità almeno pari a quello Fe 510 o migliore, secondo norma CNR-UNI 7070/82, zincatura a caldo a norma UNI EN ISO 1461, la zincatura deve presentarsi uniforme su tutto il palo (tubi con la stessa percentuale di silicio).

Sul palo alla base viene richiesta l'indicazione del nome del fornitore e anno di fabbricazione.

Lo spessore minimo del tronco di base deve garantire la resistenza meccanica anche in previsione dei fenomeni di corrosione che possono instaurarsi.

In ogni caso per i sostegni in acciaio zincato si deve prevedere una guaina termorestringente da posizionare nel punto di incastro del palo per prevenire la corrosione.

11 - Caratteristiche apparecchi illuminanti

Gli apparecchi sono in classe II, e pertanto in fase di installazione si dovrà porre la massima cura nell'esecuzione dei collegamenti elettrici affinché in essi venga mantenuto il doppio isolamento. In particolare per assicurare il doppio isolamento nel tempo i cavi di alimentazione del corpo illuminante dovranno essere fissati al passacavo appositamente predisposto nei corpi illuminanti e bloccati da idonea legatura per evitare lo sfilaggio della guaina isolante del cavo.

Sugli apparecchi di illuminazione dovranno essere indicati in modo chiaro e indelebile, ed in posizione che siano visibili durante la manutenzione, i dati previsti dalla sezione 3 – Marcatura della norma CEI 34-21.

I corpi illuminanti andranno collegati alle rispettive linee tramite due conduttori di sezione 1x4mm² tipo FG16R16 0,6-1 kV.

12 - Interventi sull'impianto di terra

Non viene realizzata la linea di terra in quanto l'impianto è dotato di isolamento in classe II.

13 - Calcolo illuminotecnico

Un impianto di illuminazione deve assicurare un buon livello illuminotecnico che è dipendente dalla tipologia della strada o area da illuminare e allo stesso tempo deve contenere al minimo i costi di gestione conseguenti alla realizzazione del nuovo impianto.

La qualità di un progetto di illuminazione pubblica viene determinata dall'individuazione del giusto punto di equilibrio di queste due esigenze contrapposte.

I livelli minimi e massimi necessari ad illuminare la strada vengono scelti da quelli di luminanza o illuminamento riportate nelle tabelle dalla norma UNI 11248 e delle norme UNI EN13201-2-3-4, in base alla classificazione delle strade fatta dagli enti proprietari come stabilito dal codice della strada e dalla L.R. 19/2003.

14 - Scelta della categoria illuminotecnica – UNI 11248 - Procedimento

Le categorie illuminotecniche vengono individuate mediante la seguente procedura:

1. Classificazione delle strade

Il prospetto 1 di cui alla Norma UNI 11248 riporta la classificazione delle strade secondo la legislazione in vigore da far notare che la classificazione

della strada non è responsabilità del progettista illuminotecnico ed è stata condivisa con l'Amministrazione Comunale.

2. Definizione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi
Noto il tipo di strada, va individuata con l'ausilio del prospetto 1 di cui alla Norma UNI 11248 la categoria illuminotecnica di ingresso. Tale categoria illuminotecnica non può essere direttamente utilizzata ma deve essere sottoposta all'analisi dei rischi.
3. Definizione della categoria illuminotecnica di progetto
Nota la categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi, si tratta di valutare i parametri di influenza riportati nel prospetto 2 e nel prospetto 3 di cui alla Norma UNI 11248 e secondo quanto indicato ai paragrafi 8.4 e 8.5 di cui alla Norma UNI 11248 e, considerando anche gli aspetti del contenimento dei consumi energetici, decidere se considerare questa categoria come quella di progetto o modificarla.
4. Definizione della categoria illuminotecnica di esercizio
In base alle considerazioni esposte nei paragrafi 8.4 e 8.5 di cui alla Norma UNI 11248, e agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, introdurre, se necessario, una o più categorie illuminotecniche di esercizio, specificando chiaramente le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

15 - Classificazione delle strade

La classificazione delle strade riportata è quella presente nel PUT Piano Urbano del Traffico, e a loro volta rientrano nelle classi definite nel Codice della strada (D.Lgs.285 del 30/4/1992 e successive modifiche) e sulla base al D.M. n.6792 del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" emanato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti, come mostrato nella tabella seguente.

Classificazione strada	Carreggiate indipendenti (min)	senso di marcia (min)	Altri requisiti minimi
A- autostrada	2	2+2	
B- extraurbana principale	2	2+2	tipo tangenziali e superstrade
C- extraurbana secondaria	1	1+1	con banchine laterali transitabili - S.P. oppure S.S
D- urbana a scorrimento veloce	2	2+2	limite velocità >50Km/h
D- urbana a scorrimento	2	2+2	limite velocità <50 Km/h
E- urbana di quartiere	1	1+1 o 2 nello stesso senso di marcia	-solo proseguimento strade C - solo con corsie di manovra e parcheggi esterni alla carreggiata
F- extraurbana locale	1	1+1 o 1	Se diverse strade C
F- urbana interzonale	1	1+1 o 1	Urbane locali di rilievo che attraversano il centro abitato
F- urbana locale	1	1+1 o 1	Tutte le altre strade del Centro abitato

16 - Categoria illuminotecnica di ingresso

La classificazione della strada deve essere comunicata al progettista dal committente o dal gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze.

La classificazione di ingresso per l'analisi dei rischi così selezionata deve essere sottoposta all'analisi dei rischi descritta nei passaggi successivi.

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

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) 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) ¹⁾	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 ¹⁾	30	
<p>1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792¹⁰⁾.</p> <p>2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).</p> <p>3) Vedere punto 6.3.</p> <p>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".</p>			

17 - Analisi dei rischi

I parametri di influenza costanti nel lungo periodo determinano la categoria illuminotecnica di progetto. I più significativi parametri di questo gruppo sono elencati nel prospetto 2. I parametri di influenza variabili nel tempo in modo

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 ^[5] .	

periodico o casuale determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto. I più significativi parametri di questo gruppo sono elencati nel prospetto 3. La valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo può avvenire su indicazioni del committente, mediante analisi statistiche, a seguito di misurazioni ad hoc e di sopralluogo, attraverso indicazioni ricavabili da situazioni analoghe o assimilabili. Con apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori Ra maggiore o uguale a 60, e rapporto S/P maggiore o uguale a 1, 1 O, previa verifica, nell'analisi dei rischi, delle condizioni di visione, il progettista può considerare questa situazione tra i parametri di influenza generalmente costanti nel lungo periodo con valore massimo di riduzione pari a 1. Si ricorda che la riduzione tiene conto dell'influenza della visione periferica e della percezione dei colori nella visione notturna ai fini della sicurezza del traffico. Nel caso di traffico motorizzato (categorie illuminotecniche M) tra i parametri di influenza costanti nel lungo periodo può essere considerato il fattore di visibilità di oggetti (FVO)11.

La valutazione dei parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale può avvenire su indicazioni del committente, attraverso metodi statistici noti, con misurazioni ad hoc prolungate nel tempo o con misurazioni continue in tempo reale, come negli impianti adattivi.

Altri parametri possono essere individuati dal progettista in base alle condizioni della zona di studio.

Il valore della riduzione, associato a ogni parametro di influenza, è compreso tra 0 e il valore massimo indicato nel prospetto 2, nel prospetto 3 o nel testo.

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

Il valore della riduzione associato a ogni parametro di influenza eventualmente aggiunto dal progettista, è compreso tra 0 e 1. Il valore della riduzione associato a ogni parametro di influenza deve essere proposto e giustificato dal progettista nell'analisi dei rischi.

La somma del valore della riduzione di tutti i parametri di influenza generalmente costanti nel lungo periodo, ridotta al più grande intero minore o uguale alla somma stessa, rappresenta la riduzione per ottenere la categoria illuminotecnica di progetto nota la categoria illuminotecnica di ingresso.

Il valore numerico ottenuto corrisponde all'incremento da apportare al numero che appare nella sigla della categoria di ingresso, ottenendo la categoria di progetto.

In modo analogo, ma considerando i parametri di influenza variabili nel tempo, si ottengono una o più categorie illuminotecniche di esercizio.

Per quanto riguarda le intersezioni stradali quali rotonde e svincoli, secondo quanto stabilito dalla norma UNI 11248, si è fatto riferimento alle categorie illuminotecniche della serie C, tenendo conto del fatto che la categoria illuminotecnica di ingresso dovrebbe essere maggiore di un livello rispetto alla

maggiore tra quelle previste per le strade d'accesso, facendo riferimento al Prospetto 5 della norma UNI 11248.

prospetto 5|

Esempi di provvedimenti integrativi all'impianto di illuminazione

Condizione	Rimedio
Prevalenza di precipitazioni meteoriche	Ridurre l'altezza e l'interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e l'inclinazione massima delle emissioni luminose rispetto alla verticale in modo da evitare il rischio di riflessioni verso l'occhio dei conducenti degli autoveicoli
Riconoscimento dei passanti	Verificare che l'illuminamento verticale all'altezza del viso sia sufficiente
Luminosità ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica di classe adeguata per mantenere la condizione di cospicuità
Intersezioni, svincoli, rotonde (in particolare se con traffico intenso e/o di elevata velocità)	
Curve pericolose in strade con elevata velocità degli autoveicoli	
Elevata probabilità di mancanza di alimentazione	
Elevati tassi di malfunzionamento	
Presenza di rallentatori di velocità	
Attraversamenti pedonali in zone con flusso orario di traffico e/o velocità elevate	Illuminare gli attraversamenti pedonali con un impianto separato e segnalarli adeguatamente
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

18 - Requisiti per il traffico motorizzato

Si riportano di seguito i parametri illuminotecnici per le categorie illuminotecniche M, C e P previsti dalla norma UNI EN 13201-2: 2016.

Le categorie M nel prospetto 1 sono previste per i conducenti di veicoli motorizzati su strade con velocità di marcia medio/alte.

La luminanza media del manto stradale (L), l'uniformità generale della luminanza (U_o), l'uniformità longitudinale della luminanza (U_l), l'incremento di soglia (f_{TI}) e il rapporto dell'illuminamento ai bordi (R_{EI}) devono essere calcolati e misurati in conformità alle norme UNI EN 13201-3 e UNI EN 13201-4.

prospetto 1 **Categorie illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto				Bagnato	Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_0 [minima]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{Tl}^{c)}$ [massima] %	$R_{El}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_1) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{Tl} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

19 - Requisiti per le zone di conflitto

Le categorie C del prospetto 2 riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e altri utenti della strada in zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde, zone con presenza di coda, ecc. Le categorie C si possono applicare inoltre alle zone utilizzate dai pedoni e dai ciclisti, per esempio i sottopassaggi. L'illuminamento medio (E) e l'uniformità generale dell'illuminamento (U_0) devono essere calcolati e misurati in conformità alla EN 13201-3 e alla EN 13201-4. La zona della strada per la quale si applicano i requisiti del prospetto 2 può comprendere solo la carreggiata, quando si applicano altri requisiti per l'illuminazione adeguata di altre zone della strada per pedoni e ciclisti, oppure anche altre zone della strada.

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

20 - Requisiti per pedoni e ciclisti

Le categorie P nel prospetto 3 o le categorie HS nel prospetto 4 riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, nonché a strade urbane, strade pedonali, parcheggi, cortili scolastici, ecc.

L'illuminamento medio (E), l'illuminamento minimo (E_{min}), l'illuminamento emisferico medio (E_{hs}) e l'uniformità generale dell'illuminamento emisferico (U_0) devono essere calcolati e misurati secondo la EN 13201-3 e la EN 13201-4.

La zona della strada per la quale si applicano i requisiti dei prospetti 3 e 4 può comprendere tutta la zona della strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

Come richiesto dalla CdS si provvederà ad alimentare l'impianto semaforico attraverso l'intera predisposizione di linea per l'impianto, dalla zona di prossimità del quadro generale di illuminazione "P-00-02" sulla via Piangipane, sino alla zona d'intorno vicino all'attraversamento pedonale interessato dalla nuova installazione.

Inoltre è previsto di inserire un'illuminazione integrativa (punti luce e segnaletica retroilluminata tipo impianto "Sicurlid") nell'attraversamento pedonale tra l'area dei lotti e l'accesso alla "PIAZZA PUBBLICA" (Lotto 22), ove sarà presente

l'edificio ad uso commerciale/misto, di collegamento all'area di verde pubblico sottostante il lotto.

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.

prospetto 4 **Categorie illuminotecniche HS**

Categoria	Illuminamento emisferico	
	\bar{E}_{hs} [minimo mantenuto] lx	U_0 [minimo]
HS1	5,00	0,15
HS2	2,50	0,15
HS3	1,00	0,15
HS4	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata

21 - Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio in ambito stradale.

22 - Definizione della categoria di progetto e di esercizio

Si ipotizza per questo percorso la categoria F (strade Urbane di interquartiere), dal prospetto 1 risulta classe illuminotecnica di riferimento M4.

In fase di progettazione è stata condotta l'analisi dei rischi per individuare le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio: sono stati valutati i parametri di influenza, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscano la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo consumi energetici, costi di installazione e di gestione e impatto ambientale. Dall'analisi svolta si conferma che per ogni via sussisterebbe almeno una condizione (escludendo la valutazione dei flussi di traffico) che consente la riduzione, rispetto alla categoria illuminotecnica di ingresso, di una categoria.

Per quanto riguarda invece la categoria di esercizio, sempre a tutela degli utenti, essa è stata prevista pari a quella di progetto, senza effettuare quindi un ulteriore declassamento.

I valori riepilogativi dei dimensionamenti illuminotecnici sono riportati sulla tabella sotto riportata.

Descrizione luogo illuminato	Classificazione e strada o area	Categoria illuminotecnica di progetto UNI 11248 UNI EN 13201	Valore di riferimento = Valore di progetto			
			L (cd/m ²)	U ₀ (min)	U ₁ (min)	T _i (%)
Via	F	M4	0,75	0,4	0,5	15

I calcoli sono stati effettuati utilizzando software specifico; si è considerata la larghezza media della strada, l'interdistanza media tra i punti luce e il fattore globale di manutenzione pari a 0.8, in accordo con quanto suggerito dalla norma stessa.

Il tipo di asfalto considerato nei calcoli è di Classe C2 ed ha le seguenti caratteristiche: Fattore di specularità $S1 = 0.97$ e Coefficiente medio di luminanza $Q0 = 0.09$.

Nelle ore notturne, in corrispondenza della diminuzione del flusso veicolare, ferme restando le imprescindibili condizioni di sicurezza, l'impianto sarà attenuato tramite diminuzione della tensione di alimentazione; in queste condizioni i requisiti da soddisfare sono quelli della categoria illuminotecnica di appartenenza ridotta di 1.

Se in prossimità di incroci sono previsti apparecchi di illuminazione, singoli o limitati con funzione di segnalazione visiva, non sono richieste prescrizioni per i livelli di illuminazione (categoria ill. S7) ma solo per la categoria ill. G3 per limitare l'abbagliamento, valutato nelle condizioni di installazione degli apparecchi.

I parametri illuminotecnici emersi dai calcoli rispettano la tabella sopra riportata

23 - Caratteristiche degli apparecchi di illuminazione - IPEA.

Gli Apparecchi di illuminazione sono dotati di sorgenti luminose a moduli Led con Temperatura di Colore Correlata (CCT) certificata ≤ 4000 °K. Questa condizione fa sì che non sia necessario eseguire la verifica che fattore Circadiano della luce emessa sia $acv \leq 0,60$, così come da Allegato C della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Caratteristiche degli apparecchi di illuminazione

- 1) Gli apparecchi di illuminazione, nella loro posizione di funzionamento, per $Y \geq 90^\circ$ hanno un'intensità luminosa (verso l'alto) inferiore a $0,49$ cd/klm;
- 2) Gli apparecchi di illuminazione possiedono un indice IPEA (indice parametrizzato di efficienza dell'apparecchio, così come definito nell'allegato D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732);
- 3) Gli apparecchi di illuminazione appartengono al Gruppo RG0/RG1.

Verifica classe IPEA apparecchi

La verifica di idoneità del parametro IPEA degli apparecchi previsti a progetto si ha quando questo determina una classe IPEA \geq a "C" così come da seguente tabella.

CLASSI ED INTERVALLI IPEA

come da tab. 1 all. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732

Classe IPEA	IPEA	verifica
A++	$1,15 < IPEA$	Ok !
A+	$1,10 < IPEA \leq 1,15$	Ok !
A	$1,05 < IPEA \leq 1,10$	Ok !
B	$1,00 < IPEA \leq 1,05$	Ok !
C	$0,93 < IPEA \leq 1,00$	Ok !
D	$1,10 < IPEA \leq 1,15$	NO !
E	$1,10 < IPEA \leq 1,15$	NO !
F	$1,10 < IPEA \leq 1,15$	NO !
G	$1,10 < IPEA \leq 1,15$	NO !

L'indice IPEA è il rapporto fra l'efficienza globale dell'apparecchio rispetto l'efficienza globale di riferimento relativa alla migliore tecnologia attualmente utilizzata sul mercato e si calcola con la formula:

$$IPEA = \eta_a / \eta_r$$

Dove:

η_a = efficienza globale dell'apparecchio

η_r = efficienza globale di riferimento

L'efficienza globale dell'apparecchio si calcola con la formula:

$$\eta_a = \frac{\Phi_{app} \times D_{ff}}{P_{reale}} = \frac{\Phi_{sorg} \times L_{or} \times D_{ff}}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \frac{\Phi_{sorg} \times D_{lor}}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \eta_{sorg} \times \eta_{alim} \times D_{Lor} [lm/W]$$

dove:

Φ_{app} (lm) flusso apparecchio luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza.

Dff Frazione di flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso) cioè al di sotto dell'angolo di 90° .

Preale (W) potenza reale assorbita dall'apparecchio di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalla sorgente e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione. Tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza.

η_{lim} Rendimento dell'alimentatore, inteso come rapporto tra la potenza nominale delle sorgenti e la potenza in entrata del circuito lampada/alimentatore con possibili carichi ausiliari.

Φ_{sorg} (lm) flusso nominale luminoso emesso dalla sorgente nuda presente all'interno dell'apparecchio.

Psorg (W) potenza nominale dell'apparecchio.

Lor Efficienza luminosa dell'apparecchio calcolata come rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio e il flusso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso in condizioni standard.

η_{sorg} (lm/W) efficienza nominale della sorgente luminosa.

DLor Rapporto tra il flusso emesso dall'apparecchio e rivolto verso l'emisfero inferiore e il flusso luminoso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso ed operanti con lo stesso impianto

I valori dell'efficienza globale di riferimento η_r si ricavano dalle seguenti tabelle.

S T U D I O D I I N G E G N E R I A
N O F E R I N I R O B E R T O

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione stradale e di grandi aree, come da Tab. 2 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE STRADALE E DI GRANDI AREE	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	60
	$55 < P \leq 75$	65
	$75 < P \leq 105$	75
	$105 < P \leq 155$	81
	$155 < P \leq 255$	93
	$255 < P \leq 405$	99

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di percorsi ciclopeditoni, come da Tab. 3 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI PERCORSI CICLOPEDONALI	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	50
	$55 < P \leq 75$	56
	$75 < P \leq 105$	58
	$105 < P \leq 155$	63
	$155 < P \leq 255$	67
	$255 < P \leq 405$	67

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di aree verdi e parchi, come da Tab. 4 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI PERCORSI CICLOPEDONALI	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	49
	$55 < P \leq 75$	55
	$75 < P \leq 105$	57
	$105 < P \leq 155$	62
	$155 < P \leq 255$	66
	$255 < P \leq 405$	66

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di centri storici con apparecchi artistici, come da Tab. 5 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI PERCORSI CICLOPEDONALI	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	51
	$55 < P \leq 75$	57
	$75 < P \leq 105$	58
	$105 < P \leq 155$	63
	$155 < P \leq 255$	68
	$255 < P \leq 405$	68

(*) Per apparecchio artistico si intende un apparecchio con spiccata valenza estetica diurna e di desing specifico per l'ambito di illuminazione considerato. Questo tipo di apparecchi è usato in numero limitato in installazioni di particolare pregio architettonico ed urbanistico ed esempio nei centri storici.

Gli Apparecchi di illuminazione previsti per la realizzazione dell'opera di che trattasi sono AEC mod ITALO 1 e come si evince dalle tabelle allegate soddisfano i valori IPEA richiesti.

24 - Caratteristiche degli impianti di illuminazione - IPEI.

1. Gli impianti di illuminazione, così come progettati hanno un indice di prestazione energetica IPEI \geq alla "classe A++", così come previsto nell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.
2. Gli impianti di illuminazione sono dotati di un sistema di gestione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi illuminanti tale da permette la riduzione della potenza impiegata dall'impianto di almeno il 30%. Gli orari e le modalità di riduzione della potenza saranno fornite dall'Amministrazione Comunale con apposito atto. In assenza di questo, si utilizzeranno gli orari e le modalità di riduzione della potenza proposti all'interno di questa relazione che l'Amministrazione Comunale fa suoi con l'approvazione del presente progetto.

3. Gli impianti di illuminazione sono dotati di orologio astronomico per la gestione delle accensioni degli spegnimenti e delle riduzioni della potenza, così come prescritto dalla Delibera dell'AEEG del 25 settembre 2008 ARG/elt 135/08. In questo modo si avrà un ritardo massimo dell'accensione degli impianti pari a 20 min. e un anticipo massimo dello spegnimento pari a 20 min.
4. Gli impianti di illuminazione soddisfano i parametri illuminotecnici indicati nell'allegato F D.G.R. 12-11-2015 n. 1732, così come evidenziato precedentemente all'interno di questa relazione. Come è possibile verificare, i valori ottenuti hanno una tolleranza < al 20% rispetto ai livelli minimi previsti nel citato allegato.
5. Gli apparecchi illuminanti sono posizionati in modo tale da rispettare un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti \geq a 3,7 (salvo una tolleranza di +/- 10 % data dalla geometria della strada dalla presenza di ostacoli o incroci, attraversamenti e passi carrai).

Metodo per la verifica classe IPEI impianti

L'IPEI è l'indice parametrizzato di efficienza dell'impianto ed è parametrizzato in base allo SLEEC (Street light Energy Efficiency Criteria) che indica il rapporto tra la potenza impiegata per unità di superficie ed il valore illuminotecnico raggiunto.

Gli intervalli IPEI a cui fare riferimento per definire la classe di appartenenza sono riportati nella seguente tabella.

CLASSI ED INTERVALLI IPEI

come da tab. 1 all. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732

Classe IPEA	IPEA	verifica
A++	IPEI < 0,75	Ok !
A+	0,75 ≤ IPEI < 0,82	Ok !
A	0,82 ≤ IPEI < 0,91	Ok !
B	0,91 ≤ IPEI < 1,09	Ok !
C	1,09 ≤ IPEI < 1,35	NO !

D	1,35 ≤ IPEI < 1,79	NO !
E	1,79 ≤ IPEI < 2,63	NO !
F	2,63 ≤ IPEI < 3,10	NO !
G	3,10 ≤ IPEI	NO !

In particolare l'indice IPEI è il rapporto tra SLEEC (S) dell'impianto [espresso in luminanza (SL) o illuminamento (SE) a secondo del tipo di strada da considerare] ed il relativo SLEEC di riferimento (SLr o SEr), moltiplicato per un fattore correttivo Kinst che consente di premiare soluzioni progettuali con maggiore interdistanza fra i punti luce.

L'IPEI si ricava dalle formule:

$$IPEI = \frac{SL}{SLr} \times Kinst = \frac{SL}{SLr} \times \left(0,524 + \frac{Lm}{Lm,rif \times 2,1} \right) \quad \begin{array}{l} \text{(in illuminamento)} \\ \text{per ambiti stradali} \end{array}$$

e/o

$$IPEI = \frac{SE}{SEr} \times Kinst = \frac{SE}{SEr} \times \left(0,524 + \frac{Lm}{Lm,rif \times 2,1} \right) \quad \begin{array}{l} \text{(in illuminamento)} \\ \text{per altri ambiti} \end{array}$$

dove:

SL SELEEC in luminanza. Impiegato in ambito stradale quando è richiesto il calcolo in luminanza. È determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito riportata.

SE SELEEC per l'illuminamento. Impiegato per tratti misti quando la normativa richiede un calcolo in illuminamento. È determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito riportata.

SLr SELEEC di riferimento per luminanza. Si veda Tab. 2 dell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

SEr SELEEC di riferimento per Illuminamento. Si veda Tab. 3 e 4 dell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Kinst Coefficiente di installazione. Coefficiente che premia gli apparecchi che, a parità di caratteristiche, garantiscono un'interdistanza piu elevata.

Lm (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80 ed un manto stradale C2.

Em (Lux) Illuminamento medio mantenuto, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80

Lm,rif (cd/mq) Luminanza media mantenuta di riferimento, per la classe illuminotecnica di progetto adottata (da UNI EN 13201-2).

Em,rif (Lux) Illuminamento medio mantenuto di riferimento, per la classe illuminotecnica di progetto adottata (da UNI EN 13201-2).

Il calcolo dell'IPEI viene quindi eseguito come di seguito specificato:

$$SL = \frac{P_{app}}{L_m \times irif \times l_{media}} = \frac{W}{Cd/m^2 \times m^2} \quad \text{SLEEC in luminanza (SL)}$$

e/o

$$SE = \frac{P_{app}}{E_m \times irif \times l_{media}} = \frac{W}{Cd/m^2 \times m^2} \quad \text{SLEEC in Illuminamento (SE)}$$

dove:

P_{app} (W) Potenza reale assorbita dall'apparecchio, intesa come somma delle potenze assorbite dalla sorgente e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio. Tale potenza può venire espressa come P_{sorgente}/η_b in cui P_{sorgente} è la potenza nominale della sorgente e η_b è il rendimento dell'alimentatore.

Lm (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80 ed un manto stradale C2.

Em (Lux) Illuminamento medio mantenuto, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80.

l_{media} Larghezza media della carreggiata o della zona illuminata.

irif (m) Interdistanza di riferimento in un impianto di pubblica illuminazione fra un punto luce e l'altro, computata secondo gli schemi di seguito riportati.

Nel caso in cui, per il calcolo illuminotecnico, non sia possibile riferirsi ad una tipologia d'installazione con file omogenee di apparecchi di illuminazione, è possibile calcolare il valore SE con la formula :

$$SE = \frac{P_{app}}{E_m \times S_{media}}$$

dove:

S_{media} L'area media illuminata da ciascun apparecchio di illuminazione. Nel caso di più apparecchi insistenti sulla stessa area, occorre dividere quest'area per il numero di apparecchi presenti al fine di ottenere l'area media illuminata teorica.

In luminanza SL_r

Valori di SLEEC di riferimento (SL _r) per l'illuminazione stradale, come da Tab. 2 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE STRADALE E DI GRANDI AREE	
	Categoria illuminotecnica	$SL_r = \frac{W}{Cd/m^2 \times m^2}$
	M1	0,49
	M2	0,51
	M3	0,55
	M4	0,58
	M5	0,60
	M6	0,65

In illuminamento SE_r

Valori di SLEEC di riferimento (SL _r) per l'illuminazione di intersezioni e centri storici, come da Tab. 3 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI INTERSEZIONI E CENTRI STORICI	
	Categoria illuminotecnica	$SE_r = \frac{W}{Lux \times m^2}$
	C1	0,033
	C2	0,035
	C3	0,037
	C4	0,039
	C5	0,042
	C6	0,044

Valori di SLEEC di riferimento	ILLUMINAZIONE DI MARCIAPIEDI, PERCORSI CICLOPEDONALI, PARCHEGGI	
	Categoria illuminotecnica	$SE_r = \frac{W}{Lux \times m^2}$

S T U D I O D I I N G E G N E R I A
N O F E R I N I R O B E R T O

(SLr) per l'illuminazione di marciapiedi, percorsi ciclopedonali, parcheggi, come da Tab. 3 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	P1	0,07
	P2	0,08
	P3	0,09
	P4	0,11
	P5	0,14
	P6	0,17
	P7	0,21

	Ambito principale da illuminare	strade locali urbane	
	Tipo strada (PUT)		<i>F</i>
	Descrizione tipo strada specificata		<i>strade locali urbane</i>
	Categoria illuminotecnica		<i>marciapiedi, percorsi ciclopedonali e parcheggi</i>
	Em,rif	10	lux
	<i>l</i> Larghezza carreggiata	10	m
	Tipo di apparecchio		
	Marca e modello		
	Tipo sorgente		LED
	Φ_{sorg} flusso Modulo LED	9.550	lm
	Papp potenza reale apparecchio LED	76	W
	<i>i</i> interdistanza	35	m
	altezza sorgenti	10	m
	<i>Em</i> Illuminamento medio mantenuto	13,00	lux
	<i>Uo</i>		
	<i>SE</i> SLEEC in illuminamento [Papp/(Em*i*1)]	0,02	W/[(lux)*mq]
	Costante d'installazione		
	<i>Kinst</i> (0,524+ [Em/(Em,rif*2,1)])	1,14	
	<i>SER</i> SLEEC di riferimento	0,5	lm/W
	IPEI (SE/SER * Kinst)	0,04	A++

25 - Prescrizioni generali inerenti la sicurezza

Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti dovrà essere realizzata secondo quanto riportato nella sezione 412 delle norme CEI 64-8.

La misura di protezione adottata nell'impianto elettrico da realizzare sarà di tipo totale, e sarà attuata mediante:

- Protezione mediante isolamento delle parti attive (articolo 412.1 CEI 64-8/4) per i conduttori elettrici;
- Protezione mediante involucri e barriere (articolo 412.2 CEI 64-8/4) per i quadri e le altre apparecchiature elettriche.
- protezione mediante ostacoli (412.3) e mediante distanziamento (412.4) sono intese a fornire una protezione parziale contro i contatti diretti.

Il grado di protezione elettrico, degli involucri e/o barriere utilizzati dovrà essere in generale minimo IPXXB; IPXXD per le superfici superiori orizzontali degli involucri.

In aggiunta ai provvedimenti essenziali per la protezione contro i contatti diretti, si prevede l'installazione di dispositivi di protezione addizionale, costituiti da interruttori differenziali con corrente differenziale $I_d=0,03A$ (articolo 412.5 CEI 64-8/4), a protezione di ciascuna linea di alimentazione.

Protezione contro i contatti indiretti

Per la protezione contro i contatti indiretti negli impianti elettrici in oggetto, vale quanto segue:

- l'impianto è di tipo TT;
- la protezione dovrà essere realizzata principalmente mediante interruzione automatica dell'alimentazione; come dispositivi di protezione si dovranno utilizzare interruttori differenziali; per alcune parti di impianto si potrà realizzare la protezione mediante impiego di componenti di classe II (CEI 64-8/4, articolo 413.2).

Tenuto conto delle caratteristiche dei dispositivi di protezione differenziale da impiegare (I_d massima 0,03 A rilevabile dagli schemi allegati) e della prevedibile

resistenza di terra ottenibile con l'impianto dispersore di terra di esistente (dell'ordine di massimo 10 ohm, da verificare con opportuna misura a lavori ultimati), sarà sicuramente soddisfatta con buon margine la condizione imposta dall'articolo 413.1.4.2 della norma CEI 64-8 ($RA \times I_a \leq 50$).

Per i circuiti terminali alimentanti apparecchiature (in particolare elettroniche) che possono dare luogo a correnti di guasto a terra con componenti pulsanti unidirezionali, si dovranno impiegare interruttori differenziali sensibili a tali correnti di guasto (tipo A secondo la norma CEI 23-18).

La corrente di corto circuito per cui dovranno essere dimensionati i quadri e le protezioni, è riportata negli schemi dei quadri elettrici allegati.

Protezione contro le sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà realizzata dagli interruttori posti sui quadri elettrici.

Gli interruttori automatici da utilizzarsi saranno in generale conformi alla edizione vigente della norma CEI 23-3.

I dispositivi di cui sopra, posti a monte delle linee, proteggono le stesse sia dal sovraccarico sia dal cortocircuito.

Per il calcolo della sezione dei cavi idonei da utilizzare si è fatto riferimento alle seguenti condizioni di posa (che dovranno pertanto essere rispettate):

tipo di posa (61) realizzata in tubazione interrata con circolazione d'aria impedita, temperatura ambiente 20°C nel terreno (pari a 30°C in aria), resistività termica del terreno 2,5 Km/W, con massimo un circuito attivo affiancato entro rispettivo tubo interrato.

Nella posa delle linee l'installatore, dovrà avere particolare cura affinché i conduttori attivi affiancati in fascio all'interno del medesimo cavidotto risultino:

- conduttori con medesimo isolante;
- conduttori uniformemente caricati;
- conduttori di sezione simile (i conduttori sono considerati di sezione simile, quando la variazione della loro sezione risulta compresa entro tre sezioni adiacenti unificate, esempio tra 1,5 mm² e 4 mm²).

Per la condizione di posa interrata, sopra descritta (61), la portata dei conduttori sarà calcolata in funzione delle norme CEI 364-5-523. Per tale condizione di posa il fattore di correzione della portata dei cavi K, riportato negli schemi elettrici allegati, è ottenuto dal prodotto di K1 (fattore di correzione per temperatura in aria diversa da 30°C pari a 20°C nel terreno) con K2 (fattore di correzione per più circuiti installati in prossimità aventi fattore di carico pari a 100%).

Tale fattore K risulta:

- tipo di posa (61) - per le linee dorsali $K = 0,9$ – dato da $K1 = 1$ (30°C) per $K2 = 0,9$ (2 circuiti affiancati entro rispettivi tubi interrati)
- - per le derivazioni $K = 1$ – dato da $K1 = 1$ (30°C) per $K2 = 1$ (nessun circuito affiancato)

Si dovrà comunque avere cura di non posare le condutture in prossimità di fonti di calore (ad esempio tubazioni di fluidi caldi).

NOTA Le portate (Iz) indicate negli schemi allegati fanno riferimento alla condizione più gravosa tra dorsale e derivazione e/o in funzione delle condizioni di posa.

Sezionamento

Le varie linee dovranno essere sezionabili (singolarmente o a gruppi) mediante gli interruttori di protezione (o altri dispositivi adatti) posti sui quadri elettrici, che dovranno essere idonei a svolgere tale funzione.

I circuiti dovranno essere chiaramente identificabili.

26 - Impianto di terra

Considerato che per l'impianto in esame è previsto l'utilizzo di un cavo in classe II si consiglia di installare anche apparecchi di illuminazione in classe II, in caso contrario si rende necessario realizzare l'impianto di terra.

In questo caso andrà realizzato l'impianto di terra attraverso un unico dispersore in prossimità del quadro di alimentazione.

Non è ammesso collegare singolarmente a terra i pali protetti da uno stesso interruttore differenziale e il dispositivo di interruzione automatica (quasi sempre un interruttore differenziale) dovrà soddisfare la nota relazione $RA \cdot I_{dn} \leq 50 \text{ V}$.

Se i cavi di alimentazione, come spesso accade, sono a posa interrata i pali possono essere agevolmente collegati fra loro mediante una semplice corda di rame nuda di sezione uguale o maggiore a 35 mm² oppure mediante un piatto di acciaio zincato di sezione pari a 50 mm².

Per migliorare le caratteristiche complessive del dispersore è possibile sfruttare quale dispersore di fatto la parte interrata del palo collegandolo alla corda nuda interrata.

Naturalmente è sempre possibile, anche se poco pratico, collegare a terra ogni palo con singoli picchetti purché interconnessi fra di loro a costituire un unico impianto di terra .

27 - Verifiche iniziali

Verifica per la messa in funzione

Durante la costruzione e in ogni caso prima di essere messo in servizio, ogni impianto deve essere verificato a vista e provato dall'installatore secondo la Norma CEI 64-8 parte 6 e le raccomandazioni riportate nella Guida CEI 64-14.

L'esame a vista (art. 611 della Norma 64-8) di un impianto elettrico consiste nell'accertare che i componenti elettrici siano:

- conformi alle prescrizioni di sicurezza delle relative Norme (questo può essere accertato dalla presenza di marchi o di certificazioni);
- scelti correttamente e messi in opera in accordo con le prescrizioni della Norma 64-8 e con le istruzioni dei relativi costruttori;
- non siano visibilmente danneggiati in modo tale da compromettere la sicurezza.

Le prove (art. 612 della Norma 64-8) su un impianto elettrico consistono nell'effettuazione di misure o altre operazioni atte ad accertare l'efficienza dello stesso. La sopra citata Norma CEI prescrive, per quanto applicabili, le seguenti prove preferibilmente nell'ordine indicato:

- continuità dei conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali principali e supplementari;
- resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;
- protezione per separazione dei circuiti nel caso di sistemi SELV e PELV e nel caso di separazione elettrica;
- resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti;
- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- prove di polarità;
- prove di funzionamento;

Nel caso in cui qualche prova indichi la presenza di un difetto, tale prova (e ogni altra prova precedente) che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato devono essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso.

Le verifiche devono essere effettuate da persona esperta, competente in lavori di verifica.

A verifica completata deve essere redatto il "Rapporto di verifica" che riporta il controllo di tutti i principali aspetti di buona tecnica previsti dalla Norma CEI 64-8.