

S.S.n. 106 "Ter"

Lavori occorrenti per la realizzazione della manovra di uscita e della viabilità complanare per il collegamento funzionale tra la SS 106 "Ter" e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello Svincolo di "Malderiti" e Rampa in direzione Sud di immissione sulla SS106 "Ter"

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO



PROGETTISTI

Ing. Roberta Maria IANNOLO
Geom. Antonio CANNATA'



RUP

Ing. Antonella PIRROTTA

Relazione di calcolo linee elettriche di alimentazione

PROGETTO	LIV. PROG	N. PROG.	FASE	COD. ELABORATO	REVISIONE	SCALA
CZ001Z	E	2201	PE	V001M001MPRC02_A	A	

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3. PROGETTO ILLUMINOTECNICO SVINCOLI	4
4. DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA	6
5. ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO	6
5.1. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO	6
5.1.1. <i>Generalità</i>	7
5.1.2. <i>Identificazione delle zone di studio</i>	7
5.1.3. <i>Strade di accesso non illuminate</i>	9
5.2. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO	10
5.3. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO.....	11
5.4. CALCOLO ILLUMINOTECNICO INTERSEZIONI A RASO SVINCOLO DI USCITA E DI IMMISSIONE.....	13
5.5. CALCOLO ILLUMINOTECNICO VIABILITÀ TRA LE DUE ROTONDE	13
5.6. ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA.	13
5.6.1. <i>Identificazione della categoria illuminotecnica di ingresso</i>	13
5.6.2. <i>Identificazione delle zone di studio</i>	14
5.6.3. <i>Rami di approccio non illuminati</i>	14
5.6.4. <i>Identificazione della classe illuminotecnica di progetto</i>	15
5.6.5. <i>Identificazione della categoria illuminotecnica di esercizio</i>	17
5.6.6. <i>Calcolo illuminotecnico</i>	18
5.7. SIMULAZIONE ILLUMINOTECNICA	18
6. IMPIANTI ELETTRICI.....	18
6.1. GENERALITÀ.....	18

6.2.	SEZIONE DEI CONDUTTORI E PORTATA DEI CAVI	19
6.3.	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	20
7.	<u>DISTRIBUZIONE ELETTRICA</u>	21
8.	<u>SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE</u>	21
8.1.	SOSTEGNI	22
8.2.	BASAMENTI	22
8.3.	POSA PALI	23
8.4.	CORPI ILLUMINANTI	23
8.5.	MONTAGGIO	24
8.6.	CAVIDOTTI E POZZETTI DI DERIVAZIONE	24
8.7.	GIUNZIONI ED IDENTIFICAZIONE DELLE FASI	26
8.8.	IMPIANTO DI TERRA	27

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo si riferisce all'illuminamento del nuovo Svincolo lungo la SS 106 ricadente all'interno della Città Metropolitana di Reggio Calabria (RC) denominato "Malderiti".

La nuova opera consta oltre che dello Svincolo sulla SS106 di due nuove rotonde e due tronchi di viabilità.

Si rende necessario pertanto ai fini della circolazione in sicurezza del dimensionamento di un idoneo sistema di illuminamento per le costruende viabilità e rotatorie, ai fini di garantire il transito nelle ore notturne, con alte condizioni di sicurezza.

Lo studio illuminotecnico risulta pertanto punto di partenza per il dimensionamento del circuito elettrico e delle protezioni necessarie e di tutte le opere necessarie per la posa dei conduttori ai fini dell'esercizio in sicurezza di tutta l'infrastruttura.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'impianto di illuminazione viene progettato in conformità alle seguenti, normative e decreti:

- Codice della strada;
- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale-Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201 Parte 2-Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201 Parte 3-Calcolo delle prestazioni;
- UNI EN 13201 Parte 4-Metodo delle misurazioni delle prestazioni fotometriche;
- UNI EN 13201 Parte 5-Indicatori delle prestazioni energetiche.
- Decreti e normative Regionali/Comunali

L'impianto elettrico è stato progettato in funzione delle normative CEI in vigore, tra le quali:

- CEI 0-2 -Guida per la definizione della documentazione di progetto;

- CEI 0-21-Regola tecnica per di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 11-17- in vigore, Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica -Linee in Cavo;
- CEI 11-25- Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a corrente alternata;
- CEI 11-26-Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito;
- CEI 11-28-Guida di applicazione per il calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti radiali di bassa tensione;
- CEI 17-13/2, 17-13/3, 17-13/4, 17-13/5 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;
- CEI 17-70-Guida per l'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione;
- CEI 20-21-Calcola della portata dei cavi elettrici, Parte 1;
- CEI 20-40- Guida all'uso di cavi in bassa tensione;
- CEI 20-67- Guida all'uso dei cavi a 06/1 kV;
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione all'esterno con alimentazione serie;
- CEI 64-8 impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua;
- CEI 64-12- Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra nell'edifici per uso residenziale o terziario;

3. PROGETTO ILLUMINOTECNICO SVINCOLI

La progettazione di un impianto di illuminazione per gli svincoli deve essere sempre prevista in base al DM 19 Aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di "intersezioni stradali" nei seguenti Casi:

- Nodi di Tipo 1: Intersezioni a Livelli Sfalsati con eventuali manovre di scambio (Svincolo);
- Nodi di Tipo 2: Intersezione a Livelli Sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso.
- Per i Nodi di Tipo 3 (Intersezioni a raso), l'illuminazione deve essere realizzata nei casi in cui si accerti la ricorrenza di particolari condizioni ambientali locali, invalidanti ai fini della corretta percezione degli ostacoli, come la presenza di nebbia o foschia. L'accertamento deve essere compiuto anche assumendo informazioni presso le autorità locali, responsabili del territorio.

Laddove la connessione è ammessa, è possibile distinguere diverse tipologie di nodo in relazione alla possibilità o meno che in corrispondenza del nodo si verifichino punti di conflitto di intersezione come indicato in Fig.1

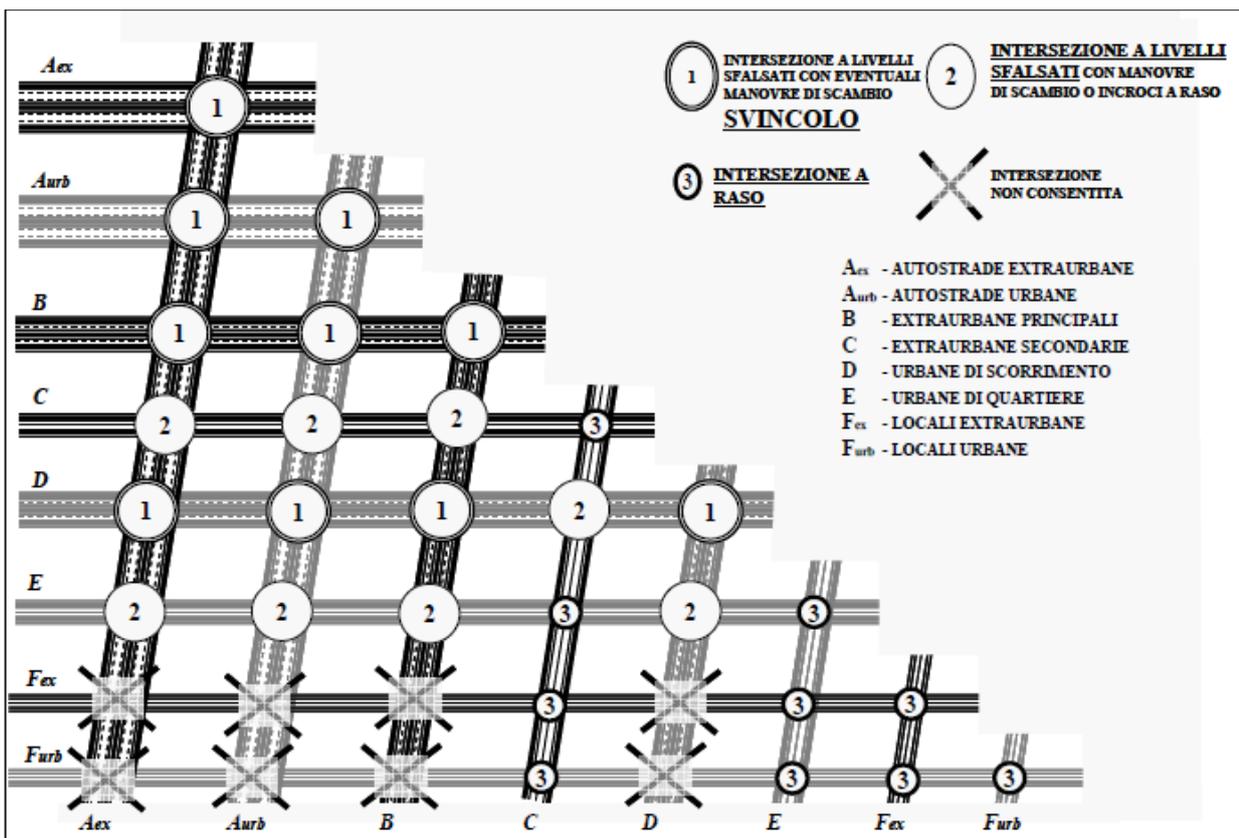


Figura 1: Organizzazione delle reti stradali e definizione delle interferenze ammesse(come livelli minimi)

4. DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA

Le norme UNI 11248 prevede un processo graduale per l'individuazione della categoria illuminotecnica da assegnare ad una strada, passando per tre livelli:

Categoria illuminotecnica di riferimento/ingresso: questa categoria si ottiene mediante l'applicazione di leggi e norme di settore, non è normalmente competenza del progettista questa classificazione anche se può aiutare ad individuarla. Dipende sostanzialmente dal tipo di strade.

Categoria illuminotecnica di progetto: specifica i parametri illuminotecnici da considerare nella fase di progettazione del tipo di impianto.

Categoria illuminotecnica di Esercizio: in relazione all'analisi dei parametri di influenza (analisi dei rischi) ed aspetti di consumi energetici, sono quelle categorie che tengono conto della variazione del tempo dei parametri di influenza, come ad esempio in ambito stradale la variazione del flusso di traffico durante la giornata.

5. ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO

5.1. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO

Il presente studio ha l'obiettivo di determinare l'illuminamento orizzontale dello Svincolo sito lungo la SS106Ter ricadente all'interno della Città Metropolitana di Reggio Calabria (RC) denominato "Malderiti".

Lo Svincolo consta di una rampa di decelerazione di lunghezza circa 120,00 metri una larghezza di 4,00 m che si va ad inserire in una prima rotatoria con diametro esterno 17 metri, quest'ultima avrà due diramazioni di cui una verso la viabilità Comunale (Via del Tordo) sulla SS106Ter, mentre l'altra confluirà nella seconda rotatoria, si innestano 3 bracci di cui due esistenti mentre l'altra di nuova realizzazione costituisce la rampa di immissione sulla SS106.

5.1.1. GENERALITÀ

In generale, gli elementi che compongono l'intersezione lineare a raso o a livelli sfalsati, per le loro caratteristiche geometriche e funzionali, possono essere illuminati applicando le categorie illuminotecniche della serie C, indicate nella norma UNI EN 13201-2 del 2016.

5.1.2. IDENTIFICAZIONE DELLE ZONE DI STUDIO

Come zone di studio vengono individuate come indicato nell'appendice A della norma UNI 11248:2016 in dettaglio vengono considerate le zone oggetto di intervento, le intersezioni a raso con la SS106, realizzate mediante corsie di ingresso e di uscita, ed intersezioni a T con segnaletica verticale di "stop" o "dare precedenza".

Il prospetto 1 della norma UNI 11248:2016 di seguito riportato, esplicita la classificazione delle strade secondo la normativa vigente ed associa, a ciascuna di queste, una categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi. Nel caso in esame, l'asse stradale viene adeguato ad una strada di tipo "B", per cui la categoria illuminotecnica di ingresso associata è M2, come di seguito evidenziato.

Prospetto 1-Classificazione delle strade ed individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'individuazione dei rischi.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti 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)	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	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (Tipi F1 e F2)	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M3
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali zona 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/P2
F_{bis}	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

5.1.3. STRADE DI ACCESSO NON ILLUMINATE

Con riferimento al prospetto 6 della norma UNI 11248, riportato di seguito, nel caso di zone di studio facenti parte di una strada non illuminata, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra categorie illuminotecniche di ingresso previste per le strade di accesso se venissero illuminate.

Prospetto 6.- UNI 11248:2016

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizioni	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0.05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0.05 \text{ sr}^{-1} \leq Q_0 \leq 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 \geq 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di Q_0 vedere il punto 13 e l'appendice B						

In questo caso, essendo le strade di accesso di categoria M2 e il valore Q_0 (Coefficiente medio di luminanza) pari a 0.07 sr^{-1} (classe C2 per le pavimentazioni di asfalto), come indicato nel prospetto B.1 della UNI 11248:2016 di seguito riportato, la categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi deve essere pari a C2.

Prospetto B.1-UNI 1248:2016

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità

C1	Vedere prospetto C.2	0.10	0.24	$Q_t \leq 0.4$
C2	Vedere prospetto C.3	0.07	0.97	$Q_t > 0.4$

5.2. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

Le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio vengono calcolate attraverso un'analisi dei rischi, così come descritto nel cap. 8 della norma UNI 11248:2016. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza, di seguito esplicitati, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscono la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando, allo stesso tempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

I parametri di influenza si distinguono tra quelli costanti nel lungo periodo (prospetto 2), in base ai quali si determina la categoria di progetto, e quelli variabili nel tempo (prospetto 3), che determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto.

Prospetto 2-UNI 11248:2016

Parametro influenza	Riduzione massina della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa complessità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1

In aggiunta a questi, l'utilizzo di apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori $Ra \geq 60$ e rapporto scotopico-fotopico $S/P \geq 1,10$, consente, nell'analisi dei rischi, un valore massimo di riduzione pari a 1.

Prospetto 3-UNI 11248:2016

Parametro 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

Nel presente progetto, l'utilizzo di apparecchi a LED ad alta efficienza consente la riduzione di 1 categoria illuminotecnica, mentre l'influenza degli altri parametri di influenza costanti si è valutata trascurabile.

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione complessivo pari a 1 e quindi, la riduzione di 1 categoria illuminotecnica da quella di ingresso (C2) a quella di progetto (C3).

5.3. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO

Si è provveduto ad analizzare come richiesto dalle norme i parametri di influenza variabili nel tempo, giungendo alla seguente conclusione.

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	0.4
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	0.3
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	0.0

Pertanto la categoria di progetto coincide con quella di esercizio e corrispondente alla categoria illuminotecnica C3.

Inoltre per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si è realizzata un'illuminazione decrescente tra la zona illuminata e quella completamente buia, per una lunghezza non minore dello spazio percorso in 3 s alla massima velocità prevista di percorrenza dell'intersezione.

Per la categoria illuminotecnica C3 per la quale è prevista il solo illuminamento orizzontale si hanno i seguenti valori:

\bar{E} (Valore medio dell'illuminamento) pari a 15 Lux;

U_0 (Uniformità generale) pari a 0.40

Come specificato dalle normative nel Prospetto 2 della UNI EN 13201-2:2016 riportato in seguito.

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] Lux	U_0 [minimo]
C0	50.0	0.40
C1	30.0	0.40
C2	20.0	0.40
C3	15.0	0.40
C4	10.0	0.40
C5	7.50	0.40

5.4. CALCOLO ILLUMINOTECNICO INTERSEZIONI A RASO SVINCOLO DI USCITA E DI IMMISSIONE

Per garantire l'illuminamento medio e l'uniformità indicata dalle norme sulla rampa di Uscita e di ingresso alla SS106 sono stati utilizzati apparecchi a LED Street light di potenza unitaria pari a 80 W e flusso luminoso di 11638 lumen, con sostegni posti ad una distanza di circa 26 metri e posti ad una altezza fuori terra pari a 8,00 m.

5.5. CALCOLO ILLUMINOTECNICO VIABILITÀ TRA LE DUE ROTONDE

Per garantire l'illuminamento medio e l'uniformità indicata dalle norme sulla viabilità congiungente le due rotonde tra rampa di uscita e quella di immissione sono stati utilizzati apparecchi a LED Street light di potenza unitaria pari a 80W e flusso luminoso di 11638 lumen, con sostegni posti ad una distanza di 23 m e posti ad una altezza fuori terra pari a 8.00 m.

5.6. ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA.

5.6.1. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO

Sono presenti due rotatorie di nuova realizzazione, che sono suddivise in base alle caratteristiche geometriche in due tipi:

Tipo 1: Diametro esterno pari a 17,00 metri;

Tipo 2: Diametro esterno pari a 25,00 metri.

Le rotatorie di tipo 1 saranno illuminate con 3 corpi illuminanti equidistanti, mentre per quelle di tipo 2 sono sufficienti 4 corpi illuminanti, come verificato nella relazione di calcolo allegata alla presente.

Le intersezioni a rotatoria, per le loro caratteristiche geometriche e funzionali, devono essere illuminate applicando le categorie illuminotecniche della serie C, indicate nella norma UNI EN13201-2 del 2015.

5.6.2. IDENTIFICAZIONE DELLE ZONE DI STUDIO

Le zone di studio vengono individuate come esplicitato nella norma UNI 11248 del 2016 (Figura A.2).

In particolare, la zona di studio è la carreggiata racchiusa all'interno della rotatoria.

5.6.3. RAMI DI APPROCCIO NON ILLUMINATI

Con riferimento al prospetto 6 della norma UNI 11248 del 2016, riportato di seguito, nel caso di zone di studio facenti parte di una rotatoria con rami di approccio non illuminati, la categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari alla maggiore tra categorie illuminotecniche di ingresso previste per le strade di accesso se venissero illuminate.

Prospetto 6.- UNI 11248:2016

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizioni	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0.05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0.05 \text{ sr}^{-1} \leq Q_0 \leq 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 \geq 0.08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di Q_0 vedere il punto 13 e l'appendice B						

In questo caso, essendo le strade di accesso di categoria massima M2 e il valore Q0 (Coefficiente medio di luminanza) pari a 0.07 sr-1 (classe C2 per le pavimentazioni di asfalto), come indicato nel prospetto B.1 nella UNI 11248:2016, la corrispondente categoria illuminotecnica di ingresso deve essere pari a C2.

Prospetto B.1-UNI 1248:2016

Classe	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere prospetto C.2	0.10	0.24	$Q_t \leq 0.4$
C2	Vedere prospetto C.3	0.07	0.97	$Q_t > 0.4$

5.6.4. IDENTIFICAZIONE DELLA CLASSE ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO.

Le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio vengono calcolate attraverso un’analisi dei rischi, così come descritto nel cap. 8 della norma UNI 11248:2016. L’analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza, di seguito esplicitati, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscono la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando, allo stesso tempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l’impatto ambientale e l’inquinamento luminoso.

I parametri di influenza si distinguono tra quelli costanti nel lungo periodo (prospetto 2), in base ai quali si determina la categoria di progetto, e quelli variabili nel tempo (prospetto 3), che determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto.

Prospetto 2-UNI 11248:2016

Parametro influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa complessità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1

In aggiunta a questi, l'utilizzo di apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori $Ra \geq 60$ e rapporto scotopico-fotopico $S/P \geq 1,10$, consente, nell'analisi dei rischi, un valore massimo di riduzione pari a 1.

Prospetto 3-UNI 11248:2016

Parametro 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

Nel presente progetto, l'utilizzo di apparecchi a LED ad alta efficienza consente la riduzione di 1 categoria illuminotecnica, mentre l'influenza degli altri parametri di influenza costanti si è valutata trascurabile.

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione complessivo pari a 1 e quindi, la riduzione di 1 categoria illuminotecnica da quella di ingresso (C2) a quella di progetto (C3).

5.6.5. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO

Si è provveduto ad analizzare come richiesto dalle norme i parametri di influenza variabili nel tempo, giungendo alla seguente conclusione.

Parametro di influenza	Valore di riduzione assegnato
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	0.4
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	0.3
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	0.0

Pertanto la categoria di progetto coincide con quella di esercizio e corrispondente alla categoria illuminotecnica C3.

Inoltre per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si è realizzata un'illuminazione decrescente tra la zona illuminata e quella completamente buia, per una lunghezza non minore dello spazio percorso in 3 s alla massima velocità prevista di percorrenza dell'intersezione.

Per la categoria illuminotecnica C3 per la quale è prevista il solo illuminamento orizzontale si hanno i seguenti valori:

\bar{E} (Valore medio dell'illuminamento) pari a 15 Lux;

U_0 (Uniformità generale) pari a 0.40

Come specificato dalle normative nel Prospetto 2 della UNI EN 13201-2:2016 riportato in seguito.

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] Lux	U_0 [minimo]
C0	50.0	0.40

C1	30.0	0.40
C2	20.0	0.40
C3	15.0	0.40
C4	10.0	0.40
C5	7.50	0.40

5.6.6. CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Per garantire tali valori di illuminamento medio e di uniformità generale, sono stati utilizzati apparecchi a LED Street light di potenza pari a 80 W, flusso luminoso di 11638 lumen, montati su sbraccio di 1m ad una altezza pari a 8 m dalla sede stradale, posti esternamente alla rotonda.

5.7. SIMULAZIONE ILLUMINOTECNICA

Per le simulazioni illuminotecnica degli svincoli e delle rotonde è stato usato il software DiaLUX, il quale dispone del modulo strade, con il quale è stata fatta la simulazione degli Svincoli, mentre per la simulazione delle rotonde è stato usato il modulo progettazione illuminotecnica di edifici e di aree esterne, impostando un fattore di diminuzione pari a 0.67.

I dati ottenuti e le ipotesi progettuali saranno raccolte in apposita relazione di calcolo.

6. IMPIANTI ELETTRICI

6.1. GENERALITÀ

Per il calcolo elettrico i dati di progetto sono la potenza delle lampade a Led più il driver, gli impianti elettrici sono da considerare all'esterno, le forniture di energia elettrica verranno richieste in prossimità degli svincoli, per limitare la caduta di tensione e ridurre la sezione dei cavi.

I singoli tratti di strada e le rotonde avranno linee dedicate, per limitare al massimo i disservizi in caso di avaria a qualche componente elettrico.

6.2. SEZIONE DEI CONDUTTORI E PORTATA DEI CAVI

La determinazione della sezione dei cavi che alimentano più carichi non centrali alle estremità avviene mediante l'utilizzo della formula riportata di seguito, una volta stabilita la c.d.t. in percentuale della tensione nominale di esercizio U_n stabilita dalle norme CEI $\Delta U\% \leq 4$.

$$\Delta U = mLI_B(r_l \cos\theta + x_l \sin\theta)$$

Dove i simboli sono:

m: coefficiente che vale 2, oppure $\sqrt{3}$ a seconda che l'alimentazione sia monofase o trifase;

L: Lunghezza della linea di alimentazione [km];

I_B : corrente di impiego della linea [A]

r_l : resistenza della linea [Ohm/km];

x_l : reattanza della linea [Ohm/km];

U_n : Tensione nominale di esercizio della linea [V];

$\cos\theta$: fattore di potenza del carico.

Scelta la sezione commerciale immediatamente superiore a quella derivata dal calcolo e il tipo di isolamento (PVC oppure EPR), si procede alla verifica alla temperatura massima ammissibile dell'isolamento del cavo partendo dalla temperatura iniziale posta a 30° nel caso di posa in

tubazione, oppure a 20° per posa diretta in terreno e dell'energia specifica passante $i^2 * t \leq K^2 * S^2$ secondo la CEI 64-8.

6.3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione sono determinate secondo la loro funzione, come, ad esempio:

- protezione dalle sovracorrenti (sovraccarichi, cortocircuiti);
- protezioni dalle correnti di guasto a terra;
- protezione dalle sovratensioni;
- protezione dagli abbassamenti o dalla mancanza di tensione;
- protezione dai contatti indiretti.

La scelta corretta le caratteristiche dei dispositivi di protezione devono essere prese in considerazione le indicazioni prescritte nelle norme CEI 64-8, dove le correnti indicate hanno i seguenti significati:

I_b : corrente di impiego del circuito, corrente che percorre il circuito in condizioni normali;

I_z : la corrente massima portata dal cavo in condizioni di esercizio;

I_n : la corrente nominale del dispositivo di protezione posto a monte del cavo;

I_f : corrente di sicuro intervento del dispositivo nel tempo stabilito.

$$I_b \leq I_z \leq I_n$$

$$I_f \leq 1,45 I_n$$

I dispositivi di protezione nei quadri e sulle apparecchiature hanno potere di interruzione almeno

uguale alla corrente di corto circuito presente nel punto ove è installato il dispositivo.

7. DISTRIBUZIONE ELETTRICA

Il progetto prevede la realizzazione di impianti elettricamente indipendenti a servizio dell'illuminazione delle intersezioni a raso e delle rotatorie, a meno che questi non siano sufficientemente vicini da rendere conveniente l'utilizzo di un unico Q.E. di bassa tensione ubicato all'interno di uno shelter.

Le caratteristiche elettriche degli impianti d'illuminazione sono essenzialmente:

- Tensioni nominali di alimentazione: 400 V concatenate e 230 V stellate
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50 Hz.
- Distribuzione delle alimentazioni: monofase con neutro
- Tipo di distribuzione: in derivazione
- Caduta di tensione massima: 4%
- Fattore di potenza: 0,9

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati costituiti da tubazione in pvc pesante, diametro 110 mm, doppia parete del tipo corrugato, da posizionarsi su scavi a sezione obbligata realizzati con mezzi meccanici.

Al fine di permettere un corretto infilaggio dei cavi elettrici, le tubazioni saranno intercettate da pozzetti in cls prefabbricati.

Per prevenire i frequenti casi di furti dei cavi si è scelto di utilizzare i cavi in alluminio e la protezione dell'accesso ai pozzetti mediante il riempimento degli stessi con sabbia e la realizzazione uno strato di sigillatura finale in cls.

8. SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE

8.1. SOSTEGNI

I pali utilizzati per i sostegni dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 8,00 m con sbraccio di lunghezza 1 metro.

I pali sono completi delle seguenti lavorazioni eseguite e certificate dal costruttore:

- asola per l'ingresso dei conduttori di alimentazione posta a circa 300 mm dal piano di interramento.
- asola porta morsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello in alluminio.

I pali sono inseriti nel foro del basamento opportunamente predisposto. Lo spazio tra foro del basamento e palo è riempito, fino a circa 4 cm. dal piano del basamento, con sabbia grossa debitamente bagnata e compressa fino a non lasciare nessun interstizio. La rimanente parte è riempita con malta antiritiro. La posa del palo è completata con collarino in cls con gli spigoli opportunamente smussati per favorire il rapido allontanamento delle acque.

8.2. BASAMENTI

Viene utilizzato un plinto per palo di illuminazione pubblica del peso di 950 Kg di dimensioni 106x78x85 cm per altezze del palo fino a 10,75 mt (di cui 10 m fuori terra) e di massimo 9,75 m con sbraccio fino a 2,00 mt, quest'ultimo è dotato di un buco per palo di \varnothing 19/21 cm e profondità di 75 cm, dotato di pozzetto integrato 40x40x40 cm

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, è a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori.

I basamenti sono completi di apposito foro per la collocazione del palo e il raccordo al pozzetto di derivazione.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale.

8.3. POSA PALI

Le quote di infilaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiere e quant'altro indicato nelle schede tecniche del costruttore devono essere tassativamente rispettate.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 2,4 m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina anche eventuali interferenze con i guardrail posti a protezione del margine stradale e permette l'accesso al pozzetto di derivazione elettrica posto alla base del palo; l'esatta distanza dalla barriera di protezione deve essere determinata in funzione del livello di larghezza operativa (W) espressa in metri.

Particolare attenzione deve essere posta nel posizionamento del palo sulla sezione trasversale, infatti, corpi illuminanti mal posizionati potrebbero portare a condizioni di illuminazione diverse da quelle calcolate nel progetto illuminotecnico.

8.4. CORPI ILLUMINANTI

La scelta di utilizzare apparecchi a LED è in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella progettazione illuminotecnica si è cercato, per quanto possibile, di:

- non illuminare aree non destinate alla circolazione stradale,
- non superare di molto i limiti minimi imposti dalla norma UNI.

L'impianto è comandato da un quadro elettrico per il quale è previsto:

- un interruttore generale magnetotermico con differenziale a riarmo automatico;

- varie linee di alimentazione (dorsali), protette da interruttore magnetotermico, dalla quale si dipartono le linee di "alimentazione della singola armatura stradale" dispiegate in campo e protette singolarmente da un fusibile posto alla base del palo.
- le linee di alimentazione (dorsali) sono sezionate da un contattore, con possibilità di bypass
- manuale, comandato dal sensore crepuscolare ad infrarosso.
- una linea "ausiliari" alla quale è collegata l'alimentazione del sensore crepuscolare ad infrarosso, protetta da magnetotermico.

Tutti i corpi illuminanti sono dotati di dispositivo per la regolazione del flusso ad onde convogliate.

E' possibile ottenere analoghi risultati illuminotecnici con modelli di armature LED effettuando una nuova verifica illuminotecnica ed eventualmente, in caso di potenze differenti, un nuovo calcolo dell'impianto elettrico.

8.5. MONTAGGIO

Tutti i corpi illuminanti sono montati con asse fotometrico principale perpendicolare al piano stradale (tilt = 0°).

Il montaggio del corpo illuminante ed il cablaggio elettrico deve essere seguito in conformità con quanto riportato nella documentazione del costruttore.

8.6. CAVIDOTTI E POZZETTI DI DERIVAZIONE

In considerazione di criteri di sicurezza, requisiti estetici, requisiti funzionali, la distribuzione è realizzata completamente in cavidotto interrato dedicato ed in conformità con le norme CEI 11-17.

I cavidotti, sono costituiti con i singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari a flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna. Nei principali cambi di direzione sono previsti appositi pozzetti (per l'esatto posizionamento si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati).

Le canalizzazioni interrato per il contenimento e la protezione delle linee sono realizzate esclusivamente con: cavidotto flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla Norma C 68 – 171, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'idoneo accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

All'interno dei pozzetti, l'imbocco delle canalizzazioni è debitamente stuccato con malta cementizia.

La profondità di posa minima dei cavidotti dal piano di calpestio è di norma:

- pari a cm 60 in sede non stradale
- maggiore di cm 100, estradosso tubo, in sede stradale.

E' cura della direzione lavori verificare che i cavidotti siano posizionati ad adeguata distanza da eventuali apparati radicali degli alberi.

Nei nodi di derivazione, nelle giunzioni e nei cambi di direzione, sono installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo.

Non sono previsti pozzetti di derivazione costruiti sul posto e realizzati con dime.

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti prefabbricati hanno il fondo completamente aperto; sono posati su letto di ghiaia costipata dello spessore minimo di cm 10.

Il controtelaio ed i lati dei pozzetti sono protetti e fissati attraverso uno strato di calcestruzzo dosato a q.li 2,5 di cemento per metro cubo e fissati saldamente.

I pozzetti hanno di norma le seguenti misure interne:

- pozzetto a base palo: 30 x 30 x 60 cm;
- pozzetto rompitratta: 50 x 50 x 60 cm.

Il cavidotto non potrà mai entrare nel pozzetto dal fondo dello stesso, ma solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia

La realizzazione dei cavidotti è conforme alle normative rispettando i raggi di curvatura e che il diametro interno dei tubi protettivi sia almeno 1,3 volte quello del fascio di cavi passanti, in tal modo da garantire la sfilabilità.

Per tutti gli impianti in cui è prevista una distribuzione trifase, i punti luce sono collegati alternativamente, in modo ciclico, sulle tre fasi

8.7. GIUNZIONI ED IDENTIFICAZIONE DELLE FASI

Le giunzioni delle linee dorsali, quando necessarie, sono realizzate esclusivamente in pozzetto e sono costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori.

La giunzione è realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno 3-4 passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro in PVC. A completamento la giunzione è ricoperta con resina epossidica. A lavoro finito la giunzione deve risultare meccanicamente salda, non deve essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione, con i cavi ben distanziati tra di loro e mai affiancati.

In ogni caso le giunte devono essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, contestualmente alla posa delle linee, è previsto che ogni conduttore venga opportunamente etichettato con l'indicazione del circuito e della fase di appartenenza per mezzo di fascette in nylon. L'indicazione è prevista all'interno dei

pozzetti di giunzione, sulle derivazioni del palo e sul quadro elettrico in prossimità dell'interruttore corrispondente.

8.8. IMPIANTO DI TERRA

Gli impianti sono realizzati in classe II e pertanto non occorre prevedere la messa a terra sia degli apparecchi illuminanti che dei pali.