

COMUNE DI CASTELVERDE

PROVINCIA DI CREMONA



**REALIZZAZIONE TANGENZIALE COSTA S.ABRAMO**

**STRALCIO FUNZIONALE 2**

**LOTTO 2**

**ANALISI DEL RISCHIO**

**E02**

Committente: Amministrazione Comunale di Castelveverde

Progetto: Studio Tecnico ing. Guido Favalli  
p.i. Roberto Tarletti

Febbraio 2023

Il presente elaborato espone la classificazione illuminotecnica del Comune di Castelverde effettuata sulla base della norma UNI EN 11248:2016, la quale fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada. Tali condizioni sono chiaramente identificate ed univocamente definite nella UNI EN 13201-2:2016, mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica, e della norma UNI 10819, per quanto riguarda le prescrizioni sull'inquinamento luminoso. Ultimo riferimento da non dimenticare, le normative regionali di settore.

## 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 1.1 UNI EN 11248 – 2016

La norma fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione da adottare in una data zona della strada identificata per le sue peculiarità nelle condizioni del traffico e nelle necessità di illuminazione. Le possibili condizioni di illuminazione sono identificate e definite in modo esaustivo nella UNI EN 13201-2, mediante la definizione di categorie illuminotecniche.

La norma si basa, nei suoi principi fondamentali, sui contenuti scientifici della CIE 115:2010 e recepisce i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1:2015. Tal fine introduce il concetto di parametro di influenza e la richiesta di valutazione dei rischi da parte del progettista.

La norma UNI EN 11248 – 2016 identifica e prescrive una metodologia da adottare nelle fasi di programmazione e progettazione. Tale norma, a partire da dati specifici del tipo di strada (valori di input per la procedura) consente di attribuire a ciascuna strada la categoria illuminotecnica adeguata. Tale metodologia è basata su un procedimento sottrattivo che, a seguito di un'analisi dei rischi (fase in cui il progettista valuta i parametri di influenza) permette di individuare sia la categoria illuminotecnica di progetto sia quello di esercizio.

La norma UNI EN 11248:

- Indica come classificare una zona esterna destinata al traffico (zona di studio), ai fini di determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso;
- Fornisce la procedura per la selezione delle categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio che competono alla zona di studio classificata;
- Identifica gli aspetti che condizionano l'illuminazione stradale e, attraverso la valutazione dei rischi, permette l'ottimizzazione dei consumi energetici con conseguente possibile riduzione dell'impatto ambientale e dell'inquinamento luminoso;
- Introduce una corrispondenza tra varie serie di categorie illuminotecniche comparabili o alternative;
- Fornisce, per l'illuminazione delle intersezioni stradali, prescrizioni sulla determinazione delle zone di studio e introduce griglie di calcolo integrative rispetto a quelle considerate nella UNI EN 13201-3:2016.
- Fornisce elementi per l'applicazione delle metodologie di misurazione descritte nella UNI EN 13201-4;

Fornisce elementi per la selezione delle caratteristiche fotometriche della pavimentazione stradale di riferimento per i calcoli.

### 1.2 Definizioni

**Carreggiata:** Parte della strada tipicamente usata dal traffico veicolare (UNI EN 12665:2011, punto 3.5.29).

**Categoria illuminotecnica:** Condizioni di illuminazione in grado di soddisfare i requisiti per l'illuminazione di una data zona di studio.

**Categoria illuminotecnica di ingresso:** Categoria illuminotecnica necessaria ai fini dell'analisi dei rischi determinata, per un dato impianto, considerando esclusivamente la classificazione delle strade.

**Categoria illuminotecnica di progetto:** Categoria illuminotecnica ricavata, per un dato impianto, modificando la categoria illuminotecnica di ingresso in base al valore dei parametri di influenza individuati nella analisi dei rischi e considerati costanti nel tempo.

**Categoria illuminotecnica di esercizio:** Categoria illuminotecnica che descrive la condizione di illuminazione prodotta da un dato impianto in uno specifico istante della sua vita o in una definita e prevista condizione operativa.

**Complessità del campo visivo:** Parametro che, valutata la presenza di ogni elemento visibile compreso nel campo visivo (UN I EN 12665:2011, punto 3. 1 . 1 O) di un utente della strada, indica quanto l'utente possa esserne confuso, distratto, disturbato o infastidito.

**Condizione di illuminazione:** Insieme coerente di parametri illuminotecnici e dei loro valori numerici in grado di quantificare le prestazioni illuminotecniche di un impianto in una data zona di studio.

**Flusso orario di traffico:** Numero di utenti della strada che attraversano una data sezione della zona di studio in un definito intervallo di tempo pari a 1 h e in ambedue le direzioni.

**Guida visiva:** Configurazione geometrica di sorgenti di luce e/o segnaletica che assicura l'individuazione del tracciato stradale da parte dell'utente della strada.

**Illuminazione a regolazione:** Illuminazione con variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento in relazione al flusso orario di traffico, condizioni meteo o altri parametri.

**Illuminazione a regolazione predefinita:** Illuminazione a regolazione che opera secondo delle valutazioni a priori esplicitate dal progettista nella valutazione dei rischi.

**Illuminazione a regolazione in tempo reale (illuminazione adattiva):** Illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate in brevi tempi prestabiliti e con continuità in base alle reali condizioni dei parametri di influenza come il flusso orario di traffico, la tipologia di traffico o le condizioni atmosferiche, misurati senza interruzioni.

4

**Incidenti pregressi:** Statistica degli incidenti avvenuti, nel passato, in condizioni diurne e notturne nella strada da illuminare o in una zona equivalente, nel caso di strade di nuova costruzione.

**Intersezioni a livelli sfalsati (svincoli):** Insieme di infrastrutture (sovrappassi, sottopassi e rampe) che consente lo smistamento delle correnti veicolari tra rami di strade posti a diversi livelli.

**Intersezioni a raso e/o a rotatoria (incroci):** Area comune a più strade organizzata in modo da consentire lo smistamento delle correnti di traffico dall'una all'altra di esse.

**Luminosità ambientale:** Livello delle luminanze dell'ambiente considerando tutte sorgenti di luce presenti.

**Parametro di influenza:** Parametro in grado di influenzare la scelta della categoria illuminotecnica. I parametri di influenza possono essere per loro natura qualitativi o quantitativi. Parametri quantitativi potrebbero essere noti solo in modo qualitativo. Per comodità non viene fatta distinzione tra parametri propriamente detti (per esempio il flusso orario di traffico) o valutazione di una determinata condizione della zona di studio (per esempio la presenza o assenza di zone di conflitto).

**Parametri di influenza costanti nel lungo periodo:** Parametri per i quali non si prevedono variazioni significative durante la vita presunta dell'impianto o per una ragionevole parte di essa.

**Parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale:** Parametri per i quali si prevedono variazioni significative nel tempo, per esempio durante la notte, la settimana, le stagioni.

**Portata di servizio:** Valore massimo del flusso di traffico smaltibile dalla strada con il livello di servizio assegnato.

**Portata di servizio per corsia:** Valore massimo del flusso orario di traffico smaltibile dalla corsia con il livello di servizio assegnato.

**Rallentatori di velocità:** Dispositivi applicati alla pavimentazione stradale atti a rallentare il flusso orario di traffico.

**Regolatore di flusso luminoso:** Sistema o metodo che permette, associato a una adeguata procedura, di regolare il flusso luminoso emesso da uno o più apparecchi di illuminazione in funzione di uno o più parametri specificati.

**Segnaletica cospicua:** Segnali stradali che attraggono l'attenzione degli utenti della strada a causa delle caratteristiche costruttive e/o funzionali e che, pertanto, sono facilmente individuati dagli stessi e correttamente interpretati. La luminanza del segnale rispetto allo sfondo e quindi il suo contrasto rappresenta il parametro principale per valutare la cospicuità del segnale rispetto alle condizioni ambientali e di visione.

**Strada:** Area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali.

Il termine di strada è generico e intende aree denominate in modo più specifico come piazza, incrocio, rotatoria, pista ciclabile, area pedonale, ecc.

**Tipo di strada:** Classificazione delle strade riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali.

**Tipo di utente:** Classificazione delle persone o dei veicoli presenti in una zona adibita al traffico.

5

**Zona di conflitto:** Zona della strada nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano fra di loro o si sovrappongono con zone frequentate da tipi di utenti diversi.

Esempi di zone di conflitto sono gli svincoli, le intersezioni e/o le zone con contemporanea presenza di flussi di traffico diversi (per esempio ciclisti e veicoli).

**Zona di studio:** Parte della strada considerata per la progettazione di un dato impianto di illuminazione e che presenta condizioni di traffico omogenee.

Le fasi della classificazione possono esser meglio esplicate secondo le definizioni espresse nei seguenti paragrafi.

**Categoria illuminotecnica di riferimento:** tale categoria deriva direttamente dalle leggi e norme di settore tra cui il Codice della strada.

**Categoria illuminotecnica di progetto:** dipende dall'applicazione dei parametri di influenza e specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel progetto dell'impianto.

**Categorie illuminotecniche di esercizio:** in relazione all'analisi dei rischi e agli aspetti di contenimento dei consumi energetici, sono quelle categorie che tengono conto della variazione nel tempo dei parametri di influenza, tra cui la variazione del flusso del traffico durante la giornata.

Nella definizione della categoria illuminotecnica di progetto vengono individuati i parametri di influenza applicabili e definiti dalle stesse categorie illuminotecniche attraverso una valutazione dei rischi con evidenza dei criteri e delle fonti d'informazioni che giustificano le scelte effettuate.

L'analisi dei rischi sopra citata consiste nella valutazione dei parametri di influenza ed ha lo scopo di garantire la massima efficacia degli impianti di illuminazione rispetto alla sicurezza degli utenti della strada, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione.

### 1.3 Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi è parte obbligatoria e integrante del progetto illuminotecnico e consiste nella valutazione dei parametri d'influenza al fine d'individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

Può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- a) Sopralluogo con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate;
- b) Individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali Direttive e norme cogenti, dalla norma e da esigenze specifiche;
- c) Studio preliminare del rischio determinando gli eventi potenzialmente pericolosi, in base agli incidenti pregressi ed al rapporto tra incidenti diurni e notturni, e classificandoli in funzione della frequenza e della gravità;
- d) Creazione di una gerarchia di interventi per assicurare a lungo termine i livelli di sicurezza richiesti da direttive e norme cogenti per quanto dipendenti dalle condizioni di illuminazione.

La sintesi conclusiva stabilisce la messa in sicurezza della zona di studio in base all'importanza delle considerazioni emerse nella fase di analisi. Lo stesso documento individua le conseguenze relative all'esercizio di ogni impianto, fissando i criteri da seguire per garantire, nel tempo, livelli di sicurezza adeguati al caso.

La classificazione illuminotecnica delle strade è condotta a partire dalle categorie illuminotecniche in ingresso, in accordo con il Prospetto 1 della Norma UNI 11248:2016. 6

### 1.4 Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi è parte obbligatoria e integrante del progetto illuminotecnico e consiste nella valutazione dei parametri d'influenza al fine d'individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

Può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- e) Sopralluogo con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate;
- f) Individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali Direttive e norme cogenti, dalla norma e da esigenze specifiche;
- g) Studio preliminare del rischio determinando gli eventi potenzialmente pericolosi, in base agli incidenti pregressi ed al rapporto tra incidenti diurni e notturni, e classificandoli in funzione della frequenza e della gravità;
- h) Creazione di una gerarchia di interventi per assicurare a lungo termine i livelli di sicurezza richiesti da direttive e norme cogenti per quanto dipendenti dalle condizioni di illuminazione.

La sintesi conclusiva stabilisce la messa in sicurezza della zona di studio in base all'importanza delle considerazioni emerse nella fase di analisi. Lo stesso documento individua le conseguenze relative all'esercizio di ogni impianto, fissando i criteri da seguire per garantire, nel tempo, livelli di sicurezza adeguati al caso.

La classificazione illuminotecnica delle strade è condotta a partire dalle categorie illuminotecniche in ingresso, in accordo con il Prospetto 1 della Norma UNI 11248:2016. 6

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

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h <sup>-1</sup> ]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento <sup>2)</sup>	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F <sup>3)</sup>	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) <sup>1)</sup>	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali <sup>4)</sup>	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare <sup>1)</sup>	30	

1)

Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792<sup>[10]</sup>.

2)

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

3)

Vedere punto 6.3.

4)

Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".

## 1.2 Parametri di influenza

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.

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

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto <sup>1) 2)</sup>	1
Segnaletica cospicua <sup>3)</sup> nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 <sup>[5]</sup> .	

I parametri di influenza variabili nel tempo in modo 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 8 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 (FV0)<sup>11</sup>.

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.

**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.

Le portate di servizio sono indicate nel D.M. del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", alla colonna 16 (Portata di servizio per corsia) della Tabella 3.4.a - Composizione della carreggiata.

9

TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	$V_p$ min [km/h]	$q_{max}$	$f_{t max}$	Raggio minimo [m]
<b>AUTOSTRADA</b> <b>A</b>	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	90	0,07	0,118	339
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
	URBANO	STRADA PRINCIPALE	80	0,07	0,130	252
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,035	0,210	51
<b>EXTRAURBANA PRINCIPALE</b> <b>B</b>	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	70	0,07	0,147	178
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
<b>EXTRAURBANA SECONDARIA</b> <b>C</b>	EXTRAURBANO		60	0,07	0,170	118
<b>URBANA DI SCORRIMENTO</b> <b>D</b>	URBANO	STRADA PRINCIPALE	50	0,05	0,205	77
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	25	0,035	0,220	19
<b>URBANA DI QUARTIERE</b> <b>E</b>	URBANO		40	0,035	0,210	51
<b>LOCALE</b> <b>F</b>	EXTRAURBANO		40	0,07	0,210	45
	URBANO		25	0,035	0,220	19

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.



**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, rotatorie (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 segnarli adeguatamente
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

**2.5 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 ( $U_0$ ), l'uniformità longitudinale della luminanza ( $U_l$ ), l'incremento di soglia ( $f_{TL}$ ) e il rapporto dell'illuminamento ai bordi ( $RE_l$ ) devono essere calcolati e misurati in conformità alle norme UNI EN 13201-3 e UNI EN 13201-4.

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	Asciutto
	$\bar{L}$ [minima mantenuta] $\text{cd} \times \text{m}^2$	$U_o$ [minima]	$U_l^a)$ [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 ( $U_l$ ) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.
- b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- c) I valori indicati nella colonna  $f_{Tl}$  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.

## 2.6 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 ( $U_o$ ) 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	$U_o$ [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

## 2.5 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 ( $E_{\text{hs}}$ ) e l'uniformità generale dell'illuminamento emisferico ( $U_0$ ) devono essere calcolati e misurati secondo la EN 12 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.

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	$\bar{E}$ <sup>a)</sup> [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			

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	
	$\bar{E}_{\text{hs}}$ [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	

## 2.6 Requisiti aggiuntivi

Le categorie **SC** nel prospetto 5 sono previste come categorie complementari per le aree pedonali ai fini del miglioramento del riconoscimento facciale e dell'aumento della sensazione di sicurezza. Il valore di  $E_{sc,min}$  deve essere valutato su un piano a 1,5 m al di sopra della zona della strada.

Le categorie **EV** del prospetto 6 sono previste come categorie complementari in situazioni dove è necessario vedere superfici verticali, per esempio nelle zone di intersezione.

L'illuminamento semicilindrico minimo ( $E_{sc,min}$ ) e l'illuminamento minimo del piano verticale ( $E_{v,min}$ ) 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 5 e 6 può comprendere tutta la zona della strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

13

prospetto 5 **Categorie illuminotecniche SC**

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
SC1	10,0
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

prospetto 6 **Categorie illuminotecniche EV**

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx
EV1	50
EV2	30
EV3	10,0
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

## 1.5 Comparazione delle categorie illuminotecniche

Se la zona di studio prevede una categoria illuminotecnica di tipo M, ma per la conformazione della strada non è possibile eseguire il calcolo della luminanza media secondo la UNI EN 13201-3 si devono adottare le categorie illuminotecniche come specificato nel prospetto 6.

Quando zone di studio adiacenti (per esempio marciapiede adiacente alla strada) e/o contigue (per esempio attraversamento pedonale) prevedono categorie illuminotecniche diverse che a loro volta impongono requisiti prestazionali basati sulla luminanza o sull'illuminamento è necessario individuare le categorie illuminotecniche che presentano un livello luminoso comparabile come specificato nel prospetto 6. Si deve evitare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche comparabili. La zona in cui il livello luminoso raccomandato è il più elevato, costituisce la zona di riferimento.

Quando la zona contigua è una intersezione stradale si devono adottare i requisiti specificati nell'appendice A.

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di $Q_0$ vedere punto 13 e l'appendice B.						

14

Considerate le possibili interazioni esistenti tra le aree adibite al traffico, quelle destinate a parcheggio (pubbliche o private) e, se esistenti, quelle di collegamento tra le due precedenti, il progettista in base alle effettive esigenze e tipologie delle zone da illuminare, deve valutare le condizioni e i requisiti più idonei.

### 1.6 Inquinamento luminoso

In fase di progettazione degli impianti di illuminazione pubblica è necessario analizzare le problematiche inerenti all'inquinamento luminoso, fenomeno che avviene quando la luce emessa dai corpi illuminanti per esterni è rivolta verso l'alto e di conseguenza dispersa. Questo fenomeno provoca danni di vario genere:

- Ambientali (perdita di orientamento per gli animali, alterazione dei ritmi circadiani nell'uomo),
- Culturali (sparizione del cielo stellato a causa della troppa luce rivolta verso il cielo),
- Economici (spreco di energia elettrica per zone che non necessitano di illuminazione).

Quasi tutte le regioni italiane si sono dotate di disposizioni legislative, regolamenti comunali e/o circolari prefettizie in materia di inquinamento luminoso allo scopo di garantire il rispetto dei requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto di flusso luminoso proveniente da sorgenti di luce artificiale. In assenza di riferimenti legislativi regionali viene applicata la norma UNI 10819 "Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso". Quest'ultima tuttavia non considera la limitazione della luminanza notturna del cielo, dovuta alla riflessione delle superfici illuminate o a particolari condizioni locali, tra le quali l'inquinamento atmosferico.

Le principali finalità delle leggi regionali contro la dispersione di luce artificiale verso l'alto sono le seguenti:

- Riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi.
- Riduzione dei fenomeni d'abbagliamento
- Tutela dall'inquinamento luminoso dei siti degli osservatori astronomici professionali e non professionali di rilevanza regionale o provinciale, nonché delle loro zone circostanti.
- Miglioramento della qualità della vita e delle condizioni di fruizione dei centri urbani e dei beni ambientali.

16

## 2. FATTORE MF (MANTEINANCE FACTOR)

Per la redazione dei calcoli illuminotecnici è stato valutato il “fattore di manutenzione”, che indica il deprezzamento del flusso emesso a causa di diversi fattori; tale coefficiente considera il flusso emesso nella peggior condizione possibile prima di un intervento di manutenzione

La norma tecnica CIE 154:2003 “The maintenance of outdoor lighting systems” definisce le modalità di calcolo del fattore di manutenzione:

$$LMF \times LSF \times LLMF$$

Dove:

MF = Maintenance Factor (fattore di manutenzione)

LMF = Luminaire maintenance factor (Fattore di manutenzione del punto luce)

LSF = Lamp Survival Factor (fattore di mortalità sorgente)

LLMF = Lamp lumen maintenance factor (Fattore di deprezzamento del flusso)

L'LMF è stabilito dalla norma citata ed esattamente dallo stralcio allegato.

Gli apparecchi LED proposti hanno IP67 e schermo in vetro, si prevede un programma di pulizia ogni due anni e un livello di inquinazione medio.

Il parametro LSF dipende dalla probabilità che la lampada sopravviva nell'arco della vita utile dichiarata e il parametro LLMF rappresenta il decadimento del flusso luminoso nel tempo.

Tali parametri dipendono dal fattore di mantenimento e dal tasso di guasto dichiarati dal costruttore.