



PROGETTO ESECUTIVO

illuminazione pubblica



INGEGNERIA E
INNOVAZIONE

REVISIONE	DESCR. REVISIONE	APPROVATO DA	REDATTO DA	SCALA	DATA
00	EMISSIONE	A.BATTISTINI	M.SARACINO	-	07/2021
TITOLO PROGETTO			NOME DOCUMENTO		
RIQUALIFICA LED DI 1000 PUNTI LUCE E DI RIFACIMENTO DELL'IMPIANTO DI VIALE RISORGIMENTO NEL COMUNE DI FORLÌ			RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA		
PROGETTISTA			LEGALE RAPPRESENTANTE		
A.BATTISTINI			A. BATTISTINI		
COMUNE				CIG	
COMUNE DI FORLÌ (FC)				2622381940	
				NUMERO ELABORATO RSP	
TIPO DOCUMENTO				NUMERO DI FOGLIO	
DOCUMENTO					



INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. IL PROGETTO ILLUMINOTECNICO.....	2
2.1. ANALISI DEI RISCHI.....	5
2.1.1. ILLUMINAZIONE DI AMBITI STRADALI E AD ESSI COLLEGATI 5	
2.1.2. NORME E CRITERI DI ANALISI	5
2.1.3. CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI INGRESSO E DI PROGETTO.....	6
2.1.4. CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI ESERCIZIO	8
2.1.5. TRATTI TIPO E CALCOLI ILLUMINOTECNICI.....	10
2.1.6. COEFFICIENTE DI MANUTENZIONE	11
2.1.7. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE	11
2.1.8. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA M.....	11
2.1.9. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA P O HS.....	12
2.1.10. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA C	13
2.2. RISULTATI	13
3. PIANO DEL REGIME DI FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI	14
3.1. REGOLAZIONE FLUSSO LUMINOSO	14
3.2. C.L.O.	14
3.3. PIANO DEL REGIME DI FUNZIONAMENTO PER DECADI	16

1. PREMESSA

Il presente progetto esecutivo prevede l'intervento di **riqualificazione dell'impianto di Pubblica Illuminazione** installato nel Comune di Forlì (FC) in **Viale Risorgimento**, in conformità di quanto previsto dalla vigente Legge Regionale D.G.R. n. 1732 del 12 novembre 2015 (BUR n. 299 del 20/11/2015): *Norme in materia di riduzione di inquinamento luminoso e di risparmio energetico*. (Regione Emilia Romagna). Questo progetto assume lo spirito delle politiche europee, nazionali e regionali recentemente emanate con l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra entro il 2020.

Oltre a tali punti luce il progetto esecutivo prevede la sostituzione con apparecchi illuminanti a LED di una quota degli attuali impianti di illuminazione pubblica individuati nell'area della Via Cervese e dei quartieri limitrofi, per un totale di circa 1000 punti luce.

La riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione oggetto del presente progetto esecutivo, mediante l'esteso impiego di lampade ad alta efficienza (LED), assicurerà un significativo miglioramento della qualità del servizio erogato ai cittadini.

2. IL PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Uno dei punti cardine del progetto illuminotecnico è rappresentato dalla norma UN 11248, che fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione da adottare in una data zona della strada identificata per le sue peculiarità e quindi individua le prestazioni illuminotecniche atte a contribuire alla sicurezza degli utenti della strada ed in particolare:

- indica come classificare una zona destinata al traffico, ai fini della determinazione della categoria illuminotecnica di ingresso
- fornisce la procedura per pervenire, attraverso la valutazione dei rischi, alla categoria illuminotecnica di progetto e a quelle di esercizio: tale metodologia progettuale è basata su un procedimento sottrattivo legato a diversi parametri di influenza
- definisce procedure e parametri utili a garantire il rispetto dei requisiti prestazionali di ogni categoria



Figura 1

Un impianto di illuminazione può illuminare parti della strada che richiedono livelli e condizioni di illuminazione diversi: primo compito del progettista è quello di individuare queste zone di studio.

Per ogni zona di studio il progettista seleziona una categoria illuminotecnica di ingresso, una di progetto e una o più categorie illuminotecniche di esercizio

Il prospetto per l'individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi riportato nella norma UNI 11248 riporta la classificazione delle strade secondo la legislazione in vigore.

Successivamente viene applicata la procedura di Analisi dei rischi, come meglio descritta al capitolo successivo.

L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare le **categorie illuminotecniche**.

In particolare, l'analisi deve prevedere almeno le seguenti fasi:

- **sopralluogo** con l'obiettivo di valutare lo stato esistente e determinare una gerarchia tra i parametri di influenza rilevanti per le strade esaminate
- individuazione dei parametri decisionali e delle procedure gestionali richieste da eventuali norme o leggi
- studio preliminare del rischio, determinando gli eventi potenzialmente pericolosi, in base agli incidenti pregressi ed al rapporto fra incidenti diurni e notturni, e classificandoli in funzione della frequenza e della gravità
- creazione di una gerarchia di interventi per assicurare a lungo termine i livelli di sicurezza richiesti, per quanto dipendenti dalle condizioni di illuminazione.

A questo punto il progettista deve individuare i corretti **parametri di influenza**, questi sono di due tipi:

- costanti nel lungo periodo: determinano la categoria illuminotecnica di **progetto**;
- variabili nel tempo in modo periodico o casuale: determinano le categorie illuminotecniche di **esercizio**, derivate da quella di progetto;

La somma del valore della riduzione di tutti i parametri di influenza generalmente costanti nel lungo periodo (ed eventualmente dei parametri variabili ritenuti stabilmente costanti), ridotta al più grande intero minore o uguale alla somma stessa (nel caso in cui vengano assunti valori della riduzione non interi), 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.

Il decremento massimo della categoria illuminotecnica di progetto a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso potrà essere pari a massimo due categorie.

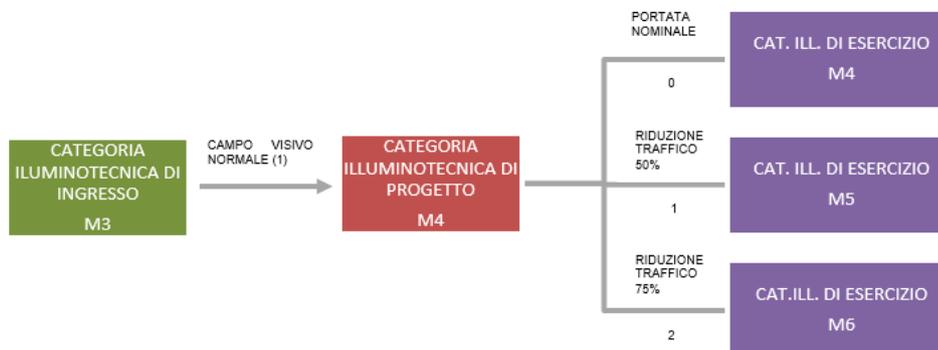


Figura 2

Il progettista deve eseguire il progetto illuminotecnico introducendo un fattore di manutenzione valutato per il tipo di apparecchio di illuminazione scelto (tipo di lampada, sistema di alimentazione, caratteristiche costruttive dell'apparecchio di illuminazione), per le modalità operative dell'impianto, per le condizioni ambientali e congruente con il piano di manutenzione previsto.

Come abbiamo visto, il coefficiente di manutenzione indica quanto il flusso luminoso iniziale deve essere deprezzato per far sì che – nella peggiore condizione prevedibile – le prestazioni dell'impianto rimangano sempre superiori alle prestazioni minime dettate dalle norme.

Riassumendo, le categorie di progetto individuate nel territorio comunale di Forlì sono quindi le seguenti:

- M3 (lungo le strade provinciali e statali);
- M4 (lungo le strade provinciali cittadine);
- M5 (lungo le strade secondarie del centro urbano);
- C3 (lungo incroci e rotonde e lungo le strade secondarie dei centri storici);
- P2 (nei parcheggi e lungo percorsi esclusivamente pedonali).
- P3 (nei parcheggi e lungo percorsi esclusivamente pedonali);

Individuate le categorie illuminotecniche di progetto, la consultazione della norma UNI EN13201-2 consente di valutare i parametri illuminotecnici ad esse associati.

L'impiego di adeguati strumenti informatici è stato pertanto fondamentale nella messa a punto della presente proposta progettuale: gli interventi previsti sono stati ideati, dimensionati e verificati con il supporto di un software di calcolo dedicato. L'adeguatezza degli apparecchi di illuminazione rispetto agli effetti luminosi desiderati è stata pertanto verificata attraverso calcoli illuminotecnici.

2.1. ANALISI DEI RISCHI

Dal punto di vista illuminotecnico, un buon impianto deve assicurare il giusto equilibrio tra due esigenze contrapposte: garantire prestazioni adeguate all'ambito considerato (per mantenere la sicurezza degli utenti della strada) e contenere al minimo i costi di gestione.

E' stato pertanto ritenuto necessario normare i livelli minimi e massimi necessari ad illuminare la strada e la procedura per la determinazione degli stessi, in base alla quale anche Hera Luce ha eseguito la sua analisi.

In particolare questa è partita da una prima classificazione degli ambiti stradali (detta "in ingresso") per poi procedere ad un'analisi dei rischi e a due classificazioni risultanti dette "di progetto" e "di esercizio", in relazione alle quali sono stati individuati i livelli di illuminazione adeguati. La verifica del rispetto di tali livelli da parte dell'impianto progettato è effettuata attraverso i calcoli illuminotecnici. Nei prossimi paragrafi l'argomento è maggiormente dettagliato.

2.1.1. ILLUMINAZIONE DI AMBITI STRADALI E AD ESSI COLLEGATI

L'identificazione dei parametri progettuali avviene attraverso 3 fasi successive e che determinano la definizione della categoria illuminotecnica degli ambiti stradali.

Le tre fasi si suddividono in:

- definizione della categoria illuminotecnica della strada di Ingresso per l'analisi dei rischi;
- definizione della categoria illuminotecnica della strada di Progetto;
- definizione della categoria illuminotecnica della strada di Esercizio.

2.1.2. NORME E CRITERI DI ANALISI

La classificazione illuminotecnica è stata elaborata nel pieno rispetto delle prescrizioni contenute nelle seguenti norme, leggi e regolamenti:

- Codice della Strada D.Lgs. 285/1992, DPR 495/92 aggiornato con D.Lgs. 150/2011 e Legge 183/2011;
- UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche"
- UNI EN 13201-2:2016 "Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali";
- UNI EN 13201-3:2016 "Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle Prestazioni";
- UNI EN 13201-4:2016 "Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di Misurazione delle Prestazioni Fotometriche";

In particolare il Codice della Strada suddivide tutte le strade in macrocategorie dalla A alla F-bis in relazione alle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali. In base a queste la Norma UNI 11248, considerando anche i limiti di velocità, stabilisce le categorie di ingresso per la classificazione, a partire dalle quali viene effettuata un'analisi dei rischi che tiene conto del traffico stradale, della complessità del campo visivo (es. presenza di eventuali sorgenti luminose diverse da quelle derivanti dall'illuminazione pubblica come negozi o cartelloni pubblicitari, dalla presenza di alberi, ecc.), delle zone di conflitto (es. attraversamenti

pedonali, zone pedonali, ecc.), del pericolo di aggressione e in generale di tutti i fattori che possono influenzare l'illuminazione della strada, per definire la categoria illuminotecnica di progetto. Alla categoria illuminotecnica di progetto corrispondono i valori minimi o massimi di alcuni parametri che definiscono il livello di illuminazione, come la luminanza o l'illuminamento, l'uniformità, l'abbagliamento. La norma UNI 11248 stabilisce poi che la categoria di progetto possa essere ulteriormente modificata in alcuni periodi di accensione dell'impianto in funzione di alcuni parametri variabili nel tempo che influiscono sull'illuminazione necessaria (come ad es. il livello di traffico). La classificazione illuminotecnica che deriva da queste valutazioni viene definita "di esercizio". Il rispetto dei valori minimi e massimi indicati dalla normativa viene accertato dall'esecuzione dei calcoli illuminotecnici.

2.1.3. CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI INGRESSO E DI PROGETTO

Nel caso specifico del Comune di Forlì, la classificazione in ingresso viene attribuita in base al Codice della Strada insieme al D.M 05/11/2016 n.6972 e successivamente analizzata per stabilire quella di progetto. Il comune di Forlì non presenta un Piano Urbano del Traffico (PUT), pertanto l'assegnazione della classificazione illuminotecnica di ingresso delle strade è stata stabilita in accordo con la vigente normativa e seguendo le disposizioni dell'Amministrazione Comunale.

Per procedere alla definizione della categoria illuminotecnica di ingresso si procederà a:

- suddividere la strada in zone di studio con condizioni omogenee;
- identificare il tipo di strada (classe stradale) per ogni zona – o, in assenza di PUT, utilizzare quanto prescritto nel D.M. 6792 del 05-11-2001.

In relazione al tipo di strada, con l'ausilio del prospetto 1 del paragrafo 7 della norma UNI 11248, viene definita la categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limite di Velocità (km h)	Categoria illuminotecnica di INGRESSO PER L'ANALISI DEI RISCHI
A1	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 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⁾	70 - 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	5	
	Strade locali urbane: 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	

1) Secondo il DM 5-11-2011, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti e successive integrazioni e modifiche.

2) Per 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 a questa (prospetto 6).

3) Vedere punto 6.3.

4) Secondo la Legge 1° agosto 2003 numero 214" conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche caso di indicazione multipla, la categoria dovrà essere scelta attraverso l'analisi dei rischi.

TITOLO PROGETTO RIQUALIFICAZIONE LED DI 1000 PUNTI LUCE E DI RIFACIMENTO DELL'IMPIANTO DI VIALE RISORGIMENTO NEL COMUNE DI FORLÌ	CODICE CIG 2622381940	DOCUMENTO RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA	N. FOGLIO 8	DI 17
--	-------------------------------------	---	-----------------------	-----------------

La definizione della categoria di progetto avviene modificando la categoria di ingresso in base al tipo di strada ed ai parametri di influenza considerati nella valutazione del rischio.

Possibile variazione di categoria illuminotecnica in relazione al reale livello dei parametri di influenza	
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
Pericolo di aggressione non segnalato	1
Flusso del traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso del traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia del traffico	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	

Tabella 1: Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo

In particolare le vie più trafficate e più ampie (come ad es. Via Cervese) sono state classificate M3, le strade intermedie per larghezza e livello di traffico sono state classificate come M4, le strade con minor flusso di traffico o residenziali sono classificate M5. I parcheggi sono stati classificati infine in categoria P2 e P3, le ciclopedonali o parchi in P1, P2 o P3. Le rotonde in C2, C3 e C4. Sono presenti alcuni punti isolati classificati con P7.

2.1.4. CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI ESERCIZIO

La definizione di una o più categorie di esercizio si determina in base alla valutazione dei requisiti prestazionali che l'impianto dovrà garantire in relazione al variare nel tempo dei parametri d'influenza (es. il variare dei flussi del traffico durante la giornata o durante l'anno). Questi parametri determinano categorie d'esercizio maggiori o minori della categoria di progetto. La classe illuminotecnica di progetto coincide con quella di esercizio quando i parametri di influenza non cambiano rispetto alle condizioni progettuali.

Le tabelle sottostanti, come da UNI EN 13201-2, riportano i parametri di riferimento per le principali categorie illuminotecniche, stradali e non.

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AMBITO STRADALE				
Da utilizzare unitamente alla tabella 2				
Classe	Luminanza minima mantenuta Lm (cd/mq)	Uniformità minima		Valore Max indice abbagliamento debilitante f _{TI} (%)
		U _o (*)	U _I (**)	
M1	2,0	0,40	0,70	10
M2	1,5	0,40	0,70	10
M3	1,0	0,40	0,60	15

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AMBITO STRADALE

Da utilizzare unitamente alla tabella 2

M4	0,75	0,40	0,60	15
M5	0,5	0,35	0,40	15
M6	0,3	0,35	0,40	20

Tabella 2

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN ZONE DI CONFLITTO

(es. rotoatorie, sottopassi, le strade commerciali, ecc.)

Classe	Illuminamento medio orizzontale (lux) (minimo)	Uniformità U0 (minimo)
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7.5	0,4

Tabella 3

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI

(es. parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili , ecc.)

Classe	Illuminamento orizzontale (lux)	medio	Illuminamento minimo orizzontale (lux)
P1	15		3
P2	10		2
P3	7.5		1.5
P4	5		1
P5	3		0,6
P6	2		0,4
P7	Non determinato		

Tabella 4

Sulla base dei parametri di influenza variabili nel tempo (ad es. il flusso di traffico o la presenza di negozi o edifici illuminati solo fino ad una certa ora), vengono definite diverse categorie illuminotecniche di esercizio. In particolar modo, sulla base dei dati del traffico rilevati nel Comune di Forlì, è possibile prevedere una variazione di categoria pari a 1 classe qualora il flusso di traffico risulti inferiore al 50% della portata di servizio e una variazione di categoria pari a 2 classi qualora il flusso di traffico risulti inferiore al 25% della portata di servizio. A titolo esemplificativo, si riportano le variazioni di categoria possibili a partire dalla categoria di progetto considerata: la classe illuminotecnica di progetto corrisponde alla classe illuminotecnica di esercizio i cui parametri non variano rispetto alle condizioni progettuali.

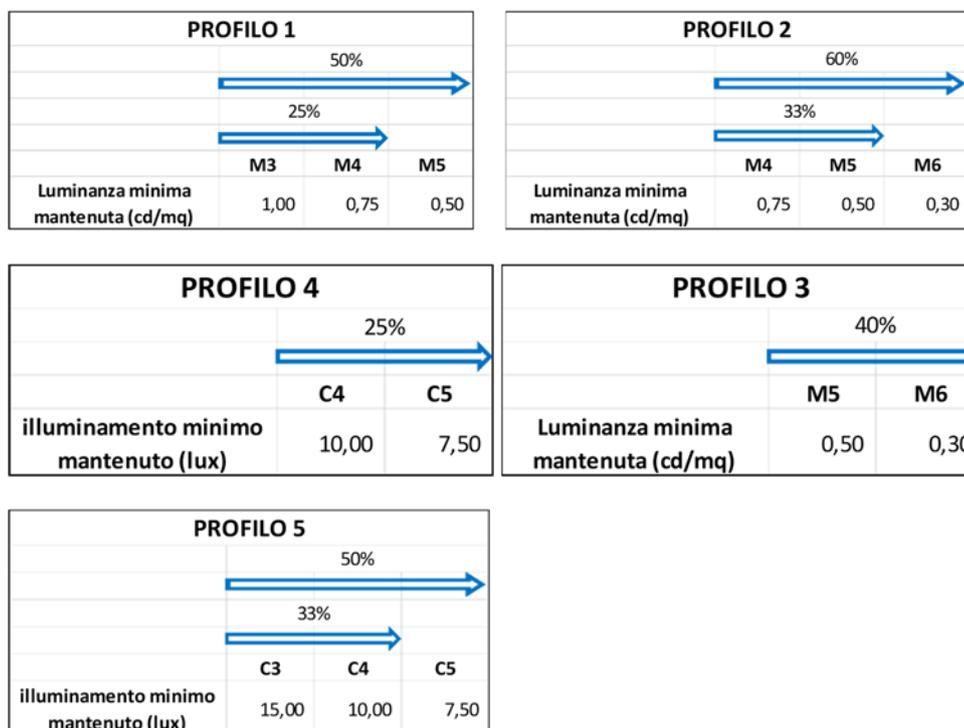


Figura 3

2.1.5. TRATTI TIPO E CALCOLI ILLUMINOTECNICI

I calcoli illuminotecnici vengono svolti sulla base dell'individuazione del tratto tipo e della tipologia di apparecchiatura da installare, allo scopo di verificare il rispetto dei parametri minimi richiesti dalla Norma UNI EN 13201 – 2 per le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio dell'ambito considerato. I tratti tipo sono tipologie omogenee di ambito stradale, che vengono individuate suddividendo il territorio comunale a seconda:

- della destinazione d'uso dell'ambito: se stradale, ciclabile/pedonale, incrocio/rotonda o parcheggio;
- della geometria dell'ambito: definendo la larghezza, rispettivamente, di strade, piste ciclabili, banchine transitabili o non, parcheggi, marciapiedi, aree verdi;
- del tipo di apparecchi illuminanti presenti nell'ambito: se stradali, arredi urbani, arredi artistici, sfere;
- della posizione della sorgente rispetto al bordo della carreggiata: considerando l'altezza fuori terra del sostegno e la distanza tra baricentro dell'apparecchio e bordo dell'ambito considerato;
- della posizione relativa tra i vari punti luce: considerando l'interdistanza e la disposizione nell'ambito (unilineare, bilineare, quinquonce, doppio centro, ...);
- della classificazione illuminotecnica di progetto o di esercizio, a seconda della tipologia di calcoli illuminotecnici che si stanno eseguendo.

I calcoli illuminotecnici permettono di individuare la potenza minima necessaria al rispetto dei parametri stabiliti dalla Norma nel tratto tipo

considerato, permettendo la massimizzazione delle prestazioni energetiche. Alla presente relazione sono allegati i calcoli illuminotecnici effettuati per tipologia di tratto tipo.

2.1.6. COEFFICIENTE DI MANUTENZIONE

Il **fattore di manutenzione K_m** adottato per la redazione dei calcoli illuminotecnici è 0.85.

2.1.7. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE

L'obiettivo delle simulazioni illuminotecniche è quello di verificare il rispetto dei parametri illuminotecnici di cui alla norma UNI 13201-2 del 2016 sia per quanto riguarda le sezioni stradali che le altre tipologie (marciapiedi, pedonali, rotatorie, piazze, ecc.), i cui valori sono riportati nelle tabelle seguenti:

La seguente Tabella riporta i requisiti illuminotecnici minimi di progetto delle strade richieste in funzione dell'indice illuminotecnico ottenuto dalla classificazione delle strade secondo la EN 1320 fra cui:

- L_m : Luminanza minima mantenuta
- U_o : rapporto fra illuminamenti/luminanze minima e media su un tratto stradale significativo)
- U_i : rapporto tra illuminamento/luminanze minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia): si tratta di parametri che, insieme ai livelli minimi, concorrono alla sicurezza del traffico e degli utilizzatori.
- TI%: Valore massimo abbagliamento debilitante
- E_{min} : Illuminamento minimo mantenuto
- E_{medio} : Illuminamento medio

Gli illuminamenti sono stati calcolati in base al manto stradale di tipo C2 con coefficiente medio di luminanza q_o pari a $0,07 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$.

2.1.8. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA M

Le categorie M definiscono i parametri minimi necessari per soddisfare prevalentemente le esigenze del traffico motorizzato, nei casi in cui la luminanza sia applicabile. Il parametro di riferimento è quindi la luminanza (cd/mq).

CLASSE	LUMINANZA MINIMA MANTENUTA LM (CD/MQ)	UNIFORMITÀ MINIMA		VALORE MAX INDICE ABBAGLIAMENTO DEBILITANTE TI (%)
		$U_o^{(*)}$	$U_i^{(**)}$	
M 1	2,0	0,40	0,70	10
M 2	1,5	0,40	0,70	10
M 3	1,0	0,40	0,60	15
M 4	0,75	0,40	0,60	15
M 5	0,5	0,35	0,40	15
M 6	0,3	0,35	0,40	20

Tabella 5 Progettazione illuminotecnica in ambito stradale

La successiva Tabella integra la Norma UNI 11248 con la norma EN 13201 per permettere una progettazione illuminotecnica coordinata sul territorio.

Classe C: 6 classi da 0 a 5 che definiscono gli illuminamenti orizzontali di aree di conflitto come strade commerciali, incroci principali, rotatorie, sottopassi pedonali ecc

Classe P: 6 classi da 1 a 7 che definiscono gli illuminamenti orizzontali per strade e piazze pedonali, piste ciclabili, campi scuola, parcheggi ecc

Classe ES: 8 classi da 1 a 9 che favoriscono la percezione della sicurezza e la riduzione della propensione al crimine.

Classe EV: 5 classi da 1 a 6 che favoriscono la percezione di piani verticali in passaggi pedonali, caselli, ecc.

2.1.9. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA P O HS

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

CLASSE	ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE		REQUISITO AGGIUNTIVO PER IL RICONOSCIMENTO FACCIALE	
	E _{MEDIO} (LX)	E _{MIN} MANTENUTO(LX)	E _{v,MIN} MANTENUTO (LX)	E _{sc,MIN} MANTENUTO (LX)
P 1	15,0	3,00	5,0	5,00
P 2	10,0	2,00	3,0	2,00
P 3	7,50	1,50	2,50	1,50
P 4	5,00	1,00	1,50	1,00
P 5	3,00	0,60	1,00	0,60
P 6	2,00	0,40	0,60	0,20
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

Tabella 6- Progettazione illuminotecnica in ambito pedonale e ciclabile

CLASSE	ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE	
	E _{HS} MINIMO MANTENUTO (LX)	U _o MINIMO
HS 1	5,00	0,15
HS 2	2,50	0,15
HS 3	1,00	0,15
HS 4	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata

Tabella 7- Progettazione illuminotecnica in ambito pedonale e ciclabile

2.1.10. CATEGORIA ILLUMINOTECNICA C

Le categorie C riguardano i conducenti dei 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 code ecc. La classe C può essere anche applicata alle zone utilizzate dai pedoni e dai ciclisti.

CLASSE	ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE	
	E _{MEDIO} MINIMO MANTENUTO (LX)	U ₀ MINIMO
C 1	50	0,40
C 2	30	0,40
C 3	20	0,40
C 4	15	0,40
C 5	7,50	0,40

Tabella 8- Progettazione illuminotecnica riguardante le zone di conflitto

Livelli di prestazione visiva e di PROGETTO									
Classe EN 13201		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
Luminanze [cd/m ²]		2	1.5	1	0,75	0,5	0,3		
E orizzontali	C0 (50lx)	C1 (30lx)	C2 (20lx)	C3 (15lx)	C4 (10lx)	C5 (7.5lx)			
E orizzontali				P1 (15lx)	P2 (10lx)	P3 (7.5lx)	P4 (5lx)	P5 (3lx)	P6 (2lx)
E. semicilindrici	ES1 (10lx)	ES2 (7.5lx)	ES3 (5lx)	ES4 (3lx)	ES5 (2lx)	ES6 (1.5lx)	ES7 (1lx)	ES8 (0.75lx)	ES9 (0.5lx)
E. verticali		EV3 (10lx)	EV4 (5lx)	EV5 (0.5lx)					

Tabella 9– Livelli di prestazione visiva

Sulla base delle relazioni illuminotecniche è stato possibile fare l'assegnazione di modello e potenza per ogni punto luce appartenente ad un ambito omogeneo. Tutti i restanti punti luce non abbinabili ad ambiti omogenei (punti a geometria sparsa, punti isolati, proiettori, ecc.) sono stati riquilificati secondo una logica di punto-punto.

Naturalmente nel caso in esame, trattandosi di riquilificazione, non sempre è risultato possibile rispettare tutti i parametri (validi per nuove esecuzioni), dovendo mantenere vincoli di geometria, interdistanza ed altezza pali. In questi casi, comunque, è eventualmente stata sacrificata l'uniformità, ma si è sempre garantito il raggiungimento del livello di illuminamento medio minimo.

2.2. RISULTATI

Si sottolinea che alcuni punti luce sono stati esclusi dai calcoli in quanto, per normativa, non assoggettati a livelli minimi di illuminazione (es. punti luce isolati).

Nei calcoli sono stati considerati non solo gli ambiti stradali ma anche quelli contigui come marciapiedi e piste ciclabili.

All'interno dell'elaborato 'RC' Relazione calcoli illuminotecnici è possibile consultare il riepilogo dei risultati illuminotecnici in progetto per ogni zona di studio, ottenuti con la procedura descritta.

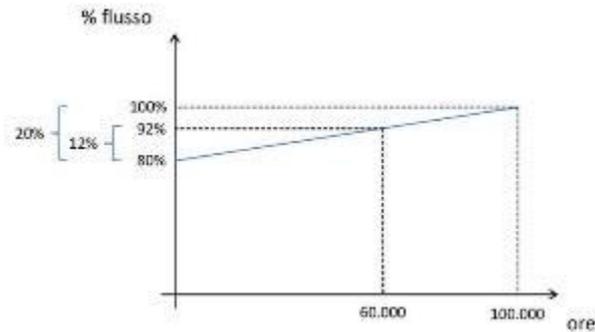
3. PIANO DEL REGIME DI FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

3.1. REGOLAZIONE FLUSSO LUMINOSO

La tecnologia LED permette una facile ed affidabile regolazione del flusso luminoso. Gli apparecchi sono equipaggiati con un alimentatore elettronico in grado di regolare l'emissione luminosa agendo direttamente sulla corrente che alimenta i LED del gruppo ottico e configurato con un profilo di dimmerazione automatica che permette di sfruttare la massima intensità luminosa nelle prime e nelle ultime ore di accensione dell'impianto, riducendo i consumi energetici nelle ore centrali della notte, quando frequentemente è sufficiente un livello di illuminazione inferiore. Il profilo di riduzione si adatta automaticamente alla durata del periodo notturno durante l'anno.

3.2. C.L.O.

Tutte le sorgenti diminuiscono la loro emissione nel tempo. Per garantire il livello di illuminazione minimo richiesto per tutta la durata dell'installazione, i calcoli relativi all'illuminazione dovrebbero essere effettuati sulla base del livello di luce alla fine della vita della sorgente (nel caso specifico un coefficiente di manutenzione di 0,80 è pari a una riduzione del 20%, che si raggiunge approssimativamente in 100.000 ore di funzionamento), cautelativamente. Questo approccio tuttavia condurrebbe ad utilizzare potenze, per le lampade installate, sovrastimate rispetto alla reale necessità per gran parte della vita della sorgente, con conseguente spreco di energia. Per ovviare al problema, i calcoli tengono conto della funzionalità Constant Lumen Output (C.L.O.) di cui gli apparecchi LED, utilizzati per la riqualificazione del Comune di Forlì, sono dotati. Questo sistema dosa il flusso luminoso durante tutta la vita della sorgente, in modo che vengano sempre mantenute le condizioni di sicurezza senza però sovrailluminare; prendendo in considerazione l'ammortamento dei lumen, il driver può essere programmato per cominciare a funzionare con un livello ridotto di emissione e quindi aumentare gradualmente la potenza emessa per risultare sempre al di sopra dei livelli minimi necessari. Di seguito uno schema esplicativo.


Grafico 1

All'inizio la riduzione di flusso operata dal sistema C.L.O. rispetto alla piena potenza è del 20%, mentre dopo 60.000 ore di funzionamento (corrispondenti a 15 anni a 4000 ore/anno), seguendo un andamento costante di profilo C.L.O., la riduzione cala del 12%. Tenendo in considerazione la funzione CLO, si può assumere che il flusso medio in 60.000 ore di funzionamento (dopo le quali generalmente viene programmata una sostituzione della sorgente) sia pari all'86%, corrispondente in termini di potenza all'85% della potenza totale. Nel calcolo della potenza assorbita si prenderà pertanto in considerazione non la piena potenza dell'apparecchio, ma questo valore medio come dato di partenza.

3.3. PIANO DEL REGIME DI FUNZIONAMENTO PER DECADEI

In virtù dei sistemi di regolazione e controllo del flusso sopra descritti, è possibile impostare un piano di funzionamento degli impianti suddiviso per decenni e orari come di seguito schematizzato.

mese	decade	ora convenzionale di accensione	ora convenzionale di spegnimento	ore accensione giorno	Nr. Giorni per decade	ore accensione decade	Ore accensione mensili	Orario inizio riduzione	Orario Fine riduzione	Ore di riduzione	ore riduzione decade	% riduzione	Ore riduzione mensili	Ore piena potenza decade	Ore piena potenza mensili
	1	17:05:00	07:55:00	14,83	10	148,33	451,83	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	88,33	265,83
	2	17:15:00	07:50:00	14,58	10	145,83		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		85,83	
	3	17:25:00	07:45:00	14,33	11	157,67		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		91,67	
	1	17:40:00	07:35:00	13,92	10	139,17	376,67	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	168,00	79,17	208,67
	2	17:55:00	07:20:00	13,42	10	134,17		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		74,17	
	3	18:10:00	07:05:00	12,92	8	103,33		23:00:00	05:00:00	6,00	48,00	70%		55,33	
	1	18:20:00	06:50:00	12,50	10	125,00	368,83	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	65,00	182,83
	2	18:35:00	06:30:00	11,92	10	119,17		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		59,17	
	3	18:50:00	06:10:00	11,33	11	124,67		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		58,67	
	1	20:05:00	06:50:00	10,75	10	107,50	306,67	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	180,00	47,50	126,67
	2	20:15:00	06:30:00	10,25	10	102,50		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		42,50	
	3	20:30:00	06:10:00	9,67	10	96,67		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		36,67	
	1	20:45:00	05:55:00	9,17	10	91,67	270,83	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	31,67	84,83
	2	20:55:00	05:40:00	8,75	10	87,50		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		27,50	
	3	21:10:00	05:30:00	8,33	11	91,67		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		25,67	
	1	21:20:00	05:20:00	8,00	10	80,00	237,50	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	180,00	20,00	57,50
	2	21:25:00	05:20:00	7,92	10	79,17		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		19,17	
	3	21:30:00	05:20:00	7,83	10	78,33		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		18,33	
	1	21:30:00	05:30:00	8,00	10	80,00	257,75	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	20,00	71,75
	2	21:20:00	05:40:00	8,33	10	83,33		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		23,33	
	3	21:10:00	05:45:00	8,58	11	94,42		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		28,42	
	1	20:55:00	06:00:00	9,08	10	90,83	298,50	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	30,83	112,50
	2	20:40:00	06:15:00	9,58	10	95,83		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		35,83	
	3	20:20:00	06:30:00	10,17	11	111,83		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		45,83	
	1	20:00:00	06:45:00	10,75	10	107,50	338,33	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	180,00	47,50	158,33
	2	19:40:00	06:55:00	11,25	10	112,50		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		52,50	
	3	19:20:00	07:10:00	11,83	10	118,33		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		58,33	
	1	19:00:00	07:20:00	12,33	10	123,33	399,17	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	63,33	213,17
	2	18:40:00	07:35:00	12,92	10	129,17		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		69,17	
	3	18:25:00	07:45:00	13,33	11	146,67		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		80,67	
	1	17:10:00	07:00:00	13,83	10	138,33	427,50	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	180,00	78,33	247,50
	2	16:55:00	07:15:00	14,33	10	143,33		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		83,33	
	3	16:50:00	07:25:00	14,58	10	145,83		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		85,83	
	1	16:50:00	07:40:00	14,83	10	148,33	462,50	23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%	186,00	88,33	276,50
	2	16:50:00	07:45:00	14,92	10	149,17		23:00:00	05:00:00	6,00	60,00	70%		89,17	
	3	16:55:00	07:55:00	15,00	11	165,00		23:00:00	05:00:00	6,00	66,00	70%		99,00	
					365		4.196,08						2.190,00		2.006,08

Tabella 10

