

GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

Questo giorno lunedì 18 **del mese di** novembre
dell' anno 2013 **si è riunita nella residenza di** via Aldo Moro, 52 BOLOGNA
la Giunta regionale con l'intervento dei Signori:

1) Saliera Simonetta	Vicepresidente
2) Bianchi Patrizio	Assessore
3) Bortolazzi Donatella	Assessore
4) Gazzolo Paola	Assessore
5) Lusenti Carlo	Assessore
6) Marzocchi Teresa	Assessore
7) Mezzetti Massimo	Assessore
8) Muzzarelli Gian Carlo	Assessore
9) Peri Alfredo	Assessore
10) Rabboni Tiberio	Assessore

Presiede la Vicepresidente Saliera Simonetta
attesa l'assenza del Presidente

Funge da Segretario l'Assessore Muzzarelli Gian Carlo

Oggetto: NUOVA DIRETTIVA PER L'APPLICAZIONE DELL'ART. 2 DELLA LEGGE REGIONALE 29 SETTEMBRE 2003, N. 19 RECANTE: "NORME IN MATERIA DI RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E DI RISPARMIO ENERGETICO.

Cod.documento GPG/2013/1805

Num. Reg. Proposta: GPG/2013/1805

LA GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Viste:

- la legge regionale 29 settembre 2003, n.19 "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico", di seguito denominata "legge";
- la Delibera di Giunta regionale 29 dicembre 2005, n. 2263 "Direttiva per l'applicazione dell'art.2 della legge regionale n.19 del 29 settembre 2003 recante "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico", di seguito denominata "direttiva";
- la Determinazione del Direttore Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa del 12 ottobre 2006, n. 14096 come successivamente modificata dalla Determinazione del 16 febbraio 2010, n. 1431 "Circolare esplicativa delle norme in materia di riduzione dell'Inquinamento luminoso e di risparmio energetico", di seguito denominata "circolare";

Rilevata:

- l'esigenza di integrare la direttiva e la circolare, con riferimenti e parametri tecnici che permettano di disciplinare in modo adeguato anche l'utilizzo di nuove tecnologie emergenti per l'illuminazione esterna (ad es. i LED -Light Emitting Diode, le lampade ad induzione, ecc);
- l'opportunità, anche su proposta del gruppo di coordinamento regionale in materia, di recepire le indicazioni del Green Public Procurement (GPP), del Piano di Azione per la sostenibilità Ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP) di cui al decreto Interministeriale 11/4/2008 e s.m.i. e dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) per gli acquisti verdi in tema di illuminazione pubblica, di cui al DM 22/2/2011;

Preso atto:

- della nota di cui al PG/2013/110722 del 07/05/2013, pervenuta da parte dell'Ing. Matteo Seraceni, componente del gruppo di coordinamento regionale in materia, con cui sono stati trasmessi i risultati degli approfondimenti relativi all'influenza della luce artificiale sull'uomo;
- della nota di cui al PG/2013/171758 del 08/07/2013, pervenuta da parte del Presidente dell'Associazione CieloBuio, Fabio Falchi, componente del gruppo di coordinamento regionale in materia, con cui sono state trasmesse alcune considerazioni e proposte di integrazione al testo della nuova direttiva; tale nota è stata in seguito oggetto della risposta del Responsabile del Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico di cui al PG/2013/218676 del 11/09/2013;
- della nota di cui al PG/2013/273114 del 05/11/2013 con cui, l'ISS (Istituto Superiore di Sanità) ha fornito parere scientifico sulla proposta di uso delle sorgenti luminose a spettro continuo, e di ulteriori successivi approfondimenti interlocutori intervenuti (via mail) con l'ISS ad integrazione e chiarimento della nota trasmessa;
- della nota di cui al PG/2013/284770 del 15/11/2013, con cui la Direzione valutazioni ambientali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare ha trasmesso il testo definitivo dei nuovi CAM alla firma del Ministro;

Richiamate, altresì, le proprie seguenti deliberazioni:

- n. 1057/2006 "Prima fase di riordino delle strutture organizzative della Giunta regionale. Indirizzi in merito alle modalità di integrazione interdirezionale e di gestione delle funzioni trasversali";
- n. 1663/2006 "Modifiche all'assetto delle Direzioni generali della Giunta e del Gabinetto del Presidente";
- n. 1720/2006 "Conferimento degli incarichi di responsabilità delle Direzioni generali della Giunta regionale;
- n. 2416/2008 del 29 dicembre 2008, esecutiva ai sensi di legge, recante "Indirizzi in ordine alle relazioni organizzative e funzionali tra le strutture e sull'esercizio delle funzioni dirigenziali. Adempimenti

conseguenti alla delibera 999/2008. Adeguamento e aggiornamento della delibera 450/2007" e s.m.;

- n. 1173/2009 "Approvazione degli atti di conferimento degli incarichi di livello dirigenziale (decorrenza 1/8/2009)";

Dato atto del parere allegato;

Su proposta del Presidente,

A voti unanimi e palesi

D E L I B E R A

- 1) di approvare la "Nuova direttiva per l'applicazione dell'art.2 della legge regionale n.19 del 29 settembre 2003 recante Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" allegata e parte integrante della presente deliberazione;
- 2) di stabilire che il presente atto sostituisce integralmente i contenuti della propria Deliberazione n.2263 del 29 dicembre 2005 ed i contenuti della Determinazione del Direttore Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa n. 14096 del 12 ottobre 2006 e s.m.i.;
- 3) di dare atto che il presente atto non comporta oneri di spesa per la Regione Emilia-Romagna;
- 4) di pubblicare il testo integrale del presente atto nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna.

- - -

"NUOVA DIRETTIVA PER L'APPLICAZIONE DELL'ART. 2 DELLA LEGGE REGIONALE 29 SETTEMBRE 2003, N. 19 RECANTE: "NORME IN MATERIA DI RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E DI RISPARMIO ENERGETICO"

Art.1 - Finalità

1. La presente direttiva ha le seguenti finalità:

- a) indicare i criteri sulla base dei quali Province e Comuni definiscono l'estensione delle zone di protezione dall'inquinamento luminoso nell'intorno degli osservatori, come previsto dall'art. 3, comma 1, lettera c) e dall'art. 4, comma 1, lettera a) della LR. 19/2003 di seguito denominata "legge";
- b) definire le modalità di redazione e progettazione di tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata, come previsto dall'art.4, comma 2 della legge;
- c) definire gli impianti di illuminazione per i quali è concessa deroga, come previsto dall'art. 5, comma 2 della legge;
- d) fornire indirizzi di buona amministrazione e di progettazione finalizzati a conseguire un significativo risparmio energetico ed economico, attraverso la riqualificazione degli impianti esistenti.

Art.2 - Definizioni

1. Ai fini dell'applicazione della presente direttiva si forniscono le seguenti definizioni:

Apparecchio di illuminazione: apparecchio che distribuisce, filtra e trasforma la luce emessa da una o più sorgenti/moduli LED e che comprende tutti i componenti necessari al sostegno, al fissaggio e alla protezione delle sorgenti/moduli LED e, se necessario, i circuiti ausiliari ed i loro collegamenti al circuito di alimentazione.

Dichiarazione d'interesse culturale: provvedimento emesso dal Ministero ai sensi del D.Lgs 42/2004 e s.m.i. "Codice dei beni

culturali e del paesaggio" su avvio del Soprintendente, che accerta la sussistenza dell'interesse culturale di un determinato bene mobile o immobile, riconoscendone una valenza di tipo artistico, storico, archeologico o etnoantropologico.

Illuminazione architettonica d'accento: illuminazione di monumenti e strutture architettoniche, avente carattere puntuale e non diffuso, che enfatizza una porzione di edificio o un oggetto sulla superficie da illuminare.

Illuminazione architettonica diffusa: illuminazione di monumenti e strutture architettoniche, avente carattere diffuso, generalmente rivolta verso le facciate, finalizzata a sottolineare con la luce gli aspetti significativi dello stesso o la sua collocazione urbana.

Illuminazione funzionale: illuminazione di un ambito circoscritto che consente, attraverso il soddisfacimento di criteri illuminotecnici determinati da leggi o normative del settore - o, in mancanza di queste, dalla buona pratica - lo svolgimento di attività coerenti con l'ambito considerato in condizioni di sicurezza e comfort per gli utenti.

Illuminazione di uso temporaneo: illuminazione determinata da impianti fissi o provvisori aventi le seguenti caratteristiche alternative: 1) durata massima di esercizio giornaliero inferiore o uguale a due ore consecutive; 2) durata massima di esercizio inferiore a 15 giorni solari consecutivi con ripetitività dell'evento ristretta a soli 2 esercizi annuali.

Impianto di illuminazione esterna: sistema complesso di elementi la cui funzione è quella di fornire luce in ambito esterno che presenta contiguità territoriale e costituito da tre o più apparecchi illuminanti afferenti al medesimo quadro

di alimentazione. Ai fini della presente direttiva si distingue in:

- **impianto esistente:** l'impianto già realizzato alla data di entrata in vigore della presente direttiva;
- **impianto nuovo:** l'impianto realizzato, o ancora in fase di realizzazione/progettazione/appalto, alla data di entrata in vigore della presente direttiva;
- **illuminazione esterna pubblica:** illuminazione di pubbliche vie e/o piazze, di luoghi pubblici in genere comprese aree di attività e pertinenza delle stesse;
- **illuminazione esterna privata:** illuminazione di aree private (es. giardini di proprietà, rampe di garage, ecc) o di ambiti non ricadenti nella definizione di "illuminazione esterna pubblica".

Impianto di modesta entità: impianto costituito da un massimo di tre apparecchi di illuminazione afferenti tutti al medesimo quadro di alimentazione, che presenta carattere di contiguità territoriale.

Inquinamento luminoso: ogni forma di irradiazione di luce artificiale che presenta una o più delle seguenti caratteristiche:

- si disperde al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata;
- è orientata al di sopra della linea di orizzonte ($\gamma \geq 90^\circ$);
- induce effetti negativi conclamati sull'uomo o sull'ambiente;
- è emessa da sorgenti/apparecchi/impianti che non rispettano la legge e/o la presente direttiva.

LED: Acronimo di *Light Emitting Diode*, ovvero diodo ad emissione luminosa, cioè un dispositivo allo stato solido che incorpora una giunzione p-n, che emette una radiazione ottica quando eccitato da una corrente elettrica (CEI EN 62031:2009, punto 3.1). Ai fini della presente direttiva si specifica che:

- Modulo LED: unità fornita come sorgente luminosa. In aggiunta ad uno o più LED può contenere componenti aggiuntivi quali, ad esempio, ottici, meccanici, elettrici e elettronici, ma non l'unità di alimentazione;
- Efficienza del Modulo LED (η_{LED}): rapporto tra il flusso emesso dal modulo LED (lumen) e la Potenza elettrica (W) impegnata dal modulo LED e dai componenti meccanici quali ad esempio eventuali dissipatori, esclusa la potenza dissipata dall'alimentatore. Si esprime in lumen/W.

Osservatorio: struttura avente scopo di monitoraggio.

- **astronomico:** struttura nella quale si studiano ed osservano i corpi celesti ed i fenomeni ad essi relativi;
- **astrofisico:** struttura nella quale si studiano le proprietà fisiche dei corpi celesti e si costruiscono modelli fisici per spiegarne la natura ed il comportamento;
- **di tipo professionale:** osservatorio astronomico e/o astrofisico gestito per lo più con fondi pubblici, dove è svolta attività professionale;
- **di tipo non professionale:** osservatorio astronomico e/o astrofisico gestito per lo più con fondi privati, spesso di proprietà e gestito da gruppi di astrofili, dove è svolta attività di tipo amatoriale.

Risparmio energetico: ogni operazione di rinnovamento e riqualificazione con la quale si intende conseguire l'obiettivo di ottenere la stessa produzione di beni o lo stesso livello di servizi con un minor consumo di energia rispetto alla condizione preesistente.

Sorgenti di rilevante inquinamento luminoso: sorgenti identificate facendo riferimento a diversi aspetti, quali la presenza di elevati fenomeni di abbagliamento molesto, fenomeni

di dispersione di luce verso l'alto e fenomeni di abbondanza di illuminazione. In particolare sono tali:

- i singoli apparecchi di illuminazione a diffusione libera (es. sfere, piattelli a lampada libera, ecc) con potenza totale assorbita superiore a 100 W;
- un insieme di apparecchi di illuminazione (es. torri faro, multi proiettori ecc) con potenza totale assorbita superiore a 5000 W.

Sorgenti internalizzate: le sorgenti che per il loro posizionamento non possono diffondere luce verso l'alto. Ad esempio ne fanno parte apparecchi di illuminazione di porticati, logge, gallerie non stradali, sottopassi ed in generale di tutti quegli ambienti delimitati da schermi opachi (come ad esempio tettoie di copertura opache di ambienti aperti) o da impalcati nella parte superiore.

Zone di protezione dall'inquinamento luminoso: aree sottoposte a particolare tutela dall'inquinamento luminoso, circoscritte intorno agli osservatori o al sistema regionale delle Aree naturali protette, dei siti della Rete Natura 2000 e delle aree di collegamento ecologico, come definiti ai sensi della LR. 6/2005 "Disciplina della formazione e della gestione del sistema regionale delle aree naturali protette e dei siti della Rete Natura 2000" e s.m.i.

Art.3 - Zone di protezione dall'Inquinamento luminoso

1. Sono *Zone di protezione* dall'Inquinamento luminoso, le Aree Naturali Protette, i siti della Rete Natura 2000, le Aree di collegamento ecologico e le aree circoscritte intorno agli Osservatori Astronomici ed Astrofisici, professionali e non professionali, che svolgono attività di ricerca o di divulgazione scientifica.
2. Le *Zone di Protezione* sono oggetto di particolari misure di protezione dall'Inquinamento Luminoso. A tal fine, oltre a

quanto previsto all'art. 4, si forniscono i seguenti indirizzi di buona amministrazione:

- a) limitare il più possibile i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblica e privata;
- b) adeguare gli impianti esistenti se non rispondenti ai requisiti specificati all'art.4, entro due anni dall'emanazione della presente direttiva.

3. Le *Zone di protezione* fatti salvi i confini regionali, hanno un'estensione pari a:

- a) 25 Km di raggio attorno agli osservatori (astronomici o astrofisici) di tipo professionale;
- b) 15 Km di raggio attorno agli osservatori (astronomici o astrofisici) di tipo non professionale;
- c) tutta la superficie delle Aree Naturali Protette, dei siti della Rete Natura 2000 e delle Aree di collegamento ecologico.

Nel caso in cui la *Zona di Protezione* comprenda una percentuale del territorio comunale superiore all' 80%, l'estensione di tale *Zona* può essere estesa a tutto il territorio comunale.

4. Gli Osservatori di cui al comma 3, al fine dell'assegnazione della *Zona di Protezione* presentano la richiesta di cui all'**ALLEGATO A** "Richiesta di *Zona di Protezione* dall'Inquinamento Luminoso" allegando la documentazione ivi specificata:

- al Comune, se la *Zona di Protezione* ricade sul territorio del solo Comune su cui è ubicato l'Osservatorio;
- alla Provincia, se la *Zona di Protezione* ricade sul territorio di più Comuni.

5. Il Comune o la Provincia che riceve dall'Osservatorio la richiesta di cui al comma 4, dopo le opportune verifiche sulla documentazione presentata, assegna senza indugio la *Zona di Protezione* all'Osservatorio, comunicandola obbligatoriamente anche agli altri Enti interessati.

6. Il Comune o la Provincia sul cui territorio sono presenti Aree Naturali Protette, siti della Rete Natura 2000 e Aree di collegamento ecologico, assegna d'ufficio e senza indugio la *Zona di protezione*, comunicandola obbligatoriamente anche agli altri Enti interessati.
7. Il Comune e la Provincia devono recepire le *Zone di protezione* assegnate e la relativa normativa all'interno dei propri strumenti di pianificazione di cui alla LR. 20/00 e s.m.i. "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" alla prima occasione utile. Per i Comuni, l'adeguamento del RUE di cui all'art. 4, comma 1, lett. b) della legge, deve essere invece effettuato entro due anni dalla data di approvazione della presente direttiva.
8. Ai fini dell'adeguamento del RUE di cui al comma 7, il Comune predispone un apposito "Piano della Luce" secondo le indicazioni di cui all'**ALLEGATO B** "Il Piano della Luce" in cui, tra l'altro:
- a) nelle Zone di Protezione di cui al comma 3, predispone un censimento degli impianti esistenti, per identificare quelli non rispondenti ai requisiti dell'art.4 della presente direttiva, ed indicarne modalità e tempi di adeguamento in conformità agli indirizzi di buona amministrazione di cui al comma 2;
 - b) nelle restanti aree del territorio comunale, predispone un censimento degli impianti esistenti e sulla base dello stato dell'impianto, ne pianifica l'eventuale adeguamento e/o la sostituzione in conformità alla presente direttiva.

Art.4 - Requisiti degli impianti di illuminazione nelle Zone di Protezione dall'Inquinamento luminoso

1. I nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica devono rispondere ai seguenti requisiti:
- a) essere dotati di **sorgenti luminose** al sodio alta pressione;

- b) essere dotati di **apparecchi** di illuminazione che rispettino quanto previsto all'art. 5, comma 1, lett. b);
- c) essere **impianti** che rispettino quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c).

2. I nuovi impianti di illuminazione esterna privata, se costituiti da un numero di apparecchi minore o uguale a 10, devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere dotati di **sorgenti luminose** al sodio alta pressione;
- b) essere dotati di **apparecchi** di illuminazione che rispettino quanto previsto all'art. 5, comma 2, lett. b);
- c) essere **impianti** che rispettino quanto previsto dall'art. 5, comma 2, lett. c).

3. I nuovi impianti di illuminazione esterna privata, se costituiti da un numero di apparecchi superiore a 10, devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere dotati di **sorgenti luminose** al sodio alta pressione;
- b) essere dotati di **apparecchi** di illuminazione che rispettino quanto previsto all'art. 5, comma 1, lett. b);
- c) essere **impianti** che rispettino quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c), punti I,II,III,IV e V.

Art.5 - Requisiti degli impianti di illuminazione

1. I nuovi impianti di **illuminazione esterna pubblica** devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere dotati di **sorgenti luminose** al sodio alta pressione. L'utilizzo di altri tipi di sorgenti o moduli LED è permesso solo se la Temperatura di Colore Correlata (CCT) certificata è $CCT \leq 4000K$. L'utilizzo di sorgenti o moduli LED con $CCT > 4000K$ è consentito, sulla base di contenuti di cui all'**ALLEGATO C** "Rischi connessi all'utilizzo di luce artificiale e Fattore di effetto circadiano a_{cv} ", solo se il Fattore di effetto circadiano $a_{cv} \leq 0,60$.

Lo spettro in forma numerica su cui determinare il fattore a_{cv} ed il valore di CCT devono essere certificati da laboratori accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

Il fattore a_{cv} deve essere calcolato e dichiarato dal progettista in una relazione corredata della pertinente documentazione tecnica.

b) essere dotati di **apparecchi di illuminazione** che:

I. possano dimostrare di avere nella loro posizione di installazione, per almeno $\gamma \geq 90^\circ$, un'intensità luminosa massima compresa tra 0,00 e 0,49 cd/klm;

II. possano dimostrare di avere un Indice IPEA (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Apparecchio) come definito nell' **ALLEGATO D** "IPEA e prestazione energetica degli apparecchi" corrispondente alla "classe C" o superiore.

La prestazione energetica dell'apparecchio deve essere calcolata e dichiarata dal progettista in una relazione corredata della pertinente documentazione tecnica;

III. appartengano al gruppo RG0 (esente da rischi) o RG1 (rischio basso) in base alla Norma CEI EN 62471:2010 "Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada" e s.m.i., e che secondo il Rapporto tecnico IEC/TR 62471-2: 2009, tabella 1, non richiedano etichettatura. Il rapporto di prova deve essere emesso da laboratorio accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di Ente terzo indipendente.

c) essere **impianti** che:

I. possano dimostrare di avere un indice IPEI (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto) come definito nell'**ALLEGATO E** "IPEI e prestazione energetica

dell'impianto" corrispondente alla "classe B" o superiore.

La prestazione energetica dell'impianto deve essere calcolata e dichiarata dal progettista in una relazione corredata della pertinente documentazione tecnica;

- II. siano dotati di dispositivi in grado di ridurre di almeno il 30% la potenza impiegata dall'impianto, agendo puntualmente su ogni apparecchio illuminante o in generale sull'intero impianto. Tali dispositivi regolatori, in ambito stradale, devono avere classe di regolazione A2 o A1 ai sensi della UNI 11431:2011 e s.m.i. L'orario, le strade e le modalità che sono oggetto della riduzione di potenza devono essere stabiliti con atto dell'Amministrazione comunale competente, sulla base di opportune valutazioni (analisi di rischio, calcoli illuminotecnici dedicati e quant'altro possa essere ritenuto utile a tale fine).
- III. siano dotati di orologi astronomici che prevedano un orario di accensione e spegnimento che segua quanto indicato dalla Delibera 25 settembre 2008 ARG/elt 135/08 dell'AEEG e s.m.i con un ritardo massimo all'atto dell'accensione pari a 20 minuti ed un anticipo massimo all'atto dello spegnimento pari a 20 minuti. In alternativa può essere seguito l'andamento delle effemeridi solari garantendo comunque lo stesso monte ore annuo di accensione ottenuto applicando il metodo indicato sopra.
- IV. prevedano il soddisfacimento dei parametri illuminotecnici, per ogni ambito considerato, definiti all'interno dell' **ALLEGATO F** "Prestazioni illuminotecniche degli impianti funzionali di illuminazione esterna". Al fine di garantire un adeguato

consumo delle risorse energetiche i valori di luminanza media mantenuta (cfr. illuminamento medio mantenuto) non potranno raggiungere tolleranze superiori del 20% rispetto ai livelli minimi previsti nel citato Allegato. Nei casi in cui non sia possibile pervenire ad una classificazione illuminotecnica dell'ambito considerato, gli impianti dovranno mantenere un valore di luminanza media mantenuta inferiore o uguale a 1 cd/m^2 per ambiti stradali, ed un valore di illuminamento medio minimo mantenuto inferiore o uguale a 15 lux per tutti gli altri ambiti.

V. garantiscano un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose/moduli LED non inferiore al valore di 3,7. Sono consentite soluzioni alternative solo in presenza di ostacoli quali alberi o in quanto funzionali a garantire prestazioni migliori dell'impianto.

VI. siano corredati in caso di illuminazione stradale da una Relazione di analisi dei consumi e dei risparmi energetici e dall'indicazione del TCO (*Total Cost of Ownership* trad. Costo Totale di Possesso) dell'impianto, che prenda in considerazione un arco temporale non inferiore a 20 anni.

2. I nuovi impianti di **illuminazione esterna privata**, se costituiti da un numero di apparecchi minore o uguale a 10, devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere dotati di **sorgenti luminose** al sodio alta pressione o di sorgenti o moduli LED con Temperatura di Colore Correlata (CCT) certificata $\text{CCT} \leq 4000\text{K}$;
- b) essere dotati di **apparecchi di illuminazione** che:

I. possano dimostrare di avere nella loro posizione di installazione, per almeno $\gamma \geq 90^\circ$, un'intensità luminosa massima per compresa tra 0,00 e 0,49 cd/klm;

II. appartengano al gruppo RG0 (esente da rischi) o RG1 (rischio basso) in base alla norma tecnica nazionale CEI EN 62471:2010 "Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampada" e s.m.i.

c) essere **impianti** costituiti da apparecchi di illuminazione la cui potenza assorbita certificata non superi i 100W per apparecchio, e la cui potenza totale assorbita dall'impianto non superi i 300W.

3. I nuovi impianti di **illuminazione esterna privata**, se costituiti da un numero di apparecchi superiore a 10, devono rispondere ai seguenti requisiti:

a) essere dotati di **sorgenti luminose** che rispettino quanto previsto all'art. 5, comma 1, lett. a);

b) essere dotati di **apparecchi** di illuminazione che rispettino quanto previsto all'art. 5, comma 1, lett. b);

c) essere **impianti** che rispettino quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c), punti I,II,III,IV e V.

Art.6 - Requisiti di particolari impianti di illuminazione

1. Gli impianti di illuminazione degli **impianti sportivi**, devono:

a) rispettare quanto previsto dall'art.5, comma 1, lett. a) per quanto riguarda il tipo di sorgenti ammesse;

b) essere equipaggiati con sorgenti luminose/moduli LED con efficienza non inferiore a 90 lm/W. E' possibile utilizzare sorgenti luminose meno efficienti solo per l'illuminazione di emergenza;

c) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. b) punti I) e III) per l'intensità luminosa massima verso l'alto e la classificazione ai sensi della norma CEI EN 62471:2010;

- d) avere coefficiente di utilizzazione superiore al valore di 0,50. I requisiti illuminotecnici minimi da rispettare sono riportati nelle norme italiane ed europee di settore (es. UNI EN 12193);
- e) essere dotati di appositi sistemi che provvedano alla riduzione della potenza impiegata dall'impianto in relazione alle attività/avvenimenti, quali allenamenti, gare, riprese televisive;
- f) essere realizzati con proiettori asimmetrici che nella reale posizione d'installazione ed inclinazione degli apparecchi illuminanti, contengano la dispersione di luce al di fuori dell'area destinata all'attività sportiva;
- g) essere spenti dopo l'ultimazione dell'attività.

2. Gli impianti per l'**illuminazione architettonica diffusa** di monumenti e strutture architettoniche di rilievo in aree esterne in possesso della "dichiarazione di interesse" che ne specifichi la rilevanza, devono:

- a) illuminare dall'alto verso il basso. Solo in casi di conclamata impossibilità e per manufatti di particolare e comprovato valore storico o architettonico, i fasci di luce possono essere orientati diversamente, rimanendo in ogni caso entro il perimetro degli stessi, limitando l'emissione al di fuori della sagoma da illuminare in maniera tale da non superare valori massimi di illuminamento pari a 5 lux calcolati sullo stesso piano della superficie illuminata;
- b) realizzare un illuminamento medio mantenuto sulla superficie in oggetto inferiore a 30 lux e comunque scelto sulla base di opportune valutazioni documentate all'interno del progetto;
- c) subire una riduzione di almeno il 50% della potenza impiegata dall'impianto in oggetto o lo spegnimento totale entro le ore 24:00 nel periodo di ora legale estiva ed entro le ore 23:00 nel periodo di ora solare.
- d) i monumenti e le strutture architettoniche che non risultino in possesso della "dichiarazione di interesse" non possono in

alcun modo essere dotati di illuminazione architettonica diffusa.

3. Gli impianti per l'**illuminazione architettonica d'accento** di monumenti e strutture architettoniche in aree esterne devono:

- a) illuminare solo una porzione dell'oggetto architettonico colpito e non costituire in alcun modo illuminazione diffusa;
- b) illuminare preferibilmente dall'alto verso il basso o comunque avere un fascio di luce concentrato che si indirizzi unicamente verso la superficie da illuminare, non diffondendo verso l'emisfero superiore e limitando l'emissione al di fuori della sagoma da illuminare in maniera tale da non superare valori massimi di illuminamento pari a 3 lux calcolati sullo stesso piano della superficie illuminata;
- c) realizzare un illuminamento massimo sulla superficie in oggetto inferiore a 45 lux e comunque scelto sulla base di opportune valutazioni documentate all'interno del progetto;
- d) subire:
 - nel periodo di ora legale estiva, una riduzione di almeno il 50% della potenza impiegata entro le ore 23, e lo spegnimento totale entro le ore 24;
 - nel periodo di ora solare, una riduzione di almeno il 50% della potenza impiegata entro le ore 22, e lo spegnimento totale entro le ore 23;

4. Gli impianti di illuminazione degli "**Ambiti specializzati per attività produttive**" di cui all'All. A-13 della LR.20/2000: "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" devono:

- a) rispettare quanto previsto dall'art.5, comma 1, lett. a) per quanto riguarda le sorgenti;
- b) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. b) punti I) e III) per l'intensità luminosa massima verso l'alto e la classificazione ai sensi della Norma CEI EN 62471:2010;

- c) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. b) punto II) per la verifica dell'IPEA;
- d) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c) punto II) per la riduzione del flusso e l'utilizzo degli orologi astronomici;
- e) rispettare, nel caso di illuminazione funzionale di ambiti stradali, quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c) punto IV) per il soddisfacimento dei parametri illuminotecnici;
- f) prevedere, altresì, sistemi di controllo che provvedano allo spegnimento parziale o totale dopo l'orario di fine attività e la diminuzione di potenza impiegata per attività che si protraggono in orari notturni da effettuare entro le ore 24:00 nel periodo di ora legale estiva ed entro le ore 23:00 nel periodo di ora solare.

5. Le **insegne di esercizio** e gli altri **mezzi pubblicitari luminosi** in aree esterne devono:

- a) nel caso non siano dotate di illuminazione propria essere illuminate nel rispetto di quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. a) per quanto riguarda le sorgenti e dell'art. 5, comma 1, lett. b) punti I) e III) per quanto riguarda l'intensità luminosa massima verso l'alto e la classificazione ai sensi della CEI EN 62471:2010;
- b) nel caso in cui siano dotate di illuminazione propria, non possono avere luce intermittente, né abbagliante. L'intensità luminosa, in ottemperanza a quanto stabilito da Regolamento di esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada, non può superare le 150 cd per m² di insegna, e comunque le 7500 cd totali.
- c) essere spente entro alla chiusura dell'esercizio e comunque entro le ore 24:00 nel periodo di ora legale estiva ed entro le ore 23:00 nel periodo di ora solare, tranne nei casi in cui siano preposte alla sicurezza ed ai servizi di

pubblica utilità (ospedali, farmacie, Polizia, Carabinieri, Vigili del fuoco, ecc.).

6. Gli impianti per l'**illuminazione di uso temporaneo** in aree esterne devono:

- a) in caso di proiezione a carattere culturale e comunque non commerciale di immagini su facciate di edifici, devono garantire comunque che il fascio luminoso rimanga contenuto all'interno del perimetro della facciata;
- b) in caso di illuminazione di manifestazioni all'aperto che abbiano ottenuto l'autorizzazione prevista, non possono in alcun modo usare fasci luminoso e proiettori laser rivolti verso l'alto e devono rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. a) per le sorgenti e dall'art. 5, comma 1, lett. b) punti I) e III) per quanto riguarda l'intensità luminosa massima verso l'alto e la classificazione ai sensi della CEI EN 62471:2010;
- c) in tutti gli altri casi devono rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. a) per le sorgenti e dall'art.5, comma 1, lett. b) punto III per la e la classificazione ai sensi della CEI EN 62471:2010. Inoltre devono illuminare preferibilmente dall'alto verso il basso o comunque avere un fascio di luce concentrato che si indirizzi unicamente verso l'area da illuminare impedendo al massimo la diffusione verso l'emisfero superiore. Inoltre devono subire una riduzione di almeno il 50% della potenza impiegata dall'impianto in oggetto o lo spegnimento totale entro le ore 24:00 nel periodo di ora legale estiva e entro le ore 23:00 nel periodo di ora solare.

7. Gli impianti di **illuminazione delle aree verdi cittadine** devono rispettare quanto di seguito indicato, pur tenendo conto che in genere, le aree verdi non costituiscono ambiti che necessitano di illuminazione funzionale.

- a) rispettare quanto previsto dall'art.5, comma 1, lett. a) per quanto riguarda le sorgenti;
- b) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. b) punti I) e III) per l'intensità luminosa massima verso l'alto e la classificazione ai sensi della CEI EN 62471:2010;
- c) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. b) punto II) per la verifica dell'IPEA;
- d) rispettare quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lett. c) punto II) per la riduzione del flusso e l'utilizzo degli orologi astronomici;
- e) prevedere, altresì, sistemi di controllo che provvedano alla riduzione della potenza impiegata o allo spegnimento parziale/totale entro le ore 24:00 nel periodo di ora legale estiva ed entro le ore 23:00 nel periodo di ora solare.
- f) utilizzare di norma, a seconda della necessità, classi illuminotecniche analoghe a quelle usate per le piste ciclabili/percorsi ciclopedonali o per le piazze pedonali/importanti zone di aggregazione;
- g) privilegiare, a seguito di particolari esigenze di visibilità e riconoscimento dei volti, l'uso di apparecchi illuminanti in grado di soddisfare anche i requisiti di illuminamento verticale (o illuminamento semicilindrico), equipaggiati con sorgenti ad elevata resa cromatica e a ridotto abbagliamento;
- h) privilegiare soluzioni progettuali che utilizzino più apparecchi illuminanti disposti in maniera omogenea lungo l'area da illuminare a potenza ridotta piuttosto che un unico apparecchio di potenza elevata, al fine di garantire una buona uniformità dell'illuminazione, un adeguato comfort visivo e un maggiore rispetto per le piante.

Art.7 - Deroghe

1. Ai sensi dell'art. 5, comma 2 della legge, i requisiti di cui agli artt. 4 e 5 della presente direttiva non si applicano:

- a) agli impianti costituiti da sorgenti interne o internalizzate;

- b) agli impianti per l'illuminazione di uso temporaneo, che vengano spenti entro le ore 20:00 nel periodo di ora solare, ed entro le ore 22:00 nel periodo di ora legale;
- c) agli impianti destinati all'illuminazione di emergenza;
- d) agli impianti privati di modesta entità se costituiti da apparecchi di illuminazione il cui flusso totale emesso (in ogni direzione) sia certificato essere non superiore a 1500 lm per ciascun apparecchio;
- e) agli impianti privati di modesta entità se costituiti da apparecchi di illuminazione la cui potenza assorbita sia certificata essere non superiore a 20W per ciascun apparecchio;
- f) agli impianti privati con un numero di apparecchi superiore a tre qualora il flusso luminoso totale emesso verso l'alto dagli apparecchi illuminanti costituenti l'impianto non superi complessivamente i 2250 lumen, fermo restando il vincolo di emissione del singolo apparecchio di cui alla lettera d). Nella Tabella 1 sono riportati alcuni esempi esplicativi;
- g) agli impianti privati con un numero di apparecchi superiore a tre qualora la potenza totale assorbita dall'impianto non superi i 60W, fermo restando il vincolo di potenza assorbita del singolo apparecchio di cui alla lettera e);
- h) agli impianti di segnalazione e di regolazione del traffico;
- i) agli impianti di illuminazione di porti, aeroporti e strutture militari e civili, limitatamente agli impianti ed ai dispositivi di segnalazione strettamente necessari a garantire la sicurezza della navigazione marittima ed aerea.

Tabella 1: Esempi esplicativi della deroga di cui al punto f)

Potenza nominale sorgente/ modulo LED (W)	Flusso emesso da apparecchio (lm)	Flusso verso l'alto emesso da apparecchio		N° di apparecchi consentiti in deroga
		(%)	(lm)	
23 W	1500	50	750	$2250/750= 3$
23 W	1500	30	450	$2250/450= 5$
23 W	1500	15	225	$2250/225= 10$

Art.8 - Segnalazioni, Controlli e Sanzioni

1. Chiunque ravvisi apparecchi/impianti di illuminazione esterna, pubblica o privata, non conformi alla legge e alla presente direttiva può inviare al Comune competente per territorio, una segnalazione per le necessarie verifiche ed adeguamenti. A tale scopo è possibile utilizzare il modello di cui all' **ALLEGATO G** "Modello di segnalazione per apparecchi/impianti di illuminazione esterna non conformi alle norme vigenti in materia di Inquinamento Luminoso e risparmio energetico".
2. L'effettuazione dei controlli, a seguito di esposto o di propria iniziativa, al fine di verificare/garantire il rispetto della presente direttiva compete al Comune, che la esercita sia nei riguardi dei soggetti da esso incaricati che dei soggetti privati. Il Comune per esercitare tale competenza, può avvalersi del supporto di A.R.P.A. concordando e programmando preventivamente tale attività all'interno del Comitato Provinciale di Coordinamento di cui all'art.16, comma 2 della LR.44/95 e s.m.i.
3. A supporto dello svolgimento delle verifiche di cui al comma 2, e di cui all'art.9, comma 5, i Comuni possono avvalersi del foglio di calcolo, "Calcola il Fattore a_{cv} , l'IPEA e l'IPEI" messo a disposizione a titolo gratuito sul sito della Regione, alla voce "Inquinamento Luminoso". In caso di difformità dei risultati di calcolo rispetto a quanto dichiarato nelle relazioni dei progettisti previste dalla presente direttiva, il Comune richiede appositi chiarimenti valutando le motivazioni delle eventuali difformità e richiedendo gli eventuali adeguamenti necessari.
4. All'elenco delle disposizioni normative e regolamentari su cui le Province possono conferire il potere di accertamento alle GEV (Guardie Ecologiche Volontarie) ai sensi dell'art.6, comma

2 della LR.23/1989 "Disciplina del servizio volontario di vigilanza ecologica", è aggiunta anche la LR.19/2003 e la relativa direttiva applicativa, già entrate a far parte dei programmi dei corsi di formazione ai sensi della DGR. n.2291/2008 "Quinta direttiva regionale in attuazione della LR. 23/1989".

Art.9 - Procedure per i nuovi Impianti di Illuminazione

1. In attuazione dell'art.4, comma 2 della legge:

1. dei nuovi impianti di illuminazione esterna privata, deve essere trasmessa preventiva Comunicazione al Comune, per le opportune verifiche di conformità. In particolare:

- nel caso di impianti costituiti da un numero di apparecchi minore o uguale a 10, alla comunicazione va allegata la documentazione di cui al comma 2;
- nel caso di impianti costituiti da un numero di apparecchi superiore a 10, alla comunicazione va allegata la documentazione di cui al comma 3.

2. dei nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica, deve essere predisposta dal Comune o dal soggetto da esso incaricato, e tenuta agli atti del Comune, la documentazione di cui al comma 3.

2. La documentazione obbligatoria da allegare alla comunicazione di cui al comma 1, lett. a) primo trattino, è costituita da:

a) una Relazione, che descriva chiaramente l'impianto di illuminazione che si intende realizzare, specificando tutte le informazioni utili al fine della verifica della conformità alla presente direttiva, relative alle sorgenti luminose e agli apparecchi di illuminazione. A tal fine, per le sorgenti luminose specificare almeno il numero ed il tipo di sorgenti (es. Sodio Alta pressione, LED, Ioduri metallici ecc), la potenza (W) di ciascuna, la Temperatura di Colore CCT. Per gli apparecchi di illuminazione, specificare almeno il numero, il tipo e marca di apparecchi, la classificazione per il rischio

fotobiologico (ai sensi della CEI EN 62471:2010) e loro collocazione (avvalendosi anche di opportuno schema grafico).

b) la fotocopia/stampa delle Schede tecniche da catalogo degli apparecchi/sorgenti che si intende utilizzare.

3. La documentazione obbligatoria da allegare alla comunicazione di cui al comma 1, lett. a) secondo trattino o da predisporre nel caso di cui al comma 1, lett. b) è costituita da:

a) il Progetto Definitivo/Esecutivo dell'impianto elaborato da una figura professionale specializzata ed abilitata alla professione per tale settore impiantistico. Nel Progetto devono essere curati in particolar modo:

I. la Relazione generale, che descriva in dettaglio l'impianto di illuminazione da realizzare anche con opportuni elaborati grafici, ed i criteri utilizzati per le scelte di progettazione;

II. i calcoli illuminotecnici, sulla base dei quali è stato effettuato il dimensionamento dell'impianto. I criteri di scelta, i parametri, ed i calcoli utilizzati devono essere indicati molto chiaramente per permettere un'agevole verifica;

III. il Piano di manutenzione, che ha come fine quello di predisporre per tutta la durata dell'impianto, il mantenimento nel tempo delle caratteristiche di funzionalità della struttura;

IV. la "Dichiarazione di Conformità del Progetto alla LR. 19/2003 e alla Direttiva applicativa" di cui all'**ALLEGATO H**.

Nel caso di impianti pubblici, oltre a quanto già indicato, gli elaborati progettuali dovranno essere conformi a quanto indicato dal DPR 207/2010 "Regolamento di esecuzione e attuazione del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163" e s.m.i.

b) le misurazioni fotometriche di ogni apparecchio illuminante utilizzato nel progetto definitivo/esecutivo, fornite sia in

forma tabellare numerica su supporto cartaceo, sia in forma di file standard normalizzato, tipo il formato commerciale "Eulumdat" o analogo verificabile, ed emesso da laboratori accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente. Le misure devono riportare l'identificazione del laboratorio di misura che le ha effettuate, il nominativo del Responsabile tecnico del laboratorio, e la sua dichiarazione circa la veridicità delle misure;

- c) la Temperatura di Colore Correlata (CCT) e l'eventuale Fattore di effetto circadiano a_{cv} di cui all'art. 5, comma 1, lett.a) della presente direttiva, per ogni tipologia di sorgente utilizzata all'interno del progetto. A tal fine deve essere allegato per ogni sorgente, il relativo spettro in formato numerico (per il controllo dell' a_{cv}).
- d) la Prestazione energetica dell'apparecchio ed il relativo indice IPEA (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Apparecchio) di cui all'art. 5, comma 1, lett. b) punto II) della presente direttiva, per ogni tipologia di apparecchio illuminante utilizzato all'interno del progetto;
- e) il Gruppo RG di appartenenza in base alla Norma CEI EN 62471:2010 e s.m.i, di cui all'art. 5, comma 1, lett. b) punto III) della presente direttiva, per ogni tipologia di apparecchio illuminante utilizzato all'interno del progetto;
- f) la Prestazione energetica dell'impianto ed il relativo indice IPEI (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto) di cui all'art. 5, comma 1, lett. c) punto I) della presente direttiva, per ogni ambito progettuale;
- g) le Istruzioni di installazione degli apparecchi illuminanti;
- h) la Relazione di calcolo dei consumi e dei risparmi energetici ottenibili, nonché, nel caso di illuminazione stradale, l'indicazione del TCO dell'impianto di cui all'art.5, comma 1, lett. c) punto VI), che prenda in considerazione un arco temporale non inferiore a 20 anni, in riferimento alle scelte effettuate all'interno del piano di manutenzione a corredo

del progetto. Tale documentazione non esime dal rispetto di quanto indicato dal DM 37/08 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" e s.m.i. Nel caso di impianti pubblici tale documentazione non esime dal rispetto di quanto indicato dal DPR 207/2010 "Regolamento di esecuzione e attuazione del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163" e s.m.i.

4. La documentazione di cui al comma 3 non è obbligatoria solo nel caso in cui si tratti di ampliamento di impianto esistente che risulti già conforme alla presente direttiva, realizzato attraverso la riproposizione della stessa tipologia di apparecchio illuminante e geometria di installazione per un massimo di 5 punti luce. In tale caso l'ampliamento dovrà essere dotato di una dichiarazione del progettista, che ne attesti la conformità al progetto originario.

In tal caso rimane comunque valido l'obbligo di redigere un indirizzo progettuale di massima delle opere in oggetto. Tale documentazione non esime dal rispetto di quanto indicato dal DM 37/08 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" e s.m.i. Nel caso di impianti pubblici tale documentazione non esime dal rispetto di quanto indicato dal DPR 207/2010 "Regolamento di esecuzione e attuazione del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi, e forniture" e s.m.i.

5. Il Comune, verifica la conformità della documentazione di cui ai commi 2 e 3 a quanto richiesto dalla legge e dalla presente direttiva, chiedendo eventuali chiarimenti/adeguamenti.
6. Al termine dei lavori, l'impresa installatrice rilascia la "Dichiarazione di Conformità di installazione alla L.R.19/2003, alla direttiva applicativa e al Progetto esecutivo" di cui all'**ALLEGATO I**. La cura e gli oneri dei collaudi sono a carico

dei committenti degli impianti ove l'amministrazione comunale non disponga diversamente.

7. Tutti i Capitolati relativi agli impianti di Illuminazione Pubblica e Privata devono prevedere e privilegiare i criteri di valutazione che premiano le classi IPEA ed IPEI superiori ove possibili, le analisi TCO inferiori. In caso di Appalti Pubblici sono da privilegiare Appalti Verdi redatti in conformità ai Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'illuminazione pubblica redatti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ove non in contrasto con la presente direttiva.

Art. 10 - Contributi regionali

1. I Comuni che ottemperano alla Legge ed alla presente Direttiva possono essere ammessi ai contributi regionali di cui all'art.8 della legge e all'art. 99 della LR 3/99 "Riforma del sistema regionale e locale".

Art. 11 - Quadro conoscitivo annuale sullo stato della pubblica illuminazione esterna

1. Ai fini della verifica degli obiettivi del protocollo di Kyoto, i Comuni, o per essi gli Enti gestori degli impianti di illuminazione pubblica, inviano alla Regione entro il 31 marzo di ogni anno a partire dalla data di approvazione della presente direttiva, le Tabelle 1, 2, 3 e 4 debitamente compilate. A supporto della compilazione e trasmissione di tali informazioni, è possibile compilare e spedire con PEC il foglio di calcolo "Quadro conoscitivo della Pubblica illuminazione" messo a disposizione a titolo gratuito sul sito della Regione, alla voce "Inquinamento luminoso" all'indirizzo segraae@postacert.regione.emilia-romagna.it.

Tab.1: Dati generali - Comune di XXX

Referente dei dati	Anno di riferimento	Abitanti (n°)	Km di strada illuminata
Es. Ufficio tecnico del comune geom. Rossi	xxxx	xxxx	xxxx

Tab.2: Sistema di gestione

Anno di riferimento	Piano della LUCE		Numero di sorgenti luminose totali ⁽¹⁾	Tipo di gestione (Proprio/Terzi/Mista)
	Si/No	Estremi della Delibera di approvazione		
xxxx	Si	n°xxx del xx/xx/xxxx		Es. Proprio/mista

(1): accertarsi che il numero totale di sorgenti luminose indicate in questa tabella coincida con la sommatoria del numero totale delle sorgenti di Tab. 3

Tab.3: Tipo, numero e potenza delle sorgenti luminose

Anno xxxx	Numero sorgenti luminose e loro potenza (W)													
	Mercurio		Sodio HP		Sodio BP		Ioduri		LED		altro		TOT	
	n.	W	n.	W	n.	W	n.	W	n.	W	n.	W	n.	
tot														xxxx ⁽¹⁾

(1) per la corretta indicazione del numero di sorgenti luminose si consideri il seguente esempio. Per una torre faro con 6 proiettori sodio HP si deve inserire 6 nella casella "Sodio HP". Per un apparecchio LED (indipendentemente dal numero di diodi installati sulla piastra) si deve inserire 1 nella casella "LED".

Tab.4: Indicazione sui consumi e sui costi

Anno	Consumi totali (KWh/a)	COSTI (euro)			
		Energia elettrica	Manutenzione ordinaria	Manutenzione straordinaria	Investimenti
xxxx					

Art. 12 - Abrogazione di norme regionali e regime di transizione

1. I contenuti della Delibera di Giunta Regionale n. 2263/2005 "Direttiva per l'applicazione dell'art,2 della Legge regionale n. 19 del 29/09/2003 recante Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" e della Circolare esplicativa delle norme, di cui alla Determinazione

del Direttore Generale Ambiente n. 14096/2006 e s.m.i, sono sostituiti dalla presente direttiva;

2. Ai soli fini dell'applicazione dell'art. 6 della legge "sanzioni", gli impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati, realizzati a partire dal 14 ottobre 2003 (data di entrata in vigore della legge) sino alla data di entrata in vigore della presente direttiva, devono dimostrare di rispondere ai criteri di cui alla DGR. n.2263/2005, in quanto in vigore in detto periodo.

ALLEGATO A

RICHIESTA di ZONA DI PROTEZIONE DALL' INQUINAMENTO LUMINOSO

Il sottoscritto (cognome)..... (nome).....
nato a (luogo)..... (prov.) il.....
residente a (luogo)(prov.)
in via (indirizzo)n.....

IN QUALITA' DI

[] gestore

[] rappresentante dell'Associazione gestrice

dell'Osservatorio (nome identificativo)
ubicato nel comune di (prov.....).
in via (indirizzo)n.....

CHIEDE

che nell'intorno dell'Osservatorio di cui sopra, venga delimitata
una *Zona di Protezione* dall'Inquinamento Luminoso di estensione
pari a:

25 Km di raggio attorno all'Osservatorio (astronomico o
astrofisico) di tipo professionale;

15 Km di raggio attorno all'Osservatorio (astronomico o
astrofisico) di tipo non professionale.

A tal fine, si allega la seguente documentazione a supporto
dell'assegnazione della fascia richiesta:

a) cartografia in opportuna scala relativa alla localizzazione
dell'Osservatorio;

- b) dichiarazione sulla tipologia dell'Osservatorio che ne dimostri l'appartenenza alla fascia richiesta;
- c) programma scientifico di ricerca e/o divulgazione dell'Osservatorio.

Si allega inoltre, la seguente documentazione:

.....
.....
.....

Eventuali comunicazioni sono da spedire al seguente indirizzo:

.....
.....

lì Firma

Dichiaro di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art.13 del decreto legislativo 196/2003 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente domanda viene presentata.

Firma

ALLEGATO B

IL PIANO DELLA LUCE

Ai sensi dell'art. 4, comma 1, lett. b) della legge e dell'art.3, commi 7 e 8 della presente direttiva, i Comuni devono adeguare il RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio) a quanto indicato dalle norme, entro 2 anni. A tal fine predispongono un apposito "**Piano della Luce**", uno strumento di pianificazione che consente un più razionale sviluppo delle reti dell'illuminazione pubblica e la cui visione globale permette di raggiungere un'immagine coordinata ed armonica dei centri urbani.

I Piani della Luce devono essere redatti da figure professionali specializzate, cioè da professionisti singoli o associati iscritti agli ordini o collegi professionali, in possesso dei requisiti tecnico professionali necessari.

Il Piano della Luce rappresenta uno strumento di pianificazione e verifica e pertanto, pur avendo caratteristiche di un progetto di massima, che configura l'assetto futuro degli impianti di illuminazione e stabilisce le direttive e i vincoli necessari per attuarlo, non può in alcun modo sostituirsi agli strumenti progettuali definiti dal DPR 207/2010 "Regolamento di esecuzione e attuazione del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163" e s.m.i.

Di seguito si propone un elenco dei principali capitoli che un Piano della Luce dovrebbe contenere ed una breve descrizione dei relativi contenuti.

PIANO DELLA LUCE

Premessa

Nella Premessa il Comune potrà riportare un sintetico inquadramento normativo relativo alla materia dell'Inquinamento luminoso ed un elenco dei principali obiettivi del Piano della

Luce, quali ad esempio la limitazione dell'inquinamento luminoso, il raggiungimento del risparmio energetico, la mitigazione delle situazioni critiche o pericolose, l'analisi della messa a norma degli impianti, il miglioramento della viabilità e della qualità di vita, la valorizzazione dei contesti urbani, la salvaguardia e protezione dell'ambiente nel suo complesso, ecc.

1. Inquadramento territoriale e caratteristiche generali del territorio

Nel primo capitolo il Comune potrà descrivere il suo territorio, approfondendone le caratteristiche principali ed evidenziando le Zone di Protezione dall'inquinamento luminoso in coerenza con i contenuti del PSC/POC o del PTCP.

1.1 Inquadramento territoriale (introduzione geografica, confini e centri abitati, principali caratteristiche morfologiche, ambientali e climatiche, popolazione e statistiche utili, attività produttive, commerciali ecc).

1.2 Evoluzione storica dell'illuminazione sul territorio comunale (ricerca storica sull'evoluzione territoriale dell'illuminazione anche mediante l'ausilio di foto e documenti d'epoca; identificazione di eventuali caratterizzazioni storiche dell'illuminazione del territorio oggetto di studio).

1.3 Aree omogenee (suddivisione del territorio in aree omogenee, es. aree agricole, residenziali, verdi, industriali/artigianali, parchi e zone di salvaguardia ambientale, centri storici e cittadini ed aree pedonali e di possibile aggregazione, impianti destinati alla ricreazione sportiva). Allegata a tale paragrafo si propone una cartografia delle Aree omogenee, da effettuare in scala adeguata anche in base alle indicazioni del PSC/POC.

1.4 Zone di protezione dall'inquinamento luminoso (riportare i contenuti e le cartografie ufficiali che le identificano).

2. Illuminazione del territorio: censimento e stato di fatto

Nel secondo capitolo il Comune potrà effettuare un'analisi dettagliata dello stato dell'illuminazione esistente (eventualmente potrebbero essere di aiuto delle Schede di rilevamento appositamente predisposte, contenenti l'elencazione dei principali aspetti tecnici da rilevare). Inoltre il Comune valuterà i parametri illuminotecnici relativi agli impianti esistenti per la verifica dei requisiti di conformità alla normativa regionale.

2.1 Stato dell'illuminazione esistente e conformità alla LR.19/2003 e Direttiva applicativa

2.1.1 Censimento degli impianti esistenti ubicati nelle Zone di Protezione dall'Inquinamento luminoso

Il censimento dovrà prevedere, per ogni impianto, l'identificazione almeno delle seguenti informazioni:

- ubicazione esatta dell'impianto;
- proprietario e gestore;
- tipologia di apparecchi installati e di supporti impiegati;
- alimentazione, potenze elettriche e distribuzione elettrica;
- stato dei quadri elettrici e compatibilità con le norme vigenti in materia;
- tipi di lampade installate e potenze;
- eventuale presenza di elevati fenomeni di abbagliamento molesto;
- eventuale condizione di "sorgenti di rilevante inquinamento luminoso" come definite all'art.2 della presente direttiva, ai fini della programmazione di interventi di bonifica ai sensi dell'art. 3, comma 1, lett. d) della L.R. 19/2003;
- valutazione della conformità alla LR.19/2003 ai fini della programmazione di interventi di adeguamento/ sostituzione.

2.1.2 Censimento degli impianti esistenti ubicati sul territorio comunale al di fuori delle Zone di Protezione dall'inquinamento luminoso

Il censimento dovrà prevedere l'identificazione, per ogni impianto, almeno delle seguenti informazioni:

- ubicazione esatta dell'impianto;
- proprietario e gestore;
- tipologia di apparecchi installati e di supporti impiegati;
- alimentazione, potenze elettriche e distribuzione elettrica;
- stato dei quadri elettrici e compatibilità con le norme vigenti in materia;
- tipi di lampade installate e potenze;
- eventuale presenza di elevati fenomeni di abbagliamento molesto;
- eventuale condizione di "sorgenti di rilevante inquinamento luminoso", come definite all'art.2 della presente direttiva, ai fini della programmazione di interventi di bonifica ai sensi dell'art. 3, comma 1, lett. d) della L.R. 19/2003;
- valutazione della conformità alla LR.19/2003 ai fini della programmazione di interventi di adeguamento/ sostituzione.
- rilievo del livello di usura dell'impianto ai fini della programmazione di interventi di sostituzione o messa a norma (ad esempio: stato di usura degli apparecchi illuminanti, stato di usura dei quadri elettrici, ecc.)

Allegati ai precedenti paragrafi si propongono i seguenti Elaborati cartografici:

- a) **Mappatura della distribuzione delle tipologie di sorgenti luminose.** Tale lavoro dovrà essere riportato su un supporto cartografico di adeguata scala.

b) **Mappatura della distribuzione degli apparecchi di illuminazione.** Tale lavoro dovrà essere riportato su un supporto cartografico di adeguata scala.

2.2 Evidenze storiche, culturali ed artistiche. Identificazione di tutti i monumenti e strutture architettoniche di rilievo in possesso della "dichiarazione di interesse" che ne specifichi la rilevanza.

3. Classificazione illuminotecnica del territorio

In questo capitolo il Comune potrà effettuare una valutazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi delle aree individuate all'interno del territorio comunale, sulla base del tipo di strada (dal PUT se esistente) e di quanto espresso nell' **ALLEGATO F** della presente direttiva.

Allegato al precedente paragrafo si propone come elaborato cartografico, la **Mappatura della classificazione del territorio.** Tale lavoro dovrà essere riportato su un supporto cartografico di adeguata scala che evidenzia le Zone di protezione dall'inquinamento luminoso eventualmente esistenti sul territorio comunale e la classificazione illuminotecnica degli ambiti considerati secondo le categorie illuminotecniche di ingresso considerate.

4. Pianificazione degli interventi di adeguamento/sostituzione/manutenzione

In questo capitolo il Comune, sulla base degli elementi emersi nei precedenti capitoli e seguendo gli indirizzi di buona amministrazione per le zone di protezione, potrà effettuare una programmazione degli interventi di adeguamento su apparecchi ed impianti esistenti non conformi alla LR.19/2003 e alla presente Direttiva. Il Comune dovrà altresì prevedere interventi di messa a norma (sicurezza elettrica, statica, ecc.) dell'impianto di illuminazione pubblica di sua proprietà.

Le scelte del Comune dovranno basarsi su soluzioni integrate di riassetto del territorio, e dovranno essere prese in funzione dei risparmi energetici, economici e manutentivi.

4.1 Pianificazione delle modalità e dei tempi di adeguamento degli impianti non rispondenti ai requisiti della presente direttiva ubicati nelle Zone di Protezione

4.2 Pianificazione delle modalità e dei tempi di sostituzione degli impianti esistenti sul territorio comunale (fuori dalle Zone di Protezione), in base allo stato di usura degli impianti

4.3 Pianificazione della realizzazione di interventi di bonifica o di sostituzione per le sorgenti di rilevante inquinamento luminoso, degli apparecchi illuminanti con indice IPEA inferiore a "C" e degli impianti con indice IPEI inferiore a "B".

4.4 Definizione del piano di manutenzione degli impianti

4.5 Pianificazione dell'eventuale sviluppo dell'illuminazione su tutto il territorio comunale

5. Valutazioni Economiche

In questo capitolo il Comune potrà effettuare le valutazioni economiche relative alle scelte/indicazioni evidenziate nel capitolo precedente, corredandole di bilanci energetici/economici, ed identificare le opportunità tecnologiche che favoriscono una illuminazione a basso impatto ambientale e maggiore risparmio energetico. Verranno effettuate previsioni di spesa e di priorità. Le valutazioni economiche dovranno essere basate sull'analisi TCO così come indicato all'art. 5, comma 1, lett. c) punto VI) della presente direttiva, estesa a tutto l'impianto di illuminazione comunale.

Il Comune, nella valutazione economica, dovrà altresì tenere conto di fattori finanziari dovuti al costo del capitale investito, dell'esposizione finanziaria e di tutti gli oneri secondari dovuti a questo genere di interventi.

ALLEGATO C

RISCHI CONNESSI ALL'UTILIZZO DI LUCE ARTIFICIALE E FATTORE DI EFFETTO CIRCADIANO a_{cv}

1. RISCHI CONNESSI ALL'UTILIZZO DI LUCE ARTIFICIALE

Le sorgenti e gli apparecchi illuminanti utilizzati per illuminazione di esterni sono caratterizzati dall'emissione di radiazioni ottiche non coerenti, indicando con questo termine le radiazioni elettromagnetiche con spettro di emissione compreso fra 100 nm e 1 mm e che risultano non in fase tra loro (a differenza di sorgenti laser, che emettono fasci coerenti).

I rischi per la salute umana connessi con l'utilizzo di queste sorgenti si possono raggruppare in:

- a) Rischio di abbagliamento;
- b) Rischio fotobiologico;
- c) Rischio di alterazione del ritmo circadiano.

1.a) Il **Rischio di abbagliamento** è il rischio è connesso ad una luminanza eccessiva della sorgente osservata e si configura come fattore di rischio secondario piuttosto che come rischio diretto per la salute. E' risaputo che qualunque sistema di illuminazione, naturale o artificiale, provoca un disturbo, denominato abbagliamento, che si manifesta in termini debilitanti (difficoltà e riduzione delle possibilità di visione) o molesti (fastidio anche senza impedimenti alla visione).

Questo fenomeno è dovuto alla luminanza di velo che a sua volta deriva dalla diffusione della luce periferica con la conseguente riduzione del contrasto delle immagini che riduce la visibilità degli oggetti e arreca fastidio.

Nella presente Direttiva l'abbagliamento viene controllato attraverso il parametro TI per le classi illuminotecniche M e C e attraverso le classi di intensità luminosa e indice di abbagliamento per le classi illuminotecniche P. Al riguardo, si faccia riferimento al paragrafo 2.4 dell'**ALLEGATO F** "Prestazioni

illuminotecniche degli impianti funzionali di illuminazione esterna”.

1.b) Il **Rischio fotobiologico** è il rischio di danno alla retina, all'occhio o ai tessuti in generale, connesso a particolari bande dello spettro elettromagnetico che possono influire in maniera anche grave e con danni permanenti. Su questo fattore di rischio, la Norma EN 62471:2008-09⁽¹⁾, recepita in Italia dalla CEI EN 62471:2010-01 in modo identico, comprendendo al suo interno le possibili cause di danno derivante da sorgenti artificiali a luce non coerente, impone che ogni sorgente artificiale debba essere classificata. Le sorgenti sono pertanto classificate in 4 gruppi di rischio, da RG0 ad RG3, e ai soli fini della classificazione sono definiti:

Gruppo RG0- esente da rischi

La lampada non provoca nessuno dei rischi foto biologici di cui alla norma. Tale requisito, è soddisfatto da qualsiasi lampada che non provochi:

- rischio ultravioletto attinico entro 30000 s di esposizione, né
- rischio dovuto agli UV vicini entro 1000 s di esposizione, né
- rischio retinico da luce blu entro 10000 s di esposizione, né
- rischio termico retinico entro 10 s di esposizione, né
- rischio di radiazione infrarossa per gli occhi entro 1000 s di esposizione.

Gruppo RG1- rischio basso

La lampada non provoca rischio dovuto a normali limitazioni di funzionamento sull'esposizione. Tale requisito, è soddisfatto da qualsiasi lampada che eccede il Gruppo esente ma non provochi:

- rischio ultravioletto attinico entro 10000 s di esposizione, né
- rischio dovuto agli UV vicini entro 300 s di esposizione, né
- rischio retinico da luce blu entro 100 s di esposizione, né
- rischio termico retinico entro 10 s di esposizione, né

⁽¹⁾ Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi a lampada

- rischio di radiazione infrarossa per gli occhi entro 100 s di esposizione.

Gruppo RG2- rischio moderato

La lampada non provoca un rischio in seguito ad una reazione istintiva guardando sorgenti di luce molto luminose o in seguito ad una sensazione di disagio termico. Tale requisito, è soddisfatto da qualsiasi lampada che eccede il Gruppo di rischio 1 (rischio basso) ma non provochi:

- rischio ultravioletto attinico entro 1000 s di esposizione, né
- rischio dovuto agli UV vicini entro 100 s di esposizione, né
- rischio retinico da luce blu entro 0.25 s di esposizione, né
- rischio termico retinico entro 0.25 s di esposizione, né
- rischio di radiazione infrarossa per gli occhi entro 10 s di esposizione.

Gruppo RG3- rischio elevato

La lampada può costituire un rischio anche in seguito ad una esposizione momentanea o breve. Le lampade che superano i limiti del gruppo RG2 (rischio moderato) sono comprese nel gruppo di rischio 3.

Per questi gruppi di rischio, il Rapporto Tecnico IEC/TR 62471-2: 2009 nella Tabella 1 ha indicato le seguenti necessità/tipo di etichettatura. In particolare:

Table 1 – Hazard-related risk group labelling of lamp systems

Hazard	Exempt Risk Group	Risk Group 1	Risk Group 2	Risk Group 3
Ultraviolet hazard 200 nm to 400 nm	Not required	NOTICE UV emitted from this product	CAUTION UV emitted from this product.	WARNING UV emitted from this product.
Retinal blue light hazard 300 nm to 400 nm	Not required	Not required	CAUTION Possibly hazardous optical radiation emitted from this product	WARNING Possibly hazardous optical radiation emitted from this product
Retinal blue light or thermal hazard 400 nm to 780 nm	Not required	Not required	CAUTION Possibly hazardous optical radiation emitted from this product	WARNING Possibly hazardous optical radiation emitted from this product
Cornea/lens infrared hazard 780 nm to 3 000 nm	Not required	NOTICE IR emitted from this product	CAUTION IR emitted from this product	WARNING IR emitted from this product.
Retinal thermal hazard, weak visual stimulus 780 nm to 1 400 nm	Not required	WARNING IR emitted from this product	WARNING IR emitted from this product.	WARNING IR emitted from this product.

A seguito dell'emanazione del Rapporto dell'ANSES francese (Agenzia nazionale per la sicurezza sanitaria dell'alimentazione, dell'ambiente e del lavoro) "Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED)" nell'aprile del 2010 l'allora Ministro della Salute Fazio, rispondendo ad una interrogazione scritta ⁽²⁾ sulla base delle considerazioni dell'ANSES, ha inteso promuovere un approfondimento tecnico regolatorio affinché in Italia venissero applicate raccomandazioni analoghe a quelle contenute nel rapporto dell'ANSES, che di seguito si evidenziano:

- a) limitare la possibilità di immettere sul mercato lampade a LED ad uso domestico o comunque accessibili alla popolazione generale, ai LED appartenenti ai gruppi di rischio 0 (esente da rischi) ed 1 (rischio basso) limitando l'uso di LED appartenenti a gruppi superiori agli usi professionali;

⁽²⁾ Legislatura 16 - Risposta all'interrogazione parlamentare n. 4.04088-fascicolo 212

- b) che i fabbricanti dovrebbero ideare sistemi che non permettano la visione diretta del fascio luminoso emesso dal LED al fine di evitare rischi connessi all'abbagliamento;
- c) di proteggere in modo specifico i bambini e le altre categorie particolarmente sensibili al rischio, per esempio vietando l'uso di sorgenti emittenti una forte componente di luce blu nei luoghi frequentati dai bambini o nei giocattoli;
- d) definire dei mezzi di protezione adeguati per i lavoratori particolarmente esposti;
- e) prevedere un'etichettatura relativa alle caratteristiche dei LED in particolare ai gruppi di rischio, anche ai fini dell'informazione dei consumatori;
- f) nel caso di gruppo superiore ad RG0, valutare una distanza di sicurezza oltre la quale non è presente rischio fotobiologico e notificarla in maniera leggibile ai consumatori.

La Regione, in considerazione del fatto che l'auspicato approfondimento tecnico ministeriale non è stato ancora realizzato, ha chiesto all'ISS (Istituto Superiore di Sanità) un parere circa il corretto recepimento della EN CEI 62471:2010. Tale Istituto, in una lunga nota agli atti del Servizio, ha evidenziato come punto saliente, che "la protezione della salute della popolazione dai rischi connessi all'esposizione alle radiazioni ottiche debba essere perseguita tramite il rispetto dei limiti di esposizione raccomandati a livello internazionale" (ndr: CEI EN 62471:2010 e IEC/TR 62471-2:2009).

In considerazione della oggettiva impossibilità per una normativa siffatta o per il progettista/installatore/committente dell'impianto di illuminazione, di poter garantire qualsiasi rispetto dei tempi di esposizione eventualmente notificati al "consumatore" (che in questo caso è l'utente della strada) ed in assenza di un percorso consolidato che definisca le modalità di calcolo della distanza a cui una sorgente potrebbe venire declassificata, per attuare e perseguire la massima cautela

possibile, la presente Direttiva all'art. 5, comma 1, lett. b) punto III):

- richiama l'obbligo di certificazione sulla base della norma CEI EN 62471:2010 ed evidenzia che il rapporto di prova deve essere emesso da laboratorio accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di Ente terzo indipendente;
- ammette l'esclusivo utilizzo degli apparecchi classificati di Gruppo di rischio RG0 o RG1, ove, sulla base del Rapporto tecnico CEI/TR 62471-2:2009 (ad oggi l'unico ed autorevole punto di riferimento tecnico) non necessitano di etichettature e di avvertimenti di uso.

1.c) Il **Rischio di alterazione del ritmo circadiano** è il rischio legato alla potenziale influenza delle differenti componenti della luce dello spettro luminoso sul normale andamento del sistema di regolazione del ritmo circadiano, cioè del ritmo caratterizzato da un periodo di circa 24 ore, che regola molte delle funzioni vitali, quali ad esempio il ciclo sonno/veglia, la secrezione della melatonina, la temperatura corporea, alcuni parametri legati al sistema circolatorio o di produzione di alcuni importanti ormoni.

E' un fattore di rischio secondario, che è ormai accertato avere particolare influenza ad illuminamenti elevati tipici dell'illuminazione degli ambienti interni, ma che essendo ancora in un campo di sperimentazione aperta, si è ritenuto comunque di voler approfondire anche nel campo dell'illuminazione esterna quindi per illuminamenti molto inferiori.

Approfondimento

L'approfondimento su questo tema, realizzato nell'ambito dei lavori del Gruppo di coordinamento regionale in materia, ha evidenziato che anche recentemente diversi studi hanno posto in correlazione l'emissione luminosa di certe tipologie di sorgenti luminose con alterazioni più o meno evidenti nella produzione di

melatonina, uno degli ormoni principali coinvolti nella regolazione del ciclo veglia-sonno ma anche nella protezione dall'insorgenza di patologie cancerogene.

La scoperta di un nuovo terzo recettore visivo nel 2002, complementare ai coni e ai bastoncelli e costituito da cellule gangliari fotosensibili (ipRGC), ha rivoluzionato la biologia circadiana e l'illuminotecnica, destando un interesse crescente per gli addetti ai lavori. Queste cellule fotosensibili sono in grado di rispondere agli stimoli luminosi grazie all'espressione di un fotopigmento chiamato melanopsina: il nuovo fotorecettore è stato accreditato come il principale attivatore nella regolazione del cosiddetto "ritmo circadiano" ovvero il sistema che regola il ciclo veglia/sonno e le attività ad esso correlate.

Allo stato attuale delle conoscenze, il sistema di regolazione del ritmo circadiano è sensibile alle differenti componenti dello spettro luminoso: in questo caso si parla di sistema "non-visivo", ovvero che non concorre direttamente alla formazione delle immagini (in inglese viene abbreviato in NIF - non-image forming). Il ritmo circadiano, così chiamato perché dura approssimativamente 24 ore, non è una peculiarità solo dell'uomo: tutte le specie viventi sulla terra, dai batteri ai mammiferi, sono soggette a ritmi endogeni legati all'alternarsi del giorno e della notte, cui tipici esempi sono la regolazione della temperatura corporea della pressione sanguigna, della produzione di alcuni importanti ormoni quali la melatonina, il cortisolo, dei movimenti intestinali ecc.

Per quantificare gli effetti dei diversi spettri luminosi sul ritmo circadiano si rende necessaria la definizione di una "fotometria circadiana" - in analogia alla fotometria fotopica utilizzata per derivare le grandezze fotometriche tramite una ponderazione delle corrispondenti grandezze radiometriche. A tal fine sono stati proposti diversi modelli, tutti basati sui dati di soppressione della Melatonina, considerata a livello scientifico il *marker* della durata del ritmo circadiano.

Lo studio dei possibili effetti delle sorgenti luminose artificiali sui ritmi circadiani si è concentrato nell'analisi della bibliografia nazionale ed internazionale esistente sulla materia.

Nella nota si riportano alcuni degli articoli analizzati riguardanti l'argomento (³).

³) Gooley JJ, Lu J, Fischer D, Saper CB. 2003. A broad role for melanopsin in nonvisual photoreception. *J Neurosci.* 23(18):7093-7106.

Moser M, Fruhwirth M, Penter R, Winker R. 2006. Why life oscillates--from a topographical towards a functional chronobiology. *Cancer Causes Control.* 2006 17(4):591-599.

Nayak SK, Jegla T, Panda S. 2006. Role of a novel photopigment, melanopsin, in behavioral adaptation to light. *Cell Mol Life Sci.* 2006;64:144-154.

Berson D, Dunn F, Takao M. 2002. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 2002; 295:1070-1073.

Brainard GC, Hanifin JP, Greenson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner E, Rollag MD. 2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J. Neurosci.* 21:6405-6412.

Berson, DM, Dunn FA, Takao M. 2002. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 295:10.

Hatori M, Panda S. 2010. The emerging roles of melanopsin in behavioral adaptation to light. *Trends Mol Med* 16: 435-446.

Rea M, Figueiro MG, Bierman A, Bullough JD. 2010. Circadian light. *Journal of Circadian Rhythms* 2010: 8, doi:10.1186/1740-3391-8-2, published online on 13 February 2010.

Daurat A, Foret J, Touitou Y, Benoit O. 1996. Detrimental influence of bright light exposure on alertness, performance, and mood in the early morning. *Clin Neurophysiol* 26:8-14.

Morita T, Tokura H, Wakamura T, Park SJ, Teramoto Y. 1997. Effects of the morning irradiation of light with different wavelengths on the behavior of core temperature and melatonin in humans. *Appl Human Sci* 16:103-105

Cajochen C, Munch M, Kriebel S, Krauchi K, Steiner R, Oelhafen P, et al. 2005. High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation and heart rate to short wavelength light. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2005; 90: 1311.

Lockley SW, Evans EE, Scheer FA, Brainard GC, Czeisler CA, Aeschbach D. 2006. Short-wavelength sensitivity for the direct effects of light on alertness, vigilance, and the waking electroencephalogram in humans. *Sleep.* 29(2):161-168.

Zeitler JM, Dijk DJ, Kronauer R, Brown E, Czeisler C. 2000. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *J Physiol.* 526(Pt 3):695-702.

Lack L, Wright H. 1993. The effect of evening bright light in delaying the circadian rhythms and lengthening the sleep of early morning awakening insomniacs. *Sleep* 16:436-443.

Münch M, Kriebel S, Steiner R, Oelhafen P, Wirz-Justice A, Cajochen C. 2005. Wavelength-dependent Effects of Evening Light Exposure on Sleep Architecture and Sleep EEG Power Density in Men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 290:R1421-R1428.

Smith MR, Fogg LF, Eastman CI. 2009. A compromise circadian phase position for permanent night work improves mood, fatigue, and performance. *Sleep* 2009; 32: 1481-1489.

Lee C, Smith MR, Eastman CI. 2006. A compromise phase position for permanent night shift workers: circadian phase after two night shifts with scheduled sleep and light/dark exposure. *Chronobiology International* 2006; 23: 859-875.

Haus E, Smolensky M. 2006. Biological clocks and shift work: circadian dysregulation and potential long-term effects. *Cancer Causes Control.* 17(4):489-500.

Nell'ambito di queste considerazioni scientifiche, sono stati proposti diversi modelli matematici per simulare la soppressione di melatonina dovuta alle diverse sorgenti luminose e modalità di esposizione.

Una prima serie di modelli si basava sulla definizione di una funzione di sensibilità circadiana sulla falsariga della curva di sensibilità fotopica utilizzata in fotometria.

Questi modelli erano semplici e di facile applicazione, in quanto incorporavano un approccio fotometrico (basato su un'ipotesi additiva) alla definizione della risposta circadiana. Purtroppo scoperte recenti hanno dimostrato che il sistema circadiano (ma del resto anche il sistema visivo) non segue una legge additiva e presenta una forte *opponenza spettrale* oltre certe lunghezze d'onda: questo ha significato che i risultati ottenuti con sorgenti monocromatiche non potevano essere estesi alle sorgenti policromatiche utilizzate nel campo dell'illuminazione.

Il primo modello di metrica circadiana ad incorporare l'opponenza spettrale è stato presentato da Rea nel 2005 (aggiornato recentemente nel 2012) ⁽⁴⁾ e ancora oggi risulta il più accreditato fra i ricercatori. Rispetto ai modelli precedenti appare molto più ambizioso in quanto incorpora non solo i meccanismi base del sistema circadiano e delle connessioni nervose legate al sistema visivo, ma anche un'ipotesi di iterazione fra le cellule ipRGC e gli altri fotorecettori. Il modello si basa sulla sintesi di una vasta gamma di ricerche svolte nei campi della neuroanatomia, elettrofisiologia e psicofisica. A differenza dei modelli precedenti, questo si basa sull'irradianza spettrale ⁽⁵⁾ rilevata

Stevens RG, Rea MS. 2001. Light in the built environment: potential role of circadian disruption in endocrine disruption and breast cancer. *Cancer Causes Control* 12:279-287.

Martiny K, Lunde M, Undén M, Dam H, Bech P. 2005. Adjunctive bright light in non-seasonal major depression: results from clinician-rated depression scales. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 112(2):117.

⁴) Rea MS, Figueiro MG, Bierman A, Hammer R. "Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system". *Lighting Research and Technology* 2012; 44: 386-396.

⁵) L'irradianza spettrale è il flusso radiante incidente su una superficie, per unità di area. L'unità di misura è quindi il W/mq.

al livello della cornea ed è in grado di prevedere la soppressione melatoninica sia per stimoli luminosi monocromatici che policromatici. Purtroppo, pur risultando più sofisticato ed aderente alla realtà, risulta di difficile applicazione poiché utilizza una funzione matematica non lineare e non continua ed inoltre non consente una diretta correlazione con l'illuminamento alla cornea.

Sulla scorta della possibilità di utilizzo di questi modelli la Regione ha chiesto di valutare l'influenza delle principali sorgenti luminose oggi in commercio, sulla soppressione melatoninica. A questo scopo l'ing. Seraceni (facente parte del gruppo di coordinamento regionale) in collaborazione con la prof.ssa Bellia dell'Università Federico II di Napoli ha sviluppato una formula semplificata per l'analisi della soppressione di melatonina: il modello proposto è lineare, consente di esplicitare l'illuminamento alla cornea e fornisce risultati in ottimo accordo con quelli ottenuti dal modello proposto da Rea ⁽⁶⁾.

A titolo esemplificativo si riporta il confronto fra i valori di illuminazione circadiana e soppressione melatoninica per diverse sorgenti commerciali e per un corpo nero a diverse temperature: il valore di "illuminamento circadiano" (indicato con CL_A) rappresenta la ponderazione dell'illuminamento fotopico sulla base del corpo nero a 2856K (ovvero 300 CL_A corrispondono a 300 lux per l'emissione di un corpo nero a 2856K); il coefficiente di soppressione melatoninica (indicato con CS) rappresenta la soppressione di melatonina massima che si può riscontrare in presenza della sorgente considerata e per un'esposizione sufficientemente lunga.

⁶⁾ L. Bellia, M. Seraceni, "A proposal of simplified model to evaluate circadian effects of light sources". Lighting Research and Technology 13 June 2013;

Come si vede dal grafico, i due modelli sono sovrapponibili e forniscono i medesimi risultati. Inoltre è possibile rilevare l'effetto di *opponenza spettrale*, che si evidenzia nel "salto" netto a ridosso della Temperatura di colore del corpo nero di 4000K.

Questo effetto fa sì ad esempio che moduli LED con Temperatura di Colore Correlata 4500K (bianco neutro) risultino meno impattanti di moduli LED con Temperatura di Colore Correlata di 3000K (bianco caldo) e che questi ultimi abbiano impatti paragonabili a moduli LED con Temperatura di colore correlata 6000K (bianco freddo).

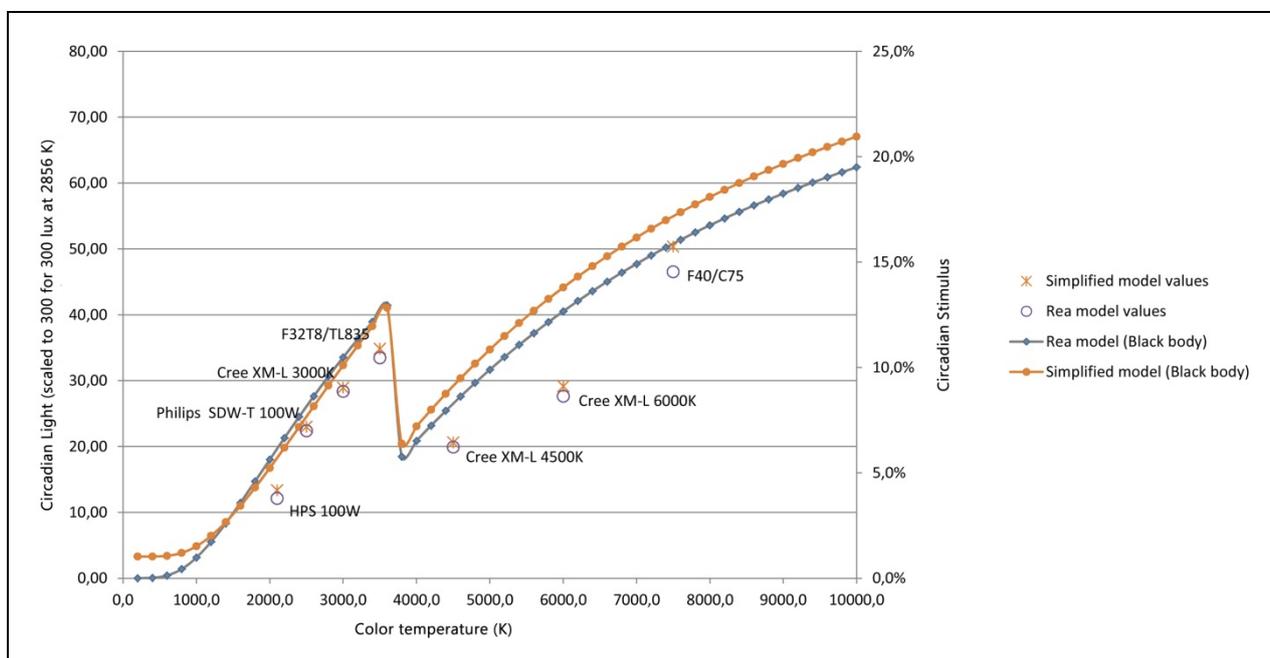


Figura 1. Valori di Circadian Light (emissione circadiana rapportata ad un corpo nero di 2856K) e Circadian Stimulus (soppressione melatoninica tipica della sorgente considerata) per il corpo nero e per sorgenti commerciali secondo il modello di Rea del 2012 (in rosso) e il modello semplificato proposto (in blu) per illuminamenti alla cornea di 30 lux.

Il risultato ha evidenziato che la Temperatura di colore correlata non può fornire un parametro di confronto per la maggiore o minore influenza sui ritmi circadiani.

La Temperatura di colore correlata è infatti un parametro sintetico - per di più estremamente approssimativo - che mette in correlazione le coordinate cromatiche della sorgente esaminata con le coordinate cromatiche del corpo nero e quindi non da alcuna indicazione sulle proprietà spettrali della sorgente stessa.

La distribuzione spettrale delle radiazioni emesse da corpi neri a diverse temperature è abbastanza regolare, mentre gli andamenti delle sorgenti reali sono spesso frastagliati o discontinui; pertanto può accadere che due sorgenti con medesima CCT presentino distribuzioni spettrali molto diverse, come si può vedere dalla figura sottostante.

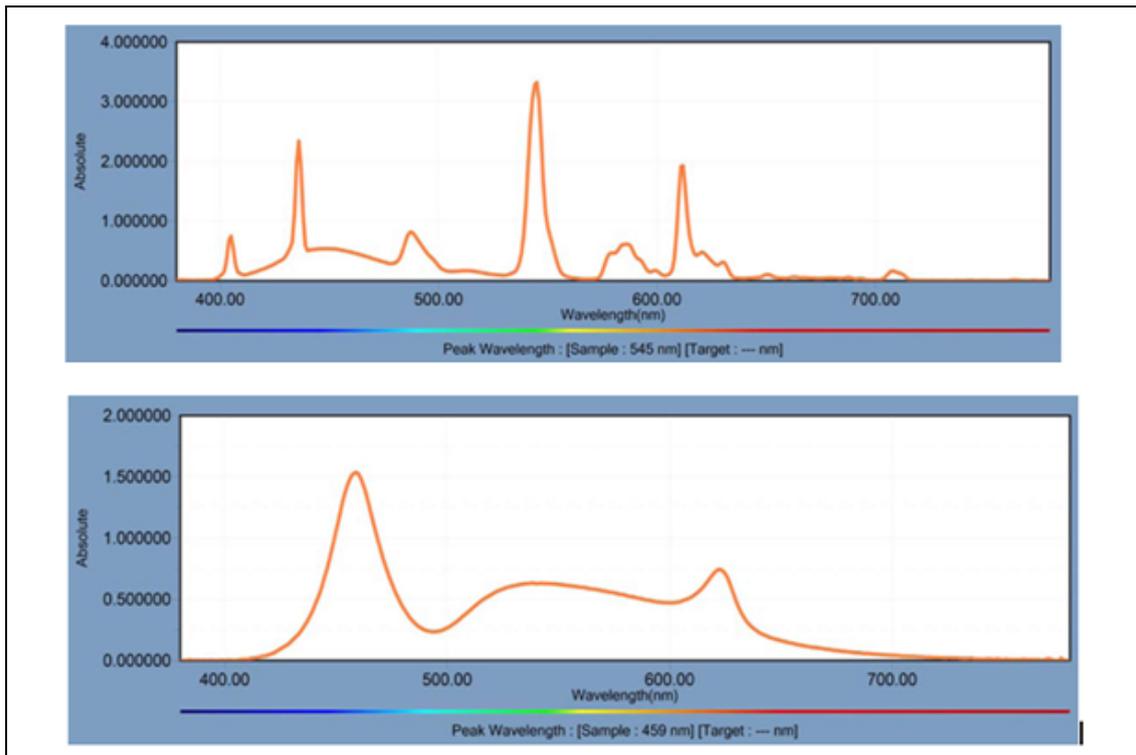


Figura 2. Spettri di emissione di una sorgente fluorescente lineare (in alto) e diodo LED (in basso), come medesima temperatura di colore correlata (7100K).

Come si vede dal grafico precedente (Figura 1), utilizzando un valore di illuminamento alla cornea pari a 30 lux (che si può assumere come valore massimo di riferimento per una illuminazione da esterni), il valore di soppressione melatoninica tipico (CS) rimane entro valori estremamente bassi per le sorgenti normalmente utilizzate (inferiore al 10%). Tali valori non possono essere considerati nemmeno significativi in quanto inferiori all'errore sperimentale di eventuali test di laboratorio.

Occorre inoltre considerare che la soppressione indicata rappresenta un caso limite perché difficilmente l'esposizione alla

luce in esterni si protende per tempi elevati e che la melatonina si rigenera una volta ritornati in condizioni di buio.

Per questi motivi, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, potrebbe essere ammesso l'utilizzo di tutti i tipi di sorgenti luminose. In considerazione però di altri fattori ugualmente importanti per la tutela dell'ambiente e dall'inquinamento luminoso si è ritenuto necessario stabilire un limite alle componenti potenzialmente dannose dello spettro.

Per fare questo, si è utilizzato il fattore di effetto circadiano a_{cv} che, semplificandone il significato, dà conto del rapporto tra la luce che influisce sul sistema circadiano rispetto alla luce misurata in ambito fotometrico. Tale parametro è apparso il più appropriato da utilizzare in quanto direttamente connesso alla frazione di luce che comunque incide sul sistema circadiano.

FATTORE DI EFFETTO CIRCADIANO a_{cv}

Come specificato nel paragrafo precedente, il fattore di effetto circadiano, o indice a_{cv} , semplificandone il significato, dà conto del rapporto tra la luce che influisce sul sistema circadiano rispetto alla luce misurata in ambito fotometrico. Matematicamente quindi il termine a_{cv} è calcolato come rapporto fra la grandezza radiometrica⁽⁷⁾ con cui è espresso lo spettro, ponderata attraverso la curva di sensibilità circadiana $C(\lambda)$, e la stessa grandezza ponderata attraverso la curva di sensibilità fotopica $V(\lambda)$ secondo la formula seguente:

$$a_{cv} = \frac{\int_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot C(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}$$

in cui:

⁽⁷⁾ La luce è una radiazione elettromagnetica che stimolando la retina, produce una sensazione visiva. Le grandezze radiometriche sono quelle che fanno riferimento alla luce intesa come radiazione elettromagnetica e sono legate al trasferimento di energia. Le grandezze fotometriche sono quelle legate alla valutazione visiva della stimolo elettromagnetico.

$X_{e\lambda}(\lambda)$ è la grandezza radiometrica con cui è espresso lo spettro. A titolo esemplificativo, può essere la potenza spettrale radiante [$W/m^2/nm$], la potenza spettrale relativa [%/nm], la radianza spettrale in una determinata direzione [$W/m^2/sr/nm$].

$C(\lambda)$ è la curva di ponderazione circadiana

$V(\lambda)$ è la curva di ponderazione fotopica

Per il calcolo automatico attraverso elaboratore elettronico è possibile approssimare l'integrale alla sommatoria per step finiti delle lunghezze spettrali considerate; in questo caso è possibile riscrivere la formula come:

$$a_{cv} = \frac{\sum_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot C(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \Delta\lambda} = \frac{\sum_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot C(\lambda)}{\sum_{380}^{780} X_{e\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda)}$$

In sostanza, quindi l' a_{cv} viene calcolata attraverso il rapporto tra la sommatoria su tutte le lunghezze d'onda di $[X_e(\lambda) * C(\lambda)]$ e la sommatoria su tutte le lunghezze d'onda di $[X_e(\lambda) * V(\lambda)]$.

Ai fini dei calcoli considerati, viene considerata valida una discretizzazione delle curve spettrali pari a step di 5 nm.

In Tabella 1, vengono forniti i valori delle curve di ponderazione $C(\lambda)$ e $V(\lambda)$ considerate per step di 5nm, da utilizzare per calcolare l' a_{cv} .

Tabella 1: Valori di $C(\lambda)$ e di $V(\lambda)$ da utilizzare per il calcolo dell' a_{cv}

λ	$C(\lambda)$	$V(\lambda)$	λ	$C(\lambda)$	$V(\lambda)$
380	0,002000	0,000039	585	0,001050	0,816300
385	0,004750	0,000064	590	0,000000	0,757000
390	0,012200	0,000120	595	0,000000	0,694900
395	0,027900	0,000217	600	0,000000	0,631000
400	0,063000	0,000396	605	0,000000	0,566800
405	0,133700	0,000640	610	0,000000	0,503000
410	0,235200	0,001210	615	0,000000	0,441200
415	0,356050	0,002180	620	0,000000	0,381000
420	0,486000	0,004000	625	0,000000	0,321000
425	0,613950	0,007300	630	0,000000	0,265000
430	0,735200	0,011600	635	0,000000	0,217000
435	0,847900	0,016840	640	0,000000	0,175000
440	0,949000	0,023000	645	0,000000	0,138200
445	0,983250	0,029800	650	0,000000	0,107000
450	0,996800	0,038000	655	0,000000	0,081600
455	0,997000	0,048000	660	0,000000	0,061000
460	0,994000	0,060000	665	0,000000	0,044580
465	0,985800	0,073900	670	0,000000	0,032000
470	0,969800	0,090980	675	0,000000	0,023200
475	0,944050	0,112600	680	0,000000	0,017000
480	0,907000	0,139020	685	0,000000	0,011920
485	0,852800	0,169300	690	0,000000	0,008210
490	0,792000	0,208020	695	0,000000	0,005723
495	0,726550	0,258600	700	0,000000	0,004102
500	0,658000	0,323000	705	0,000000	0,002929
505	0,587850	0,407300	710	0,000000	0,002091
510	0,517200	0,503000	715	0,000000	0,001484
515	0,447150	0,608200	720	0,000000	0,001047
520	0,378000	0,710000	725	0,000000	0,000740
525	0,312450	0,793200	730	0,000000	0,000520
530	0,250200	0,862000	735	0,000000	0,000361
535	0,193050	0,914850	740	0,000000	0,000249
540	0,142000	0,954000	745	0,000000	0,000172
545	0,102950	0,980300	750	0,000000	0,000120
550	0,075000	0,994950	755	0,000000	0,000085
555	0,055450	1,000000	760	0,000000	0,000060
560	0,040000	0,995000	765	0,000000	0,000042
565	0,027450	0,978600	770	0,000000	0,000030
570	0,017800	0,952000	775	0,000000	0,000021
575	0,011300	0,915400	780	0,000000	0,000015
580	0,007000	0,870000			

ALLEGATO D
IPEA E PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI APPARECCHI

La crisi economica, l'innalzamento dei costi dell'energia, la sempre minore disponibilità delle risorse naturali per la sua produzione, unite alla necessità di limitare l'immissione nell'aria di inquinanti legati ai processi di combustione, da diversi anni richiamano una forte attenzione al risparmio energetico.

Proprio in questa ottica, si è ritenuto necessario, sulla scorta delle indicazioni del Green Public Procurement (GPP), del Piano d'azione per la sostenibilità Ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP)⁽⁸⁾ e dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)⁽⁹⁾ inserire nella normativa relativa all'illuminazione esterna, pubblica e privata, criteri di efficienza energetica che garantiscano determinate prestazioni *minime* degli apparecchi di illuminazione.

L'indice utilizzato è l'IPEA (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Apparecchio) ed è relativo al rapporto tra l'efficienza globale dell'apparecchio rispetto all'efficienza globale di riferimento relativa alla migliore tecnologia attualmente utilizzata sul mercato per l'ambito considerato, fornendo così una valutazione oggettiva e "globale" dell'apparecchio, a prescindere dalla progettazione impiantistica o dall'uso dell'apparecchio (es. uso della riduzione del flusso), che sono invece oggetto della valutazione fatta con l'indice IPEI (vd. Allegato E).

⁸⁾ Adottato con Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008, ed aggiornato con DM 10 aprile 2013

⁹⁾ D.M. 22 febbraio 2011, emanato dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, recante "Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire nei bandi gara della Pubblica amministrazione per l'acquisto dei seguenti prodotti: tessili, arredi per ufficio, illuminazione pubblica, apparecchiature informatiche" (pubblicato nella GURI 19 marzo 2011, n. 64)

La formula dell'IPEA è quindi:

$$IPEA = \frac{\eta_a}{\eta_r}$$

dove:

η_a = Efficienza globale dell'apparecchio

η_r = Efficienza globale di riferimento

Gli intervalli IPEA a cui fare riferimento per definirne la classe di appartenenza sono indicati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1: Classi ed intervalli IPEA ⁽¹⁰⁾

Classe IPEA	IPEA
A ⁺⁺	1,15 < IPEA
A ⁺	1,10 < IPEA ≤ 1,15
A	1,05 < IPEA ≤ 1,10
B	1,00 < IPEA ≤ 1,05
C	0,93 < IPEA ≤ 1,00
D	0,84 < IPEA ≤ 0,93
E	0,75 < IPEA ≤ 0,84
F	0,65 < IPEA ≤ 0,75
G	IPEA ≤ 0,65

Ai sensi della presente direttiva gli apparecchi di illuminazione pubblica e privata *devono dimostrare di avere un indice IPEA corrispondente alla classe C o superiore.*

Per calcolare l'IPEA occorre tener conto che:

• **L'efficienza globale dell'apparecchio di illuminazione (η_a) è:**

$$\eta_a = \frac{\Phi_{app} \cdot Dff}{P_{reale}} = \frac{\Phi_{sorg} \cdot Lor \cdot Dff}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \frac{\Phi_{sorg} \cdot DLor}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \eta_{sorg} \cdot \eta_{alim} \cdot DLor \quad [lm/W]$$

dove:

¹⁰⁾Dal nuovo testo proposto dei CAM trasmesso dal Ministero Ambiente con PG/2013/284770 del 15/11/2013, attualmente alla firma del Ministro. "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisto di lampade a scarica ad alta densità e moduli LED per l'illuminazione pubblica, per l'acquisto di apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica e l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica".

- Φ_{app} (lm) flusso luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza.
- Dff frazione di flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso), cioè al di sotto dell'angolo di 90° .
- P_{reale} (W) potenza reale assorbita dall'apparecchio di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalla sorgente e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete)
- η_{alim} rendimento dell'alimentatore, inteso come il rapporto tra la potenza nominale delle sorgenti e la potenza in entrata del circuito lampada/alimentatore con possibili carichi ausiliari.
- Φ_{sorg} (lm) flusso luminoso nominale emesso dalla sorgente nuda presente all'interno dell'apparecchio
- P_{sorg} (W) potenza nominale della sorgente.
- Lor efficienza luminosa dell'apparecchio calcolata come rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio e il flusso luminoso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso in condizioni standard
- η_{sorg} (lm/W) efficienza nominale della sorgente luminosa
- $DLor$ rapporto tra il flusso emesso dall'apparecchio e rivolto verso l'emisfero inferiore ed il flusso luminoso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso ed operanti con lo stesso impianto

- I valori dell'**Efficienza globale di riferimento (η_r)** sono quelli riportati nelle seguenti Tabelle 2, 3, 4 e 5.

Tabella 2: Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione stradale e di grandi aree (10)

Illuminazione stradale e di grandi aree	
Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 55$	60
$55 < P \leq 75$	65
$75 < P \leq 105$	75
$105 < P \leq 155$	81
$155 < P \leq 255$	93
$255 < P \leq 405$	99

Tabella 3: Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di percorsi ciclopedonali (¹⁰)

Illuminazione di percorsi ciclopedonali	
Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 55$	50
$55 < P \leq 75$	56
$75 < P \leq 105$	58
$105 < P \leq 155$	63
$155 < P \leq 255$	67
$255 < P \leq 405$	67

Tabella 4: Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di aree verdi e parchi (10)

Illuminazione di aree verdi e parchi	
Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 55$	49
$55 < P \leq 75$	55
$75 < P \leq 105$	57
$105 < P \leq 155$	62
$155 < P \leq 255$	66
$255 < P \leq 405$	66

Tabella 5: Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di centri storici con apparecchi di illuminazione artistici ⁽¹⁰⁾

Illuminazione centri storici con apparecchi artistici (*)	
Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
$P \leq 55$	51
$55 < P \leq 75$	57
$75 < P \leq 105$	58
$105 < P \leq 155$	63
$155 < P \leq 255$	68
$255 < P \leq 405$	68

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

In ottemperanza al Regolamento CE n.245/2009⁽¹¹⁾, si evidenzia inoltre che, per quanto previsto, le efficienze delle sorgenti (η_{sorgente}) ed i rendimenti degli alimentatori ($\eta_{\text{alimentatore}}$) devono essere conformi almeno ai valori minimi previsti da tale Regolamento negli archi temporali indicati.

Esempio n.1

Tipo apparecchio: Stradale senza ottica e senza coppa

Sorgente: Lampada a vapori di mercurio da 125W

Efficienza sorgente: 50 lm/W

Rendimento alimentatore: 0.89

Dlor: 0.65

Efficienza globale di riferimento (da Tab.2): 81 lm/W

Efficienza globale apparecchio: $50 \cdot 0.89 \cdot 0.65 = 29$ lm/W

IPEA: $29/81 = 0.36$ in classe G

¹¹⁾ Regolamento CE del 18/3/2009, n.245 e s.m.i. "recante modalità di esecuzione della DIR/2005/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio per quanto riguarda le specifiche per la progettazione ecocompatibile di lampade fluorescenti senza alimentatore integrato, lampade a scarica ad alta intensità e di alimentatori e apparecchi di illuminazione in grado di far funzionare tali lampade, e che abroga la DIR/200/55/CE del Parlamento europeo e del Consiglio".

Esempio n.2

Tipo apparecchio: Stradale performante di ottima qualità

Sorgente: Lampada sodio alta pressione super da 70W e alimentatore elettronico

Efficienza sorgente: 94 lm/W

Rendimento alimentatore: 0.91

Dlor: 0.81

Efficienza globale di riferimento (da Tab.2): 65 lm/W

Efficienza globale apparecchio: $94 \cdot 0.91 \cdot 0.81 = 69$ lm/W

IPEA: $69/65 = 1.02$ in classe **A**

Esempio n.3

Tipo apparecchio: stradale ottima qualità

Sorgente: LED e micro ottiche. 50 LED a 4000K, $i=525$ mA

Flusso Modulo LED: 9415 lm

Potenza reale: 78 W

Dff: 0.79

Efficienza globale di riferimento (da Tab.2): 75 lm/W

Efficienza globale apparecchio: $9415/78 \cdot 0.79 = 95$ lm/W

IPEA: $95/75 = 1.26$ in classe **A++**

ALLEGATO E
IPEI E PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'IMPIANTO.

Come evidenziato nell'Allegato D, la scelta di individuare criteri prestazionali di efficienza energetica, è stata applicata oltre che agli apparecchi di illuminazione, anche agli impianti di illuminazione. Anche in questo caso quindi, sulla scorta delle indicazioni del Green Public Procurement (GPP), del Piano d'azione per la sostenibilità Ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP)⁽¹²⁾ e dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)⁽¹³⁾ si è ritenuto necessario inserire criteri di efficienza energetica che garantiscano determinate prestazioni *minime* degli impianti di illuminazione.

L'indice utilizzato è l'IPEI (Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto) ed è relativo ad un parametro, lo *SLEEC* (*Street light Energy Efficiency Criteria*) ormai consolidato a livello internazionale⁽¹⁴⁾, che in sostanza indica il rapporto tra la potenza impiegata per unità di superficie ed il valore illuminotecnico raggiunto.

In particolare, l'indice IPEI è definito dal rapporto tra lo SLEEC (S) dell'impianto [espresso in luminanza (*SL*) o illuminamento (*SE*) a seconda dell'ambito da considerare] e il relativo SLEEC di riferimento (*SL_r* o *SE_r*), moltiplicato un fattore correttivo K_{inst} che consente di premiare le soluzioni progettuali che permettono le installazioni con maggiore interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e quindi un numero inferiore di apparecchi, come richiesto anche dalla presente direttiva.

¹²⁾ Adottato con Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008, ed aggiornato con DM 10 aprile 2013

¹³⁾ D.M. 22 febbraio 2011, emanato dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, recante "Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire nei bandi gara della Pubblica amministrazione per l'acquisto dei seguenti prodotti: tessili, arredi per ufficio, illuminazione pubblica, apparecchiature informatiche" (pubblicato nella GURI 19 marzo 2011, n. 64)

¹⁴⁾ Norma prEN13201-5

Il risultato che si ottiene è una valutazione della prestazione energetica dell'impianto in riferimento all'apparecchio installato e alle condizioni al contorno che definiscono la geometria dell'impianto (es. la larghezza della strada, l'interasse ecc) disponendo così di un valido strumento di confronto delle diverse soluzioni progettuali di guida al migliore utilizzo degli apparecchi e delle risorse energetiche in funzione della corretta illuminazione richiesta dalle norme tecniche di riferimento (vd. Allegato F). E' pertanto da raccomandare per un'ottimale progettazione, sempre una valutazione contestuale dell'indice IPEA e dell'indice IPEI.

Le formule dell'IPEI sono quindi:

$$IPEI = \frac{SL}{SL_R} \cdot k_{inst} \quad (\text{in luminanza}) \text{ per ambiti stradali}$$

$$IPEI = \frac{SE}{SE_R} \cdot k_{inst} \quad (\text{in illuminamento}) \text{ per gli altri ambiti}$$

Gli intervalli IPEI a cui fare riferimento per definirne la classe di appartenenza sono indicati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1: Classi ed intervalli IPEI ⁽¹⁵⁾

Classe IPEI	IPEI
A ⁺⁺	IPEI < 0,75
A ⁺	0,75 ≤ IPEI < 0,82
A	0,82 ≤ IPEI < 0,91
B	0,91 ≤ IPEI < 1,09
C	1,09 ≤ IPEI < 1,35
D	1,35 ≤ IPEI < 1,79
E	1,79 ≤ IPEI < 2,63
F	2,63 ≤ IPEI < 3,10
G	3,10 ≤ IPEI

¹⁵⁾ Dal nuovo testo proposto dei CAM trasmesso dal Ministero Ambiente con PG/2013/284770 del 15/11/2013, attualmente alla firma del Ministro. "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisto di lampade a scarica ad alta densità e moduli LED per l'illuminazione pubblica, per l'acquisto di apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica e l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica".

Ai sensi della presente direttiva gli impianti di illuminazione pubblica e privata devono dimostrare di avere un indice IPEI corrispondente alla classe B o superiore.

Per il calcolo dell'IPEI si deve tener conto che:

- per gli impianti progettati in luminanza (ambiti stradali, categoria illuminotecnica ME⁽¹⁶⁾), l'IPEI è data da:

$$IPEI = \frac{SL}{SL_R} \cdot k_{inst} = \frac{SL}{SL_R} \cdot \left(0,524 + \frac{L_m}{L_{m,rif}} \cdot 2,1 \right)$$

- per gli impianti progettati in illuminamento (altri ambiti, categorie illuminotecniche C e P⁽²¹⁾), l'IPEI è data da:

$$IPEI = \frac{SE}{SE_R} \cdot k_{inst} = \frac{SE}{SE_R} \cdot \left(0,524 + \frac{E_m}{E_{m,rif}} \cdot 2,1 \right)$$

dove:

SL SLEEC in luminanza. Impiegato in ambito stradale quando è richiesto un calcolo in luminanza. E' determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito indicata.

SE SLEEC per illuminamento impiegato per tratti misti quando la normativa richiede un calcolo in illuminamento. E' determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito indicata.

SL_R SLEEC di riferimento per luminanza (vd. Tabella 2)

SE_R SLEEC di riferimento per illuminamento (vd. Tabelle 3 e 4)

k_{inst} Coefficiente di installazione. Coefficiente che premia gli apparecchi che, a parità di caratteristiche, garantiscono una interdistanza più elevata.

L_m (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato con apposito software secondo le indicazioni dell'Allegato F, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80⁽¹⁷⁾ ed un manto stradale di classe C2

¹⁶⁾ vd. Allegato F

¹⁷⁾ Il coefficiente/fattore di manutenzione MF pari a 0,80 va utilizzato unicamente nel calcolo della luminanza (cfr. illuminamento) da inserire all'interno del calcolo del coefficiente IPEI. E' ovvio che nei calcoli illuminotecnici di progetto va utilizzato il coefficiente/fattore di

E_m (lux) Illuminamento medio mantenuto risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato con apposito software secondo le indicazioni dell'Allegato F, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80⁽²²⁾

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

$E_{m,rif}$ (lux) Illuminamento medio mantenuto di riferimento, per la classe illuminotecnica di progetto adottata (da UNI EN 13201-2).

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

- Lo SLEEC in luminanza (SL) è espresso dalla formula:

$$SL = \frac{P_{app}}{L_m \cdot i_{rif} \cdot l_{media}} = \left[\frac{W}{cd/m^2 \cdot m^2} \right]$$

- Lo SLEEC in illuminamento (SE) è espresso dalla formula:

$$SE = \frac{P_{app}}{E_m \cdot i_{rif} \cdot l_{media}} = \left[\frac{W}{lux \cdot m^2} \right]$$

dove:

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

L_m (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato con apposito software secondo le indicazioni dell'Allegato F, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80 ed un manto stradale di classe C2

manutenzione che deve essere definito dal progettista in coerenza col piano di manutenzione adottato.

- E_m (lux) Illuminamento medio mantenuto risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato con apposito software secondo le indicazioni dell'Allegato F, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80⁽²²⁾
- l_{media} (m) Larghezza media della carreggiata o della zona illuminata.
- i_{rif} (m) Interdistanza di riferimento in un impianto di pubblica illuminazione fra un punto luce e l'altro computata secondo lo schema espresso di seguito:



in cui i_m è l'interdistanza media fra due punti luce successivi posti dallo stesso lato della carreggiata.

Nota: Nel caso in cui, per il calcolo in illuminamento, non sia possibile riferirsi ad una tipologia di installazione con file omogenee di apparecchi di illuminazione, è possibile calcolare il valore SE nel modo seguente:

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

dove:

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

I valori dello **SLEEC di riferimento** sono:

- **in luminanza (SL_R)**, quelli riportati nella seguente Tabella 2 in relazione alla categoria illuminotecnica di progetto prevista secondo l'Allegato F e la Norma UNI EN 13201 e s.m.i.

Tabella 2: SLEEC di riferimento SL_R per l'Illuminazione stradale⁽¹⁵⁾

Illuminazione stradale	
Categoria illuminotecnica	$SL_R \left[\frac{W}{cd/m^2 \cdot m^2} \right]$
M1	0,49
M2	0,51
M3	0,55
M4	0,58
M5	0,60
M6	0,65

- **in illuminamento (SE_R)**, quelli riportati nelle seguenti Tabelle 3 e 4 in relazione alla categoria illuminotecnica di progetto prevista secondo l'Allegato F e la Norma UNI EN 13201 e s.m.i.

Tabella 3: SLEEC di riferimento SE_R per l'illuminazione di intersezioni e centri storici ⁽¹⁵⁾

Illuminazione di intersezioni e centri storici	
Categoria illuminotecnica	$SE_R \left[\frac{W}{lux \cdot m^2} \right]$
C0	0,033
C1	0,035
C2	0,037
C3	0,039
C4	0,042
C5	0,044

Tabella 4: SLEEC di riferimento SE_R per l'illuminazione di marciapiedi, percorsi ciclopedonali, parcheggi (15)

Illuminazione di marciapiedi, percorsi ciclopedonali, parcheggi	
Categoria illuminotecnica	$SE_R \left[\frac{W}{lux \cdot m^2} \right]$
P1	0,07
P2	0,08
P3	0,09
P4	0,11
P5	0,14
P6	0,17
P7	0,21

Esempio

Si supponga di dover illuminare la seguente strada:

Ambito principale: Strada urbana locale tipo F (da PUT)

Categoria illuminotecnica (da Allegato F): M4

Parametro principale di riferimento (da EN 13201-2): 0.75 cd/mq

Larghezza della carreggiata: 6 m

E di voler valutare /confrontare l'IPEI utilizzando i tre apparecchi di cui agli esempi dell'Allegato E (di cui per comodità di lettura si riportano i parametri di riferimento utili)

- caso 1 (apparecchio dell'esempio 1, Allegato E)

Tipo apparecchio: Stradale senza ottica e senza coppa

Sorgente: Lampada a vapori di mercurio da 125W

Efficienza sorgente: 50 lm/W

Rendimento alimentatore: 0.89

IPEA: in classe G

I parametri derivanti dal calcolo illuminotecnico sono:

per interdistanza 22 m, altezza delle sorgenti 7 m

$L_m=0.75$ cd/mq $U_0=0.5$ $U_1=0.77$ $TI=12\%$ $SR=0.60$

$P_{app} = P_{sorg} / \eta_b = 125 / 0.89 = 140$ W

$K_{inst} = 0.524 + (0.75 / (0.75 * 2.1)) = 1$

$$SL=140/(0.75*22*6)= 1.41$$

$$SL_R = 0.58 \text{ (da Tabella 2, per categoria M4)}$$

$$\mathbf{IPEI= (1.41/0.58)*1 = 2.43 \text{ in classe E}}$$

- caso 2 (apparecchio dell'esempio 2, Allegato E)

Tipo apparecchio: Stradale performante di ottima qualità

Sorgente: Lampada sodio alta pressione super da 70W e alimentatore elettronico

Efficienza sorgente: 94 lm/W

Rendimento alimentatore: 0.91

IPEA: in classe A

I parametri derivanti dal calcolo illuminotecnico sono:

per interdistanza 33 m, altezza delle sorgenti 7 m

$$Lm=0.75 \text{ cd/mq} \quad U0=0.4 \quad U1=0.5 \quad TI=15\% \quad SR=0.50$$

$$P_{app}= P_{sorg}/\eta_b = 70/0.91= 77 \text{ W}$$

$$K_{inst}= 0.524+(0.75/(0.75*2.1))= 1$$

$$SL=77/(0.75*33*6)= 0.52$$

$$SL_R = 0.58 \text{ (da Tabella 2, per categoria M4)}$$

$$\mathbf{IPEI= (0.52/0.58)*1 = 0.89 \text{ in classe A}}$$

- caso 3 (apparecchio dell'esempio 3, Allegato E)

Tipo apparecchio: stradale ottima qualità

Sorgente: LED e micro ottiche. 50 LED a 4000K, i=525 mA

Flusso Modulo LED: 9415 lm

Potenza apparecchio reale: 78 W

IPEA: in classe A++

I parametri derivanti dal calcolo illuminotecnico sono:

per interdistanza 29 m, altezza delle sorgenti 7 m

$$Lm=0.81 \text{ cd/mq} \quad U0=0.52 \quad U1=0.63 \quad TI=12\% \quad SR=0.87$$

$$K_{inst}= 0.524+(0.81/(0.75*2.1))= 1.03$$

$$SL=78/(0.81*29*6)= 0.55$$

$$SL_R = 0.58 \text{ (da Tabella 2, per categoria M4)}$$

$$\mathbf{IPEI= (0.55/0.58)*1.03 = 0.98 \text{ in classe B}}$$

ALLEGATO F
PRESTAZIONI ILLUMINOTECNICHE DEGLI IMPIANTI FUNZIONALI DI
ILLUMINAZIONE ESTERNA.

Il presente Allegato è stato redatto sulla base di percorsi consolidati di identificazione delle categorie illuminotecniche e di valori di riferimento e delle indicazioni della norma CEN/TR 13201-1:2003, CEI 115:2010 ed EN 13201-2:2003 normative di riferimento per la progettazione illuminotecnica.

1. PRINCIPI FONDAMENTALI

Gli impianti di illuminazione devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione in modo tale da consentire la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dal presente Allegato.

La sicurezza e le prestazioni di un impianto o di una sua parte devono essere valutate sulla base di criteri assodati e confermati da pubblicazioni tecniche o scientifiche internazionali. Queste si fondano su criteri di buona visibilità, riconoscimento degli oggetti, riduzione dell'abbagliamento e comfort per gli utenti.

La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e prestazionali delle componenti, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante la vita utile dell'impianto, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento dell'impianto di illuminazione, comprese le misure di protezione e manutenzione.

Il presente Allegato definisce i principi per il progetto illuminotecnico degli impianti funzionali di illuminazione esterna: fornisce quindi i criteri generali di sicurezza, le modalità di analisi, e le prestazioni che devono essere soddisfatte. Ai sensi dell'art. 5, comma 1, lett.c) punto IV) *Al fine di garantire un adeguato consumo delle risorse energetiche i valori di luminanza media mantenuta (cfr. illuminamento medio*

mantenuto) non potranno raggiungere tolleranze superiori del 20% rispetto ai livelli minimi previsti dal presente Allegato.

Circa le indicazioni applicative per l'ottenimento delle prestazioni prescritte è facoltà del progettista anche fare riferimento a normative di comprovata validità (come ad esempio la norma UNI 11248) oppure ad opportune indagini, eventualmente anche sperimentali, purché dimostri attraverso una documentazione approfondita e puntuale il mantenimento degli stessi livelli di sicurezza o maggiori e la coerenza coi principi espressi nel presente Allegato. I metodi sperimentali eventualmente utilizzati dovranno sempre far riferimento ad una bibliografia scientifica internazionale consolidata, di comprovato valore e convalidata da diversi autori; nel caso di prove sperimentali a supporto queste dovranno essere certificate da laboratori accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

2. ILLUMINAZIONE DI AMBITI STRADALI

In base al DM. 6792 del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" emanato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti, per *strada* si intende l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali".

L'identificazione dei parametri progettuali avviene attraverso tre gradi successivi di approfondimento, che devono essere obbligatoriamente valutati nella loro pertinenza e necessità dal progettista e che determinano:

1. la definizione di una categoria illuminotecnica di **ingresso** per l'analisi dei rischi obbligatoria;
2. la definizione di una categoria illuminotecnica di **progetto**;
3. la definizione di una categoria illuminotecnica di **esercizio**.

Di seguito si riporta in dettaglio la procedura per il calcolo illuminotecnico, attraverso i tre passaggi indicati.

2.1. Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria.

La definizione della Categoria illuminotecnica di *ingresso* per l'analisi dei rischi obbligatoria è determinata considerando esclusivamente la classificazione della strada, che non è responsabilità del progettista illuminotecnico, ma deve essergli comunicata dal committente o dal proprietario/gestore della strada, valutando le reali condizioni ed esigenze.

In mancanza di strumenti urbanistici adeguati (come ad esempio il PUT), il progettista illuminotecnico può proporre - sempre su indicazioni del committente o del proprietario/gestore della strada - una classificazione di massima, sulla scorta dei riferimenti normativi e legislativi esistenti; in questo caso è comunque il committente o il proprietario/gestore a farsi carico dell'onere della scelta della classificazione della strada.

Per procedere a tale definizione occorre:

- suddividere la strada in una o più zone di studio con condizioni omogenee dei parametri di influenza;
- per ogni zona di studio identificare il tipo di strada cioè la classe stradale. Al momento attuale, come già evidenziato, il riferimento per tale identificazione è il PUT (Piano Urbano del Traffico) ove esistente o il D.M. n.6792 del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" emanato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti;
- in relazione al tipo di strada, individuare con l'ausilio della Tabella 1, la categoria illuminotecnica di *ingresso*. Si specifica che la categoria così individuata presuppone il possesso del livello base, dei parametri di influenza di cui alla Tabella 5).

Tabella 1: Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria, in relazione al tipo di strada.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limite di velocità (km/h)	Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria
A1	Autostrade extraurbane	130-150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70-90	M3
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M3
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70-90	M4
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) (1)	70-90	M3
	Strade extraurbane secondarie	50	M4
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70-90	M3
D	Strade urbane di scorrimento (2)	70	M3
		50	
E	Strade urbane di interquartiere	50	M3
	Strade urbane di quartiere	50	
F (3)	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) (1)	70-90	M3
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	P3
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C4
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C5/P3 (3)
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C5/P3 (3)
Strade locali interzonali	50		
	30		
F bis	Itinerari ciclo-pedonali (4)	--	P3
	Strade a destinazione particolare (1)	30	P3

(1) DM 5/11/2001, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

(2) per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica della strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria a questa comparabile (vedasi Tabella 16 della presente direttiva).

(3) Nel caso di indicazione multipla la categoria illuminotecnica deve essere scelta attraverso l'analisi dei rischi. Se in prossimità di incroci in zone rurali o in strade locali extraurbane sono previsti apparecchi di illuminazione, singoli o in numero molto limitato con funzione di segnalazione visiva, limitatamente per questa zona non si richiede alcuna prescrizione per i livelli di illuminazione (categoria illuminotecnica P7) e si richiede la categoria illuminotecnica G3 per la limitazione dell'abbagliamento, valutata nelle condizioni di installazione degli apparecchi di illuminazione.

(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 deve essere scelta attraverso l'analisi dei rischi.

Al fine di rendere più semplice e comprensibile la lettura della Tabella 1, si specifica che:

- 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).
E' possibile identificare tali classi con le classi ME indicate nella tabella 1a dalla norma EN 13201-2 attraverso la seguente Tab. 2 di codifica:

Tabella 2: Codifica delle categorie illuminotecniche M con quelle ME identificate dalla EN 13201-2

Categoria illuminotecnica	Classi illuminotecniche norma EN 13201-2
M1	ME1
M2	ME2
M3	ME3b
M4	ME4a
M5	ME5
M6	ME6

Nel caso in cui la norma EN 13201-2 subisca modificazioni, si farà riferimento alle nuove classi introdotte in maniera tale da rispettare la rispondenza sopra indicata ovvero, nel caso in cui non sia possibile pervenire ad una corrispondenza univoca, verranno fornite ulteriori indicazioni a riguardo attraverso una circolare.

- le categorie C si usano per determinare i parametri da rispettare nei "punti di conflitto" ossia nelle aree ove i flussi di traffico motorizzato si intersecano (es. incroci, rotatorie, sottopassi, strade commerciali, corsie di incolonnamento e decelerazione, ecc.) e le convenzioni di luminanza non siano applicabili (in generale aree complesse con molteplici direzioni di osservazione). Il parametro di riferimento è l'illuminamento orizzontale (lux).

E' possibile identificare tali classi con le classi CE indicate nella Tabella 2 dalla norma EN 13201-2, attraverso la seguente Tab. 3 di codifica:

Tabella 3: Codifica delle categorie illuminotecniche C con quelle identificate dalla EN 13201-2

Categoria illuminotecnica	Classi illuminotecniche norma EN 13201-2
C0	CE0
C1	CE1
C2	CE2
C3	CE3
C4	CE4
C5	CE5

Nel caso in cui la norma EN 13201-2 subisca modificazioni, si farà riferimento alle nuove classi introdotte in maniera tale da rispettare la rispondenza sopra indicata ovvero, nel caso in cui non sia possibile pervenire ad una corrispondenza univoca, verranno fornite ulteriori indicazioni a riguardo attraverso una circolare.

- Le categorie P definiscono il valore minimo di sicurezza da rispettare in aree principalmente pedonali o di secondaria importanza. Si usano ad esempio nei parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili. In questo caso, è necessario verificare i valori di illuminamento e soprattutto il rispetto del valore minimo puntuale.

E' possibile identificare tali classi con le classi S indicate nella Tabella 3 dalla norma EN 13201-2, attraverso la seguente Tab. 4 di codifica:

Tabella 4: Codifica delle categorie illuminotecniche P con quelle identificate dalla EN 13201-2

Categoria illuminotecnica	Classi illuminotecniche norma EN 13201-2
P1	S1
P2	S2
P3	S3
P4	S4
P5	S5
P6	S6
P7	S7

Nel caso in cui la norma EN 13201-2 subisca modificazioni, si farà riferimento alle nuove classi introdotte in maniera tale da rispettare la rispondenza sopra indicata ovvero, nel caso in cui non sia possibile pervenire ad una corrispondenza univoca, verranno fornite ulteriori indicazioni a riguardo attraverso una circolare.

I parametri di riferimento per le categorie sopra indicate (es. LM, U₀, U₁, TI, SR) sono quelli riportati nella Norma EN 13201-2 sulla base delle Tabelle di codifica sopra indicate.

2.2. Categoria illuminotecnica di progetto.

La definizione di una categoria illuminotecnica di *progetto*, è determinata modificando la categoria illuminotecnica di *ingresso* in base all'effettivo valore di parametri di influenza considerati nella valutazione dell'analisi dei rischi obbligatoria. Tale lavoro è responsabilità del progettista, che individua i parametri di influenza applicabili e definisce la categoria di *progetto* attraverso una valutazione dei rischi, evidenziando i criteri e le fonti d'informazione che giustificano le scelte effettuate.

In pratica il progettista, definita la categoria illuminotecnica di *ingresso* sulla base del tipo di strada, e consapevole che tale categoria presuppone il possesso del livello base dei parametri di influenza di cui alla Tabella 5, deve pervenire alla definizione della categoria illuminotecnica di *progetto* attraverso un'analisi

dei rischi (obbligatoria) della zona di studio. L'analisi dei rischi è parte integrante del progetto e deve essere eseguita esplicitando i criteri e le fonti delle informazioni che hanno portato alle scelte effettuate.

2.2.1 Analisi dei rischi.

Consiste nella valutazione reale del livello dei parametri di influenza per garantire la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada, minimizzando al contempo, i consumi energetici, i costi d'installazione e di gestione e di impatto ambientale. L'analisi dei rischi deve essere necessariamente firmata dal progettista.

L'Analisi può essere suddivisa nelle 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 leggi dalla presente norma e da esigenze specifiche;
- studio dei fattori di rischio attraverso l'analisi degli eventi potenzialmente pericolosi. Questa analisi potrà basarsi, se presenti, su dati statistici rilevanti come la frequenza degli incidenti pregressi e il rapporto fra incidenti diurni e notturni;
- definizione di una gerarchia dei rischi rilevati e della possibile variazione degli stessi durante il tempo.

Il progettista, nei casi normali, prende in considerazione i parametri di influenza indicati in Tabella 5 e ne valuta il reale livello, confrontandolo con quello indicato come livello base. In caso di differenza, applicherà la relativa riduzione/aumento della categoria illuminotecnica evidenziata in Tabella 6.

Nei casi più complessi (es. incroci e svincoli tra strade molto trafficate, o situazioni di conflitto particolarmente pericolose)

il progettista deve valutare l'importanza locale di ulteriori parametri di influenza rispetto a quelli elencati in Tabella 5 avvalendosi anche di dati statistici. I parametri ulteriori da valutare sono indicati nella Tabella 7.

Tabella 5: Livello base dei parametri di influenza considerati nella definizione della categoria di ingresso per l'analisi dei rischi di cui alla Tabella 1

Parametri di influenza	Tipo di strada							
	A1	A2	B	C	D	E	F	F bis
Flusso di traffico	elevato							
Complessità campo visivo	elevata	normale		-			normale	-
Zone di conflitto	-		non cospicue				-	
Dispositivi rallentatori	-						assenti	-
Rischio aggressione	-						normale	-
Pendenza media	-							≤ 5%
Livello luminoso dell'ambiente	-							Ambiente Urbano
Pedoni	-							Non ammessi

Per maggiore chiarezza si specifica che:

Flusso di traffico motorizzato: parametro di influenza che indica la percentuale della portata di servizio (massima quantità oraria di veicoli ammessi per la tipologia di strada considerata) valutata con riferimento alle condizioni istantanee di traffico. Si identifica con "elevato" se è superiore al 50% della portata massima di servizio, con "normale" se va dal 25 al 50% della portata massima di servizio, con "basso" se è inferiore al 25%.

Complessità del campo visivo: parametro di influenza che, valutata la presenza di ogni elemento compreso nel campo visivo dell'utente della strada, indica quanto l'utente possa esserne confuso, distratto, disturbato o infastidito (es. cartelloni pubblicitari luminosi, stazioni di servizio fortemente illuminate, apparecchi

di illuminazione non orientati correttamente, vetrine fortemente illuminate, ecc). Per "Elevata" si intende una quantità di oggetti tali da creare confusione o distrazione in virtù del numero e della frequenza con cui essi si presentano nel campo visivo dell'utente.

Zona di conflitto: zona di studio nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano tra loro o si sovrappongono con zone frequentate da altri tipi di utenti. Si configurano come "cospicue" le zone di conflitto presenti in quantità tale da rappresentare più del 50% dell'area esaminata e "non cospicue" le zone di conflitto presenti in quantità inferiore al 50%;

Dispositivi rallentatori: dispositivi applicati alla pavimentazione atti a rallentare il flusso del traffico;

Rischio di aggressione: parametro che valuta il rischio di aggressione in una data zona di studio sulla base dell'analisi storica dei reati; se utilizzato nell'analisi di rischio, questo parametro deve essere validato dalle Forze dell'Ordine territorialmente competenti e dimostrato attraverso opportune analisi statistiche.

Pendenza media: il rapporto tra il dislivello tra il punto di partenza e quello di arrivo e la distanza orizzontale.

Livello luminoso dell'ambiente: livello di illuminazione presente nella zona di studio in assenza dei corpi illuminanti considerati nel progetto; nelle zone urbane possono influenzare il livello medio di illuminazione ad esempio i proiettori per illuminazione architettonica orientati verso la strada, le vetrine dei negozi, i porticati illuminati ecc.

Pedoni: parametro che valuta l'ammissibilità dei pedoni sulla strada.

Tabella 6: Possibile variazione di categoria illuminotecnica in relazione al reale livello dei parametri di influenza

Parametro di influenza	reale livello	Variazione di categoria
Flusso di traffico	< 50% della portata di servizio	-1
	< 25% della portata di servizio	-2
Complessità campo visivo	elevata	+1
Zone di conflitto	cospicue	+1
Zone di conflitto	assenti	-1
Dispositivi rallentatori	presenti	-1
Rischio aggressione	elevato	+1
Pendenza media	Elevata cioè >5%	+1
Livello luminoso dell'ambiente	elevato	-1
Pedoni	ammessi	+1

Esempio: Il progettista nel caso di una strada di tipo F di tipo locale urbana, come categoria illuminotecnica di *ingresso* per l'analisi di rischio, individua la categoria M4 (vd. Tabella 1). Tale categoria presuppone il possesso del livello base dei parametri di influenza di cui alla Tabella 5, e cioè:

- flusso di traffico elevato;
- complessità del campo visivo normale;
- zone di conflitto non cospicue;
- dispositivi rallentatori assenti;
- rischio di aggressione normale

A seguito dell'analisi di rischio, il progettista verifica però che il livello reale del parametro di influenza "zone di conflitto" è cospicue.

Attraverso l'applicazione della Tabella 6, si vede che la presenza di zone di conflitto "cospicue", se il livello base è "non cospicuo", determina una variazione di categoria +1, cioè un aumento di una categoria illuminotecnica (corrispondente ad un incremento di luminanza/illuminamento). Pertanto la categoria di *progetto* diventerà la M3.

ATTENZIONE: La variazione (decremento/incremento) massima totale della categoria di *ingresso* per l'analisi dei rischi applicabile

in funzione dei parametri di influenza precedentemente individuati, non può essere maggiore di 2. Qualora il decremento massimo totale sia dovuto esclusivamente alla riduzione del flusso di traffico rispetto alla portata di servizio, il progettista può valutare un'eventuale ulteriore riduzione di massimo una categoria illuminotecnica associata ad un altro parametro di influenza, giustificandola responsabilmente in relazione alla sicurezza e considerando l'interazione tra tutti i parametri di influenza.

Tuttavia, se come categoria illuminotecnica di *progetto* il progettista individua la categoria illuminotecnica M6, tenendo conto dell'influenza della luminanza stradale sulla percezione, potrà applicarla soltanto in zone di studio ove alla bassa densità abitativa sia associato un ridotto rischio di incidenti e di atti criminosi.

Tabella 7 Esempio di ulteriori parametri di influenza da valutare caso per caso

Parametro di influenza	Nota	Possibile variazione di categoria illuminotecnica
Svincoli e/o intersezioni a raso	presenti	+1
Abbagliamento	Ti < 8%, indice di intensità luminosa G6 e indice di abbagliamento D6	-1
Segnaletica	cospicua nelle zone conflitto	-1
Prossimità di passaggi pedonali	Si veda paragrafo 3.1	Da valutare
Uso di sorgenti a luce bianca o moduli LED	rapporto S/P elevato e campo di adattamento visivo mesopico	Da valutare

In riferimento all'ultimo parametro indicato in Tabella 7 "Uso di sorgenti a luce bianca o moduli LED" occorre precisare che in base al documento CIE 191:2010, una volta valutato l'ambito mesopico (la valutazione deve essere dimostrata mediante relazione scritta del progettista attraverso opportune valutazioni e rilievi sul

campo), utilizzando sorgenti ad alto rapporto S/P (Rapporto fra flusso luminoso scotopico emesso [S] e flusso luminoso fotopico emesso [P]) è possibile adottare valori di luminanza inferiori nei calcoli ma non tali da consentire uno sconto di categoria.

Per i valori di luminanza adottabili si faccia riferimento alla Tabella 8, per i valori di illuminamento, alla Tabella 9.

Tabella 8: Possibile percentuale di variazione di valori di luminanza in caso di uso di sorgenti luminose o moduli LED con rapporto S/P elevato e campo di adattamento visivo mesopico (CIE 191:2010)

S/P	Variazione in percentuale dei Valori di luminanza (cd/mq) di riferimento con uso di sorgenti con elevato rapporto S/P in campo di adattamento visivo di tipo mesopico						
	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0
1.05	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
1.25	5%	4%	3%	3%	2%	1%	1%
1.45	9%	7%	5%	5%	3%	3%	1%
1.65	13%	10%	8%	7%	5%	4%	2%
1.85	17%	13%	10%	9%	6%	5%	3%
2.05	21%	16%	12%	11%	8%	6%	3%
2.25	24%	19%	14%	12%	9%	7%	4%
2.45	28%	22%	16%	14%	10%	8%	4%
2.65	31%	24%	18%	16%	12%	9%	5%

Ad esempio, se si sta progettando una strada di categoria M4 che richiede 0,75 cd/mq (in base alla Norma EN 13201-2), e si sta utilizzando una sorgente per la quale S/P = 2.05, il risultato in luminanza che si ottiene con l'uso di tale sorgente è maggiorato dell'12% (evidenziato in tabella per comodità). Pertanto, per ottenere il valore richiesto di 0,75 cd/mq, con l'utilizzo di quella sorgente, si potrà progettare con una luminanza pari a 0,67 cd/mq, così calcolate:

$$X + X(12\%) = 0,75$$

$$X (1+12/100) = 0,75$$

$$X (1+0,12) = 0,75$$

$$X = 0,75/1,12 = 0,67 \text{ cd/mq}$$

Ovviamente tutti gli altri parametri (uniformità, abbagliamento, ecc.) devono essere soddisfatti così come previsto per la categoria considerata senza sconti percentuali.

Tabella 9: Possibile percentuale di variazione di valori di illuminamento in caso di uso di sorgenti luminose o moduli LED con rapporto S/P elevato e campo di adattamento visivo mesopico sulla base delle indicazioni contenute nel rapporto CIE 191:2010

S/P	Variazione in percentuale dei Valori di illuminamento (lux) di riferimento con uso di sorgenti con elevato rapporto S/P in campo di adattamento visivo di tipo mesopico						
	5	7.5	10	15	20	30	50
1.05	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
1.25	5%	4%	3%	3%	2%	1%	1%
1.45	9%	7%	5%	5%	3%	3%	1%
1.65	13%	10%	8%	7%	5%	4%	2%
1.85	17%	13%	10%	9%	6%	5%	3%
2.05	21%	16%	12%	11%	8%	6%	3%
2.25	24%	19%	14%	12%	9%	7%	4%
2.45	28%	22%	16%	14%	10%	8%	4%
2.65	31%	24%	18%	16%	12%	9%	5%

2.2.2 Zone di Studio

La strada è normalmente costituita da più zone di studio. Per ogni zona di studio il progettista seleziona una categoria illuminotecnica di progetto e una o più categorie illuminotecniche di esercizio.

La determinazione dell'estensione della zona di studio e delle parti della strada che la delimitano è compito del progettista.

La presenza di rallentatori di velocità implica la necessità di definire una zona di studio che consideri il tratto di strada ove sussiste l'azione di rallentamento (vedere punto specifico).

Nello specifico:

- a) Zone di studio per le strade a traffico veicolare (escluse le strade di classe F con limite di velocità < 30 Km/h)

In assenza di corsie di emergenza, marciapiedi o piste ciclabili laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla carreggiata.

In presenza di corsie di emergenza adiacenti occorre considerare le due zone come zone di studio separate.

Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona di studio separata (vedere punti c) ed f)). Come definito dalla EN 13201-2, nel caso in cui la strada presa in considerazione presenti ai lati zone di studio classificate autonomamente e verificate per quel che riguarda i parametri illuminotecnici di riferimento, è possibile evitare il calcolo del parametro riguardante l'illuminamento delle aree laterali.

b) Zona di studio per le strade di classe F con limite di velocità <30 km/h

In assenza di marciapiedi laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla totalità dello spazio compreso tra le facciate degli edifici posti direttamente a filo oppure entro i limiti delle proprietà che costeggiano la zona.

Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona di studio separata (vedere punti c) ed f)).

c) Zona di studio per le piste ciclabili e le strade o zone i cui utenti principali sono i pedoni (velocità della marcia a piedi)

La zona da prendere in considerazione corrisponde a marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili definite.

Marciapiedi (o attraversamenti pedonali) e piste ciclabili adiacenti possono essere raggruppati in una medesima zona.

d) Zona di studio per le zone di conflitto

In assenza di marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, la zona da prendere in considerazione corrisponde alla carreggiata.

Nella zona di studio deve essere considerato anche l'isolotto centrale di una rotatoria se questi può essere occupato o attraversato da veicoli autorizzati.

Marciapiedi, attraversamenti pedonali o piste ciclabili laterali, se presenti, costituiscono una zona di studio separata (vedere punti c) ed f)).

e) Zona di studio per i rallentatori di velocità

La zona considera esclusivamente i tratti ove sono installati rallentatori di velocità.

Nel caso di dispositivi ravvicinati, questi dispositivi e la strada costituiscono una medesima zona di studio.

Invece quando la distanza tra più dispositivi successivi è, a giudizio del progettista, sufficientemente ampia da giustificare tecnicamente una variazione delle prestazioni dell'impianto di illuminazione, ciascuno di questi dispositivi può essere considerato come appartenere a una zona di studio distinta, limitata alle vicinanze immediate del dispositivo.

f) Zona di studio per gli attraversamenti pedonali

La zona di studio considera:

- lo spazio specificatamente definito dalla segnaletica orizzontale;
- lo spazio simmetricamente disposto rispetto alla segnaletica per una larghezza pari a quella della segnaletica stessa;
- il marciapiede, limitatamente al tratto corrispondente alla larghezza della zona.

2.3. Categoria illuminotecnica di esercizio.

La definizione di una o più categorie illuminotecniche di esercizio è determinata sulla valutazione dei requisiti prestazionali che l'impianto dovrà garantire in uno specifico istante della sua vita o in una definita e prevista condizione

operativa. In pratica, in relazione al variare nel tempo dei parametri di influenza (come ad es. in ambito stradale, il variare dei flussi di traffico durante la giornata o durante l'anno) si individuano diverse categorie di *esercizio*, maggiori o minori della categoria di *progetto*. La classe illuminotecnica di *progetto* corrisponde alla classe illuminotecnica di *esercizio* i cui parametri non variano rispetto alle condizioni progettuali.

Per tutti gli ambiti i valori di calcolo dei requisiti fotometrici per le varie categorie illuminotecniche sono quelli riportati nella Norma EN 13201-2, con le seguenti specificazioni:

- i valori di luminanza media mantenuta dovranno essere pari a quelli minimi previsti e comunque non eccedere i valori minimi previsti di più del 20%;
- i valori di illuminamento medio mantenuto dovranno essere pari a quelli minimi previsti e comunque non eccedere i valori minimi previsti di più del 20%;
- tutti gli altri valori dovranno essere non superiori a quelli massimi previsti ovvero non inferiori a quelli minimi previsti dalla norma EN 13201-2.

2.4. Ulteriori criteri da considerare per una corretta progettazione

La norma EN 13201-2 individua per ciascuna categoria illuminotecnica parametri di abbagliamento e comfort visivo che vanno rispettati per la corretta progettazione.

In mancanza di indicazioni normative puntuali, a supporto delle scelte progettuali, vengono di seguito indicati ulteriori criteri da considerare per una corretta progettazione.

2.4.1 Controllo dell'Abbagliamento debilitante

L'abbagliamento debilitante - cioè l'abbagliamento prodotto da sorgenti di luce che può compromettere la percezione visiva senza provocare necessariamente una forte sensazione fastidiosa- deve

essere sempre mantenuto entro i valori di riferimento dell'incremento di soglia riportati in Tabella 10.

Tabella 10: Incremento di soglia massimo per le classi illuminotecniche M e C.

Categoria illuminotecnica	Incremento di soglia massimo (TI%)
M1, M2, C0, C1, C2	10%
M3, M4, M5, M6	15%

Per le situazioni che fanno riferimento alle categorie illuminotecniche C, per le quali non è specificato alcun requisito sull'abbagliamento, si devono adottare i valori riportati nella Tabella 10 con il coefficiente TI calcolato come segue:

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_m^{0,8}} = [\%]$$

dove:

L_v è la luminanza equivalente di velo;

L_m è la luminanza media della pavimentazione con illuminamento nell'ipotesi di diffusione lambertiana.

In particolare si ha:

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\theta_i^2} = \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{e} \quad L_m = Q_o E_{hs} = \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right]$$

in cui:

θ rappresenta l'angolo, espresso in gradi, tra la direzione di osservazione, assunta come giacente su un piano parallelo all'asse stradale ed inclinata di 1° verso il basso rispetto all'orizzonte, e la congiungente l'occhio e il centro fotometrico dell' i -esimo apparecchio di illuminazione che rientra nel campo visivo;

E_i è l'illuminamento generato dall' i -esimo apparecchio di illuminazione sull'occhio dell'osservatore in un piano perpendicolare alla direzione di osservazione;

E_{hs} è l'illuminamento medio orizzontale della pavimentazione della carreggiata o della zona in considerazione;

Q_0 è il fattore di riflettanza della pavimentazione considerata.

La somma deve essere effettuata a partire dal primo apparecchio illuminante lungo la direzione dell'osservatore fino all' n -esimo apparecchio illuminante lungo la medesima fila di apparecchi che superi la distanza di 500m dall'osservatore; la somma dovrà comunque essere interrotta allorché l' n -esimo apparecchio illuminante fornisca un contributo alla luminanza equivalente di velo inferiore al 2% rispetto alla luminanza equivalente di velo dovuta alla somma degli apparecchi illuminanti precedenti.

Gli apparecchi illuminanti posizionati al di sopra di uno schermo opaco inclinato di 20° rispetto all'orizzontale e che sia posto al di sopra degli occhi dell'osservatore (ad esempio il tetto di un'automobile) e che sia posizionato in direzione ortogonale alla direzione della strada (o dell'ambiente considerato), dovranno essere esclusi dal calcolo.

La posizione dell'osservatore deve essere scelta dal progettista come quella più critica e chiaramente indicata nel progetto illuminotecnico.

Per le situazioni che fanno riferimento alle categorie illuminotecniche P il controllo dell'abbagliamento deve avvenire attraverso il rispetto delle seguenti classi di controllo dell'intensità luminosa e dell'indice di abbagliamento, così come indicato dalla norma EN 13201-2 e riportato in Tabella 11:

Tabella 11: Classi di intensità luminosa e di indice di abbagliamento da rispettare per le classi illuminotecniche P.

Categoria illuminotecnica	Classi di intensità luminosa (G) e di indice di abbagliamento (D)
P1, P2, P3	G6, D6
P4, P5, P6	G4, D5

2.4.2 Gestione condizioni atmosferiche avverse.

In caso di strade in cui le condizioni atmosferiche risultassero per la maggior parte dell'anno avverse, occorre valutare l'eventualità di applicazione delle categorie illuminotecniche o di parametri che tengano conto delle prestazioni dell'asfalto o della pavimentazione bagnata.

Il progettista, in questi casi, dovrà inoltre valutare se 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.

2.4.3 Provvedimenti integrativi e responsabilità

Nel caso in cui l'ambito da illuminare non presenti già in condizioni diurne un sufficiente grado di sicurezza (es. buche stradali, cartellonistica assente, segnaletica orizzontale insufficiente ecc) non è compito dell'illuminazione sopperire a tali mancanze. Per questo è buona norma che la progettazione illuminotecnica sia effettuata, quando possibile, contestualmente alla progettazione urbanistica ed architettonica.

Il progetto, a discrezione del progettista, può comunque considerare tali elementi all'interno dell'analisi dei rischi al fine di garantire la massima sicurezza per gli utenti.

Allo stesso modo il progettista illuminotecnico non è responsabile del deterioramento o delle variazioni nel tempo delle condizioni della strada, della cartellonistica, ecc. essendo unicamente

responsabile del corretto funzionamento del sistema di illuminazione: qualsiasi variazione della geometria stradale o delle condizioni al contorno avvenute una volta realizzato l'impianto - oltre limiti accettabili di tolleranza - potrebbero rendere non più valide le soluzioni progettuali. In questi casi è compito del proprietario/gestore valutare misure di compensazione o procedere con l'adeguamento dell'impianto attraverso una nuova progettazione.

2.5. Definizione del corretto coefficiente di Manutenzione

Nel corso della vita di un impianto di illuminazione, il livello di illuminazione iniziale decresce progressivamente: la riduzione è dovuta a fattori ambientali, gestionali e di invecchiamento dei sistemi. Nella progettazione degli impianti di illuminazione è pertanto necessario prendere in considerazione questi fattori e predisporre un adeguato piano di manutenzione che consenta di limitare il deprezzamento dell'impianto.

Sulla base del Piano di Manutenzione che deve essere obbligatoriamente predisposto [vd. art.9, comma 3, lett.a) punto III) della presente direttiva] è possibile definire un Coefficiente di Manutenzione (MF) dell'apparecchio illuminante considerato, da adottare in sede di calcolo illuminotecnico, secondo quanto definito dalla CIE 154:2003 "The maintenance of outdoor lighting systems" o viceversa, sulla base del Coefficiente di Manutenzione adottato in sede di calcolo, va definito un piano di manutenzione adeguato.

Il Coefficiente di manutenzione è dato dal valore più basso del rapporto fra illuminamento medio (o luminanza media) dopo un certo periodo di tempo t di uso dell'impianto e l'illuminamento medio (o luminanza media) quando l'impianto è nuovo:

$$MF = \min_{0 < t < \infty} (MF(t)) = \min_{0 < t < \infty} \left(\frac{E(t)}{E_0} \right)$$

Nel progetto illuminotecnico questo fattore (che risulta sempre minore di 1) viene applicato ai risultati del calcolo per far sì che l'impianto, anche nel momento peggiore, risulti sempre conforme ai requisiti normativi.

Seguendo una pratica ormai consolidata (si veda la CIE 154:2003) è possibile ricondurre la perdita complessiva di illuminamento (o luminanza) a tre diversi fattori:

- riduzione di flusso dovuta all'insudiciamento dell'apparecchio, espressa dal fattore di manutenzione parziale *LMF* (*Luminaire Maintenance Factor*);
- riduzione di flusso dovuta all'invecchiamento della sorgente luminosa, espressa dal fattore di manutenzione parziale *LLMF* (*Lamp Lumen Maintenance Factor*);
- riduzione di flusso dovuta alla rottura di una o più sorgenti all'interno dell'apparecchio, espressa dal fattore di manutenzione parziale *LSF* (*Lamp Survival Factor*).

E' quindi possibile definire un fattore di manutenzione $MF(t)$ attraverso i fattori parziali nel seguente modo:

$$MF(t) = LMF(t) \times LLMF(t) \times LSF(t)$$

Dove:

MF coefficiente di manutenzione

LLMF fattore di deprezzamento del flusso luminoso della sorgente

LSF fattore di sopravvivenza della sorgente

LMF fattore di deprezzamento dell'apparecchio

Anche in questo caso, il fattore di manutenzione che va utilizzato è quello minore fra tutti i $MF(t)$ possibili.

Il fattore di deprezzamento del flusso luminoso (LLMF) indica la riduzione del flusso della sorgente luminosa nel tempo ed è calcolato come rapporto fra il flusso luminoso della sorgente ad un tempo t e il flusso luminoso iniziale al tempo t_0 .

Mentre per le lampade tradizionali è possibile fare riferimento ai cataloghi (o alla stessa CIE 154:2003 che presenta valori cautelativi), per le sorgenti a LED occorre fare riferimento alle curve fornite dai produttori, diverse a seconda della temperatura di giunzione considerata e della corrente di pilotaggio (ben consci però che il comportamento nella reale applicazione risulta in genere molto diverso da quello studiato in laboratorio, con alimentazione, sollecitazioni e temperature controllate).

Quindi, mentre per una lampada a scarica è possibile prevedere in maniera abbastanza accurata il decadimento, per una sorgente a LED occorrerebbe conoscere per il lotto utilizzato la corrente di pilotaggio, la temperatura di giunzione media di funzionamento per ogni diodo presente all'interno dell'apparecchio.

Il fattore di sopravvivenza della sorgente (LSF) indica la progressiva mortalità delle sorgenti presenti all'interno del medesimo apparecchio dopo un certo numero di ore di funzionamento ed è calcolato come rapporto fra il numero di sorgenti ancora funzionanti ad un tempo t ed il numero totale di sorgenti al tempo t_0 . Questo coefficiente va utilizzato unicamente nel caso di apparecchi illuminanti al cui interno sono presenti più sorgenti (ad esempio apparecchi a scarica bilampada oppure apparecchi con Moduli LED formati da più diodi).

Il fattore di deprezzamento dell'apparecchio (LMF) è dovuto in genere allo sporco che si accumula sul vetro di protezione (o alle lenti applicate ai diodi) e quindi è in funzione del grado di protezione IP dell'apparecchio, dell'intervallo di pulizia previsto dal piano di manutenzione e dall'inquinamento nell'area di installazione ed è calcolato come rapporto fra il flusso

luminoso dell'apparecchio ad un tempo t e il flusso luminoso dell'apparecchio iniziale al tempo t_0 (considerando però lo stesso flusso luminoso della sorgente).

In caso di sottopassi o ambienti urbani racchiusi per due o più lati, all'interno dei quali l'illuminazione può essere fortemente condizionata dal livello di pulizia dell'ambiente circostante, è buona norma prendere in considerazione un ulteriore fattore di deprezzamento dovuto alla manutenzione delle superfici e indicato come (*SMF*). In questi casi la formula di calcolo del coefficiente di manutenzione al tempo t diviene:

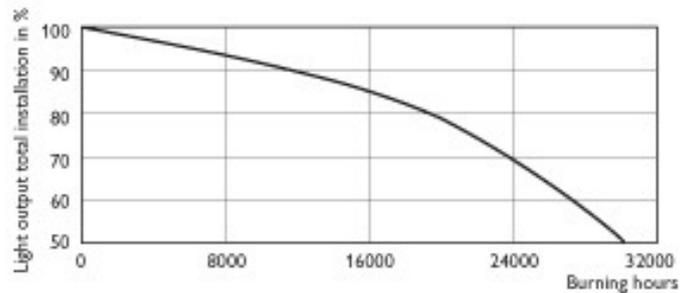
$$MF(t) = LMF(t) \times LLMF(t) \times LSF(t) \times SMF(t)$$

Di seguito si riportano due esempi applicativi di calcolo del coefficiente di manutenzione. Tali esempi illustrano in maniera sintetica il procedimento di calcolo e vengono forniti unicamente a scopo illustrativo: pertanto non si riferiscono né a situazioni reali di calcolo né riportano la situazione attuale delle tecnologie prese in considerazione.

Esempio n. 1

Apparecchio illuminante stradale dotato di lampada sodio alta pressione e alimentatore ferromagnetico

In questo caso si suppone di avere un apparecchio illuminante dotato di una singola lampada a scarica, grado di protezione IP65 per la parte ottica e ambiente esterno a basso inquinamento; la curva di decadimento della sorgente fornita dal produttore e indicativa del parametro LLMF è la seguente:



Si suppone in questo caso che venga effettuato un cambio programmato della lampada ogni 14.000 ore (circa 3,5 anni) con contestuale pulizia del vetro di protezione.

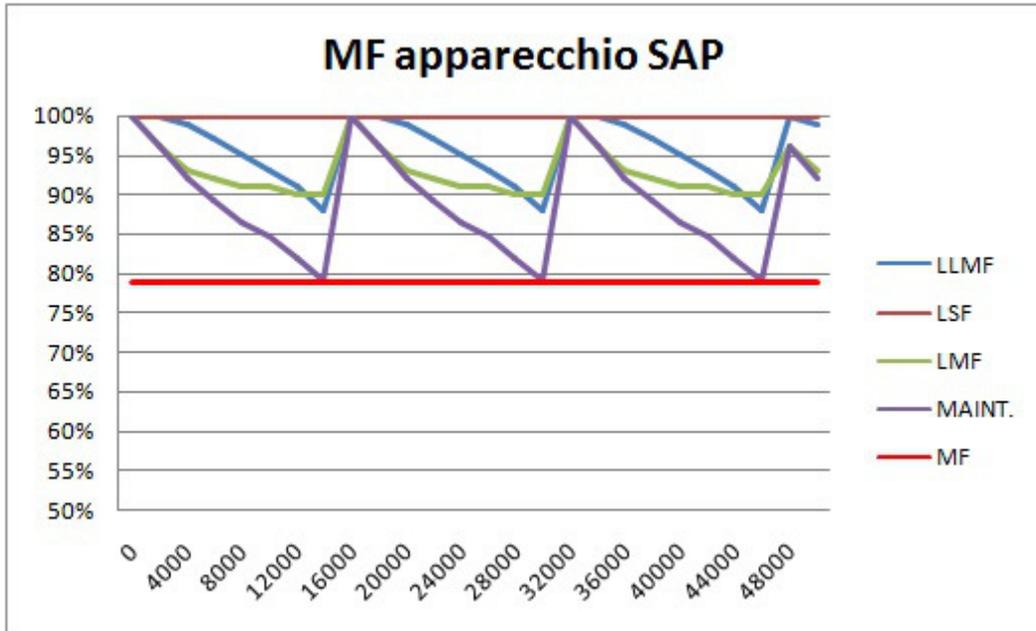
Basandosi sulla tabella 3.3 del documento CIE 154:2003 di seguito riportata in Tabella 12, è possibile valutare il fattore di deprezzamento LMF dell'apparecchio:

Tabella 12: Valori di deprezzamento LMF per apparecchi a scarica (CIE 154:2003).

Grado di protezione IP	Inquinamento	Ciclo di pulizia (anni)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Basso	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Basso	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Basso	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Poiché l'apparecchio illuminante è dotato di una sola sorgente luminosa si pone $LSF = 1$ (ovvero la sorgente viene cambiata immediatamente all'occorrenza della rottura).

In base ai dati di progetto e al programma di manutenzione, di seguito si riporta l'andamento dei vari fattori nel tempo così come il coefficiente di manutenzione $MF(t)$ indicato con la sigla MAINT per distinguerlo dal coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo.

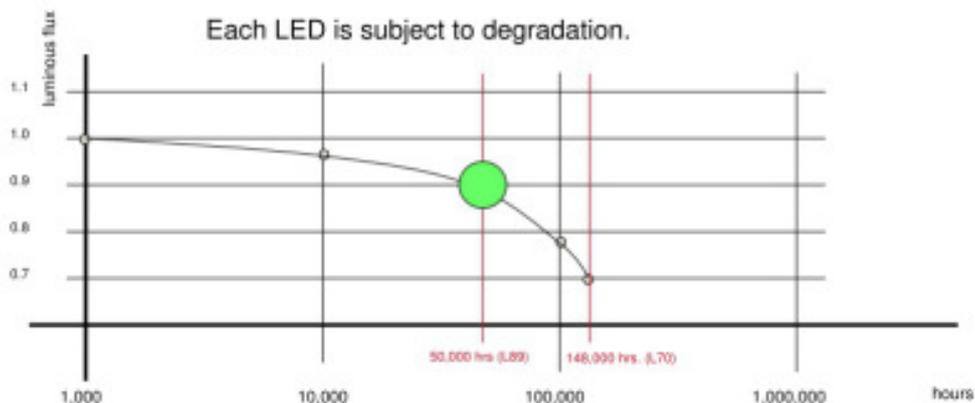


Come si rileva dal grafico riportato, il coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo è pari al minore dei valori MF(t) durante la durata di vita considerata per l'apparecchio e uguale a 0,80.

Esempio n. 2

Apparecchio illuminante stradale dotato di modulo LED

In questo caso si suppone di avere un apparecchio illuminante dotato di modulo LED formato da una piastra costituita da 40 diodi LED con ottica secondaria applicata al di sopra di ogni diodo, grado di protezione IP66 per la parte ottica e ambiente esterno a basso inquinamento; la curva di decadimento del flusso luminoso dei diodi LED fornita dal produttore per una temperatura ambiente di 25°C e corrente di alimentazione pari a 525 mA e indicativa del parametro LLMF è la seguente:

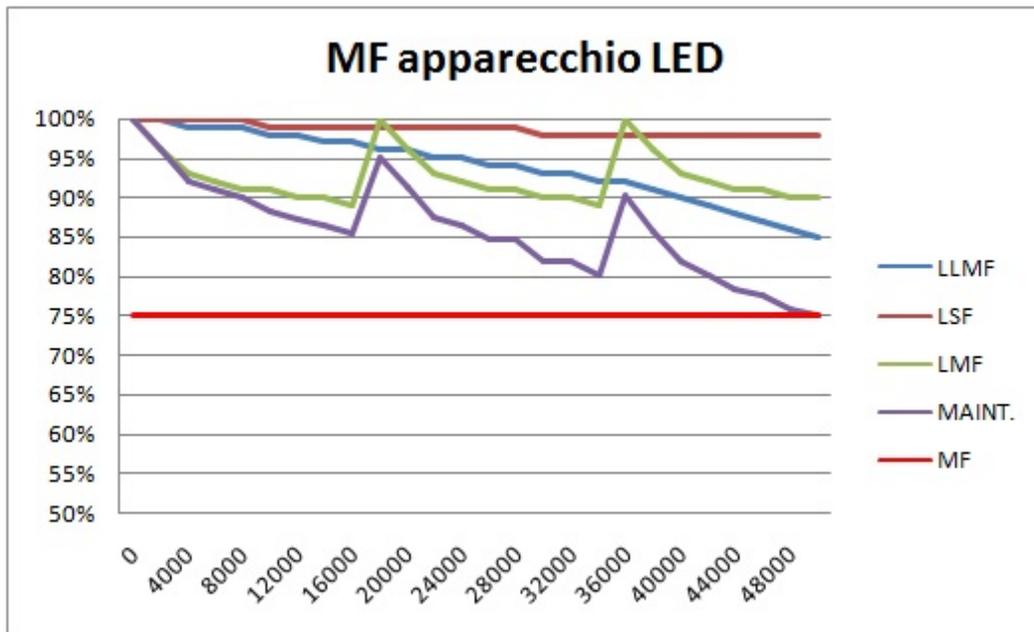


I produttori LED, in base alle indicazioni contenute nei documenti IEC, devono fornire, oltre all'indicazione della perdita percentuale di flusso nel tempo, anche l'indicazione del *failure rate* relativa ad ogni diodo luminoso (ovvero quale percentuale della popolazione dei diodi mantiene il flusso luminoso indicato); in generale l'indicazione riporta la percentuale di flusso residua dopo un determinato periodo e la percentuale di diodi che mantengono le caratteristiche indicate senza rompersi.

In questo caso si suppone che il produttore per 50.000 ore di funzionamento alle condizioni sopra indicate fornisca un riferimento $L_{85}B_{90}$ (ovvero che dopo 50.000 ore di funzionamento a 25°C di temperatura esterna e alimentazione a 525 mA il 90% dei diodi manterrà un flusso luminoso pari all'85% del flusso iniziale).

Poiché la sorgente è costituita da più diodi luminosi LED, occorre valutare l'incidenza del parametro LSF. Il produttore, indicando un parametro $L_{85}B_{90}$ afferma che un 10% di diodi luminosi non garantiranno un flusso luminoso superiore all'85% di quello iniziale: questo non significa che ci sarà una rottura del 10% dei diodi luminosi allo scadere delle 50.000 ore ma semplicemente che il 10% di questi avrà prestazioni inferiori. Il calo delle prestazioni dovuto ad un *failure rate* del 10% viene considerato pari allo spegnimento del 2% dei diodi all'interno del modulo considerato (pari al fattore di 1/5 del *failure rate* indicato) allo scadere delle 50.000 ore.

In base ai dati di progetto e al programma di manutenzione, di seguito si riporta l'andamento dei vari fattori nel tempo così come il coefficiente di manutenzione $MF(t)$ indicato con la sigla MAINT per distinguerlo dal coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo.



Come si rileva dal grafico riportato, il coefficiente di manutenzione MF adottato nel calcolo è pari al minore dei valori MF(t) durante la durata di vita considerata per l'apparecchio e uguale a 0,75.

2.6. Parametri normalizzati e classificazione delle pavimentazioni stradali

Si introducono due classi normalizzate di pavimentazione stradale asciutta (classi C1 e C2).

I parametri globali delle classi normalizzate sono riassunti nella Tabella 13, mentre i valori della ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza sono indicati nelle Tabelle 14 e 15.

Qualora non sia possibile caratterizzare una pavimentazione mediante una serie completa di misurazione della ripartizione del coefficiente di luminanza, un'indicazione della ripartizione suddetta può essere ottenuta:

- misurando il fattore di specularità S_1 e scegliendo la classe normalizzata in base alla gamma di valori permessi;
- moltiplicando i valori del coefficiente ridotto di luminanza della classe selezionata per il rapporto tra il coefficiente medio di luminanza Q_0 misurato e quello normalizzato.

Le pavimentazioni stradali quando asciutte rientrano normalmente nelle classe C1 o C2. In mancanza della misura del fattore di specularità S_1 si può ritenere la classe C1 rappresentativa delle pavimentazioni in calcestruzzo e la classe C2 di quelle in asfalto.

La Tabella 13 indica i valori medi del fattore di specularità S_1 delle classi C1 e C2, ritenute rappresentative delle pavimentazioni di calcestruzzo e di quelle di asfalto. Tuttavia, per assicurare una maggiore aderenza del progetto alla pavimentazione effettiva, è opportuno misurarne le caratteristiche fotometriche o almeno il valore di S_1 .

Tabella 13: Classificazione delle pavimentazioni stradali asciutte

Classe pavim.	Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza	Coefficiente medio di luminanza	Fattore di specularità	Gamma del fattore di specularità
C1	Vedere Tabella 14	0,10	0,24	$S_1 \leq 0,4$
C2	Vedere Tabella 15	0,07	0,97	$S_1 > 0,4$

Tabella 14: Coefficienti ridotti di luminanza r della pavimentazione di classe C1 (valori moltiplicati per 104)

β	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770
0,25	710	708	703	710	712	710	708	708	707	704	702	708	698	702	704	714	708	724	719	723
0,5	586	582	587	581	581	576	570	567	564	556	548	541	531	544	546	562	566	587	581	589
0,75	468	467	465	455	457	446	430	420	410	399	390	383	373	384	391	412	419	437	438	445
1	378	372	373	363	347	331	314	299	285	273	263	260	250	265	278	295	305	318	323	329
1,25	308	304	305	285	270	244	218	203	193	185	179	173	173	183	194	207	224	237	238	245
1,5	258	254	251	229	203	178	157	143	134	128	124	120	120	132	140	155	163	177	179	184
1,75	217	214	205	182	153	129	110	100	95	90	87	84	88	98	103	116	123	134	137	138
2	188	181	174	142	116	95	80	73	69	64	62	64	64	72	78	88	95	105	108	109
2,5	145	136	121	90	66	53	46	41	39	37	36	36	39	44	50	55	60	66	69	71
3	118	108	87	57	41	32	28	26	25	23	22	23	25	28	31	37	41	45	47	51
3,5	97	87	64	39	26	20	18	17	16	15	15	16	17	19	23	27	30	33	35	37
4	80	69	50	29	17	14	13	12	11	11	11	11	13	15	17	19	22	26	27	29
4,5	70	58	37	21	13	10	9	8	8	8	8	9	10	12	14	16	17	20	21	22
5	60	51	29	15	9	7	7	6	6	6	6	7	7	9	10	12	14	17	17	18
5,5	52	41	23	12	7	6	6	6	5	4										
6	48	36	19	8	6	5	5	5	5											
6,5	44	32	17	7	6	5	5	5												
7	41	28	14	6	5	4	4	4												
7,5	37	26	12	6	4	3	3													
8	34	23	11	5	4	3	3													
8,5	32	21	9	5	4	3	3													
9	29	19	8	4	3	3														
9,5	27	17	7	4	3	3														
10	26	16	6	3	3	3														
10,5	25	16	6	3	2	1														
11	23	15	6	3	2	1														
11,5	22	14	6	3	2															
12	21	14	5	3	2															

Tabella 15: Coefficienti ridotti di luminanza r della pavimentazione di classe C2 (valori moltiplicati per 104).

B tge	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
0,25	362	358	371	364	371	369	362	357	351	349	348	340	328	312	299	294	298	288	292	281
0,5	379	368	375	373	367	359	350	340	328	317	306	280	266	249	237	237	231	231	227	235
0,75	380	375	378	365	351	334	315	295	275	256	239	218	198	178	175	176	176	169	175	176
1	372	375	372	354	315	277	243	221	205	192	181	152	134	130	125	124	125	129	128	128
1,25	375	373	352	318	265	221	189	166	150	136	125	107	91	93	91	91	88	94	97	97
1,5	354	352	336	271	213	170	140	121	109	97	87	76	67	65	66	66	67	68	71	71
1,75	333	327	302	222	166	129	104	90	75	68	63	53	51	49	49	47	52	51	53	54
2	318	310	266	180	121	90	75	62	54	50	48	40	40	38	38	38	41	41	43	45
2,5	268	262	205	119	72	50	41	36	33	29	26	25	23	24	25	24	26	27	29	28
3	227	217	147	74	42	29	25	23	21	19	18	16	16	17	18	17	19	21	21	23
3,5	194	168	106	47	30	22	17	14	13	12	12	11	10	11	12	13	15	14	15	14
4	168	136	76	34	19	14	13	11	10	10	10	8	8	9	10	9	11	12	11	13
4,5	141	111	54	21	14	11	9	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	10	10	11
5	126	90	43	17	10	8	8	7	6	6	7	6	7	6	6	7	8	8	8	9
5,5	107	79	32	12	8	7	7	7	6	5										
6	94	65	26	10	7	6	6	6	5											
6,5	86	56	21	8	7	6	5	5												
7	78	50	17	7	5	5	5	5												
7,5	70	41	14	7	4	3	4													
8	63	37	11	5	4	4	4													
8,5	60	37	10	5	4	4	4													
9	56	32	9	5	4	3														
9,5	53	28	9	4	4	4														
10	52	27	7	5	4	3														
10,5	45	23	7	4	3	3														
11	43	22	7	3	3	3														
11,5	43	22	7	3	3															
12	42	20	7	4	3															

3. ILLUMINAZIONE DI "ALTRI AMBITI" ESTERNI PUBBLICI

In altri ambiti, quali ad esempio rotatorie ed intersezioni, sottopassi (escluse gallerie), piste ciclabili, parcheggi, strade commerciali ecc., utilizzando la Tabella 16 di seguito riportata, si può effettuare una comparazione delle categorie illuminotecniche tra aree contigue ed adiacenti, tenendo conto che comunque non è consigliabile per zone adiacenti, una differenza di categoria illuminotecnica maggiore di 2.

Tabella 16: Comparazione di categorie illuminotecniche per zone attigue/adiacenti

Livelli di prestazione visiva e di progetto									
Categoria		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
Categoria	C0	C1	C2	C3	C4	C5			
Categoria				P1	P2	P3	P4	P5	P6
Categoria	EV2	EV3	EV4	EV5	EV5	EV5			

Categoria M: 6 classi, che definiscono la luminanza per soddisfare esigenze di traffico motorizzato

Categoria C: 6 classi, che definiscono gli illuminamenti orizzontali di aree di conflitto come strade commerciali, incroci principali, rotatorie, sottopassi pedonali, ecc.

Categoria P: 6 classi, che definiscono gli illuminamenti orizzontali per strade e piazze pedonali, piste ciclabili, campi scuola, parcheggi ecc.

Categoria EV: 6 classi, che definiscono gli illuminamenti verticali per favorire la percezione di piani verticali in passaggi pedonali, caselli, ecc.

Nel caso in cui esistano ambiguità nella corretta definizione dell'ambito considerato oppure vi sia una manifesta impossibilità nell'associare tale ambito a una categoria illuminotecnica, è buona norma che il proprietario o l'Ente gestore - sulla base degli strumenti urbanistici vigenti o di altre valutazioni - in comune accordo col progettista fornisca una definizione univoca di tale ambito.

3.1 Illuminazione degli attraversamenti pedonali

Il Valore di riferimento da tener presente per definire opportuni livelli di prestazione visiva sono quelli dell'illuminamento Verticale (EV) di cui alla precedente Tabella 16.

In questo caso può essere utile e necessario collocare gli apparecchi stradali in modo tale da rendere ben visibile il pedone: per questo si suggerisce di valutare la possibilità di posizionare apparecchi d'illuminazione aggiuntivi e dedicati, prima dell'attraversamento pedonale in entrambi i sensi di marcia. Allo scopo sono particolarmente adatti apparecchi con emissione di luce asimmetrica che consentono minore abbagliamento del conducente.

Nei casi più complessi si consiglia di prendere in considerazione ulteriori parametri di riferimento, come l'illuminamento cilindrico e la resa cromatica delle sorgenti.

In base a quanto definito al Paragrafo 2.2.2. lett. f), risulta fondamentale lo studio non solo dell'attraversamento vero e proprio ma anche dei contorni dello stesso.



Nella progettazione vanno considerate tre differenti aree:

- la zona A: avvicinamento al percorso la cui larghezza è pari a circa tre volte il passaggio pedonale e la cui lunghezza deve comprendere i marciapiedi (o, in assenza di questi, protrarsi per almeno 1m oltre il bordo della carreggiata);

- zona B: il passaggio vero e proprio, la cui larghezza è comprensiva dei marciapiedi (o, in assenza di questi, protrarsi per almeno 1m oltre il bordo della carreggiata);
- zona C: relativa al piano verticale del passaggio, la cui larghezza è comprensiva della zona del marciapiede (o, in assenza di questi, protrarsi per almeno 1m oltre il bordo della carreggiata).

Per la zona A è necessario incrementare la categoria illuminotecnica di un punto (oppure anche di più punti in virtù della maggiore o minore pericolosità del passaggio) e quindi definire la corretta categoria C di progetto in base a quanto indicato dalla Tabella 16.

Per la zona B (sulla "zebra") occorre creare un fascio di luce maggiormente concentrato. Per ottenere questo risultato si suggerisce di aumentare di un ulteriore punto la categoria C considerata per la zona A.

Per la zona C, occorre fornire un adeguato illuminamento verticale E_v corrispondente al valore assunto per la zona B (eventualmente aumentato di una ulteriore categoria) che possa fornire il massimo livello di contrasto e quindi consenta la corretta individuazione dei pedoni, in virtù del livello di illuminazione dell'ambiente circostante, della velocità di percorrenza della strada, delle diverse altezze di visione per le diverse tipologie di veicoli e di tutti quegli altri parametri che il progettista riterrà necessario prendere in considerazione.

Ad esempio, nel caso di categoria illuminotecnica di progetto M4 per la strada considerata, alla quale in base alla Tabella 16 corrisponderebbe una categoria C4, la Zona A dovrà prevedere una categoria illuminotecnica di progetto C3, la zona B una categoria illuminotecnica di progetto C2 e la zona C una categoria illuminotecnica di progetto EV4 o EV3 a seconda delle considerazioni del progettista.

Occorre inoltre verificare che, al di là del livello di illuminamento medio mantenuto, sia anche garantito un livello di uniformità tale da non creare zone disomogenee lungo l'attraversamento.

3.2 ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

Le intersezioni a rotatoria, per le loro caratteristiche geometriche e funzionali, possono essere illuminate applicando le categorie illuminotecniche della serie C, integrate con i requisiti sull'abbagliamento debilitante, come specificato al Paragrafo 2.4.

Strade di accesso con bracci di ingresso e di uscita illuminati

La categoria illuminotecnica di progetto selezionata deve essere maggiore di un livello rispetto alla maggiore tra quelle previste per le strade di accesso, facendo riferimento alla Tabella 16. Per esempio se la categoria illuminotecnica di progetto di livello massimo tra quelle selezionate per le strade di accesso è la M3, nell'intersezione deve essere applicata la categoria illuminotecnica C2.

Strade di accesso con bracci di ingresso e di uscita non illuminati

Se una o più strade di accesso non fossero illuminate, il riferimento è alla categoria illuminotecnica di progetto prevista per tali strade (se fossero illuminate) maggiorata di un livello rispetto alla maggiore, facendo riferimento alla Tabella 16.

Per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si raccomanda di adottare soluzioni tecniche che creino una illuminazione decrescente nella zona di transizione tra la zona buia e quella completamente illuminata. La lunghezza di questa zona, su ogni strada di accesso non illuminata, non dovrebbe essere minore dello spazio percorso in 5s alla velocità massima prevista di percorrenza dell'intersezione.

Calcolo dell'illuminamento

L'illuminamento medio mantenuto, riferito alla carreggiata dell'intero anello o "corona", è definito da un reticolo di punti su 3 linee longitudinali per corsia posizionati su raggi aventi tra di loro un angolo pari a 15° o inferiore e riferiti al centro dell'intersezione.

Le linee longitudinali seguono la curvatura della strada e sono spaziate trasversalmente come previsto dalla norma EN 13201-3.

Calcolo dell'incremento di soglia

Il calcolo dell'incremento di soglia (TI) [*Threshold Increment*] deve essere eseguito nelle seguenti due modalità e si deve considerare il valore maggiore:

- l'osservatore, al centro della corsia di destra della strada di accesso si avvicina fino a raggiungere la striscia di arresto della rotatoria;
- l'osservatore si muove lungo l'asse mediano della carreggiata dell'anello o "corona" della rotatoria

L'incremento di soglia è calcolato con spostamenti dell'osservatore di 1m nel tratto rettilineo e a incrementi angolari di 5° nel tratto circolare. Il calcolo parte dall'asse di una strada di accesso.

L'angolo di osservazione, rispetto alla superficie stradale, è pari a 1° verso il basso e la direzione corrisponde a quella tangente al cerchio dell'asse mediano.

L'illuminamento medio mantenuto da considerare per il calcolo è quello riferito all'intera carreggiata dell'anello.

3.3 ILLUMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO ED A LIVELLI SFALSATI

I principali elementi componenti le intersezioni sono:

- le rampe;
- le corsie specializzate: di entrata, di uscita e di accumulo.

In generale gli elementi componenti le intersezioni (rampe e corsie specializzate), per le loro caratteristiche geometriche e

funzionali, possono essere illuminati applicando le categorie illuminotecniche della serie C, integrate con i requisiti sull'abbagliamento debilitante, come specificato al Paragrafo 2.4. Occorre osservare che gli elementi delle intersezioni in oggetto costituiscono delle zone di conflitto, nelle quali statisticamente si verifica il maggior numero di incidenti, anche se la velocità ammessa è minore di quella delle strade principali.

La categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi che il progettista deve considerare per le corsie di decelerazione e accelerazione delle autostrade è M1.

Strade principali (delle quali gli elementi di intersezione fanno parte) illuminate

La categoria illuminotecnica selezionata deve essere maggiore di una categoria illuminotecnica rispetto alla maggiore tra quelle selezionate per le strade di accesso, facendo riferimento alla Tabella 16. Per esempio se la categoria illuminotecnica di livello massimo tra quelle selezionate per le strade di accesso è la M3, nell'intersezione deve essere applicata la categoria illuminotecnica C2.

Nella definizione della maggiore tra le categorie illuminotecniche delle strade convergenti nell'intersezione si deve tenere conto dei valori dei parametri fotometrici effettivamente previsti, in fase di progetto, o esistenti.

Strade principali non illuminate

Se una o più strade di accesso non fossero illuminate, il riferimento è alla categoria illuminotecnica di progetto prevista per tali strade (se fossero illuminate) maggiorata di un livello rispetto alla maggiore, facendo riferimento alla Tabella 16.

Inoltre per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a zone non illuminate, si raccomanda di adottare soluzioni tecniche che creino un'illuminazione decrescente nella zona di transizione tra la zona buia e quella completamente illuminata. La lunghezza di

questa zona non deve essere minore dello spazio percorso in 5s alla velocità massima prevista di percorrenza dell'intersezione. L'incremento di soglia (TI), calcolato come nel Paragrafo 2.4, dovrebbe soddisfare i requisiti della Tabella 10.

Calcolo dell'illuminamento

L'illuminamento medio è definito da un reticolo di punti su 3 linee longitudinali per corsia posizionati nel seguente modo:

- per i tratti rettilinei come previsto dalla UNI EN 13201-3:2004;
- per i tratti in curva su raggi aventi tra di loro un angolo al centro pari a 15°.

Le linee longitudinali seguono la curvatura della strada e sono spaziate trasversalmente come previsto nella UNI EN 13201-3:2004.

4. ILLUMINAZIONE ESTERNA PRIVATA

Per l'illuminazione esterna privata con impianti costituiti da più di 10 punti luce, in analogia a quanto indicato per gli ambiti ad uso pubblico (strade) i valori di luminanza/illuminamento da utilizzare, devono essere stabiliti identificando la categoria illuminotecnica di *ingresso*, attraverso la comparazione di categorie di cui alla Tabella 16 relativa alle aree contigue ed adiacenti, ed applicando i corrispondenti valori di luminanza/illuminamento di cui alla Norma EN 13201-2, con l'accortezza anche in questo caso di non superare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche tra le aree adiacenti/contigue.

Per maggiore chiarezza si riporta questo generico esempio.

Esempio.

Per definire la categoria di riferimento per un parcheggio di una struttura residenziale ad uso esclusivamente privato, occorre innanzitutto sapere la categoria illuminotecnica della strada da

cui vi si accede, e attraverso l'applicazione della Tabella 16 definire la corrispondente categoria P come area adiacente. Es. se la strada di accesso al parcheggio è di categoria illuminotecnica M5, per il parcheggio la corrispondente categoria illuminotecnica di riferimento sarà la P3, quindi occorrerà al massimo utilizzare un valore di illuminamento orizzontale medio mantenuto di 7,5 lx (vd. Norma EN 13201-2).

5. BIBLIOGRAFIA

1. CIE 17.4 - IEC 60050-845 International Electrotechnical Vocabulary - Lightmg 845
2. CIE 136:2000 Guide to the lighting of urban areas
3. CIE 144:2001 Road surface and road marking reflection characteristics
4. CIE 154:2003 The maintenance of outdoor lighting systems
5. CIE 115:2010 Recommendation for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic
6. CIE 191:2010 Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance.
7. Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada" e successive modifiche e integrazioni (in particolare Decreto Legislativo 10 settembre 1993 n. 360)
8. Direttive per redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico (art. 36 del D.Lgs. 285/92), supplemento ordinario n. 77 alla G.U. n. 146 del 24 giugno 1995
9. Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n. 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e successive modifiche e integrazioni (Decreto 22 aprile 2004 - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade")
10. Decreto Ministeriale 30 novembre 1999 n. 557 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche

tecniche delle piste ciclabili" del Ministero dei Lavori Pubblici (G.U. n. 225/2000)

11. Marc Gillet, P. Rombauts "Precise evaluation of upward flux from outdoor lighting installations (applied in the case of roadway lighting)", London (UK) Light Trespass Symposium, Nov. 2001; La Serena (Chile) Light Pollution Symposium, March 2002
12. CEN/TR 13201-1 Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes
13. UNI EN 13201-3 Illuminazione stradale: - Parte 3: Calcolo delle prestazioni
14. UNI EN 13201-4 Illuminazione stradale: - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche

ALLEGATO G

**MODELLO DI SEGNALAZIONE PER APPARECCHI/IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE
ESTERNA NON CONFORMI ALLE NORME VIGENTI IN MATERIA DI INQUINAMENTO
LUMINOSO E RISPARMIO ENERGETICO"**

Alla cortese att. ne del
Responsabile dell'Ufficio
Tecnico
del Comune di(.....)

e p.c.

Arpa Emilia Romagna
Sezione di
Via
Comune di(.....)

Regione Emilia-Romagna
c.a. del Responsabile del
Servizio Risanamento
Atmosferico, Acustico ed
Elettromagnetico
Viale della Fiera, 8
40127 Bologna

Difensore Civico della Regione
Emilia-Romagna
Viale Aldo Moro, 44
40127 Bologna

Il sottoscritto in qualità
di (cittadino, Osservatorio, Associazione interessata
all'applicazione della legge regionale, ecc.) con la presente

SEGNALA

che nel Comune di(.....) in via
.....è presente un apparecchio/impianto di illuminazione
esterna(pubblico/privato) costituito da
.....
.....

(es. due punti luce, un proiettore di elevata potenza, impianto di

illuminazione stradale, ecc) che si ritiene abbia caratteristiche non conformi alla LR.19/2003 "Norme in materia di riduzione dell'Inquinamento luminoso e di risparmio energetico" e alla sua direttiva applicativa, in quanto

.....
.....

(es. emette luce verso l'alto, appare sovradimensionato da un punto di vista di consumi energetici, appare con interdistanza troppo ravvicinata, ecc.).

Pertanto si chiede una verifica di conformità alla normativa, essendo il Comune l'Autorità competente al controllo, ai sensi dell'art. 4 della citata Legge Regionale.

Si chiede, ai sensi degli artt.9 e 10 della Legge 241/90 di partecipare al procedimento amministrativo connesso a tale verifica.

Si allegano alla presente segnalazione n. foto dell'apparecchio/impianto scattate di giorno (in modo da visualizzare correttamente i corpi luminosi) e di notte (in modo da evidenziarne gli effetti di inquinamento luminoso).

In fede

Data

Firma

ALLEGATO H
DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' DEL PROGETTO
DEFINITIVO/ESECUTIVO
ALLA LR.19/2003 E ALLA DIRETTIVA APPLICATIVA

Il sottoscritto..... con sede di lavoro in via n°..... CAP..... Comune Prov Tel fax..... iscritto all'Ordine con numero

Progettista dell'impianto di illuminazione (identificazione come da Progetto definitivo/esecutivo).....

DICHIARA

sotto la propria personale responsabilità che l'impianto è stato progettato in conformità alla normativa vigente in Emilia Romagna in materia di riduzione dell'Inquinamento Luminoso e Risparmio Energetico di cui alla L.R. 19/2003 "Norme in materia di riduzione dell'Inquinamento Luminoso e di risparmio energetico" e alla direttiva applicativa di tale legge.

DECLINA

- ogni responsabilità per sinistri a persone o a cose derivanti da una esecuzione sommaria e non realizzata con i dispositivi previsti nel progetto illuminotecnico esecutivo.
- ogni responsabilità derivante da una scorretta installazione (non conforme alla L.R. 19/2003 e al presente progetto), ricordando che nel progetto sono presenti tutti gli elementi per una installazione corretta.

Data

Firma.....

ALLEGATO I
DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' DELL'INSTALLAZIONE
ALLA LR. 19/2003, ALLA DIRETTIVA APPLICATIVA E AL PROGETTO

*Il sottoscritto.....titolare o legale
rappresentante della ditta.....operante nel settore
.....
con sede in via
n°.....CAP.....comuneprov.....
tel.....fax.....P. IVA.....*

*iscritta nel registro delle ditte (RD 20/9/1394 n°2011) della
C.I.A.A. di al n°*

*iscritta all'albo provinciale delle imprese artigiane
(L.8/8/1985, n°443) della C.I.A.A. di..... .. al n°*

Esecutrice dell'impianto (descrizione schematica)
.....
.....
.....

inteso come:

<input type="checkbox"/> nuovo impianto	<input type="checkbox"/> trasformazione	<input type="checkbox"/> ampliamento
<input type="checkbox"/> manutenzione straordinaria	<input type="checkbox"/> altro

realizzato presso..... Comune di

DICHIARA

sotto la propria responsabilità che l'impianto è stato installato in modo conforme alla Legge Regionale n.19/2003 "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" e alla sua direttiva applicativa, tenuto conto delle condizioni di esercizio e degli usi a cui è destinato il luogo d'installazione, avendo in particolare:

- rispettato il progetto predisposto da un progettista abilitato e conforme alla LR. 19/2003 e alla sua direttiva applicativa;
- seguito le indicazione di installazione dei fornitori per la conformità alla LR. 19/2003 e alla sua direttiva applicativa;
- seguito la normativa tecnica applicabile all'impiego di
- installato i componenti elettrici in conformità alla Legge 46/90 e s.m.i. ed altre vigenti;
- installato componenti e materiali costruiti a regola d'arte e adatti al luogo d'installazione;
- controllato l'impianto ai fini della sicurezza e della funzionalità con esito positivo avendo eseguito le verifiche richieste dal committente, dalle norme e dalla disposizioni di legge.

Allegati:

-
-
-

DECLINA

Ogni responsabilità per sinistri a persone o a cose derivanti da manomissione dell'impianto da parte di terzi ovvero da carenze di manutenzione o riparazione.

Data

Firma.....

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Atti amministrativi

GIUNTA REGIONALE

Giuseppe Bortone, Direttore generale della DIREZIONE GENERALE AMBIENTE E DIFESA DEL SUOLO E DELLA COSTA esprime, ai sensi dell'art. 37, quarto comma, della L.R. n. 43/2001 e della deliberazione della Giunta Regionale n. 2416/2008, parere di regolarità amministrativa in merito all'atto con numero di proposta GPG/2013/1805

data 15/11/2013

IN FEDE

Giuseppe Bortone

omissis

L'assessore Segretario: Muzzarelli Gian Carlo

Il Responsabile del Servizio
Segreteria e AA.GG. della Giunta
Affari Generali della Presidenza
Pari Opportunita'