

Descrizione delle procedure di calcolo per la valutazione semplificata delle sorgenti LED per illuminazione

Autori: Andrea Bogi, Iole Pinto AUSL 7 Siena – Laboratorio Agenti Fisici

Questa procedura consente di valutare il rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali in tutte quelle situazioni nelle quali le sorgenti di radiazione ottica presenti sono costituite da sistemi per l'illuminazione generale, siano essi per uffici o per ambienti di dimensioni maggiori come capannoni industriali.

In tutti questi casi la radiazione emessa è sostanzialmente luce bianca, anche se di diverse tonalità e la fissazione delle sorgenti non rientra nel compito visivo degli operatori presenti.

In linea di principio tali sorgenti, in quanto destinate alla illuminazione generale, non dovrebbero mai rappresentare un rischio per i soggetti esposti. Tuttavia, il rapido sviluppo a cui si è assistito in questi ultimi anni di tecnologie innovative nel campo dell'illuminazione, ed in particolare dei sistemi LED, ha fatto emergere il problema del rischio fotobiologico associato alle emissioni di luce blu potenzialmente lesiva per la retina dai sistemi utilizzati per illuminazione generale. Al fine di valutare il rischio fotobiologico di lampade e sistemi di lampade è stato emanato uno specifico standard CEI EN 62471:2009 che classifica tali sorgenti in 4 gruppi (4 classi di rischio) riportate in Tabella 1). Questa norma prevede metodi di misura e classificazione ed anche se non definisce vincoli specifici per la marcatura, rappresenta attualmente lo stato dell'arte in termini di informazioni sulla sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade (compresi i LED).

Tabella 1 Classificazione rischio fotobiologico lampade secondo lo standard CEI EN 62471:2009

Gruppo	Stima del Rischio
Esente	Nessun rischio fotobiologico
Gruppo 1	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
Gruppo 2	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
Gruppo 3	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

Allo stato attuale le norme IEC/CEI di sicurezza specifiche per ciascuna tipologia di sorgente sono in corso di adeguamento per recepire i criteri di sicurezza fotobiologica e classificazione di tabella 1 ed introdurre per ciascuna tipologia di sorgente specifici limiti di emissione che ne garantisca un utilizzo sicuro in relazione al rischio oculare.

P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI

www.portaleagentifisici.it

Regione Toscana – Azienda USL 7 di Siena

Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est – **Laboratorio Agenti Fisici**

✉ Strada del Ruffolo - 53100 Siena - ☎ Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754

In attesa dell'adeguamento delle norme di prodotto, allo stato attuale non sono fornite dai produttori dei sistemi di illuminazione informazioni idonee a garantire la sicurezza fotobiologica per i lavoratori e per le persone del pubblico. Considerata quindi l'attuale carenza normativa, che non consente a priori di stimare il rischio effettivo dei sistemi LED disponibili in commercio, e considerata la potenziale nocività degli stessi, è stata sviluppata la presente procedura, idonea a valutare l'effettivo rischio associato alle sorgenti di illuminazione LED installate in un ambiente.

La procedura consente di verificare se le sorgenti di illuminazione generale installate presso un qualsiasi ambiente diano luogo ad un'esposizione trascurabile rispetto ai limiti previsti dal D.lgvo 81/08 Titolo VIII capo V., sulla base delle caratteristiche illuminotecniche e di installazione delle sorgenti stesse.

Il risultato è espresso su 3 livelli di rischio: basso, medio ed alto, secondo il seguente criterio:

Basso: Non presenta rischio fotobiologico. Sorgente “Giustificabile” ai sensi del D.lgvo 81/08

Medio: Compatibile con valori limite associati al Gruppo 1 (CEI EN 62471:2009: nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego). Potrebbe comportare rischio se fissata per tempi superiori a 100 secondi cumulati nell'arco della giornata.

Alto: Esposizioni maggiori delle massime ammissibili per il Gruppo 1 (CEI EN 62471:2009). Presenza di rischio anche per tempi di fissazione inferiori a 100 secondi.

Il risultato del calcolo dovrebbe sempre portare ad una situazione di rischio “basso”, in quanto un sistema destinato all'illuminazione generale deve poter essere scelto in modo che le sue emissioni ottiche comportino un rischio trascurabile dal punto di vista della sicurezza fotobiologica.

Se il rischio risulta “medio” si dovrebbero individuare soluzioni alternative di installazione.

Se il rischio risulta “alto” vi è un utilizzo improprio delle sorgenti, in quanto il rischio fotobiologico non è trascurabile. E' in questo caso necessario individuare soluzioni alternative nella scelta delle sorgenti e/o nelle modalità di installazione.

Questo foglio di calcolo si basa sui criteri definiti in due documenti, entrambi presenti nella sezione documentazione delle ROA nel portale: Lightingeurope; “Lightingeurope guide on photobiological safety in general lighting products for use in working places”, Febbraio (2013) e IEC/TR 62778 ed 1.0 (2013). In questi documenti vengono caratterizzate le sorgenti comunemente utilizzate per l'illuminazione sulla base dei criteri di rischio fotobiologico stabiliti dalla norma tecnica di classificazione dei sistemi di illuminazione: CEI EN 62471. In particolare si mostra come esista una relazione stretta fra la temperatura di colore di una sorgente e quel valore di illuminamento che segna il confine fra il gruppo 1 ed il gruppo 2 per il rischio da luce blu. Detto più precisamente in formule si può definire un parametro:

$$K_{B,v} = \frac{\int \Phi(\lambda) B(\lambda) d\lambda}{K_m \int \Phi(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad (20)$$

dove a partire dallo spettro della sorgente a numeratore si calcola l'irradianza efficace per il danno da luce blu, a denominatore si calcola l'illuminanza e $K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. E' un dato sperimentale

che il parametro $K_{B,v}$ dipende praticamente solo dalla temperatura di colore della sorgente e poco dalle altre caratteristiche, compresa la tipologia di sorgente (incandescenza, fluorescente compatta, LED, alogena).

Come conseguenza di ciò, data una sorgente, se se ne conosce la temperatura di colore ed il suo illuminamento in una certa posizione, si può stabilirne il livello di rischio da un punto di vista della sicurezza fotobiologica. Si osservi che queste considerazioni sulla sicurezza seguono criteri dettati dalle linee guida dell'ICNIRP (dai quali discendono i limiti presenti nel T.U.) e dal documento sulla classificazione dei sistemi di illuminazione sopra citato; criteri che poco hanno a che fare con quelli seguiti durante la scelta dei livelli e delle modalità di illuminamento di un ambiente di lavoro o di vita che invece riguardano il comfort visivo.

Algoritmo per il calcolo del livello di rischio

Il calcolo viene diviso in 2 procedure principali a seconda che la sorgente abbia un involucro opaco o trasparente, questo per tener conto della differente superficie emittente nei due casi. Se l'involucro è trasparente i singoli LED sono a vista e nel confronto con i limiti si utilizza l'illuminanza, nell'altro caso invece si utilizza la luminanza.

Un caso particolare si presenta con i tubi di LED, per i quali la lunghezza è di solito molto maggiore della larghezza. In questo caso quando si esegue il calcolo dell'illuminanza, non si può supporre che l'intensità luminosa di tutti i LED provenga dal punto centrale della sorgente, perchè sarebbe un'ipotesi troppo cautelativa. In questo caso quindi si calcola l'illuminamento come se i LED si trovassero tutti lungo l'asse di un cilindro di raggio uguale alla distanza sorgente osservatore e tutto il flusso luminoso venisse emesso solo attraverso una porzione della superficie laterale del cilindro, la cui ampiezza angolare coincide con l'apertura del fascio del tubo a LED considerato.

Fatte queste premesse, i passi eseguiti dalla procedura sono:

1. Calcolo dell'angolo solido di emissione a partire dal parametro "apertura fascio" α , nell'ipotesi di sorgente puntiforme ed emissione conica (da utilizzarsi per le tipologie "bulbo" e "faretto"):

$$\Omega = 2\pi \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right)$$

2. Stima della distanza sorgente-occhio dell'osservatore a partire dalla collocazione scelta nella sezione di installazione
3. Calcolo della dimensione media della sorgente r_m , che corrisponde al diametro nel caso di "faretto" o "bulbo", mentre nel caso di "tubo a LED" si effettua una media aritmetica delle due dimensioni come indicato dai documenti ICNIRP:

$$r_m = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

4. Si stima la luminanza per la tipologia “faretto” e “bulbo” a partire dal flusso luminoso Φ_v , dalla dimensione media della sorgente r_m e dall’angolo solido di emissione Ω come:

$$L_v = \frac{\Phi_v}{\Omega \cdot \pi \cdot r_m^2}$$

Per la tipologia “tubo” il calcolo tiene conto della superficie di emissione, mentre considera sempre lo stesso valore di angolo solido:

$$L_{v,tubo} = \frac{\Phi_v}{\Omega \cdot L_1 \cdot L_2}$$

Questo calcolo non tiene conto della variazione della luminanza con l’angolo di emissione ed a rigore è valido solo per piccoli angoli nella direzione perpendicolare alla superficie della sorgente.

5. Nel caso delle tipologie “bulbo” o “faretto”, si calcola l’illuminanza a partire dal flusso luminoso Φ_v , dalla distanza d e dall’angolo solido di emissione Ω :

$$E_v = \frac{\Phi_v}{\Omega \cdot d^2}$$

Nel caso di tipologia “tubo” l’illuminamento viene calcolato come già detto ipotizzando un’emissione solo attraverso una parte della superficie laterale:

$$E_{v,tubo} = \frac{\Phi_v}{\alpha \cdot d \cdot L_1}$$

dove L_1 è la lunghezza del tubo.

6. Scelta della luminanza e dell’illuminanza limite dalla tabella di riferimento, in funzione della temperatura di colore inserita
7. Calcolo dell’angolo sotteso dalla sorgente a partire dalla dimensione media r_m e dalla distanza d nell’ipotesi di sorgente circolare:

P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI

www.portaleagentifisici.it

Regione Toscana – Azienda USL 7 di Siena

Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est - **Laboratorio Agenti Fisici**

✉ Strada del Ruffolo - 53100 Siena - ☎ Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754

$$\alpha_s = \frac{r_m}{d}$$

Se la sorgente sottende un angolo α_s inferiore a 11 mrad oppure se l'involucro è trasparente, si confronta l'illuminanza calcolata con quella limite, altrimenti il confronto col limite si effettua in termini di luminanza

8. Il livello di rischio che risulta dal confronto fra la grandezza calcolata M e quella limite L è il seguente:

- $M \leq L$ livello di rischio “basso”
- $L \leq M \leq 2 \cdot L$ livello di rischio “medio”
- $M \geq 2 \cdot L$ livello di rischio “alto”

Per interpretare questi livelli si deve ricordare che i limiti di luminanza ed illuminanza sono ricavati dai livelli massimi di radianza ed irradianza delle sorgenti appartenenti al gruppo 1 secondo la norma tecnica CEI EN 62471, applicando un fattore di sicurezza uguale all'incirca a 2. Quindi se il livello di rischio è basso il tempo di esposizione associato è tipicamente maggiore di 200 secondi; il livello di rischio medio è associato ad un tempo di esposizione compreso tra circa 100 e circa 200 secondi, mentre il livello di rischio alto riguarda sorgenti che hanno tempi di esposizione tipicamente inferiori a 100 secondi.

Ipotesi aggiuntive

In assenza di informazioni sull'apertura del fascio, in base agli altri parametri inseriti si fanno le ipotesi in tabella 3

Tipologia	Superficie	Apertura
faretto	opaca	50 °
faretto	trasparente	30 °
bulbo	opaca	150 °
bulbo	trasparente	120 °
tubo	opaca	120 °
tubo	trasparente	120 °

Tabella 3: Apertura del fascio ipotizzata in funzione della tipologia di sorgente e della superficie

I

noltre sono valide le seguenti regole:

P.A.F. - PORTALE AGENTI FISICI

www.portaleagentifisici.it

Regione Toscana – Azienda USL 7 di Siena

Laboratorio di Sanità Pubblica Area Vasta Toscana Sud Est – **Laboratorio Agenti Fisici**

✉ Strada del Ruffolo - 53100 Siena - ☎ Tel 0577 536097 - Fax 0577 536754

1. Se manca il campo “Collocazione tipica” allora “distanza” è uguale a “0,2” e si aggiunge la frase: “ campo Collocazione tipica mancante, calcolo effettuato nell’ipotesi di Collocazione tipica uguale a luce da tavolo (distanza sorgente osservatore: 20cm)”
2. Se manca il campo “distanza sorgente-osservatore” ed il campo “Collocazione tipica” è uguale ad “altro” allora “distanza” è uguale a “0,2” e si aggiunge la frase: “ campo Distanza sorgente-osservatore mancante, calcolo effettuato nell’ipotesi di Distanza sorgente-osservatore : 20cm”
3. Se manca il campo “larghezza” e “lunghezza” ma il campo “superficie sorgente” è uguale a “trasparente” allora va bene, altrimenti si segnala una condizione di errore
4. Se manca il campo “lunghezza” ed il campo “superficie sorgente” è uguale a “opaca” ma il campo “tipologia” è diverso da “tubo” allora va bene, altrimenti si segnala una condizione di errore
5. Se manca uno fra i campi: “temperatura di colore” o “flusso luminoso” allora si segnala una condizione di errore

Bibliografia

CEI EN 62471 (2010) Sicurezza Fotobiologica delle Lampade e dei Sistemi di Lampade Prima Edizione Febbraio

IEC/TR 62778 (2012) Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires