

## Descrizione delle procedure di calcolo per la valutazione semplificata del rischio ROA da sorgenti ad alogenuri metallici 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 ed ad alogenuri metallici, 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.

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 delle suddette tipologie di sorgenti di illuminazione disponibili in commercio, e considerata la potenziale nocività delle stesse, è stata sviluppata la presente procedura, idonea a verificare l'effettivo rischio associato alle sorgenti di illuminazione ad alogenuri metallici installate in un ambiente. La procedura consente di verificare se le sorgenti di illuminazione 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.

Il rischio valutato con la presente procedura di calcolo riguarda esclusivamente i possibili danni derivanti da luce blu. Le sorgenti ad alogenuri metallici possono avere emissioni anche nella regione degli UV, non valutabile con la presente procedura. Questa scelta è dettata dal fatto che il rischio da UV è stato già da tempo preso in considerazione nelle norme di prodotto, limitando opportunamente l'emissione di tutte le sorgenti in tale regione, ed obbligando i produttori a fornire, ove necessario, informazioni aggiuntive sulla corretta installazione delle sorgenti al fine di prevenire l'esposizione degli utilizzatori a radiazioni UV

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:

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

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

1. Il calcolo parte dalla scelta della tipologia della sorgente ad alogenuri metallici. Da questa scelta dipenderanno sia le dimensioni da considerare per la sorgente che quelle dell'eventuale riflettore. Si è preferito questa opzione invece dell'inserimento diretto delle dimensioni, in quanto esse non sono facilmente deducibili dalle informazioni fornite nelle scatole d'imballaggio delle sorgenti o nelle schede tecniche. Una volta selezionata la tipologia il foglio di calcolo stima la superficie emittente (sia con che senza riflettore) e le dimensioni della sorgente massime e minime; la superficie e le dimensioni effettivamente utilizzate per il calcolo vengono scelte all'interno degli estremi in base al valore di potenza immesso.
2. Calcolo dell'angolo solido di emissione a partire dal parametro "apertura fascio"  $\alpha$ , nell'ipotesi di sorgente puntiforme ed emissione conica:

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

Si noti che l'apertura del fascio nel caso della sola sorgente si riferisce a questa, mentre in presenza del riflettore si riferisce all'apertura di quest'ultimo.

3. Stima della distanza sorgente-occhio dell'osservatore a partire dalla collocazione scelta nella sezione di installazione
4. Calcolo della dimensione media della sorgente  $r_m$ , che corrisponde al diametro nel caso di forma a faretto, mentre negli altri casi, seguendo le indicazioni dei documenti ICNIRP, si effettua una media aritmetica delle due dimensioni stimate nel punto 1,:

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

5. Si stima la luminanza dividendo il flusso luminoso totale  $\Phi_v$  per la superficie  $A$  e per l'angolo solido  $\Omega$  di emissione:

$$L_v = \frac{\Phi_v}{A \cdot \Omega}$$

Questo calcolo non tiene conto né della variazione della luminanza con l'angolo di emissione né della sua variazione con la regione della superficie emittente considerata ed a rigore è valido solo per piccoli angoli nella direzione perpendicolare alla superficie della sorgente.

Il calcolo della luminanza viene fatto sia per la sola sorgente che per la sorgente con il riflettore, le dimensioni degli elementi sono stimate al punto 1.

6. Si calcola l'illuminanza a partire dal flusso luminoso  $\Phi_v$ , dalla distanza  $d$  e dall'angolo solido di emissione  $\Omega$ :

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

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

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

9. Se la sorgente (o il riflettore) sottende un angolo  $\alpha_s$  inferiore a  $11\text{ mrad}$ , si confronta l'illuminanza calcolata con quella limite, altrimenti il confronto col limite si effettua in termini di luminanza
10. 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"
11. Se è presente il riflettore il livello di rischio finale è il maggiore fra quello relativo alla sorgente e quello relativo al riflettore, altrimenti il livello di rischio finale corrisponde con quello calcolato per la sola sorgente (senza considerare il riflettore).

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	Apertura
MR16	40 °
PAR20	40 °
PAR30	40 °
Tutti gli altri casi	90 °

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

Inoltre sono valide le seguenti regole:

1. Nel caso di tipologia uguale a "MR 16", "PAR20" e "PAR30" il calcolo viene sempre effettuato in presenza del riflettore, in quanto queste tipologie nascono già con il riflettore

2. Se manca uno fra i campi: “Potenza”, “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

ICNIRP, ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation, Health Physics (2013)