

## Premesse

La presentazione non ha pretese di completezza ed intende unicamente informare in breve sullo studio eseguito da METAS (Uff. federale metrologia) su mandato dell'UFSP (Uff. federale della sanità pubblica) e del UFE (Uff. federale dell'energia) sul tema delle lampadine a LED.

N.B.: Sono state analizzate 34 lampadine/lampade a LED in commercio nel 2015 (essenzialmente per uso in ambito domestico)



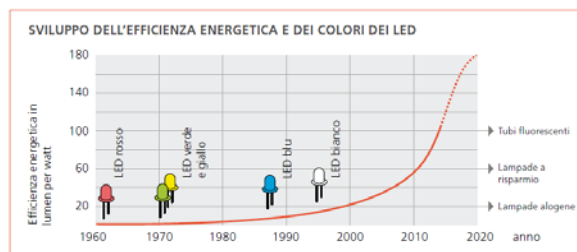
Vedi

<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/03710/15953/index.html?lang=it>

Se non indicato altrimenti, le informazioni qui indicate provengono da tale fonte.



## Efficienza energetica



Oggi i LED hanno raggiunto un'ottima efficienza energetica (lumen emessi per watt di potenza elettrica assorbita)

Fonte: Brochure "Illuminazione efficiente nelle economie domestiche", UFE, 2014  
Nr. 805.904.i

Classe	Tipologia di lampade	Potenza in watt	Efficienza energetica in lumen per watt
A++	Lampada a LED	7	114
A+	Lampada a LED e fluorescente	11	73
A	Lampada a risparmio e fluorescente	15	53
B	Lampada alogena ottima	40	20
C	Lampada alogena buona	50	16
D	Lampada alogena standard	60	13
E	Lampada a incandescenza (vietata)	maggiore di 60	minore di 13

Flusso luminoso della lampada qui indicata: 800 lumen



## Introduzione (1/2)

Le lampadine a LED sono una valida alternativa alle lampadine a basso consumo energetico e alogene per l'illuminazione ad alta efficienza energetica di interni ed esterni.

Per motivi tecnici, le lampadine a LED non sono in grado di produrre (direttamente) luce bianca, ma emettono componenti di luce gialla e blu, che insieme danno luce bianca.

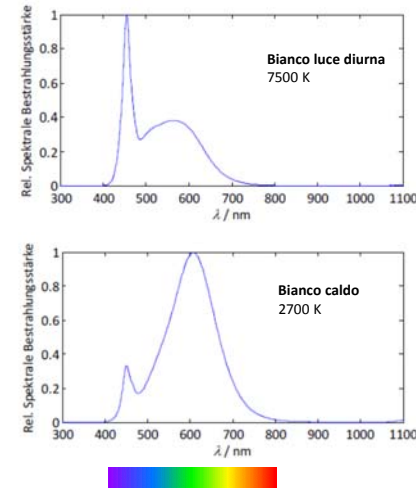
Poiché a partire da una determinata intensità e durata dell'esposizione la luce blu rappresenta un rischio per la retina dell'occhio, è stato fissato un valore limite, il quale viene raggiunto, secondo l'intensità, dopo un'esposizione più o meno prolungata.



## Introduzione (2/2)

Se usate correttamente, le lampadine a LED in commercio non rappresentano alcun rischio per la salute, nemmeno per i gruppi sensibili come bambini o persone con cristallini molto trasparenti o artificiali, o prive di cristallino.

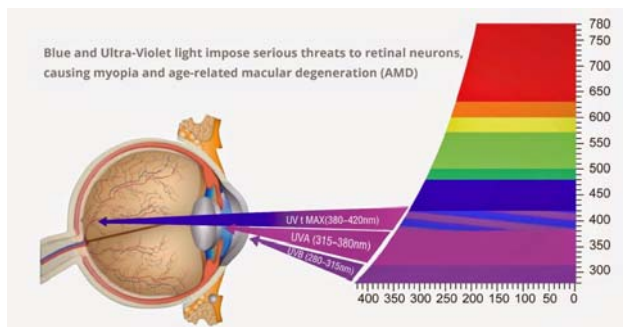
## Caratteristiche dello spettro luminoso dei LED bianchi



- Componente ultravioletta e componente infrarossa: trascurabili
- Componente nello spettro visibile
  - rischio da luce blu?
  - effetti sui ritmi circadiani?
- Sfarfallio?

## "Rischio da luce blu" (Blue light hazard)

- Meccanismo: nell'occhio vengono generate molecole reattive di ossigeno, che danneggiano la retina.



Fonte immagine: Internet (generico)

## "Rischio da luce blu" – normative

- Regolamentazione attuale: Ordinanza sugli impianti a bassa tensione, OIBT. Norma: EN 62493: 2010
- La norma suddivide le lampade in gruppi a seconda del rischio (durata di esposizione a partire dalla quale viene raggiunto il valore limite, misure alla distanza dove si hanno 500 lux)
  - gruppo esente: esente anche per esposizioni della retina fino a 10'000 s (166.6 minuti)
  - gruppo di rischio 1: "rischio basso" (esente da rischi < 100 s)
  - gruppo di rischio 2: "rischio moderato" (esente da rischi < 0.25 s)
  - gruppo di rischio 3: "rischio elevato" (rischi già da subito)

## "Rischio da luce blu"

- Scenario studio UFSP – UFE:
  - misure alla distanza di 10 cm (accomodazione bambini), rispettivamente 20 cm (adulti)
  - occhio con cristallini e sensibilità normale alla luce blu/ occhi con cristallino molto trasparente (ICNIRP GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO INCOHERENT VISIBLE AND INFRARED RADIATION, 2013. In: Health physics 105 (1), pagg. 74-96.)

## Risultati test sul rischio da luce blu

Forma del LED	Distanza lampadina-occhio				Gruppo di rischio (GR)
	10 cm		20 cm		
	Sensibilità dell'occhio alla luce blu				
	Normale	Elevata	Normale	Elevata	
Forma di lampadina a incandescenza, attacco a vite, opaca	412 / >500	404 / >500	431 / >500	424 / >500	Gruppo esente
Forma di lampadina a incandescenza, attacco a vite, trasparente	53 / >500	49 / >500	76 / >500	71 / >500	GR1 / Gruppo esente
Faretto opaco	1.5 / 9	1.4 / 8.5	1.5 / 14.6	1.5 / 13.8	GR2 / GR1
Faretto trasparente	5.2 / >500	5 / >500	5.6 / >500	5.4 / >500	GR1 / Gruppo esente
Forma tubolare in sostituzione di un tubo fluorescente	338 / >500	321 / >500	>500	>500	Gruppo esente
Riflettore	2.7 / 258	2.6 / 243	2.9 / 320	2.7 / 301	GR1 / Gruppo esente
Lampada da tavolo	1.8 / 368	1.7 / 353	2 / >500	1.8 / >500	GR1 / Gruppo esente
Faretto da giardino	4 / >500	3.8 / >500	14.7 / >500	13.3 / >500	GR1 / Gruppo esente
Striscia, forma cilindrica, faretto da terra	>500	480 / >500	>500	>500	Gruppo esente

Tabella 1: durata dell'esposizione in minuti superata la quale il rischio da luce blu in caso di esposizione diretta al LED è possibile. Per ogni forma sono indicati i prodotti a LED con la durata di esposizione più breve e più lunga alle distanze di 10 cm e 20 cm.

### Esempio:

- LED, forma di lampadina a incandescenza, attacco a vite, trasparente
- occhio con sensibilità normale
- distanza 20 cm (adulto)

### Risultati del test:

- durata di esposizione alla quale si raggiunge la soglia del rischio da luce blu: tra 76 secondi (modello più "problematico") e > 500 secondi (modello meno "problematico")

## Ritmi biologici (1/2)

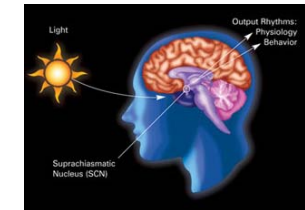
Molti processi biologici dell'essere umano si svolgono secondo un modello temporale prestabilito o sono soggetti a ritmi di 24 ore ("circadiani"), comandati essenzialmente dal cosiddetto «orologio interno» localizzato nel cervello.

Dato che non è impostata su un ritmo fisso, questa funzione cerebrale viene **risincronizzata ogni giorno con l'aiuto della componente blu della luce diurna** che, a partire dal mattino, colpisce la retina dell'occhio.

La luce blu viene assorbita dai neuroni della retina sensibili alla luce, i fotorecettori, e trasformata in impulsi nervosi trasmessi all'orologio interno nel cervello.

In base a questi impulsi, l'orologio interno definisce la produzione di **ormoni**, come la **melatonina** o il **cortisolo**, il **funzionamento del sistema immunitario**, la **temperatura corporea**, il **ritmo sonno/veglia**, l'**efficienza mentale** e **numerosi altri processi** (CIE 2009).

## Ritmi biologici (2/2)

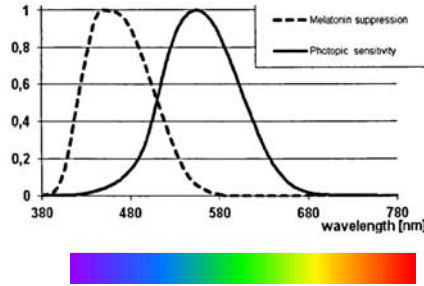


La **luce blu**, molto presente nella luce diurna, ha un effetto **attivante** sull'organismo al mattino e durante il giorno.

La sera o di notte, questo effetto attivante può invece avere **conseguenze indesiderate**, dato che trasmette all'organismo informazioni per la fase diurna, sebbene questo si trovi nella fase notturna, interferendo così con i processi che lo preparano al sonno o che si svolgono durante il sonno.

→ *Possibili effetti : difficoltà ad addormentarsi, ritmi fisiologici disturbati, danni alla salute anche gravi e a lungo termine.*

### Normative: fattore di effetto circadiano (1/2)



$$a_{ms,v} = \frac{\int X_{\lambda} \cdot m(\lambda) \cdot d\lambda}{\int X_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}$$

Rapporto della componente con effetto circadiano di una fonte luminosa rispetto alla componente visibile

Letture:

- fattore 1: ca. lo stesso effetto della luce diurna all'aperto, con cielo nuvoloso
- fattore < 1: effetto attivante minore rispetto alla luce diurna

### Normative: fattore di effetto circadiano (2/2)

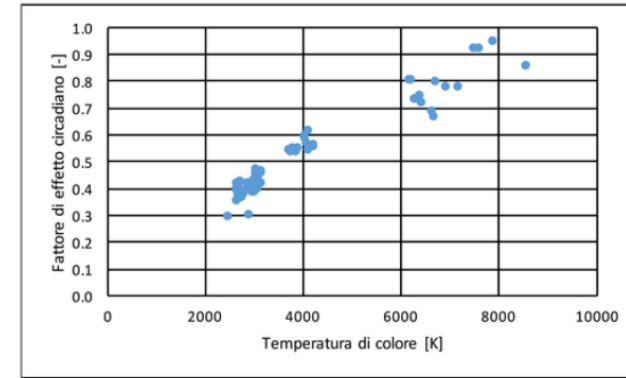
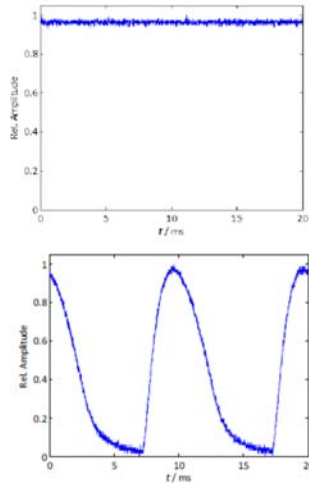


Figura 3: effetti circadiani delle lampadine a LED: fattore di effetto circadiano (rapporto della componente con effetto circadiano di una fonte luminosa rispetto alla componente visibile) in funzione della temperatura di colore (34 LED diversi).

Letture:  
Temperature di colore elevate implicano un fattore di effetto circadiano (ed un effetto attivante sull'organismo) maggiori.

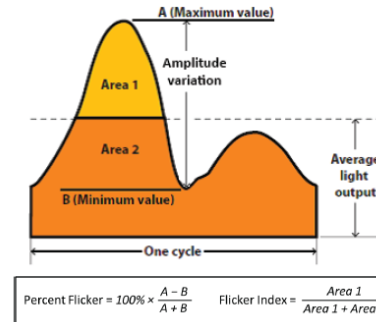
### Sfarfallio ("flicker")



La luce emessa dai LED può sfarfallare se la corrente che vi passa non è costante nel tempo.  
Causa: corrente alternata a 50 Hertz.  
Se i trasformatori elettronici delle lampadine a LED non equilibrano questi cambiamenti, anche la luce prodotta dal chip non è costante.  
Lo sfarfallio può però insorgere anche con il ricorso ai dimmer.

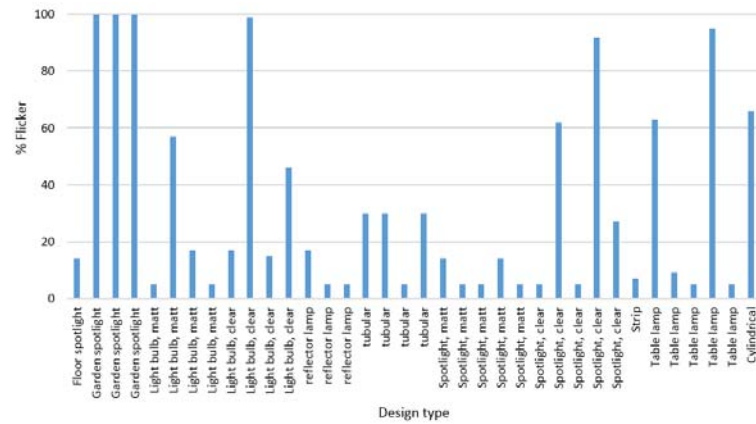
### Sfarfallio ("flicker")

Percentuale di sfarfallio = 100% x (max-min)/(max+min)



Fonte immagine:  
US DOE,  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/flicker\\_fact-sheet.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/flicker_fact-sheet.pdf)

## Sfarfallio: forti differenze a seconda del prodotto



## Conclusioni – regole empiriche (1/5)

- In linea generale, tenere **almeno 20 cm di distanza** dalle lampadine a LED.
- Utilizzare le lampadine a LED del gruppo «**esente**» nelle situazioni in cui gli occhi sono esposti per molto tempo alla luce diretta. Di questo gruppo fanno parte soprattutto i LED a forma di lampadina a incandescenza con superficie opaca e attacco a vite, e i tubi a LED.
- Per le abitazioni sono adatte anche le lampadine a LED del gruppo 1, che non comportano alcun rischio per gli occhi se le persone non le guardano direttamente per un tempo prolungato. A questo gruppo di rischio appartengono prevalentemente i faretto a LED e in parte le lampade da tavolo.

## Conclusioni – regole empiriche (2/5)

- **Non utilizzare lampadine a LED dei gruppi 2 o 3 in ambito privato**, dato che basta una brevissima esposizione diretta degli occhi per riportare danni acuti. Il gruppo di rischio 2 o 3 è indicato sulla confezione.
- Nel limite del possibile, montare i lampadari, le lampade da tavolo e da lettura e le abat-jour **con chip LED a vista in modo che quest'ultimo non sia direttamente visibile**. Le lampadine **opache** riducono possibili abbagliamenti.



## Conclusioni – regole empiriche (3/5)

- Nei locali in cui le persone si trattengono a lungo durante le ore serali prima di coricarsi, **utilizzare lampadine a LED di colore bianco caldo o lampadine a basso consumo energetico con temperature di colore di circa 3000 Kelvin**. Le temperature di colore sono indicate sulle lampadine. Le lampadine a luce bianca fredda con temperature superiori ai 4000 Kelvin sono meno adatte a spazi simili, dato che la componente blu della luce ha una funzione attivante sull'organismo e influisce sul sonno e su altri processi fisiologici.





## Conclusioni – regole empiriche (4/5)

- Alcuni prodotti a LED e in parte anche le lampadine a LED dimmerate **possono sfarfallare**. Non è chiaro se ciò rappresenta un rischio per le persone che soffrono di mal di testa, emicrania o epilessia.
- Per questa ragione, **per i luoghi in cui le persone si trattengono per periodi prolungati vanno utilizzate lampadine a LED prive di sfarfallio** o non dimmerate. L'eventuale sfarfallio del LED può essere facilmente accertato sullo schermo di uno smartphone o di una fotocamera digitale, mettendo a fuoco il LED acceso da una distanza ravvicinata: se sullo schermo appaiono delle strisce, il LED sfarfalla.

## Conclusioni – regole empiriche (5/5)

- Essendo ampiamente inferiori al valore limite stabilito per evitare rischi per la salute, **i campi elettromagnetici** generati dalle componenti elettroniche durante il funzionamento dei LED **non presentano alcun pericolo** in questo senso.
- Le lampadine a LED sono una **valida alternativa** alle lampadine alogene o a basso consumo energetico per le persone **ipersensibili ai raggi ultravioletti**, dato che non ne emanano o ne emanano solo in misura minima.

