

Non di rado si legge della pericolosità dei LED per la nostra vista. Il pericolo sarebbe dato dalle piccole dimensioni della sorgente che porta a luce molto concentrata e dallo spettro d'emissione che ha un picco nel blu dannoso per l'occhio. Vorrei analizzare in dettaglio come stanno realmente le cose, grazie anche alle pubblicazioni di Leslie Lyons, membro dei comitati BSI, IEC e TS76 sulla sicurezza dalle radiazioni ottiche e sistemi laser, da cui ho tratto questo mio articolo che ho diviso in tre parti per la vastità degli argomenti.

In questa prima parte parleremo dei rischi per la salute umana dati dalla radiazione ottica, nella seconda parte vedremo la normativa IEC/EN 62471 che fornisce le linee guida per la valutazione e il controllo dei rischi fotobiologici derivanti da tutte le lampade e apparecchi di illuminazione, e nell'ultima parte arriveremo a parlare del rischio dato dai LED.

La fotobiologia

La fotobiologia è lo studio dell'interazione tra la radiazione ottica e gli organismi viventi. La radiazione ottica è definita come radiazione elettromagnetica con lunghezza d'onda tra i 100 nm (profondo UV) ed 1 mm (lontano IR), spesso ristretta a 200 nm – 3000 nm per via dell'assorbimento atmosferico al di sotto dei 200 nm e degli effetti trascurabili per via della bassa energia dei fotoni nel lontano IR.

La radiazione ottica è fortemente assorbita dai tessuti ed ha penetrazione di pochi micron per gli UV fino a qualche millimetro per gli IR, ne segue che i rischi maggiori per l'uomo riguardano la pelle e gli occhi con interazioni fotochimiche alle basse lunghezze d'onda dove abbiamo fotoni con molta energia ed effetti termici alle lunghezze d'onda maggiori.

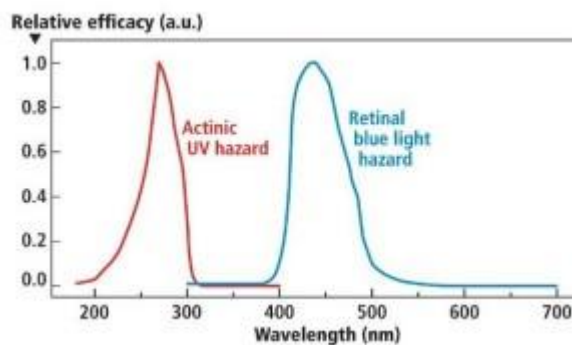


Fig.1 Funzione pesata di pericolo. Dimostra la forte dipendenza spettrale delle interazioni fotochimiche.

Nelle interazioni fotochimiche la luce eccita gli elettroni delle molecole cellulari rompendo o ri-organizzando i legami chimici. Questo può avere conseguenze dirette sul DNA ed indirettamente portare alla formazione di radicali liberi i quali possono a loro volta interagire col DNA o con altre cellule come i fotoricettori della retina dell'occhio causandone il deterioramento e la morte cellulare. I danni al DNA se non riparati possono portare all'insorgenza del cancro. Queste interazioni dipendono fortemente dalla lunghezza d'onda, la figura 1 mostra questa dipendenza ed evidenzia due zone di pericolo: il rischio degli UV (o raggi attinici) ed il rischio per la retina della luce blu.

Le interazioni termiche sono relative all'aumento di temperatura della zona esposta, portando a denaturazione proteica e danni cellulari termicamente indotti.

Le interazioni termiche a bassi livelli possono essere mitigate dalla conduzione termica dalla zona esposta, per cui basse esposizioni non risultano dannose anche se esposti per lungo tempo. Le interazioni fotochimiche invece seguono la legge di reciprocità di Bunson-Roscoe e sono dipendenti dalla dose: bassi livelli di esposizione per lungo tempo sono dannosi quanto alti livelli per breve tempo.

Rischi fotobiologici per pelle e occhi

Sono tre gli scenari da prendere in considerazione: esposizione della pelle, della superficie esterna dell'occhio (cornea, congiuntiva e lenti) e della retina.

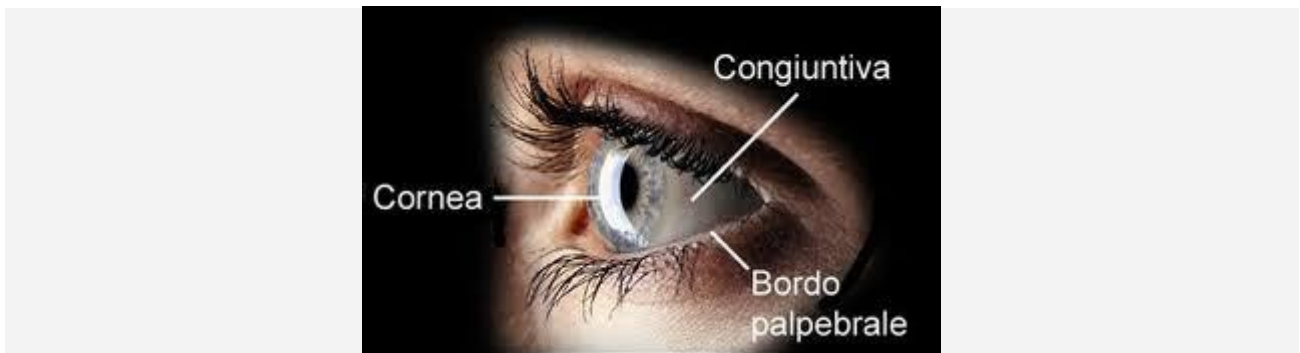


Fig. 2 L'occhio umano

Una parte della luce che incide sulla pelle è riflessa, la restante è trasmessa attraverso l'epidermide ed il derma. I rischi principali sono nell'esposizione agli UV, i quali come già detto danneggiano il DNA dando origine ai familiari eritemi e scottature. Gli UV causano anche la produzione di radicali liberi i quali possono attaccare il DNA e le altre cellule della pelle come il collagene, proteina che dà elasticità alla pelle. Se danneggiata causa elastosi e la formazione di macchie ed invecchiamento precoce della pelle. Dopo ripetute esposizioni agli UV la pelle attiva un meccanismo di protezione: l'ispessimento degli strati superiori che riduce la trasmissione degli UV e la produzione di melanina che assorbe gli UV oltre a rendere la pelle più scura (abbronzatura).

L'esposizione delle strutture superficiali dell'occhio hanno una risposta analoga alla pelle. Il rischio principale è dato dai raggi UV che possono causare fotocheratite. È una risposta infiammatoria, simile alla scottatura, che si verifica nella cornea e nella congiuntiva. Un altro danno possibile è la cataratta da UV delle lenti mentre frequenti ed elevati livelli di esposizione agli IR possono causare la cataratta da infrarosso.

I danni alla retina si hanno solo con raggi tra i 300 nm ed i 1400 nm. Il danno dominante per esposizioni superiori ai 10 secondi è quello fotochimico da luce blu (fotoretinite), dovuto alla produzione di radicali liberi che danneggiano sia i fotorecettori che l'epitelio pigmentato retinico (RPE – uno strato di cellule sulla superficie esterna della retina che supporta la funzione dei fotorecettori). Per esposizioni di pochi secondi prevale il rischio da interazione termica la quale può causare la denaturazione di proteine e componenti chiave della retina.

L'occhio ha diversi meccanismi di protezione ma solo dalla luce visibile. Questi includono la chiusura della palpebra e la restrizione della pupilla, assicurando che la retina non sia esposta di continuo.

Rischio	Lunghezza d'onda [nm]	Bio-effetti	principali
		Pelle	Occhi
UV attinici – pelle ed occhi	250 – 300	Eritema, Elastosi	Fotocheratosi, Catarattogenesi
UV – occhi	315 – 400	-	Catarattogenesi
Luce blu – retina	400 – 480	-	Fotoretiniti
Termico – retina	380 – 1400	-	Bruciatura della retina
Radiazione IR – occhio	780 – 3000	-	Bruciatura della cornea, Catarattogenesi
Termico – pelle	380 – 3000	Bruciatura	-

Abbiamo visto quali sono i rischi che la radiazione ottica può causare al nostro corpo, il rischio principale che si può avere dalla radiazione prodotta da sorgenti luminose come i LED è dato dalla luce blu.



Evoluzione delle norme di sicurezza per i LED

Considerati i rischi fotobiologici della radiazione ottica, la commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) pubblicò i limiti di esposizione (EL) per ciascun rischio considerato.

Questi valori sono basati su soglie di danno ottenute attraverso esperimenti su tessuti animali. Non si è però tenuto conto della fotosensibilità anormale o della presenza di fotosensibilizzatori nel corpo o sulla pelle (compresi alcuni composti farmaceutici, cosmetici e piante).

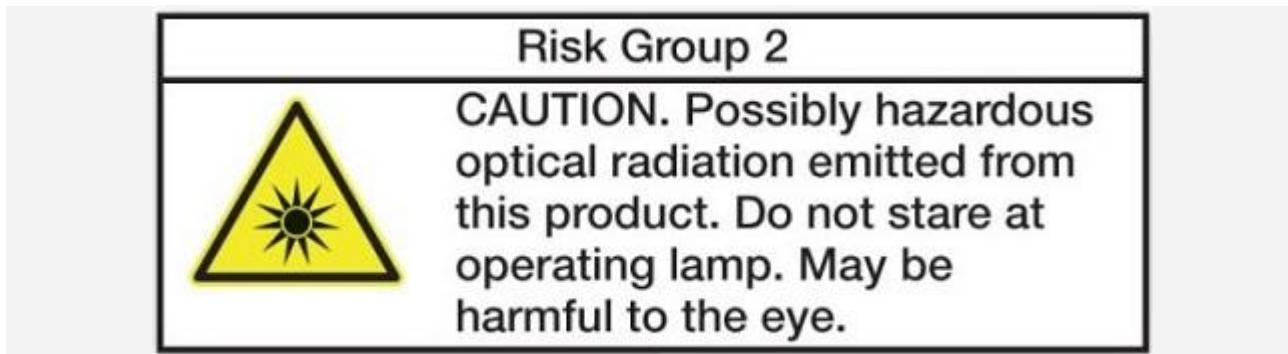
Nel 1993, anno in cui la Nichia introduce in commercio il LED blu al Nitrato di Galio (GaN), viene presa in considerazione per la prima volta la sicurezza fotobiologica dei LED e la Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) li include nel campo di applicazione della normativa sui laser esistente, la IEC 60825. Decisione presa per via dell'utilizzo di LED IR nei sistemi di comunicazione a fibra dove erano impiegati anche i laser e per via della loro stretta banda spettrale.

Nel 1996 l'associazione di illuminotecnica del nord America (IESNA) pubblica la ANSI / IESNA RP27.1: "Pratica raccomandata per la sicurezza fotobiologica delle lampade: requisiti generali", annunciando una serie di norme per le sorgenti non laser.

Nel 2002 la Commissione Internazionale per l'Illuminazione (CIE) adotta il corpo principale della ANSI/IESNA RP27.1 e pubblica la norma S009/E-2002: "Sicurezza fotobiologica delle lampade", diffondendo questa norma nel mondo.

Nel 2006, visti i progressi fatti dai LED e le loro nuove aree d'applicazione, l'IEC considera le applicazioni legate ai laser troppo restrittive e rimuove i LED dalla norma 60825, con eccezione per le applicazioni delle comunicazioni e fibre ottiche. Questa modifica rende necessaria la definizione di un nuovo contesto per i LED.

L'introduzione della IEC 62471 – 2006.



Esempio di etichetta per Gruppo di rischio 2 secondo la IEC 62471

Nel 2006 la IEC adotta le linee guida della CIE S009/E-2002 e pubblica assieme alla CIE la IEC 62471:2006 "Sicurezza fotobiologica delle lampade". Nel 2008 esce la versione europea, EN 62471:2008. La norma fornisce le linee guida per la valutazione e il controllo dei rischi fotobiologici derivanti da tutte le lampade e apparecchi di illuminazione alimentati elettricamente, compresi i LED, nella gamma di lunghezze d'onda da 200 nm a 3000 nm.

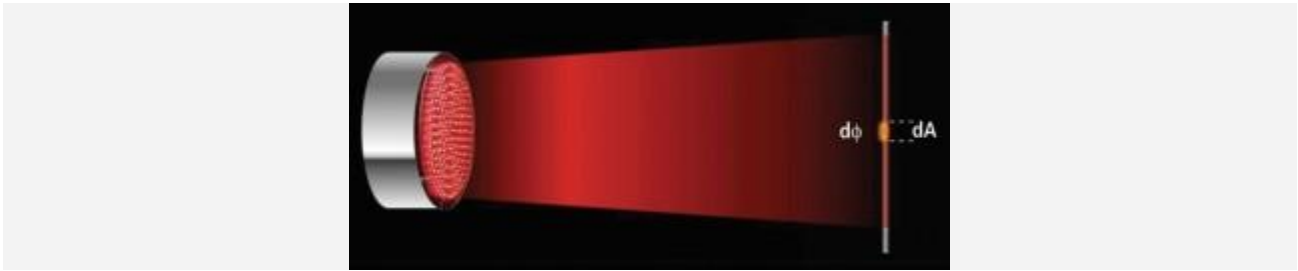
Sono dati un metodo di misura e valori limite di esposizione in considerazione delle sei categorie di rischio per pelle e occhi per un'esposizione fino a 8 ore, presa come giornata di lavoro.

Vengono definite 4 classi, basate sul tempo di esposizione prima di eccedere i valori limite (EL):

Gruppo di rischio	Tipo di rischio
Esente	Nessun rischio
GR 1	Nessun rischio in condizioni di utilizzo normale
GR 2	Nessun rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici.
GR 3	Qualche pericolo in caso di breve esposizione. L'utilizzo di queste lampade non è consentito per la normale illuminazione.

La misurazione del rischio secondo la normativa IEC 62471

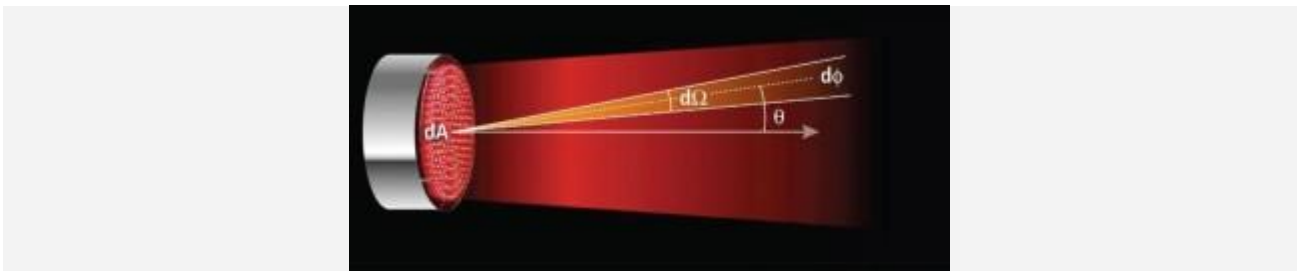
La valutazione è fatta con una complessa serie di misure. Nel caso di rischi per le superfici cutanee e anteriori dell'occhio è sufficiente tenere conto della quantità di luce incidente sulla superficie in questione e si misura l'irradianza spettrale (200 – 3000 nm). Per i rischi della retina bisogna tenere in considerazione la proprietà di formazione d'immagine ed è richiesta una misura di radianza spettrale (300 – 1400 nm). Le misure sono fatte in condizioni specifiche che replicano i fenomeni biofisici e considerando le distanze di utilizzo, distinguendo tra servizio di illuminazione generale (GLS) e non-GLS. Definizione ambigua ma con GLS si intende un prodotto finito che emette luce bianca per l'illuminazione di spazi.



Irradianza

Fonte: LEDs Magazine

L'irradianza (o illuminanza) è definita come il rapporto tra la potenza radiante (dF) incidente su un elemento di superficie e l'area (dA) di questo elemento (Figura 1). Il suo simbolo è, E e l'unità di misura è W/m^2 . Dipende dalla distanza dalla sorgente secondo la legge dell'inverso del quadrato.



Radianza

Fonte: LEDs Magazine

La radianza invece è definita come il rapporto tra la potenza radiante (dF) emessa da un'area (dA) nell'angolo solido $d\Omega$ all'angolo q alla normale della sorgente ed il prodotto dell'angolo solido $d\Omega$ per l'area proiettata $dA \cdot \cos(q)$ (Figura 2). Indica la quantità di luce emessa o riflessa da una superficie. Il simbolo è, L e l'unità di misura è $W/m^2 \cdot sr$.

La sorgente luminosa va esaminata ad una distanza che dipende dall'utilizzo. Nel caso di lampade per illuminazione generale (GLS) la misura va fatta ad una distanza alla quale la sorgente produce un illuminamento di 500 lux. Può essere meno di un metro per le lampadine domestiche ed alcuni metri per i lampioni stradali.

Per le sorgenti non-GLS la misura va fatta a 200 mm di distanza.

La IEC 62471 in Europa

Nell'Unione Europea, ed in Italia, la radiazione ottica è considerata nella direttiva bassa tensione (LVD), applicata ai prodotti elettrici operanti a tensione alternata 50 – 1000 V o tensione continua 75 – 1500 V. La direttiva LVC richiede il rispetto della norma IEC 62471 rinominata EN 62471:2008 ed il suo rispetto permette l'apposizione del marchio CE e la vendita nel mercato Europeo.

Nel prossimo articolo vedremo come sono catalogati, secondo la IEC 62471 le varie lampade LED. Per un maggiore approfondimento sugli argomenti qui trattati vi rimando all'articolo originale

<http://ledsmagazine.com/features/8/11/15>