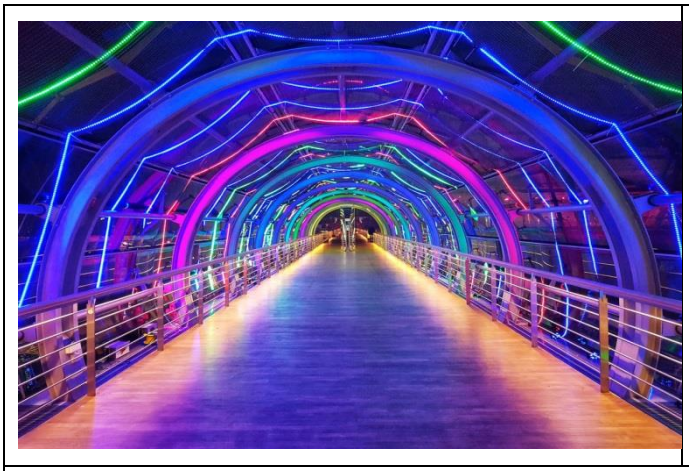
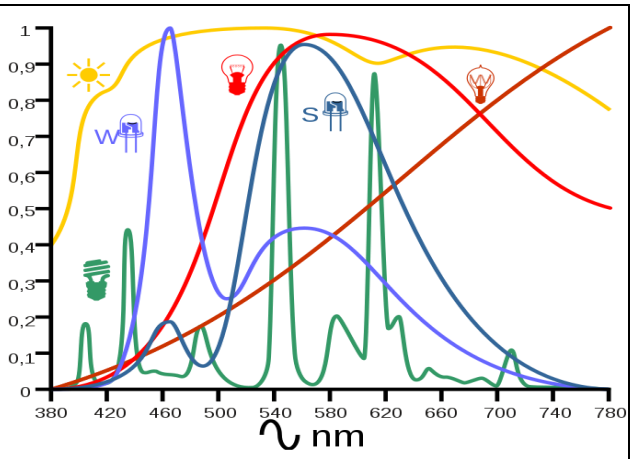
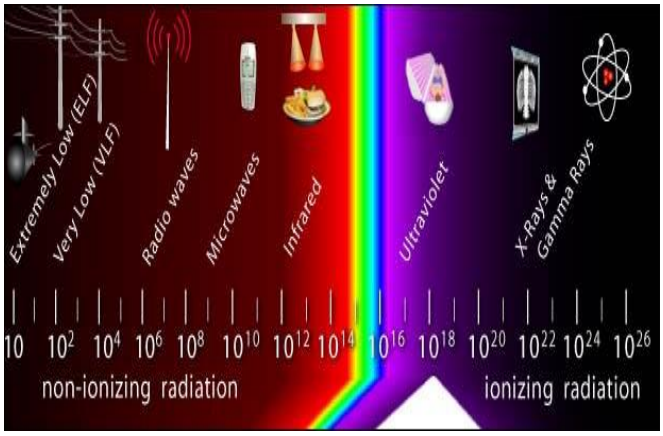
European Consumers

L'ASSOCIAZIONE DELLE ASSOCIAZIONI





IMPATTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI LED



A cura di Pietro Massimiliano Bianco e Marco Tiberti

Cittaducale, 14 ottobre 2018

European Consumers
L'ASSOCIAZIONE DELLE ASSOCIAZIONI

IMPATTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI LED

A cura di Pietro Massimiliano Bianco e Marco Tiberti

Sommario

Cosa sono i LED 4
Emissione dei LED 6
Normativa internazionale 11
Normativa Comunitaria 15
Normativa Nazionale 16
Normativa Regionale 21
Smaltimento dei led 25
Impatti ambientali 26
Impatto sui vegetali 31
Impatti sulla fauna 34
Pesci 35
Uccelli 35
Rettili 35
Mammiferi 36
Impatti sulla salute umana 36
Conclusioni 40
Abbreviazioni 44
Riferimenti bibliografici 45
Riferimenti normativi 48

European Consumers
L'ASSOCIAZIONE DELLE ASSOCIAZIONI

Introduzione

In questi ultimi anni la tecnologia più innovativa che si sta inserendo nel mercato illuminotecnico, in sostituzione di altre sorgenti di luce tradizionali, è quella basata su materiali semiconduttori (diodi) che convertono l'elettricità in luce (illuminazione allo stato solido, Solid State Lighting, SSL). Questa tecnologia comprende l'illuminazione a LED (Light Emitting Diode, che tradotto in italiano significa "Diodo ad emissione di luce".) e a OLED (Organic Light Emitting Diode). Tali dispositivi generano una luce intensa in diverse tonalità e variazioni cromatiche e prevedono al loro interno sorgenti di luce puntiforme e ad elevata intensità.

I LED tutt'oggi costituiscono solo il 9% del mercato dell'illuminazione globale, ma le previsioni suggeriscono che rappresenteranno il 69% entro il 2020. I LED hanno una lunga storia, in origine come micro-componenti per la segnalazione. Solo a partire dagli anni '90 il campo di applicazione dei LED si è esteso, interessando l'illuminazione di ambienti interni ed esterni.

Si tratta di una sorgente ad elevata efficienza luminosa (alto rapporto tra flusso luminoso emesso sulla potenza assorbita) e la potenza elettrica assorbita, espresso in lumen per watt (lm/W), è fino a dieci volte migliore di quella delle incandescenti e quattro volte maggiore di quella delle cosiddette lampade a basso consumo. Nelle lampadine tradizionali, a incandescenza, la corrente elettrica viene dapprima trasformata in calore, con il 90% dell'energia che viene persa. I led al contrario trasformano la corrente elettrica direttamente in luce.

Nell'ambito della pubblica illuminazione, le applicazioni LED offrono vantaggi in termini economici (minori costi di manutenzione, minore costo energetico, possibile alimentazione con micro pannelli solari, etc.) e gestionali (maggiore affidabilità e maggiore durata). Rivestono quindi particolare importanza anche nell'ottica del raggiungimento dell'obiettivo per l'UE "20-20-20" (20% di riduzioni di CO2 entro il 2020).

La durata media è di almeno 15.000 ore, 15 volte di più delle lampade a incandescenza e il triplo delle fluorescenti. A differenza di queste ultime, inoltre, hanno una resa cromatica più ampia, si accendono immediatamente e non necessitano di un lasso di tempo per funzionare a pieno regime.

Sono, pertanto, considerati sistemi promettenti per l'illuminazione di zone pedonali e ciclabili, aree verdi, patrimonio architettonico e tutto quello che richiede una prestazione di illuminazione il più costante possibile.

Nonostante l' utilizzo si stia rapidamente diffondendo risultano scarsi gli studi volti a valutare gli impatti ecologici di tale tecnologia. Rimangono per lo più ignoti gli effetti sulla fauna.

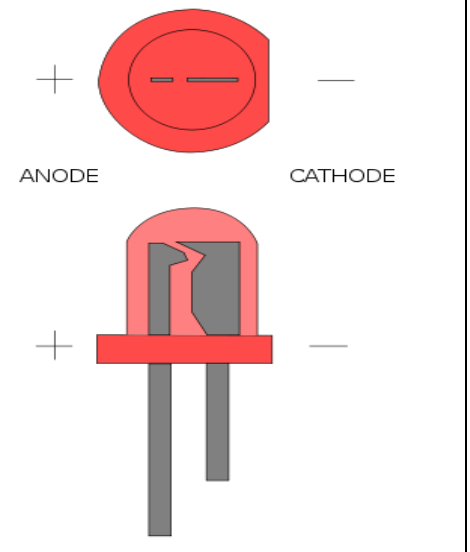
Nella ricerca dell'efficienza energetica non si possono trascurare gli effetti ambientali e la giusta relazione tra ecologia ed economia appare necessaria per uno sviluppo sostenibile di questa tecnologia.

Lo scopo del presente studio è di effettuare una panoramica aggiornata sui sistemi di illuminazione a LED, considerandone gli aspetti di impatto sull'ambiente, riguardanti l'inquinamento luminoso, gli impatti sulla flora e sulla fauna, il risparmio energetico, la salute umana.

Sono presi in considerazione aspetti legati all'impatto sanitario di questa nuova tecnologia che, in alcuni prodotti presenti sul mercato, si caratterizza per avere un'emissione relativamente elevata nella banda del blu, banda spettrale a cui si riconosce, in caso di esposizioni intense e prolungate, la capacità di indurre danni a carico della retina e che, per questo motivo, deve essere indagata più approfonditamente.

Cosa sono i LED

Un LED è per definizione un diodo che emette luce. Un diodo è un dispositivo elettronico a due terminali che consente il passaggio di corrente elettrica in una sola direzione, con l'entità della corrente che dipende dalla differenza di potenziale ai capi del dispositivo. La caratteristica principale di questi dispositivi è quella di lasciarsi attraversare dalla corrente in un solo verso, come un normale diodo, al quale si aggiunge la capacità di emettere luce. Un LED è un chip di materiale semiconduttore impregnato o drogato con impurità per formare una giunzione positivo-negativo (P-N): il polo positivo di tale giunzione è chiamato anodo, quello negativo catodo.

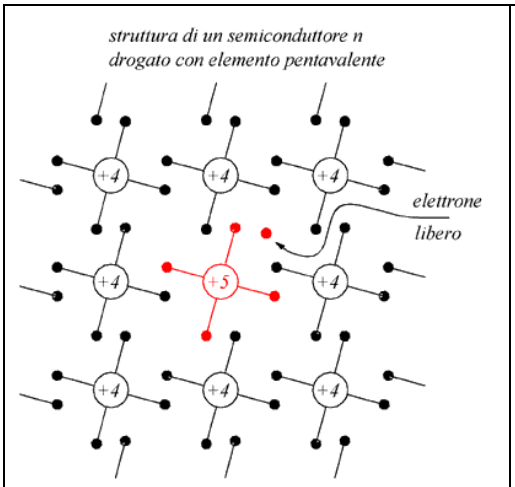
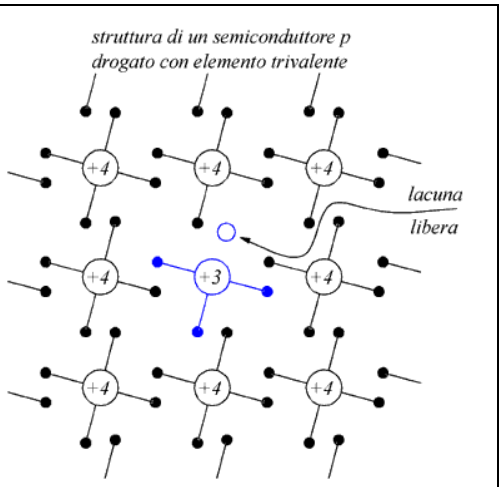


Struttura base dei led

Inserendo una sostanza pentavalente all'interno di un semiconduttore quattro dei suoi cinque elettroni vengono utilizzati per il legame covalente, mentre il quinto resta libero: questo tipo di drogaggio si dice di tipo N: il materiale acquisisce carica negativa e gli elettroni in più sono liberi di muoversi, per cui tale materiale diventa conduttore.

Se vengono inserite nel semiconduttore sostanze trivalenti i tre elettroni dell'atomo trivalente vengono utilizzati per il legame covalente, mentre manca un elettrone nella banda di valenza: tale lacuna può essere occupata da un altro elettrone, che a sua volta crea una lacuna nel posto che ha

lasciato. La lacuna può essere considerata una carica positiva mobile, che dà luogo ad una corrente elettrica. Questo tipo di drogaggio è detto di tipo P: il materiale semiconduttore viene ad avere lacune libere e si trasforma in un conduttore.

	
Drogaggio di tipo N[1]	Drogaggio di tipo P[2]

Nei materiali semiconduttori utilizzati per i LED è sufficiente un innalzamento della temperatura per portare un certo numero di elettroni dalla banda di valenza3 alla banda di conduzione[4]. Sono utilizzati Germanio, Silicio, Carbonio e Arseniuro di Gallio.

L'emissione di luce nei LED è dovuta al fenomeno dell'elettroluminescenza, in cui i fotoni sono prodotti nella giunzione P-N dalla ricombinazione degli elettroni e delle lacune: la luce di queste sorgenti è detta anche Solid State Lighting (SSL), illuminazione allo stato solido, proprio perché è un corpo solido che emette luce.

L'alimentazione del singolo LED è in corrente continua (CC), con un flusso di elettroni di intensità e direzione costante nel tempo e può essere prodotta a partire da una corrente alternata (CA) con un processo di raddrizzamento effettuato con diodi o ponti raddrizzatori.

In base alla Seconda agenda strategica di ricerca della piattaforma PHOTONICS21, le sorgenti SSL possono elevare il potenziale risparmio energetico fino al 50% e, se abbinate a sistemi intelligenti di gestione dell'illuminazione, fino al 70% rispetto ai consumi odierni[5].

---

[1] Da: Edutecnica. Materiali Semiconduttori http://www.edutecnica.it/elettronica/semi/semiconduttori.htm

[2] Da: Edutecnica. Materiali Semiconduttori http://www.edutecnica.it/elettronica/semi/semiconduttori.htm

[3] L'insieme di elettroni che non hanno un livello energetico sufficientemente elevato da lasciare l'atomo di appartenenza.

[4] L'insieme di elettroni che hanno un livello energetico sufficientemente elevato da lasciare l'atomo di appartenenza dando luogo ad una conduzione di tipo elettrico.

Altra caratteristica delle sorgenti a LED è la maggiore facilità di indirizzare il flusso luminoso rispetto alle lampade tradizionali, consentendo di illuminare in modo più puntuale e mirato e contenere, mediante progettazione idonea, le dispersioni nelle direzioni non desiderate, con benefici in termini di riduzione dell'inquinamento luminoso ed ottico ed in coerenza con le norme tecniche di riferimento (UNI 10745, UNI 10819).

Breve storia dei LED

I primi LED erano disponibili solo nel colore rosso e venivano utilizzati come indicatori nei circuiti elettronici o nei display. Successivamente ne vennero sviluppati alcuni che emettevano luce gialla e verde (a seconda del materiale con cui venivano costruiti). Talvolta venivano integrati due LED all'interno dello stesso bulbo, generalmente uno rosso e uno verde, così da poter avere tre diversi possibili colori dallo stesso contenitore: verde, rosso, giallo (verde + rosso accesi insieme).

Lo sviluppo dei LED è cominciato con dispositivi all'infrarosso e rossi realizzati con Arseniuro di Gallio (GaAs). Il primo LED vero e proprio è stato brevetttato da parte di Nick Holonyak Jr nel 1962 e commercializzato alla fine degli anni Sessanta.

I primi LED a GaAsP (Fosfuro Arseniuro di Gallio) combinano tre elementi primari (Gallio, Arsenico e Fosforo) per produrre luce rossa a 655nm. Poiché l'intensità luminosa che si otteneva era limitata, furono utilizzati in poche applicazioni, come indicatori. Negli anni seguenti furono sviluppati LED a GaAsP e GaP (Fosfuro di Gallio) a luce rossa.

Negli anni Settanta, divennero disponibili colori e lunghezze d'onda aggiuntivi: i materiali più comuni erano il verde e il rosso da GaP, l'arancione da GaAsP, il rosso ed il giallo GaAsP. Con l'evoluzione tecnologica aumentò il flusso luminoso e i LED divennero sufficientemente luminosi da essere utilizzati all'interno di applicazioni come computer e orologi digitali e infine per l'illuminazione.

Negli anni Ottanta fu sviluppato il GaAlAs (Arseniuro di Alluminio di Gallio), con una rapida crescita dell'impiego dei LED: la tecnologia GaAlAs in quanto fornisce prestazioni superiori rispetto ai LED precedentemente disponibili. Dato che il voltaggio richiesto è più basso, si ha risparmio energetico. In questo periodo, i LED furono inseriti all'interno di scanner di codici a barre, sistemi di trasmissione dati a fibre ottiche e attrezzature mediche.

Alla fine degli anni Ottanta per produrre LED ad alta luminosità ed affidabilità furono sviluppati i LED a InGaAlP (Indio Gallio Alluminio Fosfuro), con emissione di luce visibile. Attraverso l'ottimizzazione del salto energetico nel materiale InGaAlP si possono avere diversi colori e potevano essere prodotti LED di colore verde, giallo, arancione e rosso con la stessa tecnologia,

---

[5] Commissione Europea, 2011. LIBRO VERDE Illuminare il futuro Accelerare la diffusione di tecnologie di illuminazione innovative.

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0889&from=IT

inoltre la degradazione del nuovo materiale era significativamente minore dei precedenti(Bisegna et al., 2010).

Negli anni novanta vennero realizzati LED sempre più efficienti con una gamma di colori sempre maggiore. Cn la realizzazione di LED a luce blu, fu, infine, possibile realizzare dispositivi che (integrando tre dispositivi: uno rosso, uno verde e uno blu) potevano generare qualsiasi colore.

Un'altra significativa svolta fu la realizzazione di LED bianchi ad alta luminosità, con i quali è possibile realizzare lampade e tubi LED (simili ai tubi al neon) che hanno la stessa luminosità delle lampade comuni o lampade fluorescenti, ma con minori consumi, maggiore efficienza e maggiore durata.

La luce bianca di alta qualità adatta per applicazioni di illuminazione può essere generata dalla miscelazione dei tre colori primari o di più di tre colori. Thornton (1971) ha mostrato che la miscelazione di bande di emissione discrete con il picco di lunghezza d'onda vicino a 450 nm, 540 nm e 610 nm determina una sorgente di alta qualità.

Nel 1993, presso la Nichia Chemical Industries in Giappone, Shuji Nakamura ha introdotto il LED blu, più difficile da produrre a causa dell'elevata energia fotonica e della scarsa sensibilità dell'occhio umano alle basse lunghezze d'onda. La tecnologia per produrre questi LED è meno avanzata di quella dei materiali per i LED comuni, ma l'importanza dell'invenzione è stata notevole: il blu è colore primario e combinando attraverso software appositi le tre luci monocromatiche fondamentali (rosso e verde) è possibile ottenere luce bianca. Nascono i primi LED multi chip (con tre chip dei tre colori fondamentali) a luce bianca. Il loro problema fondamentale è la differente velocità di degradazione per i singoli diodi, per cui dopo una certo numero di ore di funzionamento si verifica una variazione del colore percepito della luce ma è in fase di risoluzione.

Il futuro, anche in tema di ecocomaptibilità, sembra rappresentato dagli OLED (Organic Light Emitting Diode), diodi elettro-luminescenti realizzati con materiali attivi organici, per l'applicazione in display (i famosi e ormai diffusi AMOLED dei telefoni cellulari, e i nuovi televisori OLED) o come sorgenti per l'illuminazione. Gli studi attuali sono focalizzati all'ottenimento di dispositivi e tecnologie utili ed applicabili, in un'ottica di sostenibilità dei processi.

Gli OLED hanno area di emissione non segmentata, di qualsiasi forma, generazione di luce diffusa e non abbagliante, sottile spessori e leggerezza, potenziale flessibilità, buona efficienza energetica e possibilità di emissione di una vasta gamma di colori e sfumature, inclusa la luce bianca.

Nel luglio del 2008 è stato annunciato un consorzio tra Sony, Toshiba e Panasonic per la produzione di schermi OLED. La Sony che ha in produzione alcuni modelli professionali. Nel settore automobilistico sono impiegati per la prima volta nel 2015 su una vettura di serie, la BMW M4 GTS.

Un notevole contributo italiano alla tecnologia degli OLED è fornito dal Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi (SSPT-PROMAS-NANO)[6] del Centro Ricerche ENEA Portici dove vengono studiati insieme ad altri dispositivi basati su materiali organici: le attività di ricerca si inseriscono nell'"elettronica organica", la quale studia OLED, celle solari organiche (OPV), transistor, dispositivi RFID (radio frequency identification), sensori, materiali, processi con cui realizzare i dispositivi, come recuperare e riutilizzare i materiali importanti contenuti nei dispositivi a fine vita.

Un importante tema è quello dell'utilizzo degli OLED per l'illuminazione delle piante al chiuso: "horticultural lighting". La luce OLED è diffusa e non abbagliante, con colore ed intensità regolabili; i dispositivi generano pochissimo calore residuo e possono essere disposti vicino alle piante senza disturbarle, per stimolarne crescita e sviluppo.

Emissione dei LED

A differenza delle lampade a incandescenza e fluorescenti, i LED emettono luce quasi monocromatica, cioè ad una specifica lunghezza d'onda. A determinare la lunghezza d'onda della luce emessa concorrono il materiale utilizzato per la creazione della giunzione P-N e il livello di drogaggio di tale materiale.

Tabella 1. Caratteristiche dei Led maggiormente utilizzati

Lunghezza d'onda (nm)	**Nome del colore**	**Voltaggio di andata a 20 ma**	**Intensità per LED da 5mm**	**Materiale del chip**
940	IR	1.7	16mW - 50mA	GaAlAs/GaAs
880	IR	1.7	18mW - 50mA	GaAlAs/GaAs
850	IR	1.8	26mW - 50mA	GaAlAs/GaAs
660	Ultra rosso	2.2	2000mcd - 50mA	GaAlAs/GaAs
635	Rosso ad alta efficienza	2.2	200mcd - 20mA	GaAsP/GaP
633	Superrosso	2.2	3500mcd - 20mA	InGaAlP
623	Rosso arancio	2.1	4500mcd - 20mA	InGaAlP

[6] Nanomateriali e dipositivi

http://uttp.enea.it/index.asp?p=7&t=Nanomateriali%20e%20dipositivi

European Consumers
L'ASSOCIAZIONE DELLE ASSOCIAZIONI

Lunghezza d'onda (nm)	**Nome del colore**	**Voltaggio di andata a 20 ma**	**Intensità per LED da 5mm**	**Materiale del chip**
620	Sopra arancio	2.2	4500mcd - 20mA	InGaAlP
612	Arancio	2.1	160mcd - 20mA	GaAsP/GaP
595	Sopragiallo	2.1	5500mcd - 20mA	InGaAlP
592	Giallo ambra	3.6	7000mcd - 20mA	InGaAlP
585	Giallo	3.6	100mcd - 20mA	GaAsP/GaP
574	Giallo limone super	2.4	1000mcd - 20mA	InGaAlP
570	Verde limone super	2.0	1000 mcd - 20mA	InGaAlP
565	Verde ad alta efficienza	2.1	200mcd - 20mA	GaP
560	Verde super puro	2.1	350 mcd - 20mA	InGaAlP
555	Verde puro	2.1	80 mcd - 20mA	GaP
525	Verde acqua	3.5	10000 mcd - 20mA	SiC/GaN
505	Verde blu	3.5	2000 mcd - 20mA	SiC/GaN
470	Super blu	3.6	3000 mcd - 20mA	SiC/GaN
$450 < \lambda < 500$	Viola	$2.48 < \Delta V < 3.7$	1600-2200 mcd - 20mA	ZnSe, InGaN, SiC)
430	Ultra blu	3.8	100 mcd - 20mA	SiC/GaN
<400	Ultravioletto	$3.1 < \Delta V < 4.4$	3000 Mcd - 20mA	Diamante, BN, AlN, AlGaN, AlGaInN

AlN: Nitruro di alluminio; AlGaInN: Nitruro di gallio indio e alluminio; AlGaN: Nitruro di gallio e alluminio; BN: Nitruro di Boro; GaAlAs: Arseniuro di Gallio e Alluminio; GaAs: Arseniuro di Gallio; GaN: Nitrito di Gallio; InGaAlP: Indio Gallio Alluminio Fosfuro; InGaN: Nitruro di gallio e indio; SiC: Carburo di silicio; ZnSe:. Seleniuro di zinco

Ci sono un gran numero di possibili combinazioni delle lunghezze d'onda per sorgenti tricromatiche. Per raggiungere una elevata efficacia di radiazione, le lunghezze d'onda vicine ai margini dello spettro visibile (rosso scuro e viola) devono essere evitate e per avere luce di alta qualità, si deve evitare l'uso di emettitori vicino a 500 nm e 580 nm..

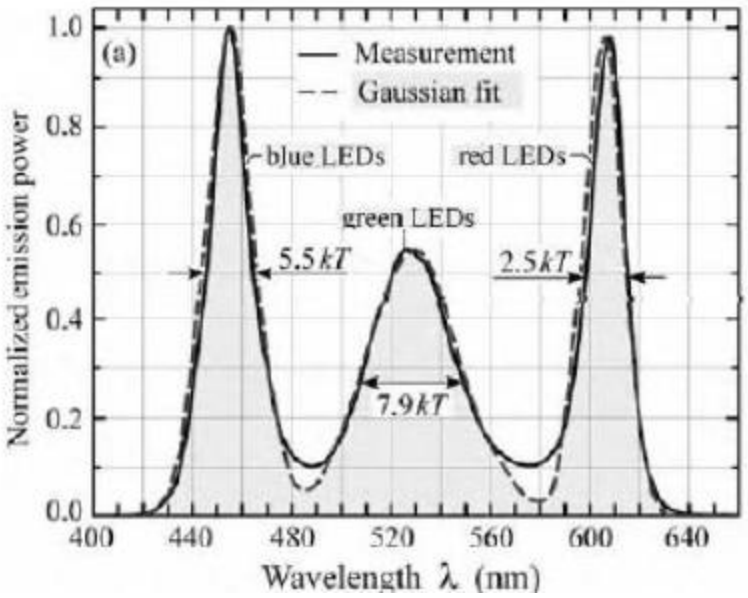


Figura 1: Spettro di emissione tricromatico di una sorgente a luce bianca

I LED blu disponibili oggi sono di GaN (Nitrito di Gallio) e SiC (Carburo di Silicio), e la loro disponibilità in quantità industriali sul mercato ha avuto per risultato un'intera generazione di nuove applicazioni che includono prodotti per le telecomunicazioni, applicazioni ai mezzi di trasporto sistemi per il controllo del traffico, e schermi per comunicazioni e TV.

Tab 2. Caratteristiche dei principali led Bianchi

Temperatura Correlata di Colore (CCT)	Nome del colore	Voltaggio di andata a 20 ma	Intensità per LED da 5mm	Materiale del chip
3500K	Bianco incandescente	2.2	200 mcd 20mA	SiC/GaN
4500K	Bianco incandescente 1.5	2.2	2000 mcd - 20mA	
5000K	Bianco pallido	3.6	4000 mcd - 20mA	
6500K	Bianco pallido	3.6	4000 mcd - 20mA	
8000K	Bianco freddo	3.6	6000 mcd - 20mA	
SiC: carburo di silicio; GaN, Nitruro di gallio				

Normativa internazionale

Nel 1993 la Nichia introdusse il LED blu al Nitruro di Galio (GaN) e viene presa in considerazione per la prima volta la sicurezza fotobiologica dei LED. La Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) li incluse 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.

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 (vedi tabella 1, parte 1) 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):

Tabella 3. Classi di rischio secondo le linee guida CIE S009/E-2002

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

La EN 62471 definisce dei limiti assoluti di esposizione per la superficie della cute e della cornea (tab. 7 e 8).

Tabella 7. Rischi di esposizione per la luce ottica (t = tempo di esposizione)

Tipo di Rischio	**Lunghezza d'onda [nm]**	**Durata dell'esposizione t [sec]**	**Limiti espositivi [W/m²]**
UV attinico cute e occhi	200 – 400	< 30000 (8 ore circa)	30/t
UV-A occhio	315 – 400	< 1000 (16 minuti circa) >1000	10000/t 10
Luce blu sorgente piccola	300 – 700	< 100 > 100	100/t 1
IR occhio	730 – 3000	< 1000 > 1000	$18000/t^{0.75}$ 100

Tipo di Rischio	Lunghezza d'onda [nm]	Durata dell'esposizione t [sec]	Limiti espositivi [W/m²]
Termico cutaneo	380 – 3000	< 10	$20000/ t^{0.75}$

Tabella 8. Rischi di esposizione per la per la superficie della retina (α= angolo del campo visivo)

Tipo di Rischio	Lunghezza d'onda [nm]	Durata dell'esposizione [sec]	Limiti espositivi [W/m²]
Luce blu	300 – 700	< 30000	30/t
Termico retinico	380 – 1400	< 0.25 0.25 – 10	50000/α*t0.2550000/α*t0.25
Termico retinico(stimolo visivo debole)	780 – 1400	> 10	6000 / α

La EN 62471 definisce delle classi di rischio (tabella 9).

Tabella 99. Classi di rischio

Gruppo di rischio	Esente	1 (Rischio basso)	2 (Rischio medio)	3 (Rischio elevato)
Rischio UV attinico	Assente entro 8 ore di esposizione	Assente entro 2,8 ore circa di esposizione	Assente entro 16 minuti circa di esposizione	Qualsiasi rischio superiore al gruppo 2 appartiene al gruppo 3
Rischio UV-A	Assente entro 16 minuti circa di esposizione	Assente entro 5 minuti di esposizione	Assente entro 100 secondi di esposizione	
Rischio retinico da luce blu	Assente entro 2,8 ore circa di esposizione	Assente entro 100 secondi di esposizione	Assente entro 0,25 secondi di esposizione	
Rischio IR retinico	Assente entro 10 secondi di esposizione	Assente entro 10 secondi di esposizione	Assente entro 0,25 secondi di esposizione	
Rischio IR cornea	Assente entro 16 minuti circe di esposizione	Assente entro 100 secondi di esposizione	Assente entro 10 secondi di esposizione	

Infine la EN 62471 definisce i limiti di emissione per i vari gruppi (tabella 9).

Tabella 10. Limiti di emissione in Watt/m^2

Rischio	Gruppo esente	Gruppo di rischio 1	Gruppo di rischio 2
UV attinico cute e occhi [W/m^2]	0,001	0,003	0,03

Rischio	Gruppo esente	Gruppo di rischio 1	Gruppo di rischio 2
UV-A occhio [W/m²]	10	33	100
Luce blu sorgente piccola [W/m²]	1	1	400
IR occhio [W/m²]	100	570	3200

Normativa Comunitaria

Secondo la Direttiva 2006/95/CE Annex I tra i requisiti essenziali essenziali dei LED la certezza che non possano prodursi sovratemperature, archi elettrici o radiazioni che possano causare un pericolo.

La Direttiva 2009/125/UE del 21 Ottobre 2009 ha modificato la Direttiva 2005/32/CE, estendendone il campo di applicazione anche agli Energy Related Products, ovvero quei prodotti che, sebbene non consumino direttamente energia (ad esempio i serramenti, i materiali isolanti o i rubinetti per l'acqua), hanno una diretta relazione con il consumo energetico degli EuP (Energy using Products). La Direttiva 2009/125/UE è stata recepita in Italia con il Decreto Legislativo 16 febbraio 2011, n. 15, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 55 del 8 marzo 2011.

Non ha apportato modifiche significative ai prodotti per i quali esistevano già dei Regolamenti attuativi, ma ha definito un quadro normativo generale ha stabilito regole per la definizione dei requisiti tecnici ai quali i produttori di dispositivi dovranno attenersi, per incrementare l'efficienza energetica e ridurre l'impatto ambientale negativo dei prodotti durante il loro ciclo (produzione – uso – fine vita).

Nel 2009 la Commissione Europea ha, inoltre, pubblicato il Regolamento CE n. 244/2009, che determina la messa al bando graduale delle tradizionali lampadine a incandescenza e delle meno efficienti tra quelle a fluorescenza.

La Direttiva 2010/30/CE concerne l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti, che sostituisce la 92/75/CEE ed è stata recepita in Italia con il Decreto Legislativo 28 giugno 2012, n. 104.

Con specifico riferimento al settore domestico, i nuovi requisiti sono stabiliti dal Regolamento CE n. 244/2009 e per i LED dal Regolamento (UE) n. 1194/2012 Misura di implementazione per lampade direzionali, LED e relative apparecchiature.

Nel 2011, nel Libro Verde della Commissione Europea7Gli Stati membri hanno il compito di verificare le prestazioni e la sicurezza dei prodotti a marchio CE venduti sul mercato dell'Unione europea (vigilanza del mercato). Un efficiente sistema di vigilanza del mercato è condizione indispensabile per l'accettazione dei prodotti LED di alta qualità sul mercato UE.

Il Regolamento (UE) n. 1194/2012 prevede l'estensione dei requisiti di progettazione ecocompatibile per i seguenti prodotti per l'illuminazione:

- Lampade LED (Direzionali e per le Non direzionali si aggiungono dei requisiti prestazionali a quelli già introdotti con il Regolamento 244/2009)
- Moduli LED
- Lampade direzionali (di tutte le tecnologie)
- Unità di alimentazione per lampade a filamento (trasformatori per lampade ad alogeni
- Unità di alimentazione per lampade LED (trasformatori elettronici)
- Dispositivi di controllo per lampade (Interruttori, dimmers, sensori)
- Apparecchi di illuminazione per lampade a filamento, CFLi e LED

La Commissione attraverso nuove prescrizioni regolamenta, con la marcatura CE obbligatoria dal 1 settembre 2013, anche i parametri tecnici dei moduli LED che per molto tempo sono stati privi di una valutazione omogenea e confrontabile.

La UNI EN 13032-4:2015 prende in considerazione tutti gli aspetti del nuovo scenario determinato dall'avvento dell'illuminazione LED e fornisce le regole per affrontare le problematiche emerse in modo condiviso, tenendo presenteche l'evoluzione tecnologica è solo all'inizio e occorre un lavoro di monitoraggio che comporta un "tuning" continuo dell'ambito normativo.

[7] Commissione Europea, 2011. Illuminare il futuroAccelerare la diffusione di tecnologie di illuminazione innovative

Normativa Nazionale

Nel nostro Paese, l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), ha emanato nel 1999 la Norma UNI 10819, a difesa della volta celeste dove si prescrivono i requisiti degli impianti di illuminazione esterna, per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso proveniente da sorgenti di luce artificiale.

Questa norma costituisce un importante strumento tecnico di riferimento per eventuali Piani Regolatori dell'Illuminazione Comunale (PRIC) previsti da ormai diverse leggi regionali (valga per tutte la famosa legge n. 17/2000 della Regione Lombardia). La UNI 10819 non si applica agli impianti di gallerie e di sottopassi, alla segnaletica luminosa di sicurezza ed alle insegne pubblicitarie dotate di illuminazione propria.

Gli impianti di illuminazione vengono classificati in base a requisiti di sicurezza necessaria, in cinque categorie:

• Tipo A: Impianti dove la sicurezza è a carattere prioritario, per esempio illuminazione pubblica di strade, aree a verde pubblico, aree a rischio, grandi aree;

• Tipo B :Impianti sportivi, impianti di centri commerciali e ricreativi, impianti di giardini e parchi privati;

• Tipo C: Impianti di interesse ambientale e monumentale;

• Tipo D: Impianti pubblicitari realizzati con apparecchi di illuminazione;

• Tipo E: Impianti a carattere temporaneo ed ornamentale, come ad esempio le luminarie natalizie
Per gli impianti di tipo B,C,D,E è possibile prevedere un' intervallo di tempo notturno durante il quale l'impianto viene spento o parzializzato.

In base alla esigenza di limitare la dispersione di flusso luminoso verso il cielo, vengono definite tre superfici territoriali:

- Zona 1: Zona altamente protetta ad illuminazione limitata, come ad esempio attorno ad un osservatorio astronomico di rilevanza internazionale, per un raggio di 5 km attorno;
- Zona 2: Zona protetta intorno alla zona 1 o intorno ad un osservatorio di interesse nazionale, per un raggio di 5 km, 10 km, 15 km o 25 km attorno, in funzione dell'importanza dell'osservatorio;
- Zona 3: Tutto il territorio non classificato nelle zone 1 e 2.

Per quanto riguarda la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso da luce artificiale, i progetti di nuovi impianti di illuminazione pubblica e privata devono rispettare determinati valori massimi di Rn ("rapporto medio di emissione superiore[8]") che non devono

[8] Tutto il flusso luminoso che viene emesso al di sopra di questo piano orizzontale passante per il centro fotometrico di un apparecchio di illuminazione è flusso che viene disperso verso l'alto e viene definito "flusso luminoso superiore di progetto". Facendo il rapporto tra la somma di tutti i flussi superiori e la somma di tutti i flussi totali emessi da n

complessivamente essere superati sull'intero territorio comunale. La norma distingue due casi. Il primo è quello in cui la tipologia degli apparecchi di illuminazione è definita dal Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC). In questo caso i valori massimi di sono quelli definiti in tabella 4.

Tabella 4 Valori massimi di Rn in presenza del PRIC

Tipo di impianto	**Rn max**		
	Zona 1	***Zona 2***	***Zona 3***
A, B, C, D	1%	5%	10%
E	Non ammessi	Ammessi solo se soggetti ad orario regolamentato	Ammessi

Nel caso invece in cui il PRIC non esista, i valori massimi di Rn sono quelli definiti in tabella 5.

Tabella 5 Valori massimi di Rn in assenza del PRIC

Tipo di impianto	**Rn max**		
	Zona 1	***Zona 2***	***Zona 3***
A stradale (ipotesi 65% degli impianti di illuminazione comunale)	1%	3%	3%
A non stradale B, C, D (ipotesi 35% degli impianti di illuminazione comunale)	1%	9%	23%

Altre misure contro l'inquinamento luminoso sono passate di proposta di legge in proposta di legge nelle varie legislature parlamentari, dalla n. 1296 in Senato nella XI legislatura, alla n. 511 in

apparecchi di illuminazione otteniamo un indice della dispersione verso l'alto del flusso luminoso, espresso in percentuale questo indice si indica con Rn e si chiama "rapporto medio di emissione superiore".

Senato nella XII legislatura, alla n. 751 in Senato nella XIII legislatura, alla n. 697 alla Camera nella XIV legislatura (12 giugno 2001)[9].

Per quanto riguarda la diffusione dei LED l'Italia, prima in Europa, aveva dato una risposta normativa, non esaustiva e incompleta, con la norma UNI 11356:2010 Luce e illuminazione – Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED.

Nel Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2007, 2014) sono descritti i "Criteri ambientali minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica".

Riguardo ai LED si afferma "Nel caso in cui risultasse impossibile ottenere le caratteristiche spettrali delle sorgenti luminose o moduli LED impiegati ovvero determinare una corretta valutazione degli effetti dell'inquinamento luminoso sulla base delle caratteristiche spettrali delle sorgenti luminose o dei moduli LED impiegati, si consiglia di utilizzare all'interno dei centri abitati (corrispondenti alle zone LZ3 e LZ4 del criterio 4.2.3.8) sorgenti luminose ovvero moduli LED con Tcc non superiore a 4000K nominali".

I moduli LED devono raggiungere, alla potenza nominale di alimentazione (ovvero la potenza assorbita dal solo modulo LED) determinate caratteristiche (tabella 6):

Tabella n. 6 Caratteristiche di efficienza dei led ai sensi del Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione

Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico (il sistema ottico è parte integrante del modulo LED) [lm/W]	Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico (il sistema ottico non fa parte del modulo LED) [lm/W]
≥ 95	≥ 110

Inoltre, per evitare effetti cromatici indesiderati, nel caso di moduli a luce bianca (Ra >60), i diodi utilizzati all'interno dello stesso modulo LED devono rispettare una o entrambe le seguenti specifiche:

- una variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u'v' \leq 0{,}004$[10] misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976;

[9] CALZOLAIO ed altri: Norme per il risparmio energetico e per la lotta all'inquinamento luminoso. Assegnato alle commissioni riunite VIII Ambiente e X Attività produttive il 16 ottobre 2001. http://leg14.camera.it/_dati/leg14/lavori/schedela/trovaschedacamera_wai.asp?PDL=697

- una variazione massima pari o inferiore a un ellisse di MacAdam a 5-step[11] sul diagramma CIE 1931.

L'offerente deve dimostrare il soddisfacimento del criterio mediante un mezzo di prova appropriato (quale una scheda tecnica del modulo LED, altra documentazione tecnica del fabbricante ove non possibile una relazione di prova di un organismo riconosciuto) che in particolare deve fornire:

- i valori dell'efficienza luminosa,
- il posizionamento cromatico del modulo LED,

I rapporti di prova devono essere emessi da organismi di valutazione della conformità (laboratori) accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

L'offerente deve fornire una dichiarazione del proprio legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità attestante che il rapporto di prova si riferisce ad un campione tipico della fornitura e che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura per tutti i parametri considerati.

Le misure debbono essere effettuate secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 13032-4 ed essere conformi alla normativa specifica del settore quale EN 62717.

La normativa IEC 62471 sulla Sicurezza Fotobiologica ha definito una serie di rischi per la salute umana causati dalla radiazione ottica, uno di questi è il rischio da luce blu: c'è una componente dello spettro luminoso che va dai 300 ai 700 nm ma che è massima tra i 435 e 440 nm corrispondenti al colore blu della luce, che può causare un danno alla retina dei nostri occhi.

Nel caso in cui non esista un test di prova standardizzato (UNI, EN, ISO) il richiedente deve fornire evidenze ottenute da organismi di valutazione della conformità (laboratori), accreditati per lo stesso settore o per settori affini o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente, applicando un metodo di prova interno e il metodo utilizzato deve essere descritto in dettaglio (metodo di campionamento, limiti di rilevazione, campo di misura, incertezza di misura, ecc.) in modo da rendere possibile la verifica dell'esattezza e affidabilità del metodo adottato.

Per contrastare l'inquinamento luminoso, e quindi anche quello arrecato dai LED, ogni Regione si è dotata, in assenza di norme quadro nazionali, di un suo regolamento demandando però quasi tutte l'onere dei controlli in particolare ai comuni, con il facoltativo coinvolgimento delle ARPA e APPA nonostante i riconosciuti impatti ambientali.

Nel 2014 viene pubblicato l'aggiornamento dei Criteri ambientali minimi per il Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione ovvero Piano d'Azione Nazionale sul Green Public Procurement (PAN GPP)[12].

---

[10] ANSI C78.377-2011. ANSI C78.377-2017. American National Standard for Electric Lamps - Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting (SSL) Products

[11] CEI EN 60081

Ai sensi degli art. 34 e 71 del D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 recante "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici" (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016), c. d. Codice degli acquisti pubblici, così come modificato dal D.Lgs. 19 aprile 2017, n. 56, le Amministrazioni sono tenute ad utilizzare per l'acquisto di lampade o apparecchi illuminanti e per l'affidamento della progettazione di impianti di illuminazione pubblica, per qualunque importo e per l'intero valore delle gare, almeno le specifiche tecniche e le clausole contrattuali definite nel documento ed a tener conto dei criteri ambientali premianti in esso definiti, come elementi per la valutazione e l'aggiudicazione delle offerte.

Normativa Regionale

Leggi regionali contro l'inquinamento luminoso, più o meno valide, sono state approvate in 15 regioni (Lombardia 17/00, Emilia-Romagna 113/03, Marche 10/02, Lazio 23/00, Campania 13/02, Veneto 22/97, Toscana 37/00, Piemonte 31/00, Valle d'Aosta 17/98, Basilicata 41/00, Abruzzo 12/05, Umbria 20/05, Puglia 15/05, Friuli-Venezia Giulia 15/07, Liguria 22/07) e coprono gran parte della popolazione italiana e le principali città (Milano, Roma, Venezia, Firenze, Bologna, Napoli). Tre norme tecniche italiane fanno riferimento in modo diretto o indiretto all'inquinamento luminoso (UNI10819, UNI10439, UNI9316).

Tabella 11. Le normative Regionali

Regione	**Norma**	**Attribuzione delle funzioni di vigilanza/controllo**
Abruzzo	L.R. n. 12 2005 Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico.	Comuni (art. 3 comma 7)
Basilicata	L.R. n. 41 2000 - Inquinamento luminoso e conservazione della trasparenza e stabilità atmosferica dei siti di ubicazione di stazioni astronomiche	Comuni con il supporto degli osservatori art. 5
Campania	L.R. n. 12 2002 - Norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico da illuminazione esterna pubblica e privata a tutela dell'ambiente, per la tutela dell'attività svolta dagli osservatori astronomici professionali e non professionali e per la corretta valorizzazione dei centri	Comuni (art. 14 L.R. n. 12del 2002).

[12] Il Piano d'Azione nazionale sul GPP http://www.minambiente.it/pagina/piano-dazione-nazionale-sul-gpp

Regione	Norma	Attribuzione delle funzioni di vigilanza/controllo
	storici. Determinazione n.14096 del 12 ottobre 2006 del Direttore Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa	
Emilia Romagna	L.R. 19/03 Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico e alla DGR 1732/2015. D.G.R. n. 2263 del 2005 direttiva per l'applicazione della legge regionale 29 settembre 2003 n. 19 recante norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico	Comuni anche avvalendosi di ARPA (D.G.R. n. 2263).
Friuli Venezia Giulia -	L.R. n. 15 del 2007 - Misure urgenti in tema di contenimento dell'inquinamento luminoso, per il risparmio energetico nelle illuminazioni per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.	Corpo forestale regionale, Province e Comuni secondo le competenze.
Lazio	L.R. n. 23 del 2000 Norme per la riduzione e per la prevenzione dell'inquinamento luminoso. Regolamento attuativo n. 8 del 18 aprle 2005 della L.R. 23/2000. D.G.R.n. 447 del 28 giugno 2008 - Aggiornamento dell'elenco degli osservatori della regione Lazio e delle zone particolari da proteggere contro l'inquinamento luminoso.	Comuni avvalendosi di ARPA (Regolamento attuativo n. 8 del 18 aprile 2005 della L.R. 23/2000).
Liguria	L.R. n. 22 del 2007 Norme in materia di energia – Titolo I, III e V.	
Lombardia	L.R. n. 17 del 2000 Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso. D.G.R. n. 2611 del 2000 Aggiornamento dell'elenco degli osservatori astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto. D.G.R. n. 7/6162 del 2001 Criteri di applicazione della L.R. n. 17 del 27/03/01. L.R. n. 38 del 2004 Modifiche ed	Comuni anche avvalendosi di ARPA art. 4

Regione	Norma	Attribuzione delle funzioni di vigilanza/controllo
	integrazioni alla L.r. 27 marzo 2000, N. 17. Legge Regionale 5 ottobre 2015, n. 31Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmioenergetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso.	
Marche	L.R. n. 10 2002 - Misure urgenti in materia di risparmio energetico contenimento dell'inquinamento luminoso.	Comuni art. 3
Molise	L.R. n. 2 2010 - Misure in materia di contenimento dell'inquinamento luminoso.	Comuni art. 3. Regione autorizza le deroghe avvalendosi di ARPA.
Piemonte 2000	L.R. n. 31 - Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche. Linee guida della regione Piemonte per l'applicazione della L.R. 31/2000 in tema di lotta all'inquinamento luminoso e di risparmio energetico.	Comuni (art. 6 L.R. n. 31 2000).
Provincia di Trento	L.P. n. 16 del 2007 Risparmio energetico e inquinamento luminoso.	
Puglia	L.R. n. 15 del 2005 Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico. D.G.R. n. 13 Regolamento Regionale n. 13 del 22 agosto 2006	Comuni anche avvalendosi di ARPA (art. 4 L.R. n. 15 2005).
Sardegna	D.G.R. n. 48/31 del 2007 Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico	Comuni anche avvalendosi di ARPA(art. 5)
Toscana	L.R. n. 37 del 2000 Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso. D.G.R. n. 815 del 2004 Linee Guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna.	Comuni (art. 4 L.R. n. 37 del 2000)

Regione	Norma	Attribuzione delle funzioni di vigilanza/controllo
Umbria	L.R. n. 20, 2005. Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico. Regolamento Regionale 5 aprile 2007, n. 2. Regolamento di attuazione della legge regionale 28 febbraio 2005, n. 20 «Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico».	D.G.R. n. 2 - Comuni anche avvalendosi di ARPA art. 8
Valle D'Aosta	L.R. n. 17 1998- Norme in materia di illuminazione esterna.	Attestazione di conformità per gli impianti con verifica affidata ad ARPA (art. 5)
Veneto	L.R. 17 2009 - Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici	L.R. n. 17 2009 – Comuni avvalendosi di ARPA art. 5 Osservatorio (ARPA): segnala siti che richiedono interventi di bonifica

I criteri tecnici per un'efficace limitazione degli effetti dell'inquinamento luminoso sulla luminosità del cielo notturno nel territorio si ritrovano adeguatamente applicati nelle seguenti leggi regionali: L.R. Lombardia 17/2000 integrata da D.G.R. Lombardia 2611/2000, L.R. Lombardia 38/2004 e regolamento di attuazione D.G.R. Lombardia 7/6162/2001; L.R. Marche 10/2002; L.R. Emilia-Romagna 19/2003; L.R. Umbria 20/2005; L.R. Abruzzo 12/2005; L.R. Puglia 15/2005; L.R. Friuli-Venezia Giulia 15/2007; L.R. Liguria 22/2007.

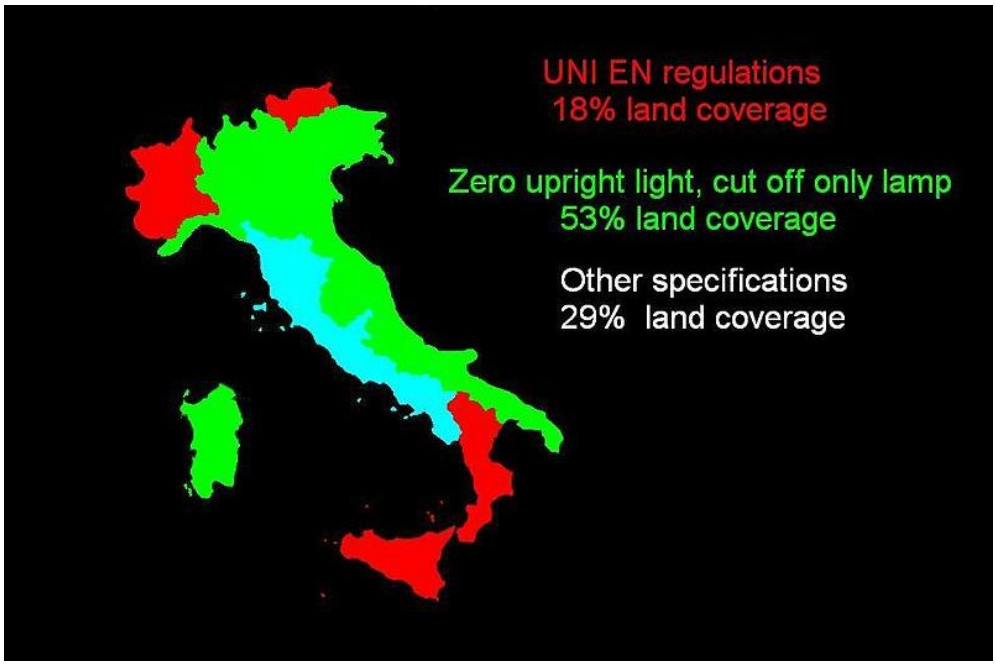
Tali leggi risultano in sintonia con le richieste delle organizzazioni che combattono l'inquinamento luminoso. La legge della Regione Lazio e della Regione Campania hanno limiti troppo elevati e una maggiore complessità di applicazione e controllo essendo i limiti differenziati per tipo di impianto e località. La Legge della Regione Veneto n.22 del 27 Giugno 1997 è stata la prima legge contro l'inquinamento luminoso approvata in Italia. Ad essa si è a allineata la legge della Regione Toscana. Si tratta di un testo di legge pieno di difetti. Si auspica un aggiornamento ai provvedimenti della legge della Regione Lombardia[13]..

[13] il volantino "LR22/97: Urgente aggiornare" che elenca i principali problemi. Vedi: http://www.lightpollution.it/cinzano/download/problemi_LR22_veneto.pdf

La norma UNI 10819, che prescrive i requisiti degli impianti di illuminazione esterna, per la limitazione della dispersione verso l'alto di flusso luminoso proveniente da sorgenti di luce artificiale, e la legge n. 31 del 24 marzo 2000 della regione Piemonte, che ad essa fa riferimento, non risultano adeguate a proteggere il cielo notturno. Alla audizione per una nuova legge regionale per il Piemonte è stato suggerito di abbandonare ogni riferimento a tale norma nelle leggi contro l'inquinamento luminoso. Anche Sicilia e Calabria si rifanno a questa norma UNI.

La legge della Regione Basilicata obbliga ad adottare imprecisati provvedimenti contro l'inquinamento luminoso e la legge Valle d'Aosta richiama un generico rispetto delle norme.

In Valle d'Aosta e Basilicata le leggi non contengono misure specifiche da adottare, e il Piemonte, la cui legge fa riferimento ad una norma inadeguata che sarebbe comunque da rispettare.



Mosaico legislativo Italiano sull'inquinamento luminoso

Smaltimento dei led

Le lampadine LED contengono sostanze che necessitano di essere smaltite correttamente. Queste lampadine non devono essere gettate nella pattumiera o nel cassonetto. È necessario separarle dai rifiuti solidi urbani e portarle presso gli appositi centri di raccolta, affinché vengano avviate al corretto processo di raccolta e riciclo o smaltimento. Su questi prodotti deve essere riportato il simbolo del cassonetto barrato a indicare che è necessario smaltire il prodotto separatamente per non inquinare l'ambiente.

Uno studio pubblicato alla fine del 2010 sulla rivista Environmental Science and Technology ha scoperto che i LED contengono piombo, arsenico e una dozzina di altre sostanze potenzialmente

pericolose. Stabilire livelli di riferimento di queste sostanze può aiutare i produttori a implementare la progettazione per l'ambiente attraverso la sostituzione di materiali tossici e inquinanti, motivare i riciclatori e i team di gestione dei rifiuti a riconoscere il valore delle risorse ambientali e i rischi professionali e informare i responsabili delle politiche che stabiliscono politiche di gestione dei rifiuti per i LED.

Per evitare che le lampadine finiscano in discarica la legge ha stabilito la predisposizione di centri di raccolta, presso le isole ecologiche, dove i LED devono essere ritirati da Consorzi di Produttori. Pur non contenendo, comele precedenti,mercurio, la raccolta viene abitualmente effettuata con gli stessi contenitori. Il processo di lavorazione consiste nel frantumare le sorgenti luminose, separando le frazioni plastiche, metalliche e vetrose dalle componenti.

Per conoscere il punto di raccolta più vicino, è possibile consultare il sito del Centro di Coordinamento RAEE (www.cdcraee.it), all'interno della sezione "Comuni" (Lista dei Centri di Raccolta per Area Geografica), dove si possono trovare le informazioni più aggiornate.

La fabbricazione di queste lampade richiede laboratori a camera stagna e si utilizzano nanomateriali di dimensioni a livello di Nanometro (1 miliardesimo di metro). Esistono numerosi studi che attestano una pericolosità per la salute di alcune nanoparticelle «libere»[14] (vedi «Nanoparticelle, il rischio nascosto» su TN di febbraio 2010), per via delle piccolissime dimensioni che consentono loro di penetrare nelle cellule del corpo. Il pericolo in questo caso è soprattutto al livello di fabbricazione. Incorporate nei materiali la possibilità di contaminazioni è ridotta se vengono opportunamente smaltite[15].

Impatti ambientali

Negli ultimi decenni, c'è stato un aumento significativo dei punti luce, compreso in sito naturale o nelle vicinanze. Gli effetti di questo inquinamento luminoso sulla fauna selvatica sono nel complesso negativi. Molte specie sono influenzate (insetti, anfibi, pipistrelli, uccelli migratori ...). Quindi, costituisce 2a causa di morte negli insetti dopo i pesticidi. Tuttavia, le evoluzioni nel campo di illuminazione, l'adozione di semplici regole e l'uso parsimonioso rende possibile limitare questi impatti negativi.

Le luci urbane svolgono un ruolo di attrazione/repulsione in varie specie animali (insetti, uccelli, pipistrelli, anfibi). Disturbano i loro movimenti e i loro comportamenti cibo alterando l'equilibrio naturale. Sono stati, in particolare, riscontrati i seguenti effetti:

- disturbo della luce perspecie notturne (pipistrelli, anfibi,uccelli)
- mortalità diretta (insetti)
- disturbo della migrazione (pesce,anfibi, uccelli)

---

[14] Terranuova. Nanoparticelle: il rischio nascosto. 20 Gennaio 2010

[15] Led: lampadina del futuro?.Terra Nuova 19 Dicembre 2013 https://www.terranuova.it/Il-Mensile/Led-lampadina-del-futuro.

- interruzione della ricerca di cibo
- alterazioni dei rapporti preda-predatore (pipistrelli, anfibi ...)
- riduzione del numero di prede.

Negli ultimi decenni, c'è stato un desiderio di evidenziare il patrimonio storico-archeologico, anche in ambito rurale, con illuminazione notturna di edifici, chiese, castelli, emergenze archeologiche. Per preservare specie sensibili alla luce come pipistrelli e rapaci notturne, che utilizzano spesso questi ambiti come habitat e siti di riproduzione, l'illuminazione dovrebbe essere evitate o analizzata con precauzione.

Per quanto attiene l'illuminazione a LED, nonostante il suo utilizzo si stia rapidamente diffondendo, a oggi risultano ancora scarsi gli studi volti a valutarne gli eventuali impatti.

I LED possono contribuire all'abbassamento dell'inquinamento luminoso sfruttando fasci di luce con un ridotto raggio d'azione, per non permettere il diffondersi di luce verso l'alto. Un'altra caratteristica dei LED di pregio deve essere la mancanza di sostanze tossiche (mercurio, piombo, terre rare etc.) alla salute di uomo e animali e alla conservazione dell'ambiente naturale, la cui presenza in molte lampade tradizionali (fluorescenti, al sodio, al mercurio) è indispensabile al loro funzionamento. Infine, la tecnologia LED vanta la possibilità di regolare il flusso luminoso anche in determinate direzioni e non solo in intensità.

Risalta la minore emissione di anidride carbonica dovuto al risparmio energetico per la maggiore luminosità. Molte sono le città che hanno scelto di dotarsi in parte, o totalmente, di apparecchi di illuminazione a LED nell'illuminazione pubblica di strade, parcheggi e monumenti, anche nell'ottica di riduzione delle emissioni di CO2.

Un apparecchio LED ha una efficacia maggiore di 100 lm/W, 100 lumen per ogni W fornito complessivamente al sistema, per una lampadina incandescente si ha un valore di circa 12 lm/W, ma considerando la luce che esce dall'apparecchio con lampada incandescente, valutando anche le perdite nell'apparecchio stesso, scendiamo a 8 lm/W, mentre il valore di 100 lm/W per gli apparecchi LED considera tutte le perdite. Gli apparecchi LED permettono un effettivo risparmio energetico, senza penalizzare aspetti fondamentali come la temperatura di colore o la resa dei colori.

Il lato oscuro è che minori consumi sembrano accompagnarsi a maggiore inquinamento luminoso. la radianza della quantità di luce in arrivo dalla superficie terrestre di notte è aumentata del 2% l'anno nel corso degli ultimi anni, spinta dal rapido passaggio all'illuminazione Led e dalla crescente urbanizzazione. L'inquinamento luminoso, in particolare la luce blu emessa dai Led, può avere gravi conseguenze sulla fauna selvatica i cui ritmi biologici ed istinti notturni vengono sconvolti dalla presenza eccessiva di luce artificiale. Negli esseri umani può interferire invece nei ritmi circadiani e rendere più difficile la visibiità quando si guida di notte (Kyba et al., 2017).

Le sorgenti luminose con forti componenti bluastre o con temperatura di colore superiore ai 3000K-3500K, come i primi LED apparsi sul mercato (con temperature di colore di 6000K, quasi non più

commercializzate, e/o con ottiche secondarie di vecchia generazione), tendono ad avere un impatto ambientale ancora più forte rispetto ad altre sorgenti di pari intensità (Bierman, 2012).

I LED con spettri di emissione corrispondenti ai picchi di assorbimento dei diversi pigmenti fotosintetici possono influenzare la flora e la vegetazione terrestre fino ad una distanza che dipende dalla potenza dell'impianto (tabella 12).

Tabella 12. Effetti ambientali delle frequenze emesse dai LED

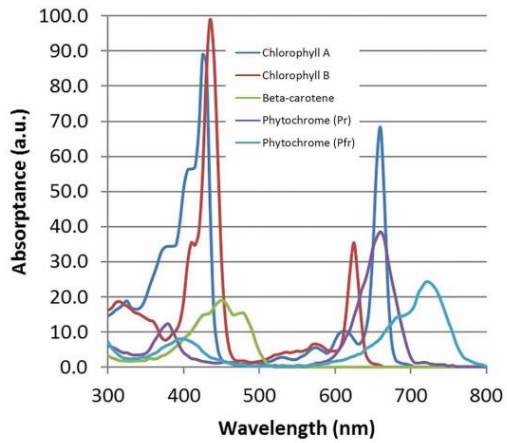
Lunghezza d'onda (nm)	Nome del colore	Mat le del chip	Effetti ambientali
940	IR	GaAlAs/GaAs	
880	IR	GaAlAs/GaAs	
850	IR	GaAlAs/GaAs	
660	Ultra rosso	GaAlAs/GaAs	Interferenza con la clorofilla A (666-667 nm)
635	Rosso ad alta efficienza	GaAsP/GaP	Interferenza con la clorofilla B (642-645 nm).
633	Superrosso	InGaAlP	Influenza la fioritura.
623	Rosso arancio	InGaAlP	Interferenza con la ficocianina (625 nm)
620	Sopra arancio	InGaAlP	
612	Arancio	GaAsP/GaP	
595	Sopragiallo	InGaAlP	590 nm fattore chiave per l'assorbimento dei carotenoidi
592	Giallo ambra	InGaAlP	
585	Giallo	GaAsP/GaP	
574	Giallo limone super	InGaAlP	
570	Verde limone super	InGaAlP	Interferenza con la Ficoeritrina (565 nm)
565	Verde ad alta efficienza	GaP	
560	Verde super puro	InGaAlP	
555	Verde puro	GaP	

Lunghezza d'onda (nm)	Nome del colore	Mat le del chip	Effetti ambientali
525	Verde acqua	SiC/GaN	Livelli più alti di insulina e fattore di crescita simile all'insulina-I sono stati osservati nei pesci esposti a 518 nm. Tassi di crescita più elevati (Takahashi et al., 2016).
505	Verde blu	SiC/GaN	Interferenza con β Carotene (480-485 nm) e Ficoeritrina (498 nm). Rientra nel range che può indurre retinopatia fotochimica (Scheer, 2016). Modifica dell ciclo degli ormoni, cortisolo e melatonina (470–480 nm).
450 < λ < 500	Blu	ZnSe	
470	Super blu	SiC/GaN	Interferenza con la clorofilla B (469 nm); Tassi di crescita più elevati (% peso corporeo·giorno (-1)) (Takahashi et al., 2016). Rientra nel range che può indurre retinopatia fotochimica (Scheer, 2016). Modifica dell ciclo degli ormoni, cortisolo e melatonina (470–480 nm) (Tosini et al., 2016).
430	Ultra blu	SiC/GaN	Interferenza con la clorofilla A (439 nm). Rientra nel range che può indurre retinopatia fotochimica (Scheer, 2016).
450 < λ < 400	Viola	ZnSe, InGaN, SiC)	
<400	Ultravioletto	Diamante, BN, AlN, AlGaN, AlGaInN	Sulla base della letteratura scientifica, l'Oms ha identificato nove malattie strettamente legate all'esposizione a radiazioni ultraviolette: melanoma cutaneo, carcinoma squamoso della pelle, carcinoma basocellulare (basalioma), carcinoma squamoso della cornea o della congiuntiva, cheratosi, scottature cataratta corticale, degenerazione del cristallino, pterigio, inspessimento della congiuntiva, riattivazione dell'herpes labiale, a

Lunghezza d'onda (nm)	Nome del colore	Mat le del chip	Effetti ambientali
			causa dell'immunosoppressione indotta dall'eccesso di UV[16].
AlN: Nitruro di alluminio; BN: Nitruro di Boro; GaAlAs: Arseniuro di Alluminio di Gallio; GaAs: Arseniuro di Gallio; GaAsP: Arseniuro-fosfuro di gallio; GaN: Nitrito di Gallio; InGaAlP: Indio Gallio Alluminio Fosfuro; InGaN: Nitruro di gallio e indio; SiC: Carburo di silicio; ZnSe:. Seleniuro di zinco			

Impatto sui vegetali

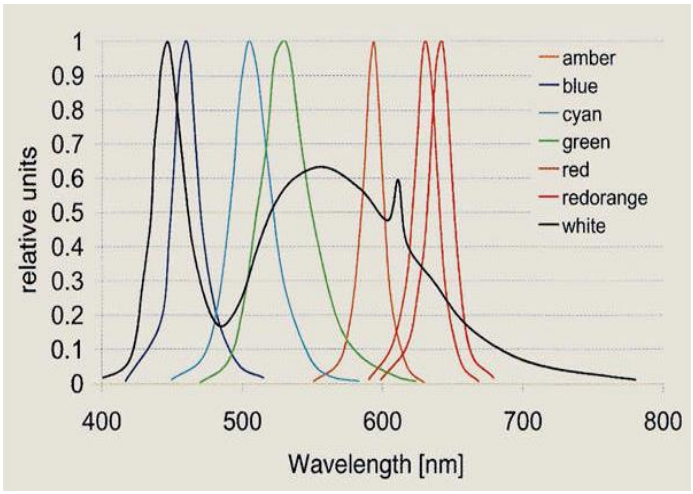
Il processo di fotosintesi è indotto da lunghezze d'onda specifiche. In particolare, lo spettro d'azione della fotosintesi (photosynthesis action spetrum-PAS) mostra due picchi: uno nella regione del blu (circa 450 nm) e l'altro nella parte rossa dello spettro (circa 660 nm).

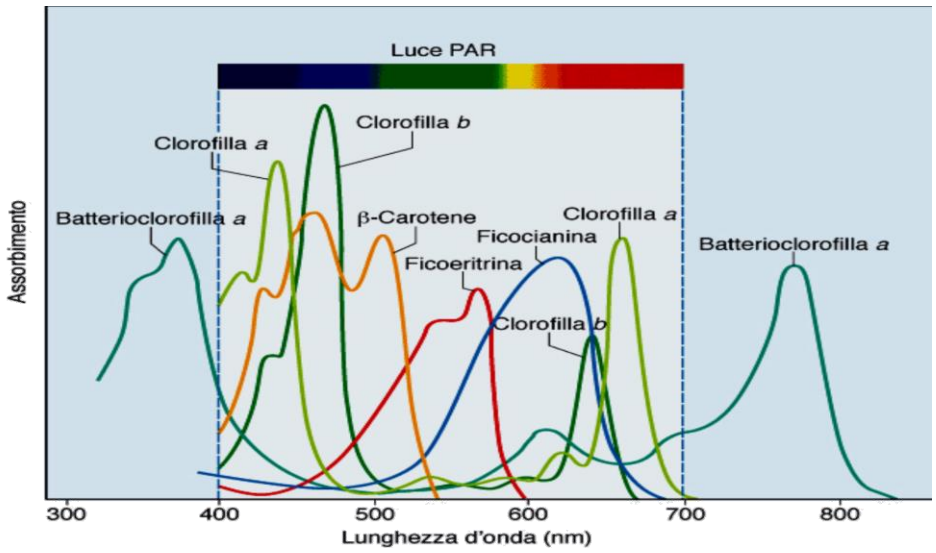


Spettro d'azione della fotosintesi

Essi si sovrappongono parzialmente agli spettri emissivi di alcune tipologie di LED in particolare quelli viola e blue ($400 < \lambda < 500$nm) e rossi ($610 < \lambda < 760$) rientrano nel range di assorbimento della clorofilla A (picchi di assorbimento: 439 nm e 666-667 nm), clorofilla B (469 nm e 642-645 nm) e del b-carotene (484 e 452 nm)); i led ciano e verdi ($500 < \lambda < 570$) rientrano nel range del picco secondario del β Carotene; quelli rossi e rosso-aranci ($610 < \lambda < 760$) nel range della ficocianina.

[16] EpiCentro. Raggi ultravioletti. http://www.epicentro.iss.it/problemi/uv/uv.asp





Spettri di assorbimento de principali pigmenti di batteri e vegetali[17]

Ciò significa che una luce artificiale che emette tali lunghezze d'onda è in grado di interferire con la normale fotosintesi, specialmente nelle ore in cui viene a mancare la luce solare. Ne consegue che i LED, emettendo luce blu che corrisponde quasi perfettamente al picco di sensibilità per il blu del PAS, possono determinare uno sviluppo anomalo nelle piante.

Per quanto riguarda la flora acquatica le alghe rosse e nelle criptoficee risultano influenzate tra 500 e 650 nm. La Ficoeritrina ha un massimo di assorbimento a 565 nm corrispondente alla lunghezza d'onda di LED GaP verdi ad alta efficienza. Il pigmento dominante delle alghe azzurre (ficocianina)

[17] Tratto da ISPRA 2014,

ha un picco di assorbimento (625 nm) estremamente vicino al picco di emissione dei LED InGaAlP rosso aranci (623 nm).

Emissioni dai 350 agli 800 nm possono influenzare in modo significativo l'attività biologica delle piante, prolungando la fase luminosa della fotosintesi durante la notte e generando così una marcata situazione di stress nella pianta. In particolare la luce rossa e blu determinano effetti significativi su morfogenesi delle piante, fototropismo, chiusura stomatica e sviluppo fiorale, che potrebbero essere compromessi, mentre LED verdi e blu possono interferire con la fotosintesi delle alghe rosse. La luce gialla (in particolare Sopragiallo e Giallo ambra) può influenzare il comportamento dei carotenoidi.

Tuttavia LED adeguati, almeno per quanto concerne la fotosintesi, possono arrecare danni minori rispetto ad alcune lampade al sodio ad alta pressione. Inoltre, la radiazione termica emessa dalle lampade tradizionali può produrree nelle sue immediate vicinanze un microclima che riscalda le foglie provocando ritardi nella fase di riposo o anticipi del periodo vegetativo e di fioritura. Questo riscaldamento può essere in grado di creare l'habitat favorevole a parassiti dei vegetali che possono nuocere alla vita stessa della pianta [Aubè et al. 2013),.

I LED possono rappresentare una fonte luminosa per la crescita delle piante nelle serre, come fonte integrativo-sostitutiva dell'illuminazione artificiale tradizionale. L'emissione in bande cromatiche definite rende i LED particolarmente indicati per l'illuminazione inter-chioma di colture orticole in verticale in serra che, per le sue caratteristiche intrinseche (piccole dimensioni, basso consumo energetico, lunga durata, basse temperature di emissione e possibilità di selezionare lunghezze d'onda specifiche a seconda della pianta target), risulta vantaggioso rispetto ad altri sistemi tradizionali.

Una società di ricerca olandese ha messo a punto un metodo di coltura che, sfruttando l'elevata efficienza energetica dei LED rispetto alle tradizionali lampade a incandescenza, è riuscita a garantire un taglio del 95% del bisogno di acqua per l'irrigazione. La stessa società, associata all'Università di Den Bosch, è riuscita a far crescere piante decorative utilizzando solo LED a luce rossa e blu.

I LED, producendo luce in bande ben specifiche dello spettro, possono essere costruiti in maniera tale da emettere un voluto output di lunghezze d'onda quale quello più favorevole alla crescita delle piante. L'impiego del "near far red" (690 nm), ad esempio, favorisce l'incremento dell'area fogliare su foglie in crescita, qualora tale luce venga utilizzata sulla coltura negli stadi precoci del ciclo produttivo (Goins, 2002). I dispositivi a led producono su essenze di interesse ortivo variazioni nella concentrazione di metaboliti (antociani, carotenoidi, fenoli, ecc.), nell'accumulo di biomassa, nei livelli di clorofilla, oltre a determinare interferenze sui tempi di fioritura. Questi fattori vanno considerati per avere produzioni organoletticamente sane e di qualità (Olle & Viršile, 2013).

È' nota l'importanza della luce rossa nello stimolare la fioritura delle piante e quella della luce blu per il fototropismo e l'apertura degli stomi. Si capisce, dunque, come i LED possano essere utilizzati per esaltare le caratteristiche desiderate delle piante orticolo-ornamentali.

È stato inoltre dimostrato come certe lunghezze d'onda possano essere utilizzate per ridurre o eliminare la proliferazione di funghi o di altri patogeni e parassiti delle piante [22]. L'utilizzo della luce, piuttosto che dei pesticidi, rappresenta una tecnologia promettente. Tattavia alcuni studi dimostrano come alcuni effetti siano esclusivamente specie/coltivazione specifici. Sebbene oggi la ricerca abbia ampiamente dimostrato la possibile applicazione della tecnologia a LED anche in agricoltura, ulteriori studi sono ancora necessari per comprendere, fra le altre cose, l'economicità del metodo. In ogni caso si è ormai consolidata la consapevolezza dell'enorme potenzialità e dei possibili usi futuri di questa tecnologia.

Impatti sulla fauna

Mentre si conoscono gli effetti biologici dannosi dovuti alla luce blu che possono verificarsi sull'uomo, rimangono scarsi gli studi su altri effetti sulla fauna. Vari studi internazionali evidenziano, un maggior impatto ambientale per alcune specie animali. Di seguito viene riportata una tabella in cui sono indicate le fasce di emissioni spettrali da evitare suddivise per specie animale.

Tabella 13. Fasce di emissione e impatto sugli animali

	UV	Violet	Blue	Green	Yellow	Orange	Red	IR
wavelength (nm)	<400	400-420	420-500	500-575	575-585	585-605	605-700	>700
freshwater fish	x	x	x	x	x	x	x	
marine fish	x	x	x	x				
shellfish (zooplankton)	x	(x)	(x)					
amphibia&reptiles	x	x	x	>550	x	x	x	x
birds	x	x	x	x		x	x	x
mammals (excluding bats)	x	x	x	x			x	
bats	x	x	x	x				
insects	x	x	x	x				
	note: (x) = assumed possible but not identified in literature							

Fonte: CDC Biodiversité 2015[18].

Certamente le lunghezza d'onda basse si propagano più lontano in atmosfera e, quindi, questo tipo di luce ha il massimo potere di attrazione per uccelli, insetti ed altri animali fotosensibili.

[18] http://www.cdc-biodiversite.fr/).

Pesci

Un altro lavoro interessante riporta gli effetti negli impianti di acquacoltura del salmone atlantico Salmo salar Per verificare la possibilità di implementare l'illuminazione a LED tale tecnologia nell'industria del salmone atlantico, si sono determinati gli effetti di intensità crescenti di luce blu a LED sulla percezione luminosa del pesce (produzione di melatonina) e sull'eventuale risposta da stress acuto e cronico (produzione di cortisolo e glucosio nel sangue) ed esaminare potenziali danni alla retina del salmone.

I risultati hanno mostrato la capacità del salmone di percepire la luce blu a prescindere dalla sua intensità (i livelli di melatonina basali risultano gli stessi) e un incremento nella concentrazione di cortisolo e glucosio nel sangue dei pesci esposti ad una elevata intensità di luce blu entro tre ore dall'esposizione. Questa risposta da stress acuto non è stata registrata nei pesci esposti alla luce bianca, a indicazione di una diversa sensibilità dei pesci a lunghezze d'onda diverse. I pesci esposti all'illuminazione non hanno evidenziato alcun tipo di danno alla retina (Migaud et al., 2007)..

Uccelli

Per gli uccelli migratori, nel caso di mal tempo, la loro quota di volo si abbassa notevolmente e fonti di luce molto forti o grandi aree illuminate possono portare al loro disorientamento. Per questo motivo, dopo ore di volo alla cieca, finiscono per morire per sfinimento o a causa dello stress, oppure per la collisione diretta con oggetti illuminati (Hotz & Bontadina, 2007).

Studi condotti per identificare soluzioni per ridurre la mortalità di uccelli migratori notturni negli aeroporti americani, dovuta a disorientamento e collisione con le torri di comunicazione, ha messo in evidenza indiscussi benefici nell'utilizzo dei LED per l'illuminazione (Patterson, 2012). L'illuminazione a LED non solo sarebbe maggiormente visibile ai piloti rispetto a quella tradizionale, garantendo una maggiore sicurezza del traffico aereo, ma sembra meno nociva per gli uccelli migratori che non hanno mostrato segni di disorientamento, registrando un calo della mortalità.

Rettili

É ormai noto da diversi anni come l'illuminazione notturna in aree prossime a spiagge, dove sono solite nidificare le tartarughe marine, possa compromettere la sopravvivenza dei nuovi nati in quanto disorientati e incapaci di trovare la via verso il mare.

Esse escono dalle uova durante la notte, quando la temperatura è più bassa. Una volta raggiunta la superficie sabbiosa, devono essere in grado di trovare la via più diretta verso il mare. Per fare questo percepiscono stimoli luminosi dall'ambiente circostante, ovvero il riflesso dei corpi celesti proveniente dal mare. Se le luci provengono dalla costa, da illuminazione esterna e interna di alberghi, complessi residenziali o illuminazione stradale, questi giovani animali si dirigono verso l'interno della costa, dove finiscono per venire schiacciati dai veicoli o muoiono per sfinimento (Witherington, 1991, Witherington &Bjorndal 1992).

La Florida Fish and Wildlife Conservation Commission (FWC) e la Sea Turtle Conservancy sono dunque intervenute a protezione delle specie e hanno cominciato a sperimentare nelle aree più sensibili diversi tipi di illuminazione, tra cui quella a LED, ottenendo risultati alquanto promettenti. In particolare, si riporta che nelle aree in cui sono state montate luci a LED rosse e ambrate vi è stata una riduzione del 100% dei casi riportati di piccoli di tartaruga che si sono persi senza più raggiungere il mare. Oggi sono disponibili le Sea Turtle Lighting Guidelines che riportano tra le luci approvate dalla FWC anche quelle a LED (Canè et al., 2014).

Mammiferi

I pipistrelli quando le fessure di uscita dei loro rifugi sono illuminate, fuoriescono in ritardo alla ricerca di cibo, dedicando troppo poco tempo alla caccia. Sono noti casi in cui i pipistrelli hanno abbandonato i loro luoghi di annidamento a causa dell'istallazione di impianti di illuminazione, oppure casi in cui una festa cittadina ha provocato un aumento della mortalità dei nuovi nati (Hotz & Bontadina, 2007)

Uno studio condotto dall'Università di Haifa su alcuni ratti esposti a LED a luce blu nelle ore notturne ha dimostrato come tale illuminazione possa provocare negli animali esposti danni al sistema metabolico, a quello ormonale, alla massa corporea, nonché una riduzione significativa nella produzione di melatonina, possibile causa di tumori (Haim & Zubidat, 2015).

Uno studio che tratta specificatamente l'impatto dei LED sui chirotteri (Stone et al., 2012) evidenzia come tale illuminazione possa ridurre le attività di alcune specie di pipistrelli (*Rhinolophus hipposideros* e *Myotis* spp.), in particolare gli usuali spostamenti aerei e le attività di foraggiamento (ricerca e cattura delle prede). Lo studio mette in luce le potenziali conseguenze a lungo termine che potrebbero verificarsi sullo stato di conservazione, dinamica di popolazione e, in ultima analisi, sulla biodiversità, dal momento che le specie di chirotteri maggiormente sensibili alla luce potrebbero essere scalzate da specie competitive più tolleranti o subire una diminuzione della fitness e del tasso di riproduzione.

Impatti sulla salute umana

Dopo la pubblicazione della IEC 62471 nel 2006 e suo aggiornamento nel 2008, sono state fatte ulteriori ricerche per trasferire i parametri dalle sorgenti luminose agli apparecchi di illuminazione finale e nel 2012 è stata pubblicata la norma IEC/TR 62778 che definisce i metodi di valutazione per determinare la soglia tra rischio basso (RG 1) e moderato (RG 2) in conformità alla CEI EN 62471 per un tempo di esposizione di 100 secondi.

La definizione dei gruppi di rischio, relativamente al rischio da luce blu, è la seguente:

RG 0 = nessun rischio,

RG 1 = rischio basso. "La lampada non provoca rischio dovuto a normali limitazioni di funzionamento" (CEI EN 61347-1 par.6.1.2). Il rischio basso è associato a livelli di esposizione tali da essere identificati come sicuri e/o non pericolosi anche per effetto delle reazioni istintive di auto

protezione dell'occhio umano. La norma IEC/TR 62471-2 che stabilisce la marcatura di tali apparecchi non ritiene obbligatorio marcare con avvisi di rischio tali prodotti.

RG 2 = rischio moderato. Benchè la 62778 stabilisca la soglia tra RG 1 e RG 2, il gruppo RG 2 non è da considerarsi pericoloso ai fini del rischio fotobiologico da luce blu: "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" (CEI EN 61347-1 par.6.1.3).

RG 3 = rischio alto. Qui il rischio è presente ma nessuna lampada a luce bianca per illuminazione presenta tale livello di rischio. Solo lampade per uso speciale o laser possono raggiungere tali livelli.

In base allo spettro di emissione caratteristico dei vari tipi di lampada alcune possono risultare pericolose ai fini della norma normativa CEI EN 62471 (tabella 14).

Tabella 14. Pericolo associato a infrarosso e blu per alcuni tipi di lampade

Tipo di Lampada	**Pericolo legato all'IR**	**Pericolo legato al blu**
Alogene per applicazioni speciali	SI	SI
A scarica tipo MH chiaro (ioduri)	NO	SI
LED	NO	SI

In questi casi le lampade devono riportare sulla confezione il gruppo di rischio.

Relativamente al rischio da luce blu, considerando i valori sopra citati, è possibile definire un valore di illuminamento[19] (al livello degli occhi) in funzione della temperatura di colore (CCT) della lampada, al di sotto del quale il rischio è uguale o inferiore al gruppo 1 (tabella 15):

Tabella 15. Valore di illuminamento in funzione della temperatura di colore (CCT)

CCT	**Illuminamento [LUX]**
< 2350	4000
2350 < CCT < 2850	1850

[19] L'illuminamento è una grandezza fotometrica risultato del rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente e la superficie dell'oggetto. L'illuminamento è massimo quando la superficie è disposta perpendicolarmente ai raggi luminosi e nullo quando i raggi sono paralleli alla superficie.

CCT	Illuminamento [LUX]
2850 < CCT < 3250	1450
3250 < CCT < 3750	1100
3750 < CCT < 4500	850
4500 < CCT < 5750	650
5750 < CCT < 8000	500

Una temperatura di colore (CCT) più alta significa una luce con maggiore potenza nella lunghezza d'onda del blu. I danni per illuminazione eccessiva o a frequenze inadatte possono essere significativi (vedi tabella 16)

Tabella 16. Relazione tra Bioeffetti e lunghezza d'onda

Tipo di radiazione	Comparto	Lunghezza d'onda [nm]	Bio-effetti principali	
			Pelle	*Occhi*
UV attinici –	Pelle,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	–

I lampioni a LED ricchi di blu funzionano a una lunghezza d'onda che sopprime la melatonina durante la notte. La luce blu soppressa la melatonina per circa il doppio del tempo, come la luce verde, spostato i ritmi circadiani due volte tanto (3 ore contro 1,5 ore). Le lampade a incandescenza irradiano meno del 5% di luce blu, i led bianchi questo valore sale al 10% (bianco caldo, 2.700 K –

3.000 K), per balzare a 30% nel caso dei led bianchi impiegati nei display Lcd (monitor, tablet, smartphone).

Nel 2011, uno studio ha evidenziato come l'illuminazione a LED sia in grado di sopprimere la produzione di melatonina a un tasso ben cinque volte superiore rispetto alle lampade al sodio ad alta pressione (HPS) (Falchi et al., 2011), creando impatti negativi sul sonno umano. Non sono solo gli umani a soffrire di questi effetti. Anche altre specie animali possono avere il loro sistema naturale gettato in confusione a causa degli effetti biologici prodotti su di loro da un'illuminazione non naturale (AMA, 2016).

Nel 2011, uno studio ha evidenziato come l'illuminazione a LED sia in grado di sopprimere la produzione di melatonina a un tasso ben cinque volte superiore rispetto alle lampade al sodio ad alta pressione (HPS). Nonostante sia considerato più eco friendly rispetto alle lampade tradizionali, alcuni ricercatori affermano che l'utilizzo sempre più diffuso del LED porterà inevitabilmente ad un aumento significativo della soppressione di melatonina nell'uomo e negli animali (Falchi et al., 2011).

L'organismo vive, fatta eccezione dei pochi momenti di luce naturale, sempre sotto bombardamento di luce aritificiale blu (lampade a lavoro, scuola, uffici, casa, schermi pc, telefoni, tablet,...).

Per la luminanza ed il rischio di abbagliamento, si è visto che singole sorgenti LED possono superare anche di 1000 volte la soglia di comfort visivo, sia a causa dell'errato design dei corpi illuminanti che per l'eccessiva direzionalità degli stessi. E' quindi necessario realizzare lampade LED dal design (dal punto di vista della performance ottica) migliore e con caratteristiche ottiche in grado di rendere più diffusa la luce prodotta.

Il 27 aprile 2011 l'allora ministro della Salute, Ferruccio Fazio rispondendo a un'interrogazione parlamentare[20], ha evidenziato che "rispetto ad altre tipologie di lampade, quali le lampade ad incandescenza o altre sorgenti di impiego più recente come le lampade alogene e le lampade compatte a fluorescenza (anche dette "a basso consumo"), le lampade a LED presentano alcune caratteristiche particolari dal punto di vista dei possibili rischi per la salute. Esse sono infatti caratterizzate: 1) da un'elevata radianza (una misura della "brillantezza" della sorgente) dovuta alle dimensioni molto ridotte della superficie emissiva; 2) da uno spettro di lunghezze d'onda fortemente spostato verso la regione blu dell'intervallo spettrale del visibile."

"L'elevata radianza, o più precisamente l'elevata luminanza[21], aumenta la probabilità di abbagliamento, consistente in una riduzione della funzionalità visiva, che può essere di due tipi: 'debilitante' o 'fastidioso'".

---

[20] Legislatura 16 Risposta ad interrogazione scritta n° 4-04088. http://www.senato.it/japp/bgt/showdoc/frame.jsp?tipodoc=Sindispr&leg=16&id=553936

[21] Grandezza fisica correlata alla radianza che tiene conto delle proprietà delle diverse lunghezze d'onda di stimolare il fenomeno della visione

L'abbagliamento debilitante è una condizione reversibile che non costituisce un danno per la salute, ma può implicare “rischi indiretti per la sicurezza per via della possibilità di incidenti”. L'abbagliamento “fastidioso”, invece, “se protratto per lunghi periodi, può essere causa di stress, difficoltà di concentrazione, affaticamento visivo … l'elevata radianza associata alle intense componenti nella regione blu dello spettro di emissione (non solo per quanto riguarda i LED che emettono esclusivamente luce blu, ma anche nel caso delle lampade LED "a luce fredda"), può rendere non trascurabile il rischio di danni alla retina di natura fotochimica.”

Il blu ha la più alta energia nella parte visibile dello spettro e causa produzione di ROS (radicali liberi dell’ossigeno) e stress ossidativo. La luce blu causa ROS nei tessuti, stress che può essere bilanciato con il vicino infrarosso, non presente nei LED. Vi è una necessità di rigenerazione dalla luce blu, ma la parte rigenerativa dello spettro, si trova nella parte lunga della lunghezza d'onda, nel rosso e nel vicino infrarosso, lunghezze d'onda che non sono presenti in uno spettro dei normali LED. Aumenta lo stress sulla parte a lunghezza d'onda corta e si riduce la rigenerazione e la riparazione sulla parte a lunghezza d'onda lunga. Questo stress ha conseguenze nella retina e nel sistema endocrino.

I bambini hanno una maggiore sensibilità alla luce blu e anche se le emissioni potrebbero non esserlo LED blu nocivi (tra 400 nm e 500 nm) possono essere molto abbaglianti e possono indurre la retinopatia fotochimica, che è una preoccupazione soprattutto per i bambini sotto i tre anni anni di età. Le persone anziane possono provare disagio con l'esposizione a luce blu (Scheer, 2016).

La luce LED bianca è ricca delle componenti blu-verde dello spettro, proprio quelle a cui sono più sensibili le cellule gangliari della retina segnalando al cervello che non è ancora ora di dormire, e in questo faranno la loro parte anche televisori e monitor di computer, da qualche anno basati anch’essi sulla tecnologia a LED.

Mentre con le sorgenti alogene si riscontra un naturale decremento di vigilanza sia acustica che visiva, la sorgente LED con due picchi, uno nella regione del blu ed uno nel giallo, aumenta la vigilanza visiva ed incrementa i tempi di reazione della vigilanza acustica. (Burattini et al., 2013).

Ci sarebbe un legame tra l’esposizione alla luce blu dei LED durante la notte e un maggiore rischio di sviluppo del cancro al seno e alla prostata (Garcia-Saenza, 2018; Kloog et al., 2009). L'illuminazione a LED può essere una delle più importanti esposizioni a radiazioni elettromagnetiche (EMF). Si può arrivare alla degenerazione maculare legata all'età (AMD), che è la principale causa di cecità negli Stati Uniti e altrove. La luce LED può anche aggravare altri problemi di salute radicati nella disfunzione mitocondriale , e questi vanno da malattia metabolica al cancro.

Conclusioni

Le autorità locali dovrebbero gestire in modo più razionale qualsiasi tipo di illuminazione in modo da ridurre il suo impatto ambientale e tutelare una maggiore varietà di specie animali.

Oltre ai benefici per la biodiversità, una migliore gestione della luce:

- limita i costi e i costi energetici;
- ha un effetto benefico sulla salute umana;
- rispetta i ritmi circadiani e biologici
- migliora la produzione di ormoni del sonno,
- evita problemi di abbagliamento e fastidi nel vicinato
- valorizza il cielo notturno.

Il controllo dell'inquinamento luminoso è finalizzato, oltre che al risparmio energetico, anche alla salvaguardia dell'ambiente notturno, del paesaggio, della biodiversità, degli equilibri ecologici e della salute umana ed a consentire attività culturali-ricreative. Per questo motivo il flusso luminoso non indirizzato verso l'ambito da illuminare o emesso sopra l'orizzonte dagli apparecchi di illuminazione di un impianto pubblico deve essere il più possibile contenuto.

In merito alla salvaguardia del paesaggio, nella progettazione degli impianti di illuminazione deve essere effettuata una valutazione preliminare a differenti scale di percezione (di sito e di area vasta) al fine di non alterare, semmai valorizzare, gli elementi caratterizzanti il paesaggio stesso.

Il primo passo è verificare l'effettiva necessità di illuminazione (molta l'illuminazione non ha reale utilità ed è solo un costo per la collettività). Se si dimostra indispensabile, una scelta saggia delle lampade, la loro posizione e la gestione appropriata del loro funzionamento poò limitare le emissioni luminose e il loro impatto.

Innanzitutto è necessaria l'applicazione Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore dellaPubblica Amministrazione adottato con DM 23 dicembre 2013 (in G.U. n.18 del 23 gennaio 2014) [22] e il suo costante aggiornamento sulla base delle più recenti review internazionali, superando di fatto le Normative regionali. Il semplice richiamo all'avvalersi di ARPA non è, infatti, sufficiente per garantire la giusta sinergia nazionale finalizzata all'efficacia dei sistemi di controllo e mitigazione.

I Comuni sono attualmente il solo ente/istituzione che svolge di fatto la funzione di del sistema dei controlli. Maggiori responsabilità devono essere affidate ad enti terzi quali ARPA, APPA e ISPRA, in particolare per il controllo degli impatti ambientali a media e larga scala. Gli interventi effettuati da questi Enti dovrebbero spaziare dal controllo degli impianti esistenti fino alla formazione per tecnici comunali e progettisti in materia di inquinamento luminoso.

È necessaria l'iniziativa all'interno del Sistema Agenziale per affrontare e sviluppare informazione e formazione in materia di contenimento dell'inquinamento luminoso e del risparmio energetico in generale con particolare attenzione ai LED per il loro rapido sviluppo.

---

[22] Criteri ambientali minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica. Aggiornamento dei CAM adottati con DM 23 dicebre 2013 (in G.U. n.18 del 23 gennaio 2014)

Per quanto riguarda la salute umana è necessaria una maggiore e particolare attenzione alle frequenze che si sono rivelate potenzialmente dannose. Per esse deve essere prevista una normativa restrittiva a tutti i livelli amministrativi.

Per la luminanza ed il rischio di abbagliamento è necessario imporre l'uso di lampade LED dal design (dal punto di vista della performance ottica) migliore e con caratteristiche ottiche in grado di rendere più diffusa la luce prodotta.

Come constatato si ritiene rilevante la problematica emergente legata alla diffusione di questo tipo di lampade, in relazione ai possibili rischi per la salute e la sicurezza delle persone, e si richiede un approfondimento tecnico-regolamentare affinché in Italia vengano applicate raccomandazioni analoghe a quelle indicate dall'Agenzia nazionale francese per la sicurezza sanitaria (ANSES) nel suo Rapporto "Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED)", pubblicato nell'ottobre 2010.

Tra le raccomandazioni (alcune richiamate già in ANSES, 2010) si segnalano:

a) impedire la possibilità di mettere sul mercato lampade a Led ad uso domestico, o comunque accessibili alla popolazione generale, con frequenze dannose per la popolazione e l'ambiente;

b) i fabbricanti dovrebbero ideare dei sistemi che non permettano la visione diretta del fascio luminoso emesso dai Led, al fine di evitare i rischi connessi all'abbagliamento;

c) proteggere in modo specifico i bambini e le altre categorie particolarmente sensibili al rischio, per esempio vietando l'utilizzo di sorgenti di luce emittenti una forte componente blu (ad es. le lampade a "luce fredda") nei luoghi frequentati dai bambini o nei giocattoli;

d) definire mezzi di protezione adeguati per i lavoratori esposti;

e) prevedere un'etichettatura relativa alle caratteristiche dei LED, in particolare il gruppo di rischio, anche ai fini dell'informazione per i consumatori;

f) nel caso di gruppo di rischio superiore a 0, valutare una distanza di sicurezza oltre la quale non è presente un rischio fotobiologico, e notificarla in maniera leggibile ai consumatori.

La realizzazione di impianti di illuminazione pubblica negli ambiti vincolati o tutelati deve essere sottoposta alle prescrizioni contenute negli strumenti di pianificazione (paesaggistici, territoriali, urbanistici e di settore), quando presenti, ed alle procedure autorizzative previste dalle specifiche norme di riferimento nel caso.

In ambiti in cui sia rilevante l'esigenza di conservazione degli equilibri ecologici e della biodiversità, in cui siano presenti ecosistemi caratterizzati da un buon livello di naturalità, corridoi ecologici e siti rilevanti per l'alimentazione, la sosta, il rifugio, la riproduzione e gli spostamenti della fauna, l'Amministrazione deve in fase di progettazione tenere conto l'obiettivo di conservare il più possibile le condizioni di oscurità naturale notturna.

A questo proposito occorre tener presente che una corretta valutazione degli effetti dell'inquinamento luminoso ovvero dell'illuminazione sull'ambiente animale e vegetale deve essere

basato sulle caratteristiche spettrali della luce emessa e non su grandezze derivate, come la temperatura di colore correlata (Tcc), poiché sorgenti con medesima Tcc potrebbero ad esempio presentare distribuzioni spettrali differenti e quindi effetti diversi. Specifiche esigenze di protezione di specie animali e vegetali possono richiedere che la lunghezza d'onda della luce emessa non superi determinati valori. A titolo puramente esemplificativo sono riportate in Allegato II dati disponibili in letteratura sui possibili impatti delle sorgenti luminose su animali e piante.

In generale per la tutela della biodiversità è necessario:

- distribuzione spettrale delle lampade tale da produrre, a parità di flusso luminoso, il minore impatto dal punto di vista ambientale, limitando le emissioni con lunghezza d'onda inferiore a 500 nm;
- evitare l'installazione di nuovi punti luminosi particolarmente vicini aree naturali protette, fiumi e zone umide, nelle aree forestali e siepi e altre aree semi-naturali con poca o nessuna luce. I siti cosiddetti pittoreschi (gole, falesie, grotte, ecc.) che proteggono una fauna ricca e fragile non dovrebbe essere acceso per preservare la natura;
- evitare e limitare l'utilizzo di lampade ad ampio spettro, con elevato contenuto di luce blu (come le lampade agli ioduri metallici e i LED bianchi).
- evitare elementi di evidenziazione naturale come scogliere, grotte o corpi idrici;
- evitare le luci bianche in quanto impattano pesantemente gli insetti notturni. L'uso di la luce arancione si attenua notevolmente questo effetto;
- evitare lampade ad alogenuri metallici con ampio spettro di emissione e i LED bianchi.
- evitare di diffondere la luce nella direzione sbagliata;
- limitare al minimo indispensabile i livelli di illuminazione (spesso si vedono strade urbane locali illuminate quanto e più di uno svincolo autostradale);
- spegnere le luci (e/o diminuire sostanzialmente il flusso) quando non ci sono utilizzatori a trarne vantaggio (ad esempio parcheggi di centri commerciali chiusi illuminati tutta la notte), ottimizzando i tempi di illuminazione con l'aiuto dei rilevatori di movimento o timer
- limitare l'illuminazione alle sole aree che necessitano di essere illuminate (ad esempio, il prato al centro di una rotatoria non deve essere illuminato);
- limitare la crescita del flusso installato sul territorio, per mirare ad una diminuzione progressiva (questo non impone una moratoria sui nuovi impianti, ma semplicemente significa che per poter illuminare nuove aree dovremo diminuire l'illuminazione nelle zone sovrailluminate);
- garantire l'isolamento ermetico dei dispositivi per impedire l'intrusione di insetti e ragni e quindi diminuirne il mortalità;
- ottimizzare la scelta del tipo di luce;
- prestare particolare attenzione all'orientamento del flusso luminoso durante l'illuminazione è necessario, dirigendo la luce verso il terreno dall'alto verso il basso (non verso il cielo); è necessario schermare completamente gli apparecchi per l'illuminazione da esterni (la luce non può sfuggire direttamente verso l'alto, ma deve essere indirizzata totalmente a terra);
- utilizzo di dispositivi per canalizzare il fascio di luce (apparecchio "full cut-off");

- ridurre la quantità di luce riflessa, fonte di emissione luminosa non necessaria;
- preferire l'illuminazione con spettro di luce giallo-arancio: lunghezza d'onda tra 575 e 700 nanometri (tranne anfibi, pesci e uccelli che rimangono colpiti da qualsiasi tipo di illuminazione);
- favorire LED ambra a spettro stretto;

Nei casi di indispensabilità si deve correggere la componente blu-verde delle luci LED imponendo un'emissione più spostata verso le tonalità giallo-arancio con l'esclusione delle zone umide dove, per motivi ecosistemici, questa tonalità è da evitare. Va illuminato il terreno, non il cielo o il quartiere. Devono essere imposti a livello normativo paralumi e ottiche ad alte prestazioni per dirigere meglio la luce a terra.

In particolare, si deve porre molta attenzione ai nuovi materiali bio-ispirati, biocompatibili e biodegradabili, poco o per nulla nocivi. La loro struttura chimica, per quanto possibile, deve derivare da o essere simile a materiali naturali ed essere inseriti in dispositivi utilizzabili in presenza di organismi viventi, senza che questi subiscano problemi, o che possano essere riciclati facilmente.

Ai sensi del punto 110 del Direttiva 2014/25/Ue del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali[23] si sottolinea come sia importante l'osservanza, da parte dei subappaltatori, degli obblighi applicabili in materia di diritto ambientale, sociale e del lavoro stabiliti dal diritto dell'Unione, dal diritto nazionale, dai contratti collettivi o dalle disposizioni internazionali in materia di diritto ambientale, sociale e del lavoro.

È inoltre necessario che la loro applicazione, sia garantita dalle autorità nazionali competenti, ad esempio gli ispettorati del lavoro o le agenzie per la protezione dell'ambiente, mediante azioni adeguate entro i limiti delle loro responsabilità e del loro mandato.

È giusto cercare di trovare prodotti migliori che non esauriscano le risorse energetiche o contribuiscano al riscaldamento globale, ma è necessario essere vigili sulla reale sostenibilità e i rischi di contaminazione ambientale.

I produttori di LED devono ridurre le concentrazioni di metalli pesanti nei loro prodotti o ridisegnarli con materiali sicuri e sostenibili. Questo è possibile solo se i regolatori statali o federali li obbliganoa farlo. Manca però una legge che obbliga a sostituire immediatamente un prodotto non sicuro con uno più sicuro.

Naturalmente, tutti noi abbiamo bisogno di un qualche tipo di illuminazione nelle nostre vite e, nonostante i loro difetti, i LED, e in particolare gli OLED, potrebbero essere una scelta energeticamente migliore per quanto riguarda qualità della luce, uso di energia e impatto

[23] Che abroga la direttiva 2004/17/CEÈ

ambientale. Ma ditte e i ricercatori devono impegnarsi a lavorare su tecnologie di illuminazione ecosostenibili in un quadro normativo basato innanzitutto sul Principio di precauzione..

Abbreviazioni

AMA: American Medical Association

AMD: Age-related Macular Degeneration ,degenerazione maculare legata all'età

ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)

ANSI: American National Standards Institute

CEI: Comitato Elettrotecnico italiano.

CIE: International Commission on Illumination

EMF: Electromagnetic Field, Campo elettromagnetico

LED: Light Emitting Diode

OLED: Organic Light Emitting Diode

ROS: Reactive Oxygen Species, Radicali liberi dell'ossigeno

Scheer: Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (UE)

SSL: Solid State Lighting,

Riferimenti bibliografici

AMA (American Medical Association), 2016. AMA Adopts Guidance to Reduce Harm from High Intensity Street Lights. https://www.ama-assn.org/ama-adopts-guidance-reduce-harm-high-intensity-street-lights

ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, France), 2010. Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED).

ANSI/IES RP-27.1-15 Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps and Lamp Systems - General Requirements.

Aubè M., Roby J., Kocifaj M., 2013. Evaluating potential spectral impacts of various artificial lights on melatonin suppression, photosynthesis, and star visibility, PLOS ONE 8.7.

Bierman A., 2012. Will switching to LED outdoor lighting increase sky glow?, Lighting Res. Technol., 44:449-458.

Bisegna F., Gugliermetti F., Barbalace M., Monti L., 2010. Ricerca di sistema elettrico- Stato dell'arte dei LED (Light Emitting Diodes). Report RdS/2010/238.

http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/illuminazione-pubblica/6-uniroma1-stato-arte-leddefinitivo-led.pdf

Burattini C., Ferlazzo F., Piccardi L., Giannini A. M., Gugliermetti F., Bisegna F., 2013.Analisi delle caratteristiche luminose di nuove sorgenti di illuminazione artificiale e valutazione dei loro effetti sulla vigilanza ed attenzione. Report Ricerca di Sistema Elettrico. Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA.
http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/risparmio-energia-settore-civile/2013/rds-par2013-067.pdf

Camerini G., 2014. Impatto dell'illuminazione artificiale sugli organismi viventi. Biologia Ambientale, 28(1): 65-89.

Canè V., Farchi C., Logorelli M., Marsico G., Vaccaro L., 2014. Illuminazione a led e sostenibilità ambientale. ISPRA, Quaderno Ambiente e Società, 9/2014.
http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/quaderni/ambiente-e-societa/illuminazione-a-led-e-sostenibilita-ambientale

Falchi F., Cinzano P., Elvidge C. D., Keith D.M., Haim A., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, Journal of Environmental Management.

Garcia-Saenz A, Sánchez de Miguel A, Espinosa A, Valentin A, Aragonés N, Llorca J, Amiano P, Martín Sánchez V, Guevara M, Capelo R, Tardón A, Peiró-Perez R, Jiménez-Moleón JJ, Roca-Barceló A, Pérez-Gómez B, Dierssen-Sotos T, Fernández-Villa T, Moreno-Iribas C, Moreno V, García-Pérez J, Castaño-Vinyals G, Pollán M, Aubé M, Kogevinas M. Evaluating the Association between Artificial Light-at-Night Exposure and Breast and Prostate Cancer Risk in Spain (MCC-Spain Study). Environ Health Perspect. 2018 Apr 23;126(4):047011. doi: 10.1289/EHP1837. PubMed PMID: 29687979; PubMed Central PMCID: PMC6071739.

Goins G.D., 2002. Growth, stomatal conductance and leaf surface temperature of Swiss chard grown under different artificial lighting technologies. Society of automotive engineers Tech. Paper 2002-01-2338.

Haim A., Zubidat A.E., 2015. Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.;370(1667):20140121. doi:10.1098/rstb.2014.0121.

Hotz T., Bontadina F., 2007. Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Rapporto di Swild per Green City di ZURIGO, Office for Urban Development Zurigo, 78 pp..

Kloog I., Haim A., Stevens R.G., Portnov B.A., 2009. Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon and lug in men, Chronobiol Int; 26 (1): 108-25.

Kyba C.C.M., Kuester T., Sánchez de Miguel A., BaughK., Jechow A., Hölker F., Bennie J., Elvidge, C.D., Gaston K.J., Guanter L., 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. Science Advances, DOI: 10.1126/sciadv.1701528

Massa G.D., Hyeon-Hye K., Wheeler R.M., Mitchell C.A., 2008. Plant Productivity in response to LED lighting. HortScience, 43(7):1951-1956.

Migaud H., Cowan M., Taylor J., Ferguson W., 2007. The effect of spectral compositionand light intensity on melatonin, stress and retinal damage in post-smolt Atlantic salmon, Salmo salar. Aquaculture 270, 390–404. https://www.researchgate.net/publication/236343961_Effects_of_light_during_early_larval_development_of_some_aquacultured_teleosts_A_review [accessed Sep 16 2018].

Navaara K., J., Nelson R. J., 2007. The dark side of light at night: physiological, epidemiological consequences. J. Pineol Res: 43:215-224

Olle M., Viršile A., 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. Agricultural and Food Science, 22 (2): 223-234.

Patterson, J. W., Jr. 2012. Evaluation of new obstruction lighting techniques to reduce avian fatalities. Technical Note DOT/FAA/ TC-TN12/9. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center, Aviation Research Division, Airport Technology Branch, Atlantic City International Airport, Atlantic City, New Jersey, USA.

Santonico D. (a cura di), 2011. L'illuminazione nelle aree urbane. ISPRA Quaderni – Ambiente e Società 5/2011.

Scheer (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), 2016. Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_011.pdf

Stone E.L., Jones G., Harris S., 2012. Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats, Global Change Biology, 18:2458-2465.

Takahashi A, Kasagi S, Murakami N, Furufuji S, Kikuchi S, Mizusawa K, Andoh T. Chronic effects of light irradiated from LED on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder Verasper moseri. Gen Comp Endocrinol. 2016 Jun 1;232:101-8. doi: 10.1016/j.ygcen.2016.01.008. Epub 2016 Jan 12. PubMed PMID: 26795919.

Thornton W. A., 1970. Luminosity and Color-Rendering Capability of White light. Journal of the Optical Society of America, 61(9):1155-1163.

Tosini G., Ferguson I., Tsubota K., 2016. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. Molecular Vision, 22:61-72. http://www.molvis.org/molvis/v22/61

Witherington B.E., Bjorndal K.A., 1991. Influences of artificial lighting on the seaward orientation of hatchling loggerhead turtles Caretta caretta, Biological Conservation, 55(2): 139-149. ISSN 0006-3207. https://doi.org/10.1016/0006-3207(91)90053-C; http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000632079190053C)

Witherington B.E., 1992. Behavioral Responses of Nesting Sea Turtles to Artificial Lighting." Herpetologica, vol. 48, no. 1, pp. 31–39.

Riferimenti normativi

ANSI C78.377-2017. American National Standard for Electric Lamps - Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting (SSL) Products.

CIE S009/E-2002 Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi illuminanti.

CEI EN 61347. Unità di alimentazione di lampada Parte 2-7: Prescrizioni particolari per unità di alimentazione elettroniche (autonome) alimentate da batterie per illuminazione di emergenza. https://www.scribd.com/document/276692160/CEI-EN-61347-2-7

IEC 62471 (CEI 76-9) Sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade. Anno 2009-02, fascicolo 9646 E, prima edizione.
http://www.scame.com/it/infotec/norme/scheda.asp?IDKey=CEIEN62471

IEC/EN 62471 for LED Lighting Products. https://smartvisionlights.com/wp-content/uploads/pdf/IEC_62471_summary.pdf

Decreto Legislativo 16 febbraio 2011, n. 15, Attuazione della direttiva 2009/125/CE relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia. Gazzetta Ufficiale n. 55 del 8 marzo 2011. https://www.cliclavoro.gov.it/Normative/Decreto_legislativo_16_febbraio_2011_n.15.pdf

Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 recante "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici" (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016).

Deliberazione della Giunta Regionale, Lazio, n. 447 del 28 giugno 2008. Aggiornamento dell'elenco degli osservatori della regione Lazio e delle zone particolari da proteggere contro l'inquinamento luminoso.

Deliberazione della Giunta Regionale, Lombardia, n. 2611 del 2000. Aggiornamento dell'elenco degli osservatori astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto.

Deliberazione della Giunta Regionale, Lombardia, n. 7/6162 del 2001. Criteri di applicazione della L.R. n. 17 del 27/03/01.

Deliberazione della Giunta Regionale, Sardegna, n. 48/31 del 2007. Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico.

Determinazione n.14096 del 12 ottobre 2006 del Direttore Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa della Regione Emilia Romagna, Approvazione della circolare esplicativa delle norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico. Bollettino Ufficiale

della Regione Emilia Romagna n. 157 del 27 ottobre 2006. https://bur.regione.emilia-romagna.it/archivio/inserzione?anno=2006&prog_documento=1&num_boll=157

Direttiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 6 luglio 2005, relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia e recante modifica della direttiva 92/42/CEE del Consiglio e delle direttive 96/57/CE e 2000/55/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32005L0032

Direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009 , relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A32009L0125

Direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010 , concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=celex%3A32010L0030

Direttiva 2014/23/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014 , sull'aggiudicazione dei contratti di concessione Testo rilevante ai fini del SEE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0023&from=IT

Direttiva 2014/24/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014 , sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE.

Direttiva 2014/25/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014 , sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali e che abroga la direttiva 2004/17/CE

Decreto Legislativo 28 giugno 2012, n. 104 Attuazione della direttiva 2010/30/UE, relativa all'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relativa ai prodotti. Gazzetta Ufficiale n. 168 del 20 luglio 2012. http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/impresa/mercato/etichettatura.pdf

IEC 60825 (Commissione Elettrotecnica Internazionale) Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements. https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60825-1%7Bed3.0%7Db.pdf

Legge Provinciale, Provincia di Trento n. 16 del 2007, Risparmio energetico e inquinamento luminoso.. Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso
http://www.energia.provincia.tn.it/binary/pat_agenzia_energia/Inquinamento_luminoso/Piano%20L.16_07_APE_allegato_I_dicembre.1275574576.pdf

Legge Regionale, Emilia Romagna 19/03 Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico e alla DGR 1732/2015; 2005 D.G.R. n. 2263 direttiva per

l'applicazione della legge regionale 29 settembre 2003 n. 19 recante norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico

Legge Regionale, Abruzzo n. 12 2005 Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico.
http://www2.consiglio.regione.abruzzo.it/leggi_tv/abruzzo_lr/2005/lr05012.htm

Legge Regionale, Basilicata n. 41 2000 Inquinamento luminoso e conservazione della trasparenza e stabilità atmosferica dei siti di ubicazione di stazioni astronomiche. http://www.consiglio.basilicata.it/consiglionew/site/Consiglio/detail.jsp?sec=107173&otype=1150&id=187909&anno=2000

Legge Regionale, Campania n. 12 2002. Norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico da illuminazione esterna pubblica e privata a tutela dell'ambiente, per la tutela dell'attività svolta dagli osservatori astronomici professionali e non professionali e per la corretta valorizzazione dei centri storici.

Legge Regionale, Friuli Venezia Giulia .n. 15 del 2007. Misure urgenti in tema di contenimento dell'inquinamento luminoso, per il risparmio energetico nelle illuminazioni per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.

Legge Regionale, Lazio, n. 23 del 2000. Norme per la riduzione e per la prevenzione dell'inquinamento luminoso. http://www.agenzia.roma.it/documenti/normative/143.pdf

Regolamento regionale 18 aprile 2005, n. 8 BUR 30 aprile 2005, n. 12, s.o. n. 4 Regolamento regionale per la riduzione e prevenzione dell'inquinamento luminoso. BUR 30 aprile 2005, n. 12, s.o. n. 4.
http://www.regione.lazio.it/rl_main/?vw=regolamentiDettaglio&id=14&tipo=tc&nreg&anno&testo

Legge Regionale, Liguria n. 22 del 2007. Norme in materia di energia – Titolo I, III e V. http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/Liguria/LR_N22_2007.pdf

Legge Regionale, Lombardia 27 marzo 2000, n. 17 (così come modificata dalle L.L.R.R. 5/05/2004, n.12; 21/12/2004, n. 38, 20/12/2005, n.19, e 27/02/2007 n. 5) Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso. B. U. 30 marzo 2000, n. 13, 1° suppl. ord.
http://inquinamentoluminoso.uai.it/leggi/lr_27marzo2000_n17_SMI_Lombardia.pdf

Legge Regionale, Lombardia 21 dicembre 2004, N. 38 Modifiche e integrazioni alla legge regionale 27 marzo 2000, n. 17 (Misure urgenti in materia di risparmio energetico ad uso illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso) ed ulteriori disposizioni (1). BURL n. 52, 2º suppl. ord. del 24 Dicembre 2004 (abrogata dall'art. 12, comma 1, lett. b) della l.r. 5 ottobre 2015, n. 31).

Legge Regionale, Lombardia 5 ottobre 2015 , n. 31 Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso. BURL n. 41, suppl. del 09 Ottobre 2015.

http://normelombardia.consiglio.regione.lombardia.it/normelombardia/Accessibile/main.aspx?view=showpart&selnode=lr002015100500031&idparte=lr002015100500031ar0012a#art12-com1

Legge Regionale, Marche, n. 10, 2002. Misure urgenti in materia di risparmio energetico contenimento dell'inquinamento luminoso.
http://inquinamentoluminoso.uai.it/leggi/legge_marche.pdf

Legge Regionale, Molise, n. 2 del 2010. Misure in materia di contenimento dell'inquinamento luminoso.

Legge Regionale, Piemonte, n. 31 del 2000. Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche. Linee guida della regione Piemonte per l'applicazione della L.R. 31/2000 in tema di lotta all'inquinamento luminoso e di risparmio energetico.

Legge Regionale, Puglia, n. 15 del 2005. Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico. D.G.R. n. 13 Regolamento Regionale n. 13 del 22 agosto 2006.

Legge Regionale, Toscana, n. 37 del 2000. Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso. D.G.R. n. 815 2004 Linee Guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna.

Legge Regionale, Umbria, n. 20 del 2005. Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico.

Legge Regionale, Valle D'Aosta n. 17 1998- Norme in materia di illuminazione esterna.

Legge Regionale, Veneto n. 17 del 2009 Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2007. Piano D'azione per La Sostenibilita' Ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (ovvero piano nazionale d'azione sul green public procurement - PAN GPP). http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/GPP/all.to_19_PAN_GPP_definitivo__21_12_2007.pdf

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014. Criteri ambientali minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica. Aggiornamento dei CAM adottati con DM 23 dicembre 2013. G.U. n.18 del 23 gennaio 2014.
http://www.gazzettaufficiale.it/do/atto/serie_generale/caricaPdf?cdimg=17A06845001000101100001&dgu=2017-10-18&art.dataPubblicazioneGazzetta=2017-10-18&art.codiceRedazionale=17A06845&art.num=1&art.tiposerie=SG

Norma UNI 10819. Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

Regolamento Attuativo, Regione Lazio, n. 8 del 18 aprle 2005. Regolamento regionale per la riduzione e prevenzione dell'inquinamento luminoso. Regolamento regionale 18 aprile 2005, n. 8 BUR 30 aprile 2005, n. 12, s.o. n. 4.

Regolamento (CE) N. 244/2009 della Commissione del 18 marzo 2009 recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lampade non direzionali per uso domestico. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0244&from=IT

Regolamento (UE) n. 1194/2012 della Commissione, del 12 dicembre 2012 , recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lampade direzionali, delle lampade con diodi a emissione luminosa e delle pertinenti apparecchiature. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32012R1194

Regolamento Regionale 5 aprile 2007, n. 2. Regolamento di attuazione della legge regionale 28 febbraio 2005, n. 20 «Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico».

http://www.regione.lazio.it/rl_main/?vw=regolamentiDettaglio&id=14&tipo=tc&nreg&anno&testo

Regione Piemonte. Linee guida per l'applicazione della L.R. 31/2000 in tema di lotta all'inquinamento luminoso e di risparmio energetico.

UNI 10745:1999. Studi di impatto ambientale. Terminologia

UNI 10819:1999. Luce ed illuminazione. Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso. http://www.lightpollution.it/cinzano/page95.html

UNI 11356:2010 Luce e illuminazione Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED.

UNI EN 13032-4:2015 Luce e illuminazione. Misurazione e presentazione dei dati fotometrici delle lampade e apparecchi di illuminazione – Parte 4: Lampade a LED, moduli e apparecchi di illuminazione.

European Consumers

L'ASSOCIAZIONE DELLE ASSOCIAZIONI

European Consumers ringrazia il lettore di buona volontà che oltre a leggere i nostri dossier ci aiuta a portare avanti le nostre battaglie a difesa dell'ambiente e dei consumatori.

Se volete aiutarci tesseratevi, affiliate la vostra Associazione o effettuate una donazione a European Consumers.

RICHIESTA TESSERAMENTO ANNO 2019 – Scarica il modulo http://www.europeanconsumers.it/2018/09/07/tesseramento-donazioni-affiliazioni/

Per i nuovi tesserati:

inviare via mail a marcotiberti@europeanconsumers.it:

– la richiesta di tesseramento;

– copia di un documento d'identità in corso di validità;

– la ricevuta del bonifico bancario per la quota di tesseramento, una volta approvata l'adesione.

1.Tesseramento a Socio di European Consumers

Socio Ordinario euro 30,00

Tesseramento anno solare: compreso tra il primo gennaio e il successivo.

2.Affiliazione di un'Associazione a European Consumers

Ente Affiliato euro 60,00

Affiliazione anno solare: compreso tra 1° gennaio e il 31 dicembre.

3.Donazione libera

Riferimenti Bancari

PERS.GIURIDICHE NSOC

Iban: IT27O0501803200000016746224

EUROPEAN CONSUMERS

BANCA ETICA

Per conoscere gli Scopi e le finalitàdell'Associazione leggi lo Statuto (http://www.europeanconsumers.it/wp-content/uploads/2018/09/Statuto-European-consumers.pdf)