

■ Matteo Pozzetti - Eleonora Perotto

M. Pozzetti - Arpa Lombardia, Dipartimento di Milano.

E. Perotto - Politecnico di Milano, Diar - SQuA.

INQUINAMENTO

luci e ombre su un fenomeno

**Se le stelle, anziché brillare continuamente sul nostro capo, non si potessero vedere che da un solo punto della Terra, gli uomini non cesserebbero di recarvisi per contemplare ed ammirare le meraviglie dei Cieli.
(Seneca)**



IL CIELO LUMINOSO

fenomeno ancora poco conosciuto

S Secondo l'ultimo rapporto dell'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (Istil), più di metà della popolazione italiana ha perso la possibilità di vedere la Via Lattea, anche nelle notti più serene. Il motivo di tale impedimento risiede nell'inquinamento luminoso, un fenomeno ancora sottovalutato, basti pensare che non esiste ad oggi una normativa nazionale in merito, ma solo iniziative regionali e provinciali, per altro tra loro disomogenee e poco applicate. Quando si parla di inquinamento luminoso non si fa riferimento solo ad un impoverimento culturale e scientifico (perdita della visione del cielo stellato), ma anche agli effetti derivanti dall'impatto sull'ambiente ad esso correlato: esistono infatti numerose pubblicazioni scientifiche che illustrano gli effetti della luce artificiale sugli ecosistemi nel loro complesso come sulle sue singole componenti (flora e fauna, uomo compreso). Il 2009 è stato proclamato dall'Onu "Anno dell'astronomia" e qualcuno ci ricorda che il cielo stellato, al pari di tutte le altre bellezze della natura, è un patrimonio naturale attualmente negato a circa il 90% della popolazione mondiale e al 50% di quella italiana a causa dell'inquinamento luminoso (impossibilità di vedere la via Lattea) [1]. L'Unesco, nella sua Dichiarazione Universale dei Diritti delle Generazioni Future, ha sancito esplicitamente che "le generazioni future hanno diritto a una Terra indenne e non contaminata" includendo anche il diritto a un cielo non inquinato dal punto di vista luminoso. Si tratta, tuttavia, di un fenomeno ancora molto sottovalutato, soprattutto a livello normativo, tanto che non esiste ad oggi una legge europea o nazionale ma solo una serie di iniziative legislative a livello regionale o provinciale che costituiscono l'unico baluardo in difesa del cielo stellato. Nel complesso, tali norme hanno avuto ben poco effetto sulla limitazione dell'inquinamento luminoso, che invece continua a incrementare di anno in anno, come dimostrano le mappe di brillantezza del cielo dell'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (Istil) [2]. In particolare, secondo gli astronomi per salvare l'osservazione scientifica del cielo e la sua fruizione da parte di tutti i cittadini del mondo, è oramai necessario intervenire con misure decise, a partire dalla imposizione di un limite all'inc-



GLOSSARIO DEI TERMINI TECNICI

Flusso luminoso

rappresenta la quantità di luce o energia raggiante emessa da una sorgente (Q) nell'unità di tempo (t): $F = Q/t$. Unità di misura: lumen (lm).

Efficienza luminosa

è pari al rapporto fra il flusso luminoso (F) emesso da una sorgente luminosa e la potenza elettrica assorbita (P): $E = F/P$. Esprime l'efficienza di una lampada. Unità di misura: lm/W .

Intensità luminosa

è data dal rapporto fra il flusso luminoso in una direzione, emesso dalla sorgente luminosa all'interno di un piccolo cono (dF) e l'angolo solido del cono stesso (dw) $I = dF/dw$. Rappresenta la densità di flusso in una certa direzione. Unità di misura: candela (cd).

Illuminamento

è pari al rapporto fra il flusso luminoso incidente ortogonalmente su una superficie (dF) e l'area della superficie che riceve il flusso (dA): $L = dF/dA$. Varia con l'inverso del quadrato della distanza dalla sorgente luminosa. Unità di misura: lux (lm/m^2).

Luminanza

è pari al rapporto fra l'intensità luminosa emessa in una certa direzione (dl) e l'area della superficie emittente perpendicolare alla direzione (dA): $U = dl/dA$. Unità di misura: cd/m^2 .

Luminosità o radianza

è pari al rapporto tra il flusso luminoso emesso (dF) per l'area della superficie irraggiante (dA):

$U = dF/dA$. Unità di misura: lm/m^2

Rendimento luminoso

è dato dal rapporto fra il flusso luminoso emesso dalla lampada verso l'esterno (F) ed il flusso luminoso emesso dalla sorgente (F_s): $h = F/F_s$.

Resa cromatica e indice di resa dei colori

la resa cromatica è una valutazione qualitativa sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati ed è pari a: 1- ottimo; 2- buono; 3- soddisfacente. L'indice di colore "Ra" permette di ottenere una valutazione oggettiva riguardo alla resa di colore della sorgente luminosa emittente. Esso è posto pari a 100 quando la sorgente emittente la luce ha lo stesso effetto della sorgente luminosa di riferimento.

Temperatura di colore

ha come riferimento l'emissione del corpo nero o la curva di Plank. La parte della radiazione visibile preponderante è funzione diretta della temperatura di colore "Tc", cioè tanto più grande è Tc tanto più si accentua la parte azzurra della radiazione, mentre per valori piccoli di Tc si accentua la parte rossa della radiazione visibile (ad esempio, la luce emessa da una lampada ad incandescenza ha Tc pari a circa 2.700 K, mentre la luce diurna a mezzogiorno presenta un valore di Tc pari a 6.000 K). Unità di misura: K (Kelvin).

Tonalità di luce

La tonalità di luce è funzione della temperatura di colore. Nel seguito alcune grandezze indicative:

- tono caldo < 3.300 K
- tono neutro < 3.300 - 5000 K
- tono bianchissimo 4.000 K
- luce diurna > 5.000 K

mento dell'illuminazione artificiale (non solo quella stradale, ma anche quella relativa a tutte le altre tipologie di illuminazione esterna, tra cui: impianti sportivi, esercizi commerciali, insegne pubblicitarie, monumenti, edifici di pregio, illuminazione di decoro ecc.). Si tratta di un intervento importante poiché si entra nel merito delle strategie di sviluppo di un intero settore "produttivo", quello dell'illuminazione (e, di conseguenza, anche delle politiche di risparmio energetico). A tal proposito, le ultime statistiche disponibili della Regione Lombardia (dati 2005) indicano che i consumi di energia elettrica per l'illuminazione pubblica nella regione sono in forte crescita, il 30% in più rispetto al 1998, e rappresentano il 5,6% dei consumi elettrici dell'intero settore terziario e circa l'1,4% dei consumi elettrici totali (a livello nazionale essi rappresentano l'1,9% dei consumi elettrici) [3]. Secondo la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (Fire - [4]), i costi che un'amministrazione locale deve sostenere per l'illuminazione pubblica possono arrivare fino al 50% di quelli elettrici e fra il 15 ed il 25% del totale delle spese energetiche. In un rapporto del 2006, l'Agenzia Internazionale dell'Energia (Iea) ha calcolato che senza provvedimenti tempestivi, la quota di energia impiegata per l'illuminazione nel 2030 sarà dell'80% più elevata rispetto a oggi, sottolineando che se solo si usassero lampade ad alta efficienza energetica con regolatori di potenza, la domanda mondiale di elettricità per l'illuminazione calerebbe al punto da rimanere costante fino al 2030 sui livelli del 2005 [5].

Cos'è l'inquinamento luminoso

In una notte serena e senza Luna, il cielo ha una luminosità determinata da molteplici sorgenti di luce naturale tra cui: la luce delle stelle, la luce del Sole riflessa dalle polveri interplanetarie, la ricombinazione atomica nella ionosfera ecc. Ormai da tempo alla luminosità di fondo si è aggiunta però la componente luminosa prodotta dall'illuminazione artificiale che va a costituire il co-



	alogenuri	sodio ap	mercurio	sodio bp
lm	20.000	33.000	14.000	33.000
lm/W	80	132	56	183
cd/m ²	1.350	500	10	10
K	4/5.000	<3.300	<4.000	giallo
W	250	250	250	180

Sono indicati, per vari tipi di lampade, nella prima riga il flusso luminoso, nella seconda l'efficienza luminosa, nella terza la luminanza, nella quarta la temperatura di colore, infine nella quinta la potenza della lampada.

Tabella 1 – Grandezze fotometriche in funzione del tipo di lampada [10].

siddetto inquinamento luminoso. Esso può essere definito come una "alterazione della quantità naturale di luce, presente nell'ambiente notturno, provocata dall'immissione di luce artificiale" [6]. A seconda del bersaglio che la luce "inquinante" va a colpire, si distingue il concetto di abbagliamento - in cui la luce va a colpire direttamente il fruitore beneficiario di una sorgente luminosa - e il concetto di inquinamento ottico, caso in cui la luce disturba soggetti che non dovrebbero essere raggiunti. Ad esempio, è abbagliamento il disturbo prodotto agli atleti dai proiettori mal progettati che illuminano un campo sportivo, ma è inquinamento ottico il disturbo prodotto dagli stessi proiettori a una persona che passeggia in una vicina strada. A questo proposito, la LR 17/2000 della Lombardia dà una definizione piuttosto completa di inquinamento luminoso, descrivendolo come "ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolar modo, se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte". La stessa legge prevede anche il concetto di inquinamento ottico o luce intrusiva, definito come "ogni forma di irradiazione artificiale diretta su superfici o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione". Questa definizione fornisce tutti gli elementi per la predisposizione delle opportune misure di prevenzione e mitigazione: illuminare solo dove e quanto serve, ed evitare che la luce si disperda verso il cielo, in particolar modo lungo gli angoli più piccoli oltre l'orizzonte. Se, infatti, si analizza

come si propaga l'inquinamento luminoso di una superficie luminosa puntiforme - come potrebbe essere un tipico lampione "a sfera" utilizzato in parchi pubblici e giardini condominiali - si individuano tre tipi di cammino del raggio luminoso [6]: 1) verso l'orizzonte, 2) sopra la verticale, 3) indiretto. Nel dettaglio, l'emissione diretta verso l'orizzonte (A), arriva a propagarsi molto lontano dalla sorgente, fino a 200-300 km di distanza, dopodiché la naturale curvatura terrestre disperde nello spazio il flusso luminoso fin qui arrivato. In questo tragitto la luce, attraversando un maggiore spessore atmosferico (rispetto alle altre traiettorie), viene quasi integralmente diffusa in atmosfera - a causa dell'interazione tra luce, molecole dell'aria e polveri in sospensione - e di conseguenza contribuisce in maniera più rilevante all'aumento di luminosità artificiale del fondo del cielo. L'emissione diretta invece verso la verticale (B), dopo aver attraversato l'atmosfera, si perde per la maggior parte nello spazio (salvo la parte diffusa nell'atmosfera) e contribuisce ad aumentare l'inquinamento luminoso a livello locale. Infine vi è l'emissione dovuta alla luce riflessa dalle superfici illuminate (C) (strade, marciapiedi, piazze ecc.). Questo contributo, sommandosi all'emissione B, contribuisce ad aumentare l'inquinamento luminoso a livello locale; tipicamente la componente riflessa ammonta a circa il 10-20% del flusso incidente. L'inquinamento luminoso è dunque il risultato della diffusione (scattering) della luce da parte dell'atmosfera: più luce viene diffusa verso la volta celeste, più luce artificiale si sovrappone a



quella proveniente dalle stelle, offuscandone o impedendone totalmente la visione. Il contributo più importante è determinato dalla luce inviata a piccoli angoli sopra la linea dell'orizzonte, e non tanto da quella dispersa verso lo zenit [6, 7] ed è soprattutto su questo parametro critico che sono intervenute le normative regionali.

Effetti dell'inquinamento luminoso

L'inquinamento luminoso provoca un'alterazione dell'oscurità notturna modificando una condizione a cui si sono adattati nel corso dell'evoluzione gli esseri viventi, sia del regno animale sia vegetale, uomo compreso. Questa alterazione riguarda sia i ritmi luce-buio, sia la quantità assoluta di luce durante la notte, sia la variazione dello spettro luminoso emesso. Alcuni effetti ambientali, come l'alterazione del fotoperiodo nei vegetali, possono apparentemente risultare positivi a breve termine, come la maggio-

re produttività di determinate piante che però nel lungo periodo rivelano una minore resistenza agli stress esterni e una mortalità precoce. È questo il caso del rapido deterioramento del patrimonio arboreo urbano. Sono state anche accertate variazioni sui tempi di riproduzione negli animali, modifiche nel canto dei volatili, difficoltà o perdita di orientamento negli uccelli migratori, nelle tartarughe marine e nelle falene, alterazione delle strategie di difesa o di predazione negli animali notturni [8]. Secondo recenti studi medici, non vanno trascurati nemmeno gli effetti sanitari sull'uomo. L'Università di Colonia, in Germania, nel 2002 ha dedicato un simposio alle correlazioni individuate da alcuni ricercatori tra l'eccesso di luce durante le ore notturne, il sistema endocrino e lo sviluppo del cancro. Alla base di questi studi vi è la stretta connessione tra ritmi circadiani nell'uomo e produzione di melatonina, ormone che regola il ciclo di

veglia-sonno ma che funge anche da potente antiossidante contro i radicali liberi e contro altri fattori di stress fisiologico [9]. Infine, è doveroso ricordare come la perdita della visione del cielo stellato costituisca anche un grave danno scientifico-culturale: esso costituisce infatti un patrimonio di valore inestimabile essendo da sempre fonte di ispirazione per la religione, la filosofia, la scienza e la cultura dei popoli di tutto il mondo.

Normativa cogente il caso della Lombardia

L'inquinamento di tipo luminoso non è regolamentato da alcuna legge nazionale. Benché diverse proposte di legge siano state più volte sottoposte al Parlamento, nessuna è infatti mai giunta alla discussione in aula. Le singole Regioni e la Provincia autonoma di Trento hanno tuttavia promulgato dei propri testi normativi, e attualmente sono diciassette le leggi che regolano la materia a livello locale. Sono ancora senza



un riferimento legislativo solo la Provincia autonoma di Bolzano, il Molise, la Calabria e la Sicilia, ove è applicabile la norma tecnica Uni 10819:1999 dedicata alla limitazione della dispersione del flusso luminoso verso l'alto degli impianti di illuminazione esterna. Tutte le disposizioni normative si applicano a impianti sia privati sia pubblici, ad eccezione di alcune casistiche (ad esempio, impianti di modesta entità o di uso temporaneo). Analizzando le prescrizioni legislative, si evidenzia però una certa difformità nelle misure scelte per contenere l'inquinamento luminoso, fatto questo che crea disomogeneità di applicazione nelle zone di confine amministrativo e quindi problemi pratici negli operatori del settore. Nonostante ciò è possibile classificare le leggi regionali esistenti in poche categorie a seconda del tipo di vincolo relativo all'emissione luminosa oltre l'orizzonte. In particolare si distinguono le leggi che seguono:

- il criterio dell'azzeramento pressoché totale dell'emissione oltre l'orizzonte (espresso in termini tecnici nel limite di 0,49 cd/klm - apparecchi full cut-off); introdotto dalla Lombardia e poi seguito da Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Umbria, Marche, Abruzzo, Puglia, Sardegna e Provincia autonoma di Trento;

- il criterio, meno stringente rispetto al precedente, per cui si adottano limiti variabili per il flusso luminoso diretto nell'emisfero superiore; disposto da quattro regioni: Veneto e Toscana, per le quali non deve superare il 3% del flusso totale emesso dalla sorgente, Lazio e Campania per le quali si prevedono soglie differenti a seconda delle applicazioni con un tetto massimo di 35 cd/klm;

- il criterio per cui si applicano i requisiti più permissivi previsti dalla norma Uni 10819, che limita le emissioni con soglie relative di illuminazione a seconda del tipo di impianto e della

zona di installazione; è adottato da Valle d'Aosta, Piemonte e Basilicata.

In termini generali è comunque possibile ritrovare alcuni punti comuni alle leggi regionali, tra cui:

- la definizione di zone di tutela degli osservatori astronomici e delle aree naturali protette con criteri d'illuminazione più stringenti (adeguamento degli impianti esistenti e lampade al sodio ad alta pressione),

- la previsione, anche ai fini del risparmio energetico, dell'adozione di lampade ad alta efficienza (oltre 90 lm/W),

- lo spegnimento programmato o l'adozione dei riduttori di flusso.

Infine, alcune leggi, come quella lombarda ed emiliana, dispongono inoltre: i) la redazione di un piano comunale di illuminazione al fine di pianificare con ocutezza le esigenze di illuminazione attuali e future della città, di razionalizzare le spese energetiche e manutentive; ii) la presentazione da parte dei proprietari degli impianti di un progetto illuminotecnico dettagliato volto a dimostrare il rispetto dei requisiti di legge, da approvarsi da parte del Comune (ente dotato di poteri sanzionatori).

Misure di mitigazione

Per mitigare il fenomeno dell'inquinamento luminoso è necessario applicare interventi tecnici/tecnologici sugli impianti ed una più efficiente gestione degli stessi. L'illuminazione stradale e quella pubblica in generale è caratterizzata da una scarsissima efficienza delle tecnologie impiegate. La massiccia presenza di lampade a vapori di mercurio, tipologia con scarsissima efficienza luminosa (Tabella 1), ne è l'emblema più evidente. In Lombardia rappresenta circa il 70% sul totale installato, e la vetustà degli impianti è stata stimata con un'età di oltre venticinque anni per più del 50% degli apparecchi. I margini per recuperare efficienza sono quindi elevatissimi e, a livello tecnico, piuttosto semplici da realizzare. In particolare, i criteri di progettazione delle sorgenti devono seguire parametri basati sia sulla quantità di

flusso luminoso immesso nell'ambiente, sia sulla direzione di tale immissione: schermature (cut-off), ottiche direttive e vetri piani. Per l'inquinamento da luce indiretta (C), occorre invece l'intervento esperto del progettista che deve saper dimensionare adeguatamente l'impianto di illuminazione a seconda del tipo di utilizzo evitando di sovrailluminare. In generale, si rammenta che la fattibilità tecnica degli interventi nel settore dell'illuminazione stradale o dell'illuminazione di interni nei comparti civili, terziari e industriali non ha particolari limitazioni e che il risparmio energetico effettivo può essere valutato nell'ordine del 30% negli uffici, del 30-40% nelle abitazioni e fino al 70-80% nel settore dell'illuminazione stradale. Inoltre, per ridurre il fenomeno dell'inquinamento luminoso, è fondamentale anche intervenire attraverso una gestione efficace degli impianti stessi. In particolare, oltre a mantenersi conformi a quanto previsto dalla normativa si dovrebbe operare anche introducendo misure per ottimizzare l'uso dell'energia nell'illuminazione, tra cui, ad esempio:

- una adeguata manutenzione degli impianti;

- un sistematico monitoraggio del livello di distribuzione dell'illuminamento e dell'abbagliamento diretto o riflesso, mediante opportune misurazioni;

- una appropriata programmazione delle riduzioni dei flussi, ma anche delle accensioni (e degli spegnimenti) degli impianti illuminanti.

Infine, per una gestione ottimale del fenomeno stesso che veramente sottenda alla logica dello sviluppo sostenibile, sarebbe necessario considerare anche i seguenti aspetti: l'illuminazione interna (ad esempio, mediante un utilizzo razionale dell'illuminazione naturale secondo i principi dell'architettura bioclimatica) e la gestione di tutti gli aspetti ambientali connessi alle attività riguardanti l'illuminazione, *in primis* la gestione dei rifiuti provenienti dalla sostituzione degli impianti e delle lampade. A titolo di esempio viene riportata in Tabella 2 una sintesi delle informazioni utili per il corretto smal-



TIPOLOGIA DI LAMPADA	TIPOLOGIA DI SMALTIMENTO
<p>Lampade ad incandescenza Non contengono sostanze dannose per l'ambiente</p>	Non è richiesto nessun accorgimento particolare
<p>Lampade ad incandescenza ad alogeni Queste lampade contengono quantità infinitesimali di alogeni e di idrogenati che, pur essendo classificati come sostanze pericolose, sono presenti in quantità molto esigua (pochi milionesimi di grammo) che non rappresenta un pericolo per l'uomo e per l'ambiente</p>	Non è richiesto nessun accorgimento particolare
<p>Lampade fluorescenti e lampade fluorescenti compatte Queste sorgenti luminose contengono quantità minime di mercurio, inferiori a 5 mg nelle lampade fluorescenti di ultima generazione</p>	<p>Le lampade fluorescenti provenienti da impieghi commerciali e industriali devono essere trattate da imprese di smaltimento specializzate. Gli utenti privati possono depositarle presso gli appositi punti di raccolta allestiti nei comuni. Questi rifiuti necessitano di particolari controlli. Sono contrassegnati dal codice Ewc 0604 04 (rifiuti contenenti mercurio) e dal codice Laga 353 26 (residui contenenti mercurio, lampade a vapori di mercurio, tubi fluorescenti)</p>
<p>Lampade allo xeno ad alta pressione Le lampade allo xeno ad alta pressione non contengono sostanze dannose per l'ambiente</p>	Non è richiesto nessun accorgimento in un panno e frantumandole), particolare per il loro smaltimento, anche se occorre però "scaricare" la loro pressione (ad es. avvolgendole in un panno e frantumandole).
<p>Lampade a scarica ad alta pressione A questa categoria appartengono le lampade a vapori di sodio ad alta pressione, le lampade a vapori di mercurio e le lampade a vapori di alogenuri. Tutte contengono quantità minime di mercurio; le lampade a vapori di alogenuri possono contenere anche tallio. La rottura di lampade a scarica ad alta pressione può provocare il rilascio di tracce tossiche di mercurio e alogenuri di tallio.</p>	<p>Le lampade a scarica ad alta pressione provenienti da impieghi commerciali e industriali devono essere trattate da imprese di smaltimento specializzate. Gli utenti privati possono depositarle presso gli appositi punti di raccolta allestiti nei comuni. Questi rifiuti necessitano di particolari controlli. Sono contrassegnati dal codice Ewc 0604 04 (rifiuti contenenti mercurio) e dal codice Laga 353 26 (residui contenenti mercurio, lampade a vapori di mercurio, tubi fluorescenti).</p>
<p>Lampade al sodio a bassa pressione e lampade al sodio-xeno (dsx) Non contengono elementi dannosi ad eccezione del sodio, che è facilmente infiammabile e corrosivo.</p>	<p>Gli utenti privati possono depositare queste lampade presso gli appositi punti di raccolta differenziata dei materiali riciclabili allestiti nei comuni. Queste lampade non possono essere depositate insieme ai rifiuti domestici o nei contenitori per il vetro; vanno smaltite secondo le modalità stabilite dal codice Ewc 1011 02 (vetro usato) e dal codice Laga 314 0844 (rifiuti vetrosi). Le lampade al sodio-xeno non possono essere smaltite insieme al comune vetro usato, perché i bruciatori ceramici contengono Al_2O_3.</p>



Figura - Esempi di illuminazione stradale.

timento di alcune tipologie di lampade. Infine, un buon esempio di mitigazione degli effetti dell'inquinamento luminoso è quello che si ricava dall'analisi dell'esperienza effettuata da taluni comuni italiani basata sulla pianificazione degli interventi nel settore dell'illuminazione (i cui risultati effettivi sono misurati mediante la valutazione di opportuni indicatori, tra cui: percentuale contenimento delle potenze installate rispetto al target, risparmio energetico/anno (% kWh), percentuale di utilizzo di sorgenti ad alta efficienza e di approvvigionamento elettrico da fonti rinnovabili certificate rispetto al totale) (vedi riquadro "Esempi virtuosi di illuminazione pubblica").

Conclusioni

Se non verranno prese rapidamente iniziative volte alla riduzione dell'inquinamento sul nostro territorio nazionale, nel 2025 la Via Lattea sarà invisibile da tutta l'Italia [1, 11]. Per ridurre l'inquinamento luminoso in maniera efficace e globale occorre un approccio normativo unificato al-

meno a livello nazionale volto alla tutela del cielo stellato, al rispetto degli ecosistemi e al risparmio energetico.

Come dimostrano gli esempi riportati, sarebbe auspicabile porre un tetto al tasso di crescita dei flussi luminosi e delle potenze installate, in modo da favorire un uso più oculato, attento e razionale della luce. Porre un limite all'incremento annuo del flusso luminoso installato in ogni Comune significherebbe calmierare anche l'incremento annuo dei consumi di energia elettrica. Ciò comporterebbe anche impulso all'innovazione nel settore delle lampade e degli impianti in generale [7], dove comunque già oggi esistono prodotti in grado di rispettare anche le più severe norme regionali, senza per questo limitare la progettualità dei light designers.

A conferma della crescente attenzione nei confronti dell'inquinamento luminoso, si segnala infine l'imminente nascita della prima "finestra naturale" in Europa dedicata alla completa osservazione delle stelle. Si tratta di un parco che sorgerà nell'area della foresta di Galloway in Scozia [12] e che segue l'esempio dei due parchi americani, uno in Pennsylvania e l'altro nello Utah, che già da diversi anni hanno aderito all'International Dark Sky Association.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. Cinzano *et al.*, "Rapporto Istituti 2001, Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia", Documento scaricabile dal sito Istituti.
- [2] Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (Istit): <http://www.inquinamentoluminoso.it/istil/indexit.html>.
- [3] Piano d'Azione per l'Energia, Regione Lombardia. Documento scaricabile dal sito: <http://www.ors.regione.lombardia.it>.
- [4] Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (Fire): <http://www.fire-italia.it/>.
- [5] International Energy Agency - Iea, "Light's Labour's Lost: Policies for Energy-efficient Lighting", 2006. Documento scaricabile dal sito Iea: <http://www.iea.org>.
- [6] M. Vedovato, "L'inquinamento luminoso breve guida per valutare gli impianti di illuminazione esterna", 2007. Documento scaricabile dal sito Cielo Buio: <http://www.cielobuio.org/>.
- [7] P. Cinzano, "La valutazione dell'impatto ambientale dell'inquinamento luminoso", Atti Convegno Nazionale Immissioni ed Emissioni, Milano del 14/12/2004, *Rivista Verde Ambiente*, 1, 57.
- [8] T. Longcore e C. Rich, *Frontiers in Ecology Environment*, 2004, 2(4), 191, The Ecological Society of America.
- [9] AA.VV., "Light, Endocrine Systems and Cancer", International Symposium, May 2-3, 2002 University of Cologne, Germany. Documenti scaricabili da sito: www.nel.edu/Press/Light-Endocrine-Cancer.htm.
- [10] C. Rossi, "Nozioni di illuminotecnica", 1997. Documento scaricabile dal sito Cielo Buio: <http://www.cielobuio.org/>.
- [11] P. Cinzano, "Disentangling artificial sky brightness from single sources in diffusely urbanized areas, in measuring and modelling light pollution", Ed. Cinzano, 2000.
- [12] Foresta di Galloway: www.forestry.gov.uk/gallowayforestpark.

Tabella 2 - Gestione degli aspetti ambientali derivati dalle attività effettuate per ridurre

l'inquinamento luminoso: il caso dello smaltimento delle lampade.