ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

AMBIENTE e SOCIETÀ

L'ILLUMINAZIONE NELLE AREE URBANE

5/2011

Quaderni

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

L'ILLUMINAZIONE NELLE AREE URBANE

A cura di Daniela Santonico,
collaboratore: Claudia Perrini

Quaderni – Ambiente e Società 5/2011

Informazioni legali
L'istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Quaderno.

ISPRA – Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISPRA, Quaderni – Ambiente e società n. 5/2011

ISBN 978-88-448-0517-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Contributo alla realizzazione editoriale:
Giorgio Giardini
ISPRA – Responsabile Servizio Progetto Speciale per i Rapporti con Università ed Enti di Ricerca

Elaborazione grafica
ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Dipinto ad olio realizzato da Maria Grazia Capitelli

Coordinamento tipografico:
Daria Mazzella
ISPRA – Settore Editoria

Amministrazione:
Olimpia Girolamo
ISPRA – Settore Editoria

Distribuzione:
Michelina Porcarelli
ISPRA – Settore Editoria

Impaginazione e Stampa
Tipolitografia CSR – Via di Pietralata, 157 – 00158 Roma
Tel. 064182113 (r.a.) – Fax 064506671

Finito di stampare nel mese di dicembre 2011

Curatori e autori:

Daniela Santonico: Energy Manager, ISPRA - Dipartimento Affari Generali e Gestione del Personale.

Claudia Perrini: laureata in Economia dell'ambiente, dello sviluppo e del territorio, ha svolto un tirocinio presso ISPRA sull'illuminazione in ambito comunale.

Un ringraziamento particolare a:

Diego Bonata, Progettista illuminotecnico, Segretario di Light-is (Professional eco-light association)

Fabio Falchi, Presidente Cielobuio - Coordinamento Nazionale per la Protezione del Cielo Notturno;

Mario Di Sora, Direttore Osservatorio Astronomico di Campo Catino;

Nicoletta Gozo, Ricercatore ENEA, coordinatrice del progetto Lumière;

Lo staff del progetto Lumière dell'ENEA.

Contatto:
Daniela Santonico
Energy Manager ISPRA
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma
Tel. 06 50072260 Fax 06 50072279
daniela.santonico@isprambiente.it

INDICE

Prefazione p. 7

INTRODUZIONE p. 9

1. *Città e inquinamento luminoso* p. 11
   1.1 Inquinamento luminoso e consumi energetici p. 11
      1.1.1 Le principali sorgenti dell'inquinamento luminoso p. 13
      1.1.2 L'inquinamento luminoso dal punto di vista fisico p. 14
      1.1.3 La brillanza del cielo notturno p. 14
      1.1.4 La magnitudine p. 16
   1.2 - Gli effetti sull'uomo, sulla flora e sulla fauna p. 17

2. *Leggi, norme e piani di riferimento* p. 19
   2.1 Inquinamento luminoso p. 19
      2.1.1 Riferimenti normativi a livello internazionale e nazionale p. 19
      2.1.2 Normativa e strumenti per la pianificazione a livello regionale e comunale p. 21
   2.2 Contenimento energetico p. 26
      2.2.1 Inquadramento normativo comunitario e nazionale p. 26
      2.2.2 Normativa e strumenti per la pianificazione regionale e comunale p. 27
   2.3 I piani regolatori per l'illuminazione comunale o piani della luce (PRIC) p. 30
   2.4 Green Public Procurement e il Piano Nazionale d'Azione p. 35
   2.5 Norme tecniche per l'illuminazione p. 37

3. *Forme di incentivazione per l'efficienza energetica dell'illuminazione pubblica* p. 41
   3.1 L'energy management e l'illuminazione pubblica p. 41
   3.2 I Finanziamenti Tramite Terzi e le E.S.CO. p. 42
   3.3 I format contrattuali di servizi E.S.CO. p. 45
   3.4 La convenzione CONSIP – Servizio Luce p. 45
   3.5 I Titoli di Efficienza Energetica (TEE o certificati bianchi) p. 47
   3.6 I Fondi Strutturali p. 49
   3.7 I Programmi Europei p. 50

4. *L'impianto di illuminazione* p. 53
   4.1 Struttura tecnica dell'impianto di illuminazione p. 53
      4.1.1 Sorgenti luminose p. 54

4.1.2 Le armature p. 56
4.1.3 Tipologie di supporto per la lampada p. 57
4.2 Esempi di tecnologie per il risparmio energetico p. 59
4.3 Illuminazione di edifici e monumenti p. 60

ALLEGATO I - Schede sintetiche dei di PRIC:
Lodi, Foggia e Vigevano p. 65

ALLEGATO II - Norme tecniche p. 71

ALLEGATO III - CIE Commissione Internazionale per l'illuminazione
(International Commission on Illumination)
Elenco dei comitati nazionali p. 73

BIBLIOGRAFIA p. 79

SITOGRAFIA p. 81

PREFAZIONE

di Stefano Laporta
Direttore Generale ISPRA

In armonia con la mission istituzionale di ISPRA, è stato redatto il quaderno 5/2011 "Ambiente e Società", in cui i temi trattati trovano un reale riscontro nelle problematiche connesse alle aree occupate dalle nostre città, in quanto sia l'inquinamento luminoso che lo spreco energetico devono essere contenuti il più possibile attraverso una serie di politiche, misure e provvedimenti.
Innalzare l'indice qualitativo della vita negli ambienti urbani appartiene ai principi della sostenibilità a cui sono chiamati a rispondere sia i privati cittadini che gli amministratori della res-publica.
È per tale motivo che questo quaderno è stato strutturato in modo da dare un agevole supporto agli amministratori degli enti locali e agli addetti ai lavori, elaborandolo in modo che potesse fornire un panorama tecnico generale sulle tematiche dell'inquinamento luminoso e del contenimento energetico e un inquadramento normativo-legislativo relativo ai provvedimenti nazionali, regionali e comunali.
Ancora ad oggi, nonostante le attività che vengono svolte in relazione al problema dell'inquinamento luminoso, si delinea una scarsa consapevolezza e sensibilità alla tematica soprattutto da parte dei cittadini; mentre, il problema dell'approvvigionamento energetico, è più sentito tra la popolazione come problema socio-economico-ambientale.
Nonostante la complessità dei temi analizzati e la loro importanza sottolineata dagli indirizzi dettati dalla Comunità Europea agli Stati Membri, gli argomenti sono stati trattati dal punto di vista tecnico-scientifico in maniera chiara e rigorosa finalizzati a divulgare una conoscenza utile ad intraprendere percorsi e scelte consapevoli da parte della governance del nostro territorio.
Inoltre, viene messo in evidenza come l'inquinamento luminoso e il contenimento energetico siano strettamente correlati alla pianificazione territoriale e pertanto necessitano di una serie di azioni oculate e compatibili con le esigenze e le peculiarità che di volta in volta si vanno a definire anche in ragione dei diversi standard normativi.
Queste materie rientrano quindi in una pianificazione integrata del territorio per la quale lavorano in sinergia soggetti pubblici e privati per arrivare ad elaborare il progetto di città "intelligente", ossia di Smart City, così definita dalla Commissione Europea, per la quale si deve garantire uno sviluppo urbano equilibrato affinché sia sostenibile, confortevole, tecnologica, interconnessa, attrattiva, sicura e con ridottissime emissioni di gas serra. Raggiungere questo obiettivo implica un percorso ambizioso e non facile che richiede un impegno costante e immediato da parte di tutti coloro che la abitano. In tal senso il quaderno è uno strumento utile per pervenire allo scopo.

INTRODUZIONE

di Fabio Falchi
Presidente Cielobuio
Coordinamento Nazionale per la Protezione del Cielo Notturno

L'illuminazione notturna artificiale è sicuramente associata all'idea di progresso della società contemporanea. Il progresso è generalmente abbinato all'idea di crescita quantitativa. Come è noto però, la crescita quantitativa non può essere sostenuta indefinitamente da un sistema con risorse limitate, quale è il pianeta Terra. Anche l'illuminazione notturna quindi dovrà tendere verso una crescita sempre meno quantitativa, a vantaggio di una crescita nella qualità. Non dovremo usare sempre più luce nelle nostre città, ma migliorarne la qualità, per ottenere una luce più confortevole, meno abbagliante, meno pericolosa per la salute umana e per l'ambiente, più economica e sostenibile.

In questa direzione si sono mosse con lungimiranza numerose regioni italiane, legiferando in tema di inquinamento luminoso. Molte delle leggi approvate sono all'avanguardia in Europa e nel mondo e hanno apportato sostanziali benefici laddove sono state meglio applicate.

In alcune zone, per la prima volta da decenni, abbiamo assistito al blocco della crescita di uno degli effetti più evidenti dell'inquinamento luminoso: l'aumento della luminosità del fondo del cielo notturno, quello che ci nasconde un meraviglioso spettacolo naturale, la Via Lattea. Fermare la crescita dell'inquinamento luminoso è stato un primo importante risultato, raggiunto nonostante si sia verificato circa un raddoppio del flusso luminoso installato nell'ultimo decennio. E' evidente che non ci si può permettere un tale aumento ogni dieci anni. Le conseguenze negative della luce di notte, sulla salute dell'uomo, sull'equilibrio dell'ambiente, sulla cultura (e sulle casse comunali) sarebbero insostenibili. Quindi è necessario un miglioramento qualitativo ed una diminuzione quantitativa della luce notturna artificiale prodotta.

Seguire dunque regole semplici, intuitive e già testate sul campo:

- 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);
- 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 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);
- 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).

- limitare l'utilizzo di lampade ad ampio spettro, con elevato contenuto di luce blu (come le lampade agli ioduri metallici e i LED bianchi).

Molti potranno trovare contro intuitivi gli argomenti a favore di una razionalizzazione dell'illuminazione esterna, visto il martellamento mediatico, in corso da decenni, a favore della luce artificiale, che viene vista sempre come positiva. In effetti siamo tutti convinti che la luce aumenti la sicurezza, personale e stradale, senza che questo sia mai stato scientificamente provato da studi indipendenti e statisticamente solidi. Sembra invece addirittura che la sicurezza stradale che parrebbe derivare dall'illuminazione, possa essere messa in dubbio: il Dirif-Direction interdépartementale des routers d'Ile-de-France ha analizzato lo spegnimento dell'illuminazione sulle autostrade verificando una diminuzione del numero e della gravità degli incidenti del 30% negli ultimi tre anni. Forse non è troppo strano se pensiamo che l'illuminazione aumenta la sensazione di sicurezza e spinge quindi ad aumentare la velocità.

Il contrasto all'inquinamento luminoso, come indicato in questa preziosa guida, ci fornisce quindi l'occasione per migliorare da tutti i punti di vista l'illuminazione esterna nelle nostre città.

1. CITTÀ E INQUINAMENTO LUMINOSO

1.1 – Inquinamento luminoso e consumi energetici

Nelle aree densamente urbanizzate l'illuminazione notturna artificiale raggiunge spesso livelli intollerabili. La luce è diventata simbolo di ricchezza, un bene scontato da poter impiegare senza limiti a scopi pubblicitari, per spettacoli, per illuminazione architettonica o per installazioni sportive. La notte è stata conquistata da fonti di luce artificiale, emesse da città, centri abitati, strade, edifici etc.
Dal momento in cui sul nostro pianeta la notte è stata invasa dalla luce, le condizioni di vita di molti animali e piante sono cambiate, il cielo stellato si può ammirare ormai solo da aree remote e la Via Lattea è diventata un fenomeno naturale a molti sconosciuto.
Pensiamo che nel secolo scorso solo il 10% circa della popolazione mondiale viveva nelle città, oggi nel XXI secolo questa percentuale ha raggiunto il 50% e si stima che entro il 2050 arriverà al 75%. Immaginiamo quindi quale trasformazione stia subendo il nostro territorio proprio a fronte di questa espansione. Da qui nasce l'esigenza di promuovere un ambiente urbano sostenibile, e tra i numerosi obblighi legislativi fino ad oggi emanati (ricordiamo il Protocollo di Kyoto), si pone in evidenza quello dell'esigenza di contenere il più possibile l'uso dell'energia, la riduzione delle emissioni di CO_2 in atmosfera e quello di migliorare la qualità della vita nelle città. Si è consapevoli ormai che lo sviluppo economico debba essere programmato in base alle esigenze ambientali del pianeta e che le risorse naturali non si riproducono con la stessa velocità con la quale vengono consumate.
Sia i privati cittadini che i pubblici amministratori, coinvolti direttamente o indirettamente nei processi di sviluppo economico del paese, devono tenere in considerazione la riduzione dei consumi energetici e l'abbattimento delle emissioni di CO_2, l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabili e l'efficienza energetica.
Una progettazione e una gestione intelligente della luce artificiale è quindi la base per un'illuminazione adatta ad ogni necessità, mentre un'illuminazione inadeguata ed eccessiva delle nostre città produce inquinamento luminoso e spreco energetico. Ricordiamo che l'ONU, in occasione della "III Conferenza per gli usi pacifici dello spazio esterno" UNISPACE III, ha organizzato nella sua sede di Vienna il convegno "Preservare il cielo astronomico" (12-16/7/99) ed ha raccomandato agli Stati Membri "di agire in modo da controllare l'inquinamento del cielo da luce e altre cause, a vantaggio del risparmio energetico, dell'ambiente naturale, della sicurezza e del comfort notturno, dell'economia nazionale così come della scienza". La definizione scientifica di inquinamento luminoso, adottata anche dalla Starlight Iniziative dell'UNESCO è: "alterazione della quantità naturale di luce presente nell'ambiente notturno dovuta ad immissione di luce artificiale". L'inquinamento del cielo notturno è prodotto sia dall'immissione diretta di flusso luminoso verso l'alto, sia dalla diffusione di flusso luminoso riflesso da superfici che vengono illuminate in quantità nettamente superiore a quella necessaria per assicurare la funzionalità e la sicurezza richiesta.

In una città, il flusso disperso verso l'alto prodotto dall'illuminazione stradale (spesso composta da apparecchi di illuminazione con vetro prismatico, lampioni, lanterne, globi e altre armature molto disperdenti) si somma a quello prodotto dall'illuminazione di edifici, insegne, e altro, e quindi il rapporto tra il flusso totale disperso direttamente verso l'alto e il flusso totale emesso dagli apparecchi è in genere molto elevato. Fanno naturalmente eccezione le zone ove sono in vigore norme contro la dispersione di luce e l'inquinamento luminoso.
Inoltre l'eccessiva illuminazione produce un consumo elevato di energia, causato dal mancato utilizzo di apparecchi per la riduzione dei consumi, utilizzo di sorgenti di luce non efficienti, uso indiscriminato e diffuso di luminanze[1] superiori rispetto a quelle ritenute idonee per la sicurezza.
Nel 2010 nel nostro Paese, il settore dell'illuminazione in generale (pubblica, industriale e residenziale) ha contabilizzato un consumo totale di energia elettrica pari a circa 50,8 TWh/anno, dei quali 6,1 TWh/anno sono utilizzati per illuminazione pubblica. Questi dati in rapporto al totale dei consumi annuali di energia elettrica del Paese (309.8 Twh/anno), indicano che l'illuminazione in generale ne costituisce il 16.4% e che a questa percentuale l'illuminazione pubblica contribuisce con il 12.6% (Fonte: ENEA).
Grazie alle numerose tecnologie a disposizione e alle relative competenze tecniche, l'illuminazione pubblica potrebbe comportare un buona riduzione dei consumi energetici pari a circa il 30% attraverso un'operazione "qualità" di riqualificazione degli impianti.

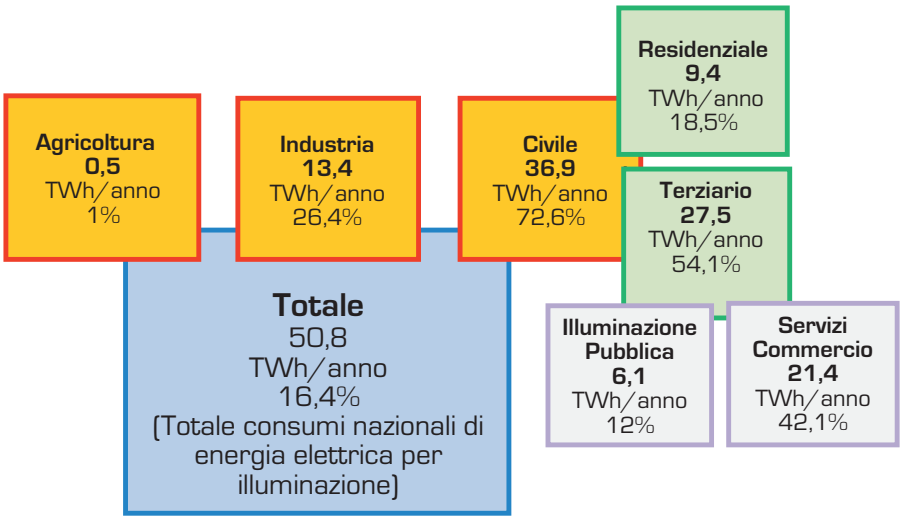


Fig. 1 - Consumi di energia elettrica per illuminazione nei diversi settori in Italia e percentuale del consumo sul totale dei consumi nazionali di energia per illuminazione – Fonte: ENEA su dati Terna, anno 2010

[1] La **luminanza** è il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente verso una superficie normale alla direzione del flusso e l'area della superficie stessa.

1.1.1 - Le principali sorgenti dell'inquinamento luminoso

Le principali sorgenti di inquinamento luminoso sono gli impianti di illuminazione esterna, ma anche gli impianti da illuminazione interna che sfugge all'esterno.
L'inquinamento luminoso produce due tipologie di impatto differenti:

– Impatto generalizzato
– Impatto prossimale.

Fig. 2 - Illuminazione artificiale in Italia di notte - Foto di Douglas Wheelock scattata dalla Stazione Spaziale Internazionale anno 2010

Il primo è causato dall'immissione in atmosfera di luce artificiale e alla sua successiva diffusione da parte delle molecole e delle particelle di aerosol, che si comportano come sorgenti secondarie di luce; il secondo, invece, è dovuto all'illuminamento diretto[2] di superfici, oggetti e soggetti inutilmente illuminati.
La valutazione dell'impatto di tipo "generalizzato" è alquanto complessa: occorre infatti determinare quale dovrebbe essere l'emissione massima perché la somma degli effetti di tutti gli impianti attivi produca un'alterazione trascurabile dell'ambiente naturale. La propagazione della luce artificiale in atmosfera fa sì che gli effetti inquinanti si manifestino anche a centinaia di chilometri dalla sorgente.
L'effetto "prossimale", invece, è dato dal flusso luminoso che arriva sulla superficie o sul soggetto coinvolto. I parametri più importanti sono l'illuminamento orizzontale o verticale, ossia il flusso luminoso per unità di superficie su piani oriz-

[2] Illuminamento diretto ossia l'illuminazione che arriva direttamente dalla sorgente luminosa.

zontali o verticali, o quelli legati al soggetto stesso, come l'abbagliamento debilitante o molesto. Le aree più colpite da questo tipo di impatto sono quelle situate in prossimità di impianti di illuminazione.

1.1.2 - L'inquinamento luminoso dal punto di vista fisico

Per capire meglio come si crea e si diffonde l'inquinamento luminoso è necessario approfondire alcuni aspetti fisici.
Innanzitutto, l'atmosfera è composta da diversi tipi di particelle gassose (azoto, ossigeno ed anidride carbonica) o solide di diametro sub millimetrico (chiamate aerosoli) o liquide. La densità atmosferica decresce esponenzialmente con la quota: il 99,9% lo troviamo nella troposfera e parte nella stratosfera.
Oltre i 60 Km, c'è la mesosfera che contiene altri gas più leggeri.
Gli aerosoli sono particelle e corpuscoli in sospensione la cui natura chimica è variabile e dipende dall'origine degli aerosoli stessi: essi possono essere immessi in atmosfera dall'azione dei venti sui deserti o sugli oceani, dall'eruzione dei vulcani o anche dalle emissioni industriali e da combustibile dovuti all'attività umana. Essi svolgono un ruolo molto importante, in quanto rappresentano centri di diffusione della radiazione solare che, quando li incontra, viene "deviata" in direzioni diverse, quindi ridistribuiscono il campo energetico-radiattivo di natura solare e solo in piccola parte assorbono tale reazione. A causa dell'inquinamento atmosferico, la quantità di aerosoli è aumentata notevolmente causando anche un'amplificazione dell'inquinamento luminoso, dal momento che, quando un raggio di luce colpisce una particella atmosferica accade che questa venga riflessa o diffusa, a seconda della sua forma, composizione e dimensione della particella.
Quantificare l'inquinamento luminoso è possibile attraverso l'utilizzo di alcuni indicatori ambientali. Gli aspetti più monitorati sino ad oggi sono stati quelli legati alla difficoltà crescente di poter osservare la volta celeste e le stelle, da parte della comunità scientifica e dai cultori della materia.
L'inquinamento luminoso sul cielo notturno richiede un monitoraggio periodico su scala globale e può avvenire solo grazie ai dati raccolti dai satelliti.
In questo campo sono stati messi a punto due indicatori:

- la brillanza artificiale e totale del cielo notturno allo zenit (è un indicatore fisico che valuta il livello globale di inquinamento luminoso);
- la magnitudine limite visuale, ossia la magnitudine della stella più debole visibile ad occhio nudo da un osservatore tipico in condizioni predefinite (è un indicatore quantitativo che valuta in particolare l'effetto sull'uomo).

1.1.3 - La brillanza del cielo notturno

La brillanza è la grandezza che tende a valutare la sensazione luminosa ricevuta dall'occhio e si misura in candele per metro quadro (cd/m^2). La brillanza del cielo è un fenomeno che dipende fortemente dalle condizioni atmosferiche e dalle variazioni climatiche stagionali. Infatti, il cielo notturno sotto l'atmosfera terrestre non è completamente nero, in quanto, al di là della presenza o me-

no dell'inquinamento luminoso, esistono dei fenomeni naturali che lo rendono luminoso.
Il fondo stellare, per esempio, è ricco di stelle galattiche che non riusciamo a vedere singolarmente, e il Sole dà luce ad alcune particelle interplanetarie che si trovano sul piano del sistema solare, che noi conosciamo come luce zodiacale.

Fig. 3 - Foto ripresa in Cile. La luce zodiacale appare al centro destra dell'immagine. A sinistra invece, appare la Via Lattea, la galassia della quale fa parte il Sistema Solare

Oltre a questi fenomeni, la volta celeste è illuminata da un insieme di processi negli strati superiori dell'atmosfera che provocano una debole emissione luminosa (Airglow). Un esempio può essere la luminescenza derivante dagli urti tra i costituenti dell'atmosfera e i raggi cosmici incidenti.
Da questo quadro emerge che l'atmosfera amplifica l'effetto dell'inquinamento luminoso diffondendo la luce a grandi distanze. Inoltre, la presenza di smog peggiora la situazione. Quindi, dato che l'atmosfera è fondamentale per la vita sulla Terra, non è possibile eliminare completamente questi fenomeni, ma sicuramente un'azione di riduzione di polveri e gas inquinanti ridurrebbe l'inquinamento luminoso. Per questo è necessario evitare la dispersione diretta di luce verso il cielo.

Tab. 1 - Significato delle grandezze

Grandezza	Cosa indica
Brillanza artificiale a livello del mare	Inquinamento luminoso in atmosfera, aree più inquinate e più inquinanti
Brillanza totale con altitudine	Luminosità del cielo
Magnitudine limite	Visibilità delle stelle
Perdita di magnitudine	Degrado della visibilità delle stelle
Visibilità della Via Lattea	Visibilità della Via Lattea

1.1.4 - La magnitudine

Ogni volta che si guarda il cielo di notte si vede la luce delle stelle e quella proveniente dagli impianti di illuminazione, che è più intensa a seconda della numerosità dei punti luce. L'effetto più visibile dell'aumento della luminosità del cielo è l'impossibilità di vedere le stelle più deboli e quindi vi è una riduzione della Magnitudine Limite ad occhio nudo. Per ogni perdita di mezza magnitudine, approssimativamente le stelle visibili in cielo di dimezzano.
Per magnitudine si intende, la misura della luminosità di una stella e può essere apparente o assoluta:

- la Magnitudine apparente misura la luminosità della stella percepita dall'osservatore; essa dipende dunque dalla luminosità reale della stella, dalla sua distanza dalla Terra e dalle alterazioni provocate dall'atmosfera terrestre;
- la Magnitudine assoluta è la magnitudine apparente che la stella avrebbe se si trovasse alla distanza di 32,6 anni luce dalla Terra ed è strettamente correlata alla luminosità reale della stella.

Detto ciò, se ci trovassimo in una zona particolarmente buia potremmo vedere le stelle di magnitudine 7 ed oltre, cosa impossibile, in presenza di inquinamento luminoso. Osservando da un'area urbana la magnitudine limite si riduce alla III o IV magnitudine, diminuendo il numero di stelle visibili di centinaia di volte: da alcune migliaia di stelle si passa a poche decine o, nei casi più gravi, poche unità.
Anche se non ce ne accorgiamo, questo è un problema grave perché mette in pericolo la percezione dell'Universo in cui viviamo. Proprio per questo è stato chiesto all'Unesco di riconoscere al cielo notturno lo status di "Patrimonio dell'Umanità" e di mantenere il riferimento al "diritto ad un cielo incontaminato" nella Dichiarazione dei Diritti delle Generazioni future (Parigi, luglio 1992).

Fig. 4 - La via Lattea – (Foto: Marcello Felli Crediti: Tunc Tezel, TWAN)

1.2 - Gli effetti sull'uomo, sulla flora e sulla fauna

Negli ultimi anni, molti ricercatori hanno condotto diversi studi sugli effetti provocati da una eccessiva illuminazione, giungendo alla conclusione che essa può causare numerosi danni all'uomo, alla flora e alla fauna.
Nel gennaio 2009 è stato pubblicato un articolo, di Ron Chepesiuk[3] che descrive i danni provocati da un eccesso di luce, su varie forme di vita. L'articolo consiste in una raccolta di numerose ricerche che mettono in guardia dall'uso eccessivo e inadeguato dell'illuminazione artificiale notturna.
Nel descriviamo qui solo alcuni esempi.
Com'è noto, tutte le specie viventi sulla Terra sono influenzate dall'alternanza del giorno e della notte. Infatti, l'assenza di notti buie e la presenza di una eccessiva illuminazione artificiale notturna possono sconvolgere in modo violento il ritmo circadiano del corpo umano, in quanto vi è una maggiore quantità di fotoni che colpiscono la retina dell'occhio, come confermato da Richard Stevens, epidemiologo all'Healt Center di Farmington dell'Università del Connecticut. Senza considerare, il collegamento tra questo scompenso e altri disturbi alla salute, come depressione e stress psico-fisico.
L'illuminazione notturna, specie se con elevato contenuto di luce blu, come nelle lampade agli alogemuri (o ioduri) metallici e nei LED bianchi, anche di modesta intensità, inibisce la produzione naturale di melatonina nell'uomo. La melatonina è un ormone che ha dimostrato effetti oncostatici per alcuni tipi di cancro. La sua assenza o diminuzione nel sangue di notte può comportare uno sviluppo più veloce per certi tumori. (Per approfondimenti si possono leggere: Kloog I, Haim A, Stevens RG, Portnov BA (2009) Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon and lug in men, Chronobiol Int; 26 (1): 108-25. Navaara, K., J., Nelson, R., J., (2007) The dark side of light at night: physiological, epidemiological consequences. J. Pineol Res: 43:215-224).
Oltre all'uomo, anche gli animali subiscono danni alla presenza di luce artificiale nelle ore notturne, soprattutto gli insetti e gli uccelli. I primi, infatti, muoiono a causa dell'eccessivo calore delle superfici su cui si poggiano, come i vetri roventi degli impianti di illuminazione stradale.
Per gli uccelli migratori ad esempio, 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). Esempi in Germania, Svizzera e altri Stati attestano la morte di migliaia di uccelli migratori nelle stagioni migratorie fra agosto e novembre, marzo e maggio. Per i pipistrelli accade che quando le fessure di uscita dei loro rifugi vengono illuminate, questi mammiferi 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)

---

[3] Titolo dell'articolo è "Missing the Dark – Health Effects of Lights Pollution", pubblicato a gennaio 2009, su "Enviromental Health Perspectives".

Gli uccelli intorno al Post Tower
Il grattacielo Post Tower, situato a Bonn è alto 160 metri, non rappresenta solo uno sperpero energetico ma è anche una trappola mortale per molti uccelli. Ciò a causa di tubi fluorescenti e fari con una potenza media di 75 kWh (Hüppop in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010).
Uno studio effettuato da Heiko Haupt, fra ottobre 2006 e novembre 2007, ha analizzato gli effetti dell'illuminazione della Post Tower. Oltre 1000 uccelli di 29 specie diverse sono stati attratti dal grattacielo, 200 dei quali sono morti nella collisione, mentre altri sono rimasti feriti (Haupt, 2008).
Altre osservazioni nell'autunno del 2009 hanno rilevato che più del 90 % degli uccelli che volano intorno all'edificio illuminato mostrano comportamenti fuori dalla norma, come volo in cerchio, cambio di direzione di volo, riduzione della velocità o perdita dell'orientamento (Haupt & Schillemeit, 2011).
(fonte: www.hellenot.org)

Anche le tartarughe marine pagano le conseguenze dell'inquinamento luminoso, come dimostrano le ricerche compiute da E. Blaire Whiterington sul comportamento della Caretta Caretta (tartaruga verde) e della Chelonia Mydas (tartaruga di 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 però le luci provengono dalla costa, da illuminazione esterna e interna di alberghi, complessi residenziali o illuminazione stradale, questi giovani animali non possono più orientarsi verso il mare e si dirigono verso l'interno della costa, dove finiscono per venire schiacciati dai veicoli o muoiono per sfinimento.
Molte altre specie animali subiscono numerosi e gravi danni, ma altrettanto drammatica è la situazione nel mondo vegetale, in quanto la luce artificiale notturna interferisce con il processo di fotosintesi, "ingannando" così il normale oscuramento.
Basta pensare al fatto che, per molte specie, l'inizio e la fine dei periodi di fogliazione, il tasso di crescita, la forma della pianta e delle foglie, la costituzione di organi di riserva, la caduta delle foglie in autunno e la resistenza al gelo, sono influenzate dalla durata del giorno e della notte.
Secondo alcuni ricercatori[4], la presenza di fonti luminose nei pressi di alcune piante, determina una riduzione della loro capacità foto sintetica, e quindi anche la riduzione della loro capacità di produrre l'ossigeno, che noi respiriamo.
Inoltre, la luce altera le "abitudini" di diversi batteri o insetti che vivono in simbiosi con le piante.
Quindi, l'inquinamento luminoso non è solo un problema di visibilità del cielo notturno, ma anche un problema per l'intera biodiversità.

[4] R. Casagrande, P. Giulini, A. Ronan.

2. LEGGI, NORME E PIANI DI RIFERIMENTO

2.1 - Inquinamento luminoso

2.1.1 – Riferimenti normativi a livello internazionale e nazionale

Il problema dell'eccesso di illuminazione nelle aree urbane e quindi dell'inquinamento luminoso è ormai globale e sono molti gli Stati che portano avanti diverse attività per ridurlo anche se ancora non esiste una linea di tendenza comune. Negli Stati Uniti d'America, uno dei primi provvedimenti ad essere emanato fu in Arizona, risale al 1958 e venne adottato per tutelare l'Osservatorio Astronomico di Flagstaff. In quegli anni ci si stava accorgendo che in molte città la qualità del cielo era peggiorata, tanto da disturbare l'attività astronomica. Anche in Cile, il problema dell'inquinamento luminoso è molto sentito, soprattutto nel nord del paese, qui vi sono grandi osservatori astronomici disturbati da aree troppo illuminate che riducono notevolmente la visibilità del cielo notturno. Qui l'OPCC - Oficina de Proteccion de la Calidad del Cielo del Norte de Chile, ufficio preposto a tutelare il patrimonio del cielo, ha promosso una corretta illuminazione urbana, cercando di non limitare l'attività astronomica. E già nel dicembre 1998 il Governo cileno stabilì la "norma de Emision para la Regulacion de la Contaminacion Luminica – D.S. 686", entrata in vigore il 1° ottobre 1999, istituisce un quadro giuridico per la tutela della qualità del cielo nel contesto della legislazione ambientale.
In Giappone il primo regolamento sull'inquinamento luminoso venne emanato nel novembre 1989, la Optical Environmental Disruption (Light Pollution) Prevention Ordinance nella città di Bisei, a seguito dei piani stabiliti dal Bisei Astronomical Observatory (BAO), uno dei maggiori osservatori del Giappone. Successivamente intervenne il governo giapponese attraverso il Ministero dell'Ambiente iniziando a produrre vari documenti mirati alla prevenzione dell'inquinamento luminoso, come linee guida, manuali di pianificazione per l'illuminazione delle aree esterne etc.
In Europa, uno dei primi Stati che ha legiferato in materia di inquinamento luminoso è stata la Spagna, nel 1992, con la "Ley del Cielo" che ha come obiettivo principale la protezione dell'Osservatorio Astronomico Europeo delle Isole Canarie[5], uno dei siti più importanti per la ricerca astronomica, anche se attualmente si è riscontrata una difficoltà nel contenimento dell'inquinamento luminoso.
Sempre in Spagna, nella regione della Catalogna, dal 2001 esiste l' "Environmental Arrangement of the Lightning System for the Protection of Nocturnal Ecosystem", qui i comuni possono definire regolamenti a zone.
La Repubblica Ceca vanta di essere la prima nazione ad adottare una legislazione nazionale contro l'inquinamento luminoso, valida quindi su tutto il territorio. La "Nor-

[5] http://www.iac.es/adjuntos/otpc/leycielo.pdf

ma per la protezione dell'atmosfera" è stata emanata nel giugno 2002 ed approvata dai due rami del Parlamento Ceco. Questa legge ha ripreso quasi tutti gli aspetti della Legge Regionale Lombarda n 17 del 2000 e definisce l'Inquinamento luminoso come "qualsiasi forma di illuminazione artificiale che si disperde al di fuori delle aree urbane che debbono essere illuminate, in particolare se diretta sopra il livello dell'orizzonte".
Nel 2007 un movimento di astronomi, fisici, biologi e difensori degli uccelli ha convinto lo stato sloveno a siglare la legge contro l'inquinamento luminoso. In questo Stato è molto diffusa l'osservazione astronomica ma diventa sempre più difficile praticarla intorno alla capitale. La Slovenia, inoltre, si trova lungo uno dei principali percorsi migratori d'Europa, e purtroppo come sappiamo, l'inquinamento luminoso provoca gravi danni agli uccelli, costretti a deviare i loro tragitti.

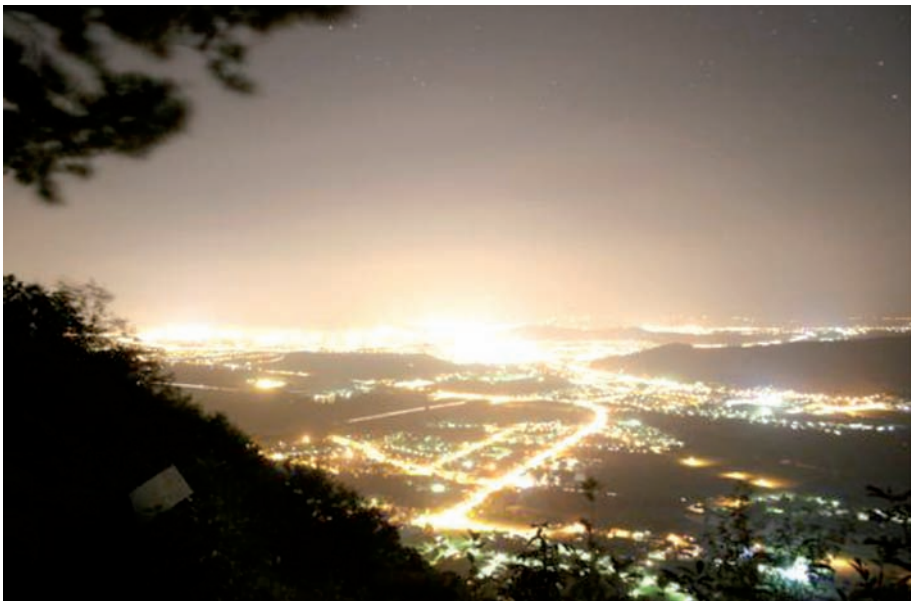


Fig. 5 - Lubiana di notte

In Italia non esiste una legge nazionale sull'inquinamento luminoso, ma ci si deve attenere ai requisiti dettati dalle leggi regionali, dal Codice della Strada ed ai parametri degli Enti Normatori (ricordiamo a livello internazionale il CIE, europeo il CEN, nazionale il l'UNI e CEI).
Nel nostro Paese, l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), ha emanato nel 1999 la Norma UNI 10819, a difesa della volta celeste. Qui 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 (i riferimenti tecnici di questa norma vengono trattati nel cap. 2).
Ci si è resi conto però che con i requisiti definiti in questo documento non si ottenevano i risultati attesi e di conseguenza ben 15 delle regioni italiane si sono dotate di leggi con valori e parametri più adeguati.

Inoltre a livello nazionale esistono altri riferimenti normativi riguardanti limitazioni delle fonti luminose presenti in materia di sicurezza stradale e di sicurezza negli ambienti di lavoro quali:

- l'art. 23 del Codice della Strada (d.lgs. 30 aprile 1992, n. 285), che rappresenta un importante punto di riferimento per la regolamentazione delle fonti luminose, cui è peraltro associato uno specifico regime sanzionatorio. Sulla base di questa norma sono vietati qualsiasi tipo di sorgente luminosa installata a scopo pubblicitario o come richiamo per discoteche, in quanto possono essere causa di abbagliamento e di disturbo.
- il DPR n. 547/55 per la sicurezza degli ambienti di lavoro, esso regolamenta la prevenzione degli infortuni sul lavoro. In particolare, gli articoli 28-32 indicano l'illuminazione naturale o artificiale necessaria alla sicurezza nei luoghi di lavoro.

2.1.2 - Normativa e strumenti per la pianificazione a livello regionale e comunale

Il Rapporto ISTIL 2001 "Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia" redatto dall'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (ISTIL) con il patrocinio dell'International Dark-Sky Association (Tucson, USA), mette a disposizione degli studiosi, delle autorità e dei cittadini una serie di mappe dello stato del cielo in Italia, con una ampia statistica e una sintetica descrizione della metodologia utilizzata. I risultati di questo Rapporto forniscono un quadro preoccupante. Il cielo notturno in Italia è molto più degradato di quanto si creda normalmente. La totalità degli italiani non può godere di un cielo incontaminato dal luogo dove vive e per più di metà di essi la visione è privata della sua componente più significativa: la Via Lattea. Dunque non si percepisce più l'Universo, di cui l'unica finestra per la popolazione è rappresentata dal cielo stellato. Oggi il territorio nazionale si sta avvolgendo in una nebbia luminosa che isola gli abitanti da quell'ambiente di cui, con il loro pianeta, fanno parte. Il cielo notturno risulta degradato anche nelle aree di montagna e nel mare, per molti chilometri dalla costa, o in aree piuttosto isolate e poco popolate. In genere ciò è dovuto principalmente all'inquinamento luminoso proveniente dalle zone densamente popolate delle pianure che si propaga a centinaia di chilometri. Questo implica che per proteggere efficacemente il cielo notturno è necessario applicare misure anti-inquinamento luminoso all'intero territorio, ridurre efficacemente tutte le emissioni luminose in atmosfera, soprattutto quelle che a causa della loro direzione sono suscettibili di propagarsi a distanze elevate alimentando un deleterio effetto di addizione.
A questo proposito giungono i provvedimenti regionali in tema di inquinamento luminoso e risparmio energetico.
La prima legge regionale in materia è stata emanata nel 1997 dalla Regione Veneto, ma quella che è stata di riferimento per le altre regioni è la legge della Regione Lombardia n.17 del 27 marzo 2000 e il relativo regolamento di attuazione. Le Regioni che si sono dotate di una legge sull'argomento si differenziano tra loro soprattutto in base ad un parametro: il valore di emissione diretta verso l'alto consentita. Questo è il parametro cardine per valutare l'efficacia della normativa.

Nella cartina che segue, le regioni sono colorate in base al parametro di emissioni verso l'alto (in termini di intensità luminosa) stabilito dalla propria legge:

1) cd/klm (candele per kilolumen) è un valore relativo ed esprime quante candele vengono emesse per ogni kilolumen di flusso della lampada;
2) In azzurro, le regioni che prevedono emissioni pari a 0 cd/klm a 90° ed oltre, ispirate alla Legge Regionale 17/2000 della Lombardia, ossia impongono una intensità luminosa massima ammissibile per angoli uguali o superiori a 90° di 0 cd/klm (ove si intende che il valore della misura approssimato all'intero per angoli uguali o superiori a 90° deve essere 0, quindi sono ammesse emissioni verso l'alto sino a 0.49 cd/klm);
3) In verde, le regioni che prevedono valori compresi fra lo 0 e 35 cd/klm a 90° ed oltre;
4) In arancione, le regioni che hanno limiti compresi tra 0 e 25 cd/klm a 90°;
5) In giallo, quelle che fanno riferimento diretto o indiretto alla normativa UNI 10819 che come si vedrà nel capitolo 2 paragrafo 2.5, ammette un flusso luminoso medio verso l'alto a scalare sino al 23%.

Fig. 6 - Leggi regionali sull'inquinamento luminoso – Elaborazione ISPRA, Fonte: Cielobuio

Vediamo quindi che la maggior parte delle regioni hanno adottato una normativa in materia di inquinamento luminoso, e molte di queste hanno ripreso il modello di legge lombardo che, come vedremo di seguito, ha imposto dei limiti per tipologie di impianto e un complesso di prescrizioni specifiche sull'adeguamento degli impianti già esistenti e l'individuazione delle zone tutelate.

Tab. 2 – Leggi regionali in ordine di emanazione

Regione	Leggi - Delibere - Modifiche	Indicazioni per il parametro di riferimento per l'emissione verso l'alto
Valle D'Aosta	L.R. n° 17 del 28 aprile 1998	Parametro UNI10819
Lombardia	L.R. n° 17 del 27/03/2000 D.d.g. n. 2611 del 11/12/2000 "Fasce di protezione" D.d.g. n. 7/6162 del 20/09/2001 "Criteri di applicazione" L.R. n. 38 del 21/12/2004 "modifica e integrazione L.Reg.le 17/00" L.R. n. 19 del 20 Dicembre 2005 "integrazione" L.R. n. 5 del 27 febbraio 2007 "integrazione" D.d.g. n. 8950 del 3 Agosto 2007 "Linee guida per la realizzazione dei piani comunali dell'illuminazione"	Legge: art. 6, comma 1 Regolamento: art. 5 "Criteri Comuni", lettera a)
Lazio	L.R. n° 23 del 13/04/2000 Norme per la riduzione e per la prevenzione dell'inquinamento luminoso - Modificazioni alla L.R. n° 14 del 6/08/1999 Regolamento n. 8 del 18 aprile 2005 Regolamento regionale per la riduzione e prevenzione dell'inquinamento luminoso	Valori compresi tra lo 0 e 25cd/klm a 90°
Basilicata	L.R. n° 14 del 10/04/2000	Parametro UNI10819
Piemonte	L.R. n° 31 del 24/03/2000 L.R. n° 8 del 23/03/2004 "Modifica"	Parametro UNI10819
Marche	L.R. n° 10 del 24/07/2002	Allegato B, comma 1
Campania	L.R. n° 12 del 25/07/2002 "Norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico da illuminazione esterna pubblica e privata a tutele dell'ambiente, e la tutela dell'attività degli Osservatori Astronomici Professionali, e non e per la corretta valorizzazione dei centri storici"	Valori compresi tra lo 0 e 35cd/klm a 90°
Emilia Romagna	L.R. n°19 del 29/09/2003 D.d.g. n. 2263 del 29 Dicembre 2005 "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" Circolare Esplicativa L.r. 19/03 – Determinazione del Direttore Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa n. 14096 del 12 ottobre 2006	Legge: art.5,comma 2, lettera a) Regolamento: art.5, comma 2
Umbria	L.R. n° 20 del 28/02/2005 D.d.g. n. 2 del 5 aprile2007 "Regolamento di attuazione della L.r. 20/05"	Legge: art. 2, comma 5, lettera a) Regolamento: art. 4, comma 2, lettera a)
Toscana	L.R. n° 37 del 21/03/2000 Legge regionale n. 39 del 2005 allegato A	Parametro che ammette un flusso luminoso del 3% verso l'alto
Sardegna	L.R. n° 2 del 29/05/2007 D.d.g. n.48/31 del 29.11.2007 Linee guida per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo risparmio energetico. ALLEGATO A – Contenuti e modalità redazionali dei piani di illuminazione	Legge: art. 7, comma 1, punto I
Puglia	L.R. n° 15 del 23/11/2005 D.d.g. n. 13 del 22 agosto 2006 "Regolamento di attuazione della L.r. 15/05"	Legge: art. 5, comma 1, lettera a) Regolamento: art. 5, comma 1, lettera a)
Abruzzo	L.R. n°12 del 03/03/2005	Art. 5, comma 1, lettera b)

continua

segue *Tab. 2 – Leggi regionali in ordine di emanazione*

Regione	Leggi - Delibere - Modifiche	Indicazioni per il parametro di riferimento per l'emissione verso l'alto
Liguria	L.R. n° 22 del 29/05/07 Regolamento Regionale n. 5 del 15 settembre 2009 L.R. n. 22 del 29/05/07 "Norme in materia di energia - Titolo I, III e V" Regolamento per il contenimento dell'inquinamento luminoso ed il risparmio energetico ai sensi dell'art. 2, comma 1, lettera b) della l.r. 29 maggio 2007, n. 22	Legge: art. 20, comma 1, lettera a)
Friuli Venezia Giulia	L.R. n° 15 del 18/06/07	Legge: art.8,comma 2, lettera a)
Provincia Autonoma di Trento	L.R. n° 16 del 3/10/2007 DPP 20 gennaio 2010 n°2-34/Leg "Regolamento di attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n°16	Legge: art. 4, comma 3, lettera b)
Veneto	L.R. n° 17 del 07/08/2009 Abrogata la legge n. 22/97 D.D.G. n. 2301 del 22 giugno 1998 Comuni i cui territori ricadono nelle fasce di rispetto previste (ancora in vigore)	Legge: art. 9, comma 2, lettera a)
Molise	L.R n° 2 del 22/01/2010	Legge: art. 4, comma 2

La tabella sintetizza le leggi emanate dalle regioni e province autonome, inserite in ordine di data; nell'ultima colonna è riportato il riferimento normativo relativo al parametro di emissione verso l'alto non superiore a 0,49 cd/klm. Cinque regioni non avendo un parametro, fanno riferimento alla normativa UNI10819.
La prima legge regionale che ha portato ad una svolta nella tutela dell'inquinamento luminoso è stata la legge della Lombardia n. 17 del 2000, basata soprattutto sul principio cardine dell'uso esclusivo di impianti che hanno una emissione di 0,49 cd/klm a 90°.
Secondo tale legge, tutti i nuovi impianti devono essere progettati e realizzati con rapporti interdistanza[6]-altezza dei sostegni sempre superiore a 3,7 e una luminanza[7] delle superfici non superiore ad 1 cd/mq. In più, ogni costruttore, progettista ed installatore deve dichiarare la conformità dell'impianto.
Un punto debole della legge è il regime delle sanzioni, tanto è vero che se non viene rispettata la normativa, non sono previste delle sanzioni di immediata applicazione ma solo l'obbligo della previa diffida sindacale che "concede" 12 mesi per effettuare l'adeguamento.
In realtà, la norma prevede anche che le Provincie sanzionino i Comuni inadempienti, ma ciò è di difficile attuazione.
Un altro esempio è la legge regionale n. 23, emanata dalla Regione Lazio il 13 aprile 2000. Analizzandola troviamo anche qui aspetti positivi e limitazioni.
Differentemente dalla legge lombarda, quella del Lazio diversifica il valore massimo di emissione degli impianti in base alla loro tipologia, mantenendo comunque bassi i limiti. Questo per poter rispettare anche l'estetica dei centri storici. In que-

[6] L'interdistanza è il rapporto tra la distanza di corpo illuminante e l'altro e l'altezza dell'impianto.
[7] La luminanza è il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente e l'area della superficie illuminata. È espressa in cd/m^2.

sto modo, la maggior parte degli impianti stradali devono rispettare il limite di emissione di 0 cd/klm a 90°, nelle zone tutelate il limite è di 0 cd/klm a 95° per gli impianti con vetro piano e con leggere inclinazioni. Per le grandi aree illuminate con fari e torri faro vi è un limite tassativo di 0 cd/klm a 90° o a 100°, a seconda del tipo e della zona. Per altri tipi di impianti si va da un minimo di 10 cd/klm a 90° ad un massimo di 25 cd/klm a 90°.
Non sono previsti specifici obblighi di interdistanza tra pali e specifici limiti di luminanza delle strade.
È stato inoltre inserito un nuovo criterio utilizzato per determinare se un elemento architettonico è un monumento o meno e quindi se prevede o meno l'illuminazione dal basso. Viene considerato monumento solo quando questo è sottoposto a tutela dal decreto legislativo sui beni culturali n. 24/2004; al di fuori di questo caso ogni altro oggetto dovrà essere illuminato in base ai diversi limiti.
Inoltre, è previsto l'utilizzo obbligatorio di dispositivi di risparmio energetico e la disattivazione di insegne che superano un limite di luminanza. Questa legge regionale è stata recepita con il Regolamento attuativo n. 8/2005, in cui è contenuto un articolo (art.81) che prevede:

- che gli osservatori tutelati possono rilasciare consulenze tecniche gratuite per soggetti pubblici e privati;
- i Comuni devono ingiungere ai titolari degli impianti non a norma in stretta collaborazione con gli stessi osservatori.

Anche questa legge regionale prevede un regime sanzionatorio: è obbligatoria la diffida solo per gli impianti realizzati fino all'entrata in vigore del Regolamento attuativo, per quelli successivi le sanzioni sono applicate immediatamente al momento dell'accertamento.

Le normative regionali per la riduzione dell'inquinamento luminoso e il risparmio energetico, introducono altri strumenti di pianificazione del territorio, relativi agli interventi di illuminazione, come ad esempio il Piano Regolatore per l'Illuminazione Comunale (PRIC). La legge regionale regola l'obbligatorietà o meno del Piano in riferimento al numero di abitanti di un Comune, ma non prevede sanzioni per il non adeguamento.
Il PRIC è uno strumento composto da una serie di disposizioni tecniche che regolano gli interventi di illuminazione pubblica e privata.
Esso opera in due ambiti:

- dal punto di vista tecnico, pianificando l'illuminazione del territorio, gli interventi di aggiornamento degli impianti e la loro manutenzione;
- dal punto di vista economico, permettendo di programmare gli interventi senza inutili perdite di denaro e di energia.

I vantaggi che ne derivano sono molteplici, come la riduzione della dispersione del flusso luminoso, il controllo dell'illuminazione pubblica e privata, la riduzione del flusso luminoso su strada negli orari notturni, l'utilizzo di nuove tecnologie di illuminazione, un notevole risparmio economico ed un'efficienza energetica.

2.2 – Contenimento energetico

2.2.1 - Inquadramento normativo comunitario e nazionale

Le ultime stime della Commissione Europea, che tengono conto degli obiettivi nazionali di efficienza energetica per il 2020 che gli Stati membri si sono posti nel quadro della strategia Europa 2020, mostrano che l'UE non è ancora in grado di raggiungere questi obiettivi. Per far fronte a questa sfida, la Commissione europea ha proposto, l'8 marzo 2011, un nuovo piano di efficienza energetica che contiene una serie di misure da attuare in tutti i settori economici per conseguire ulteriori risparmi energetici. Questo piano è stato accolto favorevolmente dal Consiglio "Energia" e dal Parlamento europeo.
Nel mese di giugno 2011 la Commissione ha presentato una proposta legislativa di direttiva sull'efficienza energetica che trasforma in misure vincolanti molte delle azioni chiave contenute nel piano di efficienza energetica. La proposta si basa sulle esistenti direttive sulla cogenerazione e sui servizi energetici (Direttive 2004/8/CE sulla cogenerazione e 2006/32/CE sull'efficienza degli usi finali dell'energia e sui servizi energetici) e le riunisce in un unico strumento giuridico globale destinato all'efficienza energetica nell'approvvigionamento e nel consumo finale di energia. La direttiva prevede inoltre che nel 2014 la Commissione effettui una valutazione dei progressi realizzati verso l'obiettivo dell'UE di ridurre il consumo energetico del 20% entro il 2020 e, se necessario, formuli una nuova proposta legislativa per stabilire obiettivi nazionali di efficienza energetica vincolanti.
L'Italia nel 2007, in attuazione della Direttiva 2006/32/CE[8], ha adottato il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) in cui ha stabilito un obiettivo di risparmio al 2016 del 9,6% rispetto al consumo medio annuo del quinquennio 2001-2006, equivalente a 10,8 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio). Nel luglio 2011, è stata redatta la bozza del nuovo Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica 2011 che rimarca il ruolo dell'efficienza energetica come strumento imprescindibile di riduzione dei consumi nell'ambito dei Paesi Membri, nel raggiungimento dell'obiettivo più ambizioso del - 20% al 2020 e al fine di avviare un uso efficiente delle risorse. Il Piano 2011 intende dare seguito alle azioni già previste nel PAEE 2007, illustrando i risultati di risparmio energetico conseguiti nel 2010. Le misure, per conseguire l'obiettivo generale al 2016 che resta invariato, sono aggiornate e vengono indirizzate per il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione della domanda di energia primaria del 20% entro il 2020 stabilito nel Pacchetto Energia. Per questo le misure estese al 2020 portano ad una riduzione di energia finale di circa 15,9 Mtep. Anche il Piano 2011 prevede una serie di interventi all'interno di quattro settori:

- residenziale
- terziario
- industriale
- trasporti

[8] Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio (G-U. L. 114 del 27/04/2006).

Gli interventi che rientrano all'interno del settore terziario prevedono un risparmio aggiuntivo rispetto al valore atteso al 2016 di circa 0,45 Mtep, di cui il 70% sono imputati agli interventi sull'illuminazione pubblica e all'impiego di condizionatori efficienti.
In parallelo, il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN), emanato dal Ministero dello Sviluppo Economico e dal Ministero dell'Ambiente, in conseguenza della Direttiva 2009/28/CE recepita attraverso il D. Lgs.. 28/2011, fornisce ulteriori indicazioni a favore dell'efficienza energetica, come presupposto indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi in materia di energie rinnovabili e riduzione della CO2, inducendo quindi a valutare l'attuazione della Direttiva 2006/32/CE in un contesto strategico anche al di fuori del proprio ambito settoriale.

2.2.2 - Normativa e strumenti per la pianificazione regionale e comunale

L'Italia si è dotata di leggi valide nel campo energetico già da qualche decennio, ricordiamo la legge n. 9 del 9 gennaio 1991, "Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni finali" e la n. 10 "Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia". Quest'ultima è rilevante in quanto ha introdotto, nell'ambito della pianificazione energetica, lo strumento del **Piano Energetico Regionale**. Attraverso questo piano le Regioni programmano gli interventi in campo energetico, regolano le funzioni degli Enti Locali e armonizzano le decisioni assunte ai vari livelli della pianificazione del territorio (come ad esempio Piani per lo smaltimento dei rifiuti o i Piani dei Trasporti). Il Piano Energetico contiene gli indirizzi, gli obiettivi strategici di lungo, medio e breve termine, le indicazioni concrete, gli strumenti disponibili, i riferimenti legislativi e normativi, le opportunità finanziarie, i vincoli, gli obblighi e i diritti per i soggetti economici operatori di settore, per i grandi consumatori e per l'utenza diffusa. In sintesi il Piano Energetico costituisce il principale riferimento per i soggetti pubblici e privati che intendono assumere iniziative in campo energetico nel territorio di riferimento. La programmazione energetica regionale, pur in un contesto di libera iniziativa imprenditoriale, mira anche ad indirizzare la realizzazione degli interventi. Peraltro le scelte di carattere energetico, oltre ad avere implicazioni ambientali, debbono necessariamente sposarsi con quelle di gestione del territorio; non a caso molti Piani assumono la denominazione di Piani Energetici Ambientali Regionali (PEAR).
Le regioni che hanno varato ufficialmente il Piano Energetico Ambientale risultano essere 19 a cui si aggiungono la Provincia Autonoma di Trento e di Bolzano, quest'ultima aveva adottato già nel 1997 un Piano Energetico Provinciale.

Il PEAR, pur avendo obiettivi e scadenze precise, è un piano aperto e scorrevole, in quanto deve recepire le nuove situazioni, le opportunità positive, le modifiche economiche sia strutturali che congiunturali, o vincoli e condizioni che possono venire dall'interno o dall'esterno. La definizione, la stesura e l'attuazione del PEAR è di totale dominio dell'Amministrazione Regionale e non vi sono contenuti o metodi ob-

Tab. 3 - Regioni che hanno approvato il PEAR (aggiornamento giugno 2010) Elaborazione ISPRA - Fonte: www.governo.it

1997	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
P.A. Bolzano	Lazio	Lombardia Valle D'Aosta P.A. Trento Liguria Sardegna	Piemonte Umbria	Marche Calabria Veneto	Molise	Friuli Emilia Romagna Puglia	Toscana	Sicilia Basilicata Abruzzo Campania

bligatori da seguire, l'Amministrazione può adottare le soluzioni più adatte alle proprie caratteristiche politiche, economiche, sociali, energetiche ed ambientali.
Un ottimo esempio di Programma Regionale è quello emanato dalla Regione Lombardia, attuato mediante il Piano d'Azione Regionale approvato il 15 giugno 2007 con deliberazione di Giunta regionale n. VII/4916. Questo Piano contiene un capitolo dedicato proprio alla Pubblica Illuminazione, fornendo delle Linee Guida:

- per la diffusione e stesura di un Piano Regolatore per l'Illuminazione Comunale (PRIC);
- finanziamento per la realizzazione dei PRIC e per la sostituzione dei punti luce non a norma;
- acquisizione dei punti luce di proprietà non pubblica da parte degli Enti Locali.

L'introduzione dei Piani Energetici Comunali è avvenuta in Italia sempre a seguito della Legge 10/91; in particolare l'art. 5, comma 5 della Legge afferma che "I Piani Regolatori Generali (PRG) dei comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso razionale dell'energia e all'uso di fonti rinnovabili". Tale Piano doveva essere predisposto entro sei mesi dall'entrata in vigore della legge (quindi entro luglio 1991) e riguardava 136 Comuni del nostro Paese, con una popolazione interessata pari a circa 21.000.000 di abitanti, pari al 36% del totale dei cittadini italiani. A otto anni di distanza un monitoraggio sullo stato di attuazione di questa Legge, effettuato dall'ENEA, ha mostrato che solamente 23 città, pari al 17% di quelle interessate, avevano elaborato un Piano Energetico Comunale. Va tuttavia sottolineato che quasi tutte le maggiori città italiane hanno avviato la redazione del PEC; le esperienze condotte in questi anni hanno consentito di individuare procedure e criteri, confluite poi in due linee guida metodologiche realizzate rispettivamente da ENEA la prima e da CISPEL, ACEA e Ambiente Italia la seconda. Le linee guida, pur non avendo alcun carattere cogente, possono intendersi come "prassi consolidata" e pertanto rappresentare uno standard di riferimento nella elaborazione di un Piano Energetico Comunale. Per la crescente attenzione nei confronti dell'ambiente, in molti Piani realizzati, è stato dato un notevole risalto al binomio Energia-Ambiente, per cui è ormai più corretto parlare di Piani Energetici e Ambientali Comunali (PEAC).
La struttura di un Piano Energetico ed Ambientale (PEAC) deve ricostruire la struttura del sistema energetico-ambientale-territoriale (per vettori, per settori, per usi finali, per aree territoriali, ...) e fornire un quadro esauriente, per quanto possibile,

dell'evoluzione temporale della situazione energetica ed ambientale; deve inoltre prevedere i possibili scenari futuri sulla base dei quali individuare il potenziale d'intervento (sia sul lato domanda che sul lato offerta); deve infine individuare gli strumenti attivabili nei diversi settori d'intervento e definire un Piano d'Azione, individuando i fattori che possono contribuire al successo dell'attuazione del Piano e quelli che rappresentano invece degli ostacoli.
Il Piano Energetico Comunale non può prescindere dalle indicazioni formulate nel piano Energetico Regionale (PER), in quanto le azioni e gli obiettivi devono correlarsi con le linee programmatiche espresse dal PER.
Gli obiettivi di un Piano Energetico Comunale possono essere così riassunti:

- razionalizzazione dei consumi;
- diversificazione delle fonti tradizionali e sostituzione delle fonti convenzionali con fonti rinnovabili;
- utilizzazione di disponibilità energetiche locali, di servizi energetici locali, di tecnologie energetiche prodotte localmente, di competenze energetiche locali;
- limitazione di infrastrutture energetiche, inquinamento ambientale, usi energetici non compatibili con la politica di gestione del territorio;
- sostegno alla creazione di servizi energetici locali, di nuova occupazione o conversione di occupazione preesistente, alle politiche energetiche regionali, nazionali e comunitarie, ad altra pianificazione comunale, alla domanda di altri servizi collegati agli usi energetici.

Per la configurazione del sistema energetico del territorio è necessario disporre di una metodologia di analisi che consenta di effettuare la redazione del bilancio energetico comunale; il Bilancio Energetico Comunale (BEC) rappresenta un quadro di sintesi del sistema energetico riferito ad un determinato periodo di tempo, solitamente un anno solare, dal quale è possibile dedurre la quantità e la tipologia di energia prodotta, reperita, trasformata e consumata nel territorio comunale.
Gli interventi previsti nel Piano d'Azione, infine, devono integrarsi con le altre strategie di sviluppo e pianificazione e possono trovare attuazione anche attraverso strumenti di cui l'Amministrazione Comunale già dispone, quali la Normativa Urbanistica (Norme Tecniche di Attuazione del PRG e Regolamento Edilizio), altri atti amministrativi (Capitolati Speciali di Oneri per le gare di appalto pubbliche per ristrutturazioni edilizie e servizi energetici, Convenzioni o Contratti di Servizio); deve inoltre essere assicurato il coordinamento con gli altri piani di settore: Piano Rifiuti, Piano Urbano del Traffico, Piano Acque, Piano di Risanamento Acustico.

Inoltre sono nati da qualche hanno i **Piani d'Azione Comunali per l'Energia Sostenibile**, redatti dalle città europee che hanno aderito al **Patto dei Sindaci**, una iniziativa lanciata dalla Commissione Europea nel 2008, durante la seconda edizione della Settimana Europea dell'Energia Sostenibile. Il Patto dei Sindaci è stato pensato per coinvolgere attivamente gli Enti Locali verso la sostenibilità energetica ed ambientale.
L'iniziativa è su base volontaria e impegna le città a predisporre un Piano d'Azione per ridurre oltre il 20% le proprie emissioni di gas serra attraverso politiche e misure locali che attuino programmi ad hoc sul risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.
Il piano deve essere approvato dal Consiglio Comunale entro un anno dall'adesione ufficiale al Patto dei Sindaci. Uno dei settori principali sui quali intervenire con

appropriate misure è quello delle infrastrutture urbane, nel quale rientra il settore dell'illuminazione pubblica.

2.3 - I piani regolatori per l'illuminazione comunale o piani della luce (PRIC)

In questi ultimi anni in Italia si è delineato un nuovo quadro, grazie alle Regioni che hanno mostrato un'attenzione particolare nei confronti delle tematiche dell'illuminazione pubblica emanando leggi per la riduzione dell'inquinamento luminoso. Queste normative hanno introdotto un nuovo strumento di pianificazione urbana: il piano della luce o PRIC. Ricordiamo che la D.d.g. n° 8950 del 2007 (della Regione Lombardia) è il primo documento nazionale e mondiale che ha valore di legge e specifica in dettaglio come fare un piano della luce. Il Piano Regolatore per l'Illuminazione Comunale (PRIC) comprende diverse disposizioni tecniche destinate a regolare gli interventi di illuminazione pubblica e privata, nel rispetto della normativa regionale. Tutte le amministrazioni comunali possono redigere un PRIC per censire la consistenza e lo stato di manutenzione degli impianti che compongono l'insieme del sistema di illuminazione pubblica del proprio territorio di competenza, al fine di prevederne e disciplinarne le modalità di intervento, sia per realizzare nuove installazioni sia per adeguare o sostituire gli impianti già esistenti. Il PRIC permette di conoscere l'impianto e pianificare il sistema di illuminazione urbana, contiene le linee guida per la programmazione degli interventi futuri, indispensabile per l'individuazione delle scelte strategiche che dovranno essere adottate in modo organico ed omogeneo. Lo stato di fatto della maggior parte degli impianti di illuminazione delle aree urbane si presenta in maniera disorganica ed eterogenea in quanto spesso realizzato unicamente in funzione delle necessità contingenti e delle disponibilità economiche, ricorrendo quasi unicamente ad interventi isolati e limitati. Il PRIC deve essere integrato con il Piano Regolatore Comunale, il Piano Particolareggiato e i Piani di Recupero, il Piano Urbano del Traffico (previsto dal nuovo Codice della strada per tutti i Comuni con popolazione superiore a 30 mila abitanti), il Piano del Colore, il Piano del Rumore e il Piano Energetico, per ottimizzare ed omogeneizzare gli interventi anche nel futuro, in un'ottica generale di ottimizzazione degli interventi al fine di evitare realizzazioni frazionate ed episodiche con conseguenti sprechi di risorse pubbliche. Questo Piano è uno strumento tecnico indispensabile alle amministrazioni comunali ai fini della pianificazione di sistemi d'illuminazione pubblica efficienti dal punto di vista energetico ed ambientale, valorizza il patrimonio artistico delle città e garantisce maggiore sicurezza ai cittadini. La redazione del Piano è soggetta all'osservanza delle disposizioni contenute nel Nuovo Codice della Strada, delle normative tecniche vigenti, oltre alla considerazione dell'immagine urbana, diurna e notturna, dei loro sostegni e linee di alimentazione.

La redazione del PRIC ha lo scopo di:

- incrementare l'efficienza energetica degli impianti;
- minimizzare i consumi ed i corrispondenti costi energetici;
- ottimizzare i costi d'installazione, esercizio e manutenzione degli impianti;
- ridurre l'inquinamento luminoso;
- migliorare la vivibilità della città, la sicurezza dei cittadini e la sostenibilità ambientale;
- migliorare l'immagine del Comune;

- valorizzare l'ambiente urbano, i centri storici e quelli residenziali, aree verdi etc.;
- miglioramento della viabilità;
- illuminazione corretta e funzionale di ogni parte del territorio comunale per una sicura fruizione dell'ambiente cittadino di notte;
- programmazione degli orari di accensione e di parzializzazione;
- programmazione degli interventi impiantistici;
- basi uniformi per la progettazione.

Il progetto del Piano si sviluppa in genere attraverso due fasi:

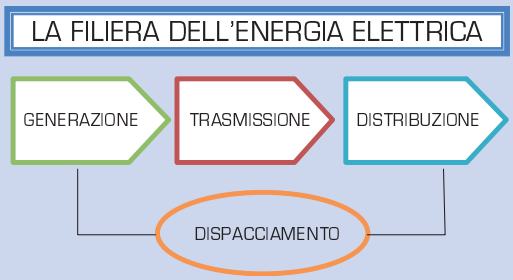
– una prima fase di analisi e valutazione dello stato dell'impianto di illuminazione pubblica sull'intero territorio comunale attraverso una serie di indagini e sopralluoghi che riguardano il territorio, l'impianto d'illuminazione pubblica, la classificazione delle strade e contratto di servizio;

– la seconda fase, di tipo progettuale-gestionale, fornisce criteri per intervenire sul parco lampade mediante operazioni di programmazione di manutenzione e rinnovo degli impianti.
In questa fase viene stilata una classifica sulla priorità di intervento per il rifacimento degli impianti o una stima economica dei costi di manutenzione, adeguamento e gestione.

Nell'ALLEGATO I sono state inserite le schede tecniche riguardanti i PRIC di Lodi, Foggia e Vigevano.

Il mercato elettrico

È bene fare un quadro conoscitivo sugli aspetti che compongono il costo dell'energia elettrica. Il mercato elettrico italiano sino al 1999 versava in una situazione di monopolio. A seguito della Direttiva 1996/92/CE[9] che ha aperto il processo europeo di liberalizzazione, l'Italia ha liberalizzato le attività di produzione, importazione ed esportazione e acquisto vendite grazie a d.lgs. n° 79/99[10].
L'energia elettrica segue comunque un percorso di produzione e distribuzione nelle case, negli uffici e nelle fabbriche, come riportato nella figura seguente:



[9] *DIRETTIVA 96/92/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 dicembre 1996 concernente norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica.*
[10] *Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79 "Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica" pubblicato nella* **Gazzetta Ufficiale** *n. 75 del 31 marzo 1999.*

Per generazione intendiamo la trasformazione di energia in elettricità, attraverso impianti specifici delle fonti primarie. L'energia elettrica prodotta può essere classificata sulla base degli impianti e della fonte energetica primaria utilizzata (energia termoelettrica, geotermica, nucleare, idroelettrica, etc.). Successivamente alla produzione, l'energia viene trasportata sulla rete nazionale in alta o altissima tensione.
La distribuzione invece, consente di trasportare l'energia elettrica sulla rete locale per la consegna ai clienti finali. In questa fase avvengono tutte le operazioni accessorie per l'allacciamento degli utenti. Al fine di tutelare l'utente finale e ridurre al minimo le dispersioni di energia, vi è un'unica attività, detta Dispacciamento, che regola il sistema elettrico e gestisce la rete di trasmissione e distribuzione.
A seguito della liberalizzazione, le utenze alimentate in Bassa Tensione (utente domestico, non domestico e piccole imprese) che non possono o non desiderano accedere al libero mercato, sono tutelati dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG), che rappresenta l'organismo fondamentale che sovraintende il complesso quadro normativo legato ai mercati dell'energia. L'AEEG provvede trimestralmente a disciplinare il quadro tariffario dei costi elettrici di vendita (Mercato Vincolato).
I costi dell'energia elettrica per il mercato vincolato discendono in via diretta dalle attività di approvvigionamento dell'Acquirente Unico, l'Ente deputato all'acquisto all'ingrosso dell'energia elettrica per gli utenti non liberalizzati. Inoltre, per le medesime tipologie di utenza sopra indicate, l'AEEG fissa le regole per la definizione degli oneri di trasporto, distribuzione e dispacciamento dell'elettricità.
Per le utenze che desiderano optare per una fornitura liberamente negoziata, esiste la possibilità di accedere al cosiddetto libero mercato.
L'identificazione del fornitore si basa generalmente su una scala di valori che prevedono, in ordine di importanza, la valutazione dei seguenti parametri dell'offerta:
- Prezzo/sconto proposto
- Affidabilità tecnico/commerciale del fornitore
- Supporto post-vendita (consulenza, energy management)
- Servizi contrattuali ed operativi accessori (telelettura, ecc.)

Le componenti del prezzo finale dell'energia elettrica, in entrambe i mercati, sono:
- Costi di generazione, costituiti da:
  - componente a copertura dei costi fissi
  - componente a copertura dei costi variabili.
- Costi di dispacciamento: copre i costi del servizio che garantisce in ogni istante l'equilibrio tra l'energia immessa e quella prelevata dalle reti elettriche;
- Il costo del trasporto che comprende gli oneri per trasmissione e distribuzione.
- Gli oneri generali di sistema, fissati per legge, vengono pagati da tutti i clienti finali del servizio elettrico. Questi comprendono la copertura di diverse voci tra cui:
  - promozione della produzione di energia da fonti rinnovabili;
  - finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo;
  - smantellamento delle centrali nucleari.
- Le imposte che gravano sulla fornitura di energia elettrica sono:
  - Imposta erariale di consumo (accisa) e Addizionale erariale. Entrambe le imposte sono applicate alla quantità di energia consumata.
  - Imposta sul valore aggiunto (Iva), applicata sul costo complessivo del servizio.

Il progetto Lumière

Il PRIC è un piano importante ai fini del progetto sviluppato da ENEA, iniziato nel 2009, dal titolo "Lumière". È un progetto di ricerca e trasferimento che si pone come obiettivo la promozione dell'efficienza energetica nel settore dell'illuminazione pubblica, al fine di ridurre i consumi di energia elettrica degli impianti d'illuminazione comunale.

Il progetto è pensato per supportare le amministrazioni comunali e orientarle verso una realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli impianti d'illuminazione seguendo un Modello Sperimentale d'Illuminazione Pubblica Efficiente nel quale confluiscono gli aspetti tecnologici, economici, finanziari, e contrattuali degli interventi stessi.
Il Modello si sviluppa in 2 parti:

- Modello Tecnologico: si riferisce allo sviluppo, progettazione e verifica di una piattaforma tecnologica integrata, rappresentata da un impianto sperimentale d'illuminazione pubblica efficiente, pilotata da un sistema intelligente di controllo, diagnostica e monitoraggio in funzione delle diverse ore del giorno, dei cambiamenti climatici e dello stato di funzionalità degli impianti e dotata di tecniche informatiche per l'ottimizzazione illuminotecnica, energetica ed economica. La piattaforma, applicata alla realtà di un Comune scelto quale paese pilota, rappresenterà il modello tecnologico di riferimento, studiato appositamente per le realtà comunali affinché possa essere facilmente replicabile.
- Modello Economico-Finanziario: si riferisce agli aspetti cognitivi, economici, finanziari e contrattuali che dovranno essere affrontati dal Comune per la riqualificazione del proprio impianto.

L'invito ad aderire al progetto è principalmente rivolto a tutti i Comuni con una popolazione compresa tra i 5.000 ed i 50.000 abitanti, sebbene chiunque sia interessato a partecipare vi possa aderire. L'adesione è gratuita e non comporta alcun obbligo per le amministrazioni comunali, salvo la compilazione della scheda di adesione.
I Comuni interessati al progetto e che hanno aderito, formano un network Lumière, che rappresenta il punto di partenza per individuare le difficoltà che ogni Amministrazione Comunale incontra per una riqualificazione energetica dei propri impianti. All'interno di questa rete i soggetti possono scambiarsi informazioni ed esperienze, non solo tra di loro ma anche con gli operatori industriali e finanziari.
Per avviare il progetto, l'ENEA ha inviato ai Comuni una scheda illuminotecnica base, la cui compilazione consente l'acquisizione dei dati relativi all'impianto.
Ai Comuni che sono stati in grado di compilare la prima scheda è stata inviata una seconda scheda sugli impianti significativi, ossia un modulo che serve a segnalare un impianto o parte di esso, da riqualificare, in tutti i suoi aspetti; nella scheda vengono richiesti dati relativi alle lampade, alla tipologia delle strade, ai consumi e ai costi fatturati.
Per gli amministratori comunali, referenti del settore, vengono organizzati dei percorsi formativi e consegnate le linee guida del progetto.
Realizzato il sito web del progetto Lumière, si consente ai Comuni di partecipare ad un forum nel quale evidenziare le problematiche e/o barriere riscontrate nella gestione dell'illuminazione pubblica, condividerle con altri Comuni, proporre soluzioni e poter disporre e/o mettere a disposizione soluzioni vincenti conosciute e/o testate.
Dei 2.245 Comuni coinvolti nel Progetto e che hanno una popolazione compresa tra i 5.000 e i 50.000 abitanti, ne sono stati scelti 809, costituendone i Comuni Lumière, suddivisi in:

- 186 che hanno aderito direttamente tramite la "Scheda di adesione";
- 500 che hanno aderito tramite Associazioni e/o Gruppo di appartenenza;
- 123 che non hanno ancora aderito e saranno coinvolti nel futuro.

I dati raccolti dalle schede permetteranno di fare un quadro generale sulla situazione dell'illuminazione pubblica a livello nazionale e l'elaborazione di un report volto ad analizzare e proporre soluzioni ed indicazioni ai fini dell'adozione di politiche energetiche ad hoc per il settore. Fino al 30 Settembre 2010, 186 Comuni hanno compilato e inviato la scheda di adesione, e di questi solo 68 hanno compilato anche la scheda tecnica (non tutti in modo completo), permettendo così di fare un primo quadro della situazione at-

tuale dell'insieme del parco lampade dei comuni aderenti al progetto. È stato riscontrato, che la "non proprietà" degli impianti risulta essere una difficoltà per i Comuni che vogliono intraprendere iniziative di riqualificazione energetica. La proprietà degli impianti, nella maggior parte dei casi, è divisa tra Comune ed altri soggetti privati, nel 33% dei casi il Comune è il solo proprietario degli impianti e solo nel 6% dei casi, è altro soggetto proprietario.
Un altro elemento importante, rilevato dall'analisi, è che solo il 19% dei Comuni ha adottato il PRIC, la restante percentuale invece è priva di uno strumento amministrativo di programmazione efficiente dell'illuminazione pubblica.

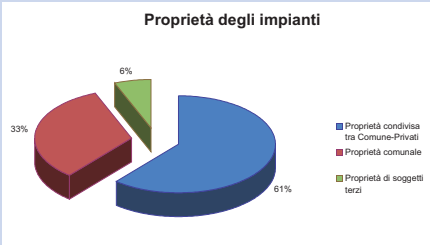


Grafico: percentuale di adozione del PRIC tra i Comuni - Fonte: Enea

Grafico: proprietà degli impianti - Fonte: Enea

All'interno della struttura organizzativa dei comuni rientra anche l'ufficio che si occupa dei lavori pubblici, tra cui l'illuminazione Pubblica. Il Responsabile del settore Illuminazione Pubblica si occupa degli aspetti ambientali e del risparmio energetico negli edifici comunali e nell'illuminazione pubblica. Nel 59% dei Comuni, non è presente tale figura, e questo è un chiaro segnale di mancata attenzione verso tale problematica.
Considerando gli aspetti economici, è stato valutato il costo in bolletta per l'energia elettrica, anche se non tutti hanno comunicato il dato. È difficile poter confrontare i costi dei diversi Comuni, soprattutto perché hanno una diversa estensione e numero di abitanti. Normalizzando la spesa per l'energia in funzione dei Km2 e del numero di abitanti emergono valori medi rispettivamente di 16,3 €/ab e 4.158,2 €/Km2 l'anno. Per quanto riguarda invece, la spesa per la manutenzione, i valori dipendono dal costo del materiale e della manodopera. I parametri scelti per normalizzare la spesa annua per manutenzione sono stati la potenza e il numero di punti luce, che fanno emergere valori medi annuali per i Comuni pari a 232 €/kW e di 28 €/punto luce.
Lo stesso discorso vale per i costi annuali totali, dati dalla somma della spesa annuale per l'energia e quella annuale per la manutenzione. Ogni punto luce risulta avere una incidenza di circa 103,3 €, ogni kW ha una incidenza pari a 817,7 € ed ogni abitante sostiene una spesa pari a 18,7 €.
I risultati di questa ricerca mostrano una nazione abbastanza all'oscuro della possibilità che la tecnologia offre sul piano dell'efficienza energetica finalizzata al risparmio energetico ed economico. Tuttavia ci sono casi di eccellenza e in generale la situazione, sia al nord sia al sud, è in movimento e in miglioramento.

Fonte ENEA: Progetto *Lumière: Efficienza Energetica nell'Illuminazione Pubblica. Percorso e metodologia di sviluppo* – settembre 2011

2.4 – Green Public Procurement e il Piano Nazionale d'Azione

Negli ultimi anni la politica europea ha introdotto una serie di regolamenti che portano all'immissione sul mercato di nuovi prodotti che rispettano l'ambiente, e che vengono seguiti durante l'intero ciclo di vita (produzione, manutenzione e dismissione), processo di valutazione denominato LCA (Life Cycle Assessment).
Uno degli strumenti sviluppati dalle istituzioni europee è la Politica Integrata di Prodotto (IPP)[11]che ha portato all'approvazione di numerose direttive, tra cui la Direttiva RoHS 2011/65/CE[12] che sostituisce la 2002/95/CE, la direttiva RAEE, 2002/96/CE[13]e la Direttiva EUP (Prodotti utilizzatori di Energia)[14] e la ERP 2009/125/CE sull'ecodesign degli Energy-related Products.
All'interno dell'IPP, viene individuato come strumento fondamentale il Green Public Procurement (GPP - Acquisti Pubblici Verdi) ossia: *"... l'approccio in base al quale le Amministrazioni Pubbliche integrano i criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie ambientali e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente lungo l'intero ciclo di vita".*
La volontà di coinvolgere l'intero sistema di produzione e consumo orientandolo alla sostenibilità, ha portato la Commissione Europea a fare un quadro normativo per gli acquisti verdi GPP e a definire i Criteri Minimi Ambientali, invitando gli stati membri ad adottare dei Piani d'azione nazionali in materia, per assicurarne la massima diffusione.
Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in concerto con il Ministero dell'Economia e delle Finanze e il Ministero dello Sviluppo Economico nell'aprile 2008, ha emanato il Piano d'Azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (PAN GPP) attraverso il D.I. 135/2008, per favorire la diffusione e l'implementazione di pratiche sostenibili presso la pubblica amministrazione.
Il PAN GPP fornisce un quadro generale sul Green Public Procurement, definisce degli obiettivi nazionali, identifica le categorie di beni, servizi e lavori di intervento

---

[11] COM 2003/302 Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo "Politica integrata dei prodotti", Bruxelles, 18/06/2003.
[12] Nuova direttiva RoHs, 2011/65/CE del Parlamento e del Consiglio, dell'8 giugno 2011 sulla "restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche".
[13] Direttiva Europea WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment Directive) sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) 2002/96/CE *sulla rottamazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche che regola l'accumulazione, riciclaggio e recupero per le apparecchiature elettriche per risolvere il problema dell'enorme quantitativo di rifiuti generati dalle apparecchiature elettroniche obsolete.*
[14] Direttiva Europea sui prodotti che consumano energia (Energy Using Products) 2005/32/CE recepita in Italia dal Decreto Legislativo n°201 del 6 Novembre 2007 che prevede l'introduzione di un quadro normativo per regolamentare il consumo energetico da parte di prodotti, rivolti in particolare al settore domestico, che utilizzano energia a qualsiasi titolo (gas, elettricità, gasolio,....). Promuove anche l'introduzione di etichettature energetiche sui prodotti utilizzatori di energia per incentivare l'utilizzo di prodotti a più alta efficienza e progressivamente eliminare dal mercato i prodotti a basso rendimento.

prioritari per gli impatti ambientali e i volumi di spesa, su cui definire i 'Criteri ambientali minimi'.
Detta inoltre delle specifiche prescrizioni per gli enti pubblici, che sono chiamati a:

- effettuare un'analisi dei propri fabbisogni con l'obiettivo di razionalizzare i consumi;
- identificare le funzioni competenti per l'attuazione del GPP coinvolte nel processo d'acquisto;
- redigere uno specifico programma interno per implementare le azioni in ambito GPP.

In particolare, invita Province e Comuni a promuovere interventi di efficienza energetica presso gli edifici scolastici di competenza.
I criteri ambientali PAN GPP sono definiti dal Comitato di Gestione GPP/IPP, istituito dal Ministero dell'Ambiente, della tutela del Territorio e del Mare con D.M. n. 185 del 18 ottobre 2007, successivamente sostituito dal D.M. n. 33 del 15 aprile 2009 e ricadono sulle seguenti categorie di beni e servizi:

- arredi (mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale archiviazione e sale lettura)
- edilizia (costruzioni e ristrutturazioni di edifici con particolare attenzione ai materiali da costruzione, costruzione e manutenzione delle strade)
- gestione dei rifiuti
- servizi urbani e territorio (gestione del verde pubblico, arredo urbano)
- servizi energetici (illuminazione, riscaldamento e raffrescamento degli edifici, illuminazione pubblica e segnaletica luminosa)
- elettronica (attrezzature elettriche ed elettroniche d'ufficio e relativi materiali di consumo, apparati di telecomunicazione)
- prodotti tessili e calzature
- cancelleria (carta e materiali di consumo)
- ristorazione (servizio mensa e forniture alimenti)
- servizi di gestione degli edifici (servizi di pulizia e materiali per l'igiene)
- trasporti (mezzi e servizi di trasporto, sistemi di mobilità sostenibile

I criteri ambientali minimi vengono definiti con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali dei prodotti e dei servizi acquistati lungo il loro intero ciclo di vita, incluse le fasi di uso e di smaltimento.

Per la definizione dei criteri minimi per l'illuminazione pubblica, il Comitato ha operato assieme ad un gruppo di esperti di organizzazioni pubbliche e private, coordinati dall'Arpa Emilia Romagna, mettendo appunto una proposta di criteri. La prima proposta, dopo un'attenta analisi del Comitato, è stata inviata al Ministero dell'Ambiente e al Ministero dell'Economia e dello Sviluppo Economico.
I criteri per questo tipo di settore (l'illuminazione pubblica) hanno lo scopo di promuovere l'adeguamento degli impianti esistenti o la realizzazione di impianti nuovi che, nel rispetto delle esigenze di sicurezza degli utenti, abbiano un ridotto impatto ambientale in un'ottica di ciclo di vita, in particolare attraverso:

- l'ottimizzazione dell'uso delle risorse energetiche;
- l'eliminazione di sostanze pericolose sia per l'ambiente sia per la salute dell'uomo nei processi e nei prodotti;
- la riduzione dell'inquinamento luminoso.

I criteri ambientali per l'illuminazione pubblica sono stati divisi in tre sottogruppi:

1. **lampade HID e sistemi a LED**: cioè riguardano la sostituzione delle lampade HID (high intensity discharge lamps) e sistemi a LED in un impianto esistente (nella maggior parte dei casi la sostituzione di una vecchia sorgente luminosa con una di ultima generazione richiede la sostituzione anche dei componenti necessari per fare funzionare lampade HID e sistemi a LED). E' necessario che ad ogni modifica eseguita sull'apparecchio esistente (cambio sorgente luminosa e/o ausiliari elettrici ecc.), sia emessa una nuova dichiarazione CE, attestante il mantenimento delle condizioni minime di sicurezza verso gli utenti, con assunzione di responsabilità da parte di chi ha eseguito le modifiche stesse;
2. **corpi illuminanti**: ossia relativi alla sostituzione dei soli corpi illuminanti, senza modifiche dei relativi supporti;
3. **impianti di illuminazione**: che riguardano la realizzazione di un impianto ex-novo. In questo caso poiché i consumi energetici dell'impianto dipendono non solo dalle sorgenti luminose e dalle caratteristiche ottiche degli apparecchi, ma anche dalla geometria di installazione adottata, è possibile individuare criteri che consentano le migliori prestazioni ed il minor impatto ambientale.

I criteri relativi a questi sotto gruppi sono soggetti ad aggiornamenti periodici poiché devono seguire l'evoluzione della tecnologia e della normativa nazionale ed europea.

2.5 – Norme tecniche per l'illuminazione

Il primo provvedimento approvato in Italia dall'Ente Nazionale di Unificazione (UNI), è stata la Norma **UNI 10819** "Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso", di natura volontaria, emanata nel 1999, al fine di difendere "l'oscurità" del cielo, senza specificare però valori idonei al raggiungimento di questo risultato.
La norma non si applica agli impianti di gallerie e di sottopassi, alla segnaletica luminosa di sicurezza ed alle insegne pubblicitarie dotate di illuminazione propria.
In questa norma gli impianti vengono classificati in 5 categorie:

TIPO A: impianti dove la sicurezza è a carattere prioritario. Per esempio illuminazione pubblica di strade, aree a verde pubblico, aree a rischio e 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.

Inoltre, la norma suddivide il territorio in 3 zone:

ZONA 1: zona altamente protetta ad illuminazione limitata, come ad esempio attorno ad un osservatorio astronomico di rilevanza internazionale, per esempio 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.

Notiamo che i limiti della zona 2 e 3 sono elevati, e a questo si dovrebbe aggiungere anche la luce riflessa dalle superfici, che è di circa il 10%.
Inoltre si deve aggiungere il Flusso Medio (Rn) inteso come rapporto medio in percentuale di emissione superiore ricavato dal rapporto tra la somma di tutti i flussi luminosi superiori e la somma di tutti i flussi totali emessi da n apparecchi di illuminazione.
La norma prevede quindi il rispetto dei valori in base alla seguente tabella:

Tab. 4 - Valori massimi di Rn in assenza del PRIC

UNI 10819			
Rn max			
TIPO DI IMPIANTO	zona 1	zona 2	zona 3
A stradale	1%	3%	3%
A non stradale B, C, D	1%	9%	23%

In generale la norma UNI 10819 è appliabile solo nelle regioni in cui le leggi in materia fanno riferimento a tale norma (Piemonte, Valle d'Aosta, Basilicata) o in quelle dove non ci sono leggi regionali di riferimento (Calabria e Sicilia).
Tramite la normativa tecnica, si è pensato anche di limitare l'inquinamento riducendo l'eccessiva luminanza delle superfici.
Nell'ottobre 2007 è stata pubblicata la nuova normativa italiana **UNI 11248** che va a completare il panorama normativo sull'illuminazione stradale insieme alle normative europee **UNI EN13201-2/3/4**.
Con la pubblicazione della UNI 11248 la precedente UNI 10439[15] del 2001 è stata ritirata e dunque non è più applicabile.
Il nuovo sistema normativo definisce responsabilità e competenze specifiche dei vari attori della progettazione, e successivamente propone un notevole cambiamento anche sul piano degli algoritmi e delle convenzioni.
L'ente normatore Europeo ha redatto la EN 13201 composta da 4 parti; le parti 2, 3 e 4 riguardano rispettivamente:
- EN 13201-2 Requisiti prestazionali: ovvero i parametri in quantità e qualità che i vari ambienti illuminati presi in considerazione devono rispettare;
- EN 13201-3 Calcolo delle prestazioni: illustra gli algoritmi e le convenzioni per il calcolo delle prestazioni;
- EN 13201-4 Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche: illustra e suggerisce metodi e procedure per la verifica delle prestazioni.

[15] La norma UNI 10439, prima delle modifiche del 2001, indicava i limiti di luminanza delle varie tipologie di strade, suddivise in 7 categorie (A, B, C, D, E, F e F bis a partire dalle strade extra urbane fino alle strade urbane locali e agli itinerari ciclopedonali). Tali requisiti erano espressi in termini di livello e uniformità di luminanza del manto stradale. Questa norma è stata approvata a seguito del documento CIE 12-2 del 1977. Purtroppo anche questa norma non risultava molto efficiente e non prevedeva la possibilità di ridurre il flusso luminoso nelle ore di minor traffico e questo comporta maggiori costi di gestione per la Pubblica Amministrazione. Con l'aggiornamento della norma nel 2001, erano stati corretti alcuni aspetti, introducendo la possibilità di abbassare i livelli di luminanza quando il traffico risultava inferiore al 50% e al 25% del livello massimo consentito per ogni tipologia di strada.

Queste tre parti indicano degli standard di riferimento, comuni a tutti gli Stati membri.
L'ente normatore Europeo ha pubblicato anche il CEN/TR13201-1, un documento che specifica e identifica una serie di fattori e considerazioni necessarie all'individuazione delle classi illuminotecniche alle quali ricondurre gli ambienti da illuminare. La classificazione degli ambienti, strade o altre zone di veicolazione del traffico motorizzato e non, è un fattore che include aspetti legati alla sicurezza del cittadino.
Per statuto comunitario ogni Stato Membro ha diretta responsabilità sugli aspetti legati alla sicurezza, conseguentemente in ogni Stato è in vigore un proprio documento normativo per la classificazione degli ambienti.
All'interno di tali documenti nazionali sono presi in considerazione gli elementi fondamentali del documento europeo CEN/TR13201-1 rielaborandoli ed adattandoli alle proprie peculiarità nazionali. Per l'Italia il documento di riferimento per la classificazione è la **UNI 11248**. (nell'allegato II è riportato un quadro generale delle norme tecniche emanate fino ad oggi).
La norma UNI 11248 "Illuminazione stradale" del 3 ottobre 2007**,** determina la categoria illuminotecnica che permette di ottenere i livelli di illuminazione nella UNI EN 13201-2, l'obiettivo di questa norma è la sicurezza dei cittadini e il risparmio energetico; fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona esterna dedicata al traffico. Nelle linee guida vi sono le indicazioni su come classificare le zone partendo da una classificazione di riferimento ed arrivando ad una classificazione di progetto ed ad altre classificazioni di esercizio che si basano sulla valutazione di molteplici parametri definiti come "Analisi dei rischi".
La norma individua prescrizioni illuminotecniche per tutte le aree pubbliche adibite alla circolazione, destinate al traffico motorizzato, ciclabile o pedonale; definendo per tutte le tipologie specifici parametri di riferimento e di analisi.
Inoltre è prevista la preparazione di un piano di manutenzione in cui vengono indicati tutti quegli interventi da porre in opera per il mantenimento delle prestazioni dell'impianto. Prestazioni che dovranno essere valutate in sede di collaudo e se richiesto in sede di manutenzione e controllo.
Oltre queste norme tecniche, a livello nazionale esistono solo alcune limitazioni delle fonti luminose presenti in materia di sicurezza stradale o di sicurezza negli ambienti di lavoro. In particolare, si ricorda l'art. 23 del Codice della Strada (d.lgs. 30 aprile 1992, n. 285), che rappresenta un importante punto di riferimento per la regolamentazione delle fonti luminose, cui è peraltro associato uno specifico regime sanzionatorio. Sulla base di questa norma sono vietati qualsiasi tipo di sorgente luminosa installata a scopo pubblicitario o come richiamo per discoteche, in quanto possono essere causa di abbagliamento e di disturbo.
Nei limiti della sicurezza degli ambienti di lavoro, occorre citare il DPR n. 547/55 che regolamenta la prevenzione degli infortuni sul lavoro. In particolare, gli artt. 28-32 indicano l'illuminazione naturale o artificiale necessaria alla sicurezza nei luoghi di lavoro.

3. FORME DI INCENTIVAZIONE PER L'EFFICIENZA ENERGETICA NELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA

3.1 - L'energy management e l'illuminazione pubblica

Gli Enti Locali svolgono un ruolo chiave sul tema dell'efficienza energetica e per operare al meglio in questo settore hanno necessità di tecnici professionisti o di una struttura ad hoc sul territorio.
Gli Energy manager hanno un compito importante per queste strutture pubbliche. In base alla legge 10/91 art. 19, i soggetti consumatori di energia, pubblici o privati, sono obbligati ad effettuare la nomina del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia, qualora i consumi energetici superino la soglia di: 10.000 tep per anno, per soggetti operanti nel settore industriale; 1.000 tep per anno, per soggetti operanti negli altri settori.
Secondo una indagine della FIRE (Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia), tra i Comuni italiani solo il 12% degli obbligati ha ottemperato alla nomina.
Le funzioni che l'Energy manager deve svolgere in base alla legge sono: azioni, interventi, procedure e quant'altro sia ritenuto necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia e assicurare la predisposizione di bilanci energetici.
Negli ultimi anni altre norme sono intervenute a rafforzare il ruolo dell'Energy manager all'interno delle P.A , in particolare l'art. 4 comma 25 del D.P.R. 59/09, l'Allegato II del D.Lgs. 115/08 e il DM 21 dicembre 2007; quest'ultimo decreto ha dato alle aziende, che ricadono nell'obbligo di nomina dell'Energy manager e che lo abbiano nominato, la possibilità di richiedere i titoli di efficienza energetica e quindi di accedere direttamente al meccanismo dei TEE (Titoli di Efficienza Energetica); questa possibilità era riservata in precedenza alle sole aziende distributrici di energia elettrica e gas naturale e alle ESCO.
Al fine di porre in condizioni di operare al meglio, la lettera o la delibera di incarico dell'Energy manager deve avere evidenziate chiaramente le funzioni, i compiti, gli obiettivi, il collegamento con la legislazione vigente oltre all'inquadramento gerarchico, ovvero alle modalità per rapportarsi con i diversi livelli della struttura.
L'Energy manager ha perciò il compito di supporto al decisore in merito all'effettiva attuazione delle azioni e degli interventi proposti.
Affinché l'Energy manager possa svolgere questi compiti, occorre che l'incarico venga conferito in via ufficiale e che i responsabili dell'amministrazione, urbanistica, lavori pubblici, ambiente, siano informati e collaborino per il successo dell'iniziativa.
Nell'ambito dei compiti dell'energy management rientra l'individuazione delle utenze elettriche per centri di spesa, di cui uno di questi è dedicato all'illuminazione pubblica; per cui nella redazione del bilancio energetico comunale una delle voci importanti ricade proprio sull'illuminazione pubblica, oltre che su tutti gli altri consumi come idrico, scuole, uffici, depurazione etc.

Le priorità di un ente locale per gli impianti di illuminazione pubblica sono:
• maggiore sicurezza
• riduzione dei costi energetici
• riduzione dei costi manutentivi
• qualità nell'illuminazione
• rispetto ambientale
• rapidità di intervento
• maggiore controllo di gestione
• riduzione dei reclami dei cittadini

A seconda delle condizioni degli impianti analizzati devono essere fatte le giuste considerazioni per eventuali riqualificazioni o sostituzioni.
I Comuni sono responsabili di molte attività energivore quali la gestione immobiliare, i servizi (uffici pubblici, come municipio, scuole, piscine, strutture sanitarie etc.), illuminazione pubblica e semaforica, infrastrutture di servizio (raccolta e trattamento rifiuti, acquedotti) e trasporti. Questi servizi possono essere forniti direttamente oppure tramite un terzo al quale siano affidati.
È quindi fondamentale la pianificazione energetica all'interno della struttura e può influire notevolmente sull'efficienza energetica nella produzione e nel consumo.

3.2 - I Finanziamenti Tramite Terzi e le E.S.CO.

Le difficoltà incontrate dai Comuni nella gestione energetica del territorio, la costante scarsità delle loro risorse economiche e la mancanza delle necessarie competenze nel settore, hanno condotto allo sviluppo e all'elaborazione di percorsi a sostegno di questi ultimi al fine di giungere a possibili interventi di riqualificazione energetica.
Il settore energetico, così complesso e in continua evoluzione, ha favorito la comparsa di nuovi soggetti sia privati che pubblici i quali svolgono un ruolo di partner nella gestione di alcuni progetti, per facilitare e garantire una corretta ed efficiente gestione energetico-ambientale del territorio.
Nell'ultimo decennio sono nate delle società di servizi energetici, le E.S.CO. (Energy Service Company) che operano nel settore dell'illuminazione pubblica e non solo (impianti fotovoltaici, riqualificazione energetica degli edifici etc.), quali promotori dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale, occupandosi sia della progettazione dell'intervento, sia della sua realizzazione e manutenzione.
Il D. Lgs. 115/2008[16], in attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, nell'art.2 definisce la E.S.CO. "come persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici intesi come misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento di altri criteri di rendimento stabiliti".

[16] **Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115** "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE" pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 154 del 3 luglio 2008

L'art. 16 dello stesso Decreto stabilisce che le E.S.CO., in quanto fornitrici di servizi energetici, sono meglio definite da una norma tecnica, la UNI CEI 11352[17] che ne definisce i requisiti generali, progettuali, gestionali, economici e finanziari.
In pratica, le E.S.CO. sono soggetti specializzati nell'effettuare interventi nel settore dell'efficienza energetica, così il cliente non è costretto a sostenere un elevato costo di investimento per la realizzazione del progetto, in quanto le società gestiscono sia la progettazione sia la realizzazione e la manutenzione per tutta la durata del contratto che generalmente dura dai cinque ai dieci anni.
Una E.S.CO. si basa su quattro principi fondamentali:

1. capacità di seguire tutte le fasi di realizzazione del progetto in modo integrato, coordinandolo, ottimizzandolo, contestualizzandolo, dando la priorità al risparmio energetico;
2. remunerazione in base al risparmio energetico effettivamente conseguito; ossia la differenza tra la bolletta energetico pre e post intervento migliorativo spetta alla E.S.CO. fino al termine del periodo di pay-back[18] previsto nel contratto;
3. finanziamento diretto o indiretto dell'intervento;
4. garanzia al cliente del risparmio energetico.

È evidente quindi che occorre fare delle valutazioni ben precise del progetto e reperire le migliori fonti di approvvigionamento finanziario. Il D.Lgs. 115/2008 suggerisce, come metodologia efficace per realizzare gli interventi di efficienza energetica, il **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)**. Il finanziamento tramite terzi (F.T.T.) è uno strumento finanziario che può essere utilizzato per agevolare la promozione e la diffusione delle tecnologie di Risparmio Energetico. Il sistema di "Finanziamento Tramite Terzi" vede attivi generalmente tre soggetti:

- la Esco, che stipula un contratto con un cliente, ente o impresa pubblica o privata, per realizzare un progetto di razionalizzazione energetica. La Esco sostiene l'investimento e si assume il rischio del risultato, ricevendo in cambio un flusso di pagamenti scaglionato nel tempo generato dal risparmio energetico conseguito, raccordato al precedente costo della bolletta energetica.
- il **finanziatore terzo**, ossia un ente bancario, che provvede alla fornitura delle risorse finanziarie, essenziale per la realizzazione del progetto. L'intervento si basa su un'attenta valutazione dei risultati di risparmio energetico ottenibili dall'investimento. L'istituto finanziatore determina il grado di "bancabilità" del progetto anche in relazione all'affidabilità tecnico-finanziaria o della Esco o del cliente.
- l'azienda destinataria dell'impianto, sia pubblica o privata, i clienti finali, che possono essere soggetti privati o pubblici, usufruiscono del servizio e beneficiano di una quota del risparmio energetico conseguito, senza impegnare direttamente nell'iniziativa le proprie risorse finanziarie. Questi si impegnano a corrispondere alla Esco, per un periodo di anni stabilito contrattualmente, un canone generalmente inferiore alla bolletta energetica che veniva pagata prima dell'intervento.

---

[17] L'8 aprile 2010 è stata pubblicata la norma UNI CEI 11352:2010 Gestione dell'energia - Società che forniscono servizi energetici (ESCO) - Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti
[18] Il payback period è il numero di periodi necessari affinché i flussi di cassa cumulati eguaglino l'investimento iniziale.

Per dare una idea di come è suddiviso il finanziamento tramite il FTT, è stato inserito un grafico:

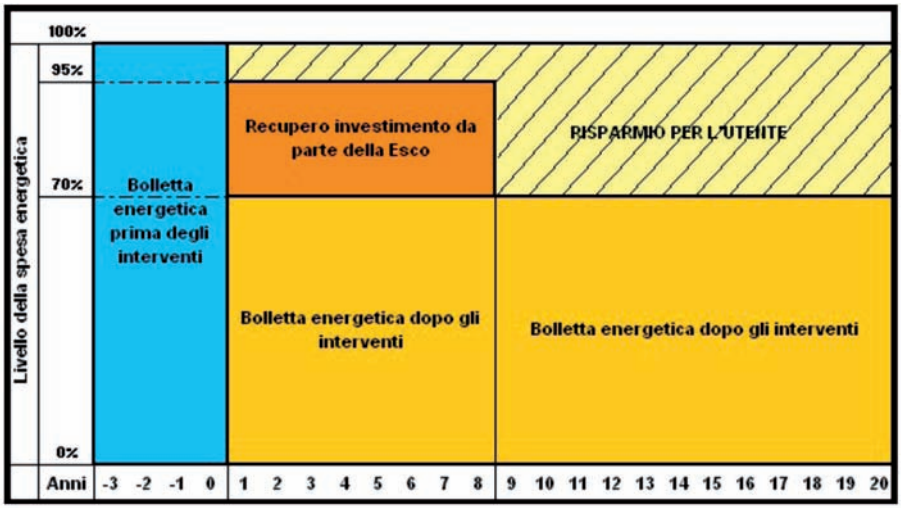


Fig. 6 – Schema della gestione del FTT (Fonte: Esco Italia s.r.l)

I settori di intervento di una E.S.CO. sono:
- monitoraggi energetici e ambientali;
- interventi di efficienza energetica nell'illuminazione;
- miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali;
- miglioramento dell'efficienza energetica dell'involucro degli edifici e degli impianti di produzione di calore;
- miglioramenti bioclimatici e bioedilizia;
- riduzione dei consumi elettrici e termici nei processi industriali;
- produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili e/o sistemi di cogenerazione e/o da impianti di generazione distribuita;
- teleriscaldamento;
- gestione delle risorse idriche e dei reflui.

Nel campo dell'illuminazione pubblica, gli amministratori degli enti locali si trovano a dover fare delle scelte importanti per raggiungere obiettivi di risparmio energetico dovendo fronteggiare due importanti ostacoli:

- la scarsità di risorse economiche e relativi vincoli (patto di stabilità, difficoltà di indebitamento, ecc.)
- la carenza di competenze specifiche.

Per questo, agli enti locali è consigliato rivolgersi ad una E.S.CO. in quanto:

- realizza gli interventi di riqualificazione energetica, senza la necessità per l'ente di disporre o immobilizzare le risorse finanziarie richieste per l'investimento;
- possiede competenze tecniche specifiche di cui l'amministrazione probabilmente non dispone, ottenendo un servizio e un approccio integrato a 360°;

- si ottengono riduzioni dei consumi e dei costi di gestione con il miglioramento tecnologico, l'aumento del comfort, senza costi di investimento;
- vi è possibilità di "certificare" gli interventi di risparmio energetico attraverso l'ottenimento dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE o Certificati Bianchi).
  (Fonte Enea-MSE "Linee Guida" progetto Lumière)

3.3 - I format contrattuali di servizi ESCO

Il rapporto tra la E.S.CO. e l'utente è determinato da un contratto che deve coprire tutte le condizioni negoziabili: sono inclusi, pertanto, la percentuale di risparmio per l' E.S.CO., il periodo di tempo in cui l' E.S.CO. prenderà parte all'investimento, lo scopo del progetto, il modo in cui si valuterà il risparmio prendendo in considerazione la produzione, la qualità, le materie prime, etc., ed altre clausole legali generali per assicurare i diritti di ciascuna delle parti.
In base al livello di responsabilità fra la E.S.CO. e il cliente esistono diverse forme di finanziamento contrattuali, ossia:

- **Shared Saving (risparmio condiviso)**: la E.S.CO. facendosi carico del finanziamento e assumendosi tutti i rischi correlati alla prestazione, provvede all'installazione, alla gestione e al finanziamento dell'intervento in cambio di un corrispettivo per il servizio prestato, comprendente una percentuale del valore economico dell'energia risparmiata durante il periodo di validità del contratto (5-10 anni). Durante questo periodo inoltre, la E.S.CO. è proprietaria degli impianti e delle opere fino alla scadenza del contratto.
- **Guaranteed Saving (risparmio garantito)**: il reperimento di risorse finanziare è a carico del cliente, come anche i relativi rischi di rimborso nei confronti dell'ente finanziatore (soggetto terzo), la E.S.CO. si assume la responsabilità per il raggiungimento del risparmio, sulla base della quale riceverà un compenso. Dato che la formula contrattuale stabilisce un risparmio garantito, in caso di mancato raggiungimento degli obiettivi, sarà la E.S.CO. a dover restituire la somma impiegata. Il contratto ha una durata di 4-8 anni.
- **First out**: la E.S.CO. fornisce il capitale al cliente e il risparmio che si consegue dall'intervento serve a ripagare il finanziamento iniziale della E.S.CO. stessa. Il contratto ha diversa durata: 3-5-7-9 anni. Alla scadenza del contratto, e quando tutto l'investimento è interamente ammortizzato, il risparmio passa a favore del cliente, che diventa anche proprietario degli impianti e delle opere.
  (Fonte: Enea-MSE "Linee guida" progetto Lumière).

3.4 - La convenzione CONSIP – Servizio Luce

Inoltre, per le singole amministrazioni locali, si è reso disponibile un apposito strumento contrattuale quale il "Servizio Luce di CONSIP", che grazie a gare di appalto organizzate a livello nazionale, offre la possibilità di ottenere forniture di servizi a prezzi vantaggiosi e con significative semplificazioni di livello burocratico. L'obiettivo è quello di dare al Comune uno strumento di supporto ed incentivare progetti ed interventi nel settore, al fine di incrementare l'efficienza energetica.
La CONSIP è una società per azioni del Ministero dell'Economia e delle Finanze

(MEF), che ne è l'azionista unico, ed opera secondo i suoi indirizzi strategici, lavorando al servizio esclusivo delle pubbliche amministrazioni.
Lo scopo della CONSIP è quello di promuovere l'evoluzione di processi finalizzata al miglioramento continuo delle attività della Pubblica Amministrazione attraverso:

- know-how all'avanguardia;
- capacità di anticipare, comprendere ed elaborare le esigenze.

La CONSIP definisce e fornisce soluzioni integrate innovative attraverso consulenza di contenuto, nonché progettazione, realizzazione e acquisizione di beni e servizi. Nel 2000, è stato avviato un programma per la razionalizzazione degli acquisti nella P.A. basato sull'utilizzo delle tecnologie ICT applicate ai processi di approvvigionamento delle pubbliche amministrazioni e ha lo scopo di:

- razionalizzare la spesa di beni e servizi delle pubbliche amministrazioni, migliorando la qualità degli acquisti e riducendo i costi unitari;
- semplificare e rendere più rapide e trasparenti le procedure di approvvigionamento pubblico.

Il programma mette a disposizione delle amministrazioni strumenti di e-procurement (acquisti in rete) e ha il suo centro operativo nel portale www.acquistinretepa.it.
All'interno del Programma, rientra una convenzione, denominata "Servizio Luce", giunta alla seconda edizione, strutturata per offrire un miglioramento del servizio di pubblica illuminazione.
Il Servizio Luce ha per obiettivo l'erogazione del servizio di illuminazione pubblica, tramite un contratto che garantisce alle Amministrazioni l'efficienza e la qualità, incentivando una gestione del servizio orientata al risparmio energetico, alla messa a norma degli impianti, al comfort dei cittadini e al rispetto dell'ambiente.
Tale contratto offre la possibilità di affidare l'intera gestione degli Impianti di Illuminazione Pubblica ad un unico soggetto che vince la gara di appalto, consentendo l'ottimizzazione dei processi di erogazione dei servizi attraverso una riduzione del fabbisogno energetico ed una pianificazione organica delle attività manutentive con conseguente riduzione dei costi di gestione.
Il fornitore realizza gli interventi di efficienza energetica (i cui benefici saranno trasferiti integralmente all'amministrazione allo scadere del contratto) ricevendo come corrispettivo un canone indipendente dal consumo di energia elettrica (€/punto luce), determinato in base alla tipologia di tecnologia illuminante e alla potenza (ad esempio: lampade a vapori di sodio a 70W).
Il Servizio Luce prevede le seguenti attività:

- acquisto di energia elettrica;
- esercizio degli impianti di illuminazione pubblica;
- manutenzione ordinaria;
- interventi di riqualificazione energetica, adeguamento normativo e tecnologico, manutenzione straordinaria.

L'Amministrazione può richiedere inoltre un servizio opzionale di sostituzione di lampade tecnologicamente obsolete (vapori di mercurio/incandescenza) con lampade a vapori di sodio ad alta pressione ad alto rendimento. Il passaggio a lampade ad alto rendimento consente di ridurre i consumi di energia e quindi anche il costo an-

nuale di gestione dei punti luce per tutta la vita utile dell'apparecchio di illuminazione, pari a oltre 10 anni. I costi di tale sostituzione vengono remunerati mediante il pagamento di un canone mensile aggiuntivo per la sola durata del contratto.
Durante la prima edizione, conclusa il 16 Settembre 2008 circa 150 sono stati i Comuni che hanno aderito al programma, distribuiti su tutto il territorio nazionale; gestiti quasi 380.000 punti luce (circa il 5% del mercato dell'illuminazione pubblica nazionale); sostituiti oltre 100.000 punti illuminanti obsoleti, con lampade ad alta efficienza (quasi il 30% dei punti luce gestiti in Convenzione); circa 10.637.000 kWh/anno risparmiati grazie al cambio lampade (pari a oltre il 20% dei consumi dei punti luce efficienti); oltre 5.197 t/anno di CO2 non emessa in atmosfera
(Fonte dei dati: Consip).
La convenzione prevede due tipologie di *contratto attuativo*, il contratto "standard" (durata 5 anni) ed il contratto "esteso" (durata 9 anni), tra le quali l'Amministrazione può scegliere di contrarre.
Entrambe i contratti, oltre ad una remunerazione a canone[19], prevedono per le PP.AA. la possibilità di richiedere interventi impiantistici (riqualificazione energetica, manutenzione straordinaria, adeguamento normativo e tecnologico), remunerati extra canone "a consumo", pari ad una quota massima del canone complessivo stimato[20]. Le due tipologie contrattuali differiscono soprattutto per il valore massimo di tale quota.
Nel corso del periodo di validità del contratto attuativo, è facoltà dell'amministrazione contraente richiedere al fornitore una variazione del numero dei punti luce o del numero di lanterne semaforiche o segnali luminosi rispetto al territorio gestito stabilito inizialmente. A tale variazione sarà associato un adeguamento del canone disciplinato nel capitolato tecnico.
Il fornitore dovrà garantire a ciascuna amministrazione contraente l'accesso al proprio sistema informativo limitatamente ai dati relativi all'impianto gestito. Tale sistema informativo deve consentire la verifica in tempo reale dello stato degli interventi programmati, la consultazione dei report di riepilogo sulle attività effettuate e l'esportazione dei dati.
(Fonte: ENEA-MSE "Linea guida" progetto Lumière)

3.5 - I Titoli di Efficienza Energetica (TEE o certificati bianchi)

Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE), comunemente noti come "Certificati Bianchi", è un sistema di mercato realizzato per promuovere il risparmio energetico attraverso la promozione di un impiego efficiente delle risorse energetiche.

---

[19] Il canone remunera tutte le attività di acquisto di energia elettrica, esercizio degli impianti,manutenzione ordinaria degli impianti ed altri obblighi per l'illuminazione pubblica e la gestione di impianti semaforici, oltre che tutte le attività di governo dei servizi.
[20] Il Canone Extra varia a seconda della tipologia del contratto: un massimo del 30% del Canone complessivo per contratti Standard o del 20% per contratti Estesi per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica, di manutenzione straordinaria, di adeguamento normativo e tecnologico.
Tutti gli interventi di riqualificazione energetica, di manutenzione straordinaria, di adeguamento normativo e di adeguamento tecnologico, qualora remunerati extra Canone, sono contabilizzati facendo riferimento ai listini indicati in Convenzione.

I certificati bianchi, introdotti con i decreti ministeriali del 24 aprile 2001 e successivamente modificati dai decreti ministeriali del 20 luglio 2004, sono emessi dal Gestore del Mercato Elettrico (GME) a favore dei distributori, delle società controllate dai distributori medesimi o a favore di società operanti nel settore dei servizi energetici, come per esempio le ESCO, con l'obiettivo di certificare la riduzione dei consumi conseguita attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica.
Con il DM 21 dicembre 2007, è stata estesa, alle aziende che ricadono nell'obbligo di nomina dell'energy manager e che lo abbiano nominato, la possibilità di chiedere i titoli di efficienza energetica e quindi di accedere direttamente al meccanismo dei TEE.
All'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG)[21] è affidato il compito di definire i criteri, le regole tecniche di funzionamento del nuovo impianto normativo e la gestione dell'intero meccanismo.
I TEE si suddividono in tre differenti tipologie:

- Tipo I - azioni per la riduzione dei consumi di energia elettrica;
- Tipo II - azioni per la riduzione dei consumi di gas naturale;
- Tipo III - interventi di riduzione di altri combustibili solidi, liquidi e altri combustibili gassosi.

Ai fini della valutazione dei risparmi conseguibili attraverso ciascuna tipologia di intervento si distinguono 3 metodi di valutazione:

a) standardizzata
b) analitica
c) a consuntivo

All'atto della realizzazione dell'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica presso un utente finale, il proponente deve avviare una procedura per ottenere il riconoscimento dei titoli. Se l'istruttoria è favorevole, AEEG comunica al Gestore dei Mercati Energetici di stanziare un certo numero di titoli a favore del soggetto proponente, in una quantità "certificata" dall'avvenuta istruttoria e corrispondente ai risparmi energetici conseguiti grazie alla realizzazione dei progetti di efficientamento.
I D.Lgs. n. 115/2008 e D.Lgs. n. 28/2011 hanno introdotto la possibilità che anche soggetti diversi dall'Autorità possano sviluppare schede tecniche per la valutazione semplificata dei risparmi, prevedendo in particolare che l'ENEA rediga e trasmetta al Ministero dello Sviluppo Economico schede standardizzate per la quantificazione dei risparmi energetici nell'ambito del meccanismo dei certificati bianchi.
Con la deliberazione del 27 ottobre 2011 - EEN 91/2011 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, sono state approvate le nuove "Linee guida per la preparazione, esecuzione e valutazione dei progetti di cui all'articolo 5, comma 1, dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 e s.m.i. e per la definizione dei criteri e delle modalità per il rilascio dei titoli di efficienza energetica", le quali sostituiscono le precedenti linee guida in quanto sono intervenute una serie di modifiche apportate

[21] L'Autorità per l'energia elettrica e il gas è un'autorità indipendente istituita con la legge 14 novembre 1995, n. 481 con funzioni di regolazione e di controllo dei settori dell'energia elettrica e del gas.

dallo sviluppo normativo relativo al settore, ed entrate in vigore dal 1° novembre 2011.
L'esperienza italiana è la prima al mondo ad aver applicato questo strumento di mercato per promuovere l'efficienza energetica negli usi finali.
In merito a questo, i meccanismi e la regolamentazione dei certificati bianchi sono stati oggetto di approfonditi studi e analisi da parte della Commissione Europea, dell'Agenzia Internazionale per l'Energia e di un numero crescente di Paesi, sia europei, sia extra-europei (Stati Uniti, Australia, Giappone, Corea).
Con la Direttiva 2006/32/CE[22], la Commissione Europea ha esplicitamente indicato i certificati bianchi come uno degli strumenti che gli Stati membri possono utilizzare per conseguire l'obiettivo di contenere i consumi energetici del 9% al 2016.

3.6 - I Fondi Strutturali

La politica di coesione comunitaria ha destinato all'Italia dei fondi strutturali, che rientrano all'interno del Quadro Strategico Nazionale (QSN) 2007-2013. Questo assegna particolare rilievo alle politiche finalizzate all'efficienza energetica, allo sviluppo delle energie da fonte rinnovabile e alle connesse potenziali filiere tecnologiche e produttive sia nell'area dell'obiettivo comunitario *convergenza* sia nell'area dell'obiettivo comunitario *competitività regionale e occupazione*. Il QSN 2007-2013 si attua attraverso 66 Programmi Operativi articolati in:

- **Nazionali (PON):** in settori con particolari esigenze di integrazione a livello nazionale, la cui autorità di gestione è una amministrazione centrale;
- **Regionali (POR):** multisettoriali, le cui autorità di gestione sono amministrazioni regionali o province autonome;
- **Interregionali (POIN):** per azioni coordinate tra le Regioni in attuazione di interventi su tematiche come: energia, attrattori culturali naturali e turismo; gestiti dalle Regioni, con la partecipazione di centri di competenza nazionale o amministrazioni centrali.

Nell'ambito dei Programmi Operativi cofinanziati dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR)[23] sono state impegnate buona parte delle risorse finanziarie ai temi energetici: complessivamente sono stati destinati circa 4 miliardi di euro (3 miliardi nelle Regioni del Mezzogiorno) per il periodo 2007-2013, di cui circa il 50% alle tematiche dell'efficienza e risparmio energetico.
Tra i Fondi Strutturali destinati agli interventi di Efficienza Energetica nel comparto pubblico c'è il Programma Interregionale Energie rinnovabili e risparmio energetico per l'Area Convergenza (Sicilia, Calabria, Puglia, Campania), nell'ambito del

---

[22] DIRETTIVA 2006/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio

[23] Il FESR sostiene programmi in materia di sviluppo regionale, di cambiamento economico, di potenziamento della competitività e di cooperazione territoriale. Tra le priorità di finanziamento vi sono la ricerca, l'innovazione, la protezione dell'ambiente e la prevenzione dei rischi, gli investimenti infrastrutturali mantengono un ruolo importante soprattutto nelle regioni in ritardo di sviluppo.

quale il Ministero dell'Ambiente, in cooperazione con altre Amministrazioni centrali a seconda della competenza, sostiene azioni su edifici e elementi attigui/circostanti di proprietà pubblica. Al Programma si può accedere mediante procedure e bandi di evidenza pubblica o attraverso procedure negoziali.
Il POI Energia prevede tre ASSI prioritari:

Asse I: Produzione di energia da fonti rinnovabili con il quale si andranno a promuovere e sperimentare forme avanzate di interventi integrati e di filiera.
Asse II: Efficienza energetica ed ottimizzazione del sistema energetico mediante interventi destinati ad imprese, edifici pubblici, aree protette, isole minori, reti di trasporto. Sono previste anche campagne di informazione, sensibilizzazione e animazione per operatori pubblici, privati e cittadini.
Asse III: Assistenza Tecnica e azioni di accompagnamento per l'attuazione e la conoscenza del Programma.

3.7 - I Programmi Europei

Oltre ai Fondi Strutturali, a livello comunitario esistono dei Programmi Europei altrettanto importanti, pubblicizzati mediante dei bandi distinti per tematiche, pubblicati periodicamente. Qui la partecipazione richiede, insieme all'idea progettuale, coerente con gli obiettivi e le modalità previste, la creazione di una rete di partner internazionali, in genere soggetti giuridici, pubblici o privati, con sede nel territorio degli Stati membri dell'UE, Norvegia, Islanda, Liechtenstein e Croazia comprese. Il programma IEE - Intelligent Energy Europe, dell'area Competitività e Innovazione (CIP), è quello che offre maggiori possibilità agli Enti Pubblici di sviluppare progetti nei settori dell'efficienza energetica, delle fonti rinnovabili e trasporti.
IEE si suddivide in quattro aree di intervento:

SAVE - Efficienza energetica e uso razionale delle risorse (migliorare l'efficienza energetica e l'uso razionale dell'energia, in particolare nei settori dell'edilizia e dell'industria, sostenere l'elaborazione e l'applicazione di misure legislative).
ALTENER - Risorse energetiche nuove e rinnovabili (promuovere le fonti d'energia nuove e rinnovabili per la produzione centralizzata e decentrata di elettricità, calore e di freddo, e di biocarburanti, sostenendo così la diversificazione delle fonti di energia; integrare le fonti di energia nuove e rinnovabili nell'ambiente locale e nei sistemi energetici; sostenere l'elaborazione e l'applicazione di misure legislative).
STEER - Energia nei trasporti (per promuovere l'efficienza energetica e l'uso delle energie nuove e rinnovabili nei trasporti oltre a sostenere iniziative riguardanti tutti gli aspetti energetici dei trasporti e la diversificazione dei carburanti; promuovere i carburanti rinnovabili e dell'efficienza energetica nei trasporti; sostenere l'elaborazione e l'applicazione di misure legislative).
Iniziative Integrate – in riferimento alle aree tematiche precedenti si interviene per migliorare i seguenti aspetti (capacità di gestione delle questioni energetiche da parte delle autorità locali; modalità di finanziamento degli interventi di efficienza energetica e di applicazione delle fonti rinnovabili).
Anche il **Programma di Ricerca e Sviluppo Tecnologico FP7 (7th Framework Programme),** richiede l'attivazione di partnership europee e la partecipazione di

organismi di ricerca, favorisce progetti di ampia scala ma molto più specifici. Delle cinque categorie di intervento previste, la Cooperation consta di dieci aree tematiche, tra cui l'area Energy, spesso collegata a: Tecnologie dell'Informazione, Ambiente e Cambiamenti Climatici, Nanotecnologie e Materiali, Trasporti, Agricoltura e Biotech, Salute, Scienza Socio-Economiche, Sicurezza, Spazio.
Sempre all'interno del tema competitività e innovazione, in collaborazione con la BEI (Banca Europea degli Investimenti), è stato istituito un fondo denominato **ELENA** (European Local ENergy Assistance), che finanzia solo progetti sviluppati dagli Enti Locali. ELENA copre una parte dei costi per il supporto tecnico che si rende necessario per preparare, attuare e finanziare un programma di investimenti, come ad esempio studi di fattibilità e di mercato, la strutturazione di programmi, piani aziendali, audit energetici, la preparazione per le gare. Quindi tramite ELENA è possibile per gli enti pubblici, attuare programmi di investimento e progetti di riqualificazione degli edifici pubblici e privati, edilizia eco-compatibile, impiego delle fonti rinnovabili, efficienza energetica, sostenibilità nei trasporti, piccole infrastrutture locali e sistemi di ICT (Information and Communication Technology).
La strategia complessiva stabilita nel Piano Comunitario d'Azione per l'Efficienza Energetica comprende anche il Programma GreenLight, progettato per facilitare la diffusione di un'illuminazione efficiente nel settore terziario. Il programma GreenLight è un programma volontario in cui enti e imprese pubbliche e private si impegnano a migliorare l'illuminazione nei propri spazi, ogniqualvolta ed ovunque il risparmio di energia ne giustifichi l'investimento, e ad installare nelle nuove realizzazioni i più efficienti sistemi d'illuminazione disponibili. Gli obiettivi per i partecipanti registrati nel programma GreenLight sono:

- migliorare l'illuminazione nei loro edifici;
- realizzare i nuovi impianti con tecnologie che minimizzino i costi energetici, con conseguente:
  - riduzione dei costi di esercizio;
  - miglioramento della qualità della luce e la produttività dei lavoratori;
  - riduzione delle emissioni di gas con effetto serra e altri inquinanti;
  - miglioramento dei risultati economici dei partecipanti al programma.

Il programma GreenLight è iniziato nell'anno 2000 e funge da catalizzatore per lo sviluppo nei settori chiave di un'illuminazione efficiente. Gli interventi di miglioramento dell'efficienza dell'illuminazione realizzati nell'ambito del Programma GreenLight rientrano tra le tipologie ammesse per il rilascio di appositi Titoli di Efficienza Energetica commerciabili ed in grado di incentivare ulteriormente le azioni in questo settore.

CAPITOLO 4 – L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

4.1 – Struttura tecnica dell'impianto di illuminazione

Un impianto di illuminazione è composto da due parti: la lampada, ossia la sorgente di luce (trasduttore che converte energia elettrica in luce) e l'armatura, comprendente il guscio di protezione, il supporto della lampada e il sistema ottico.
Per scegliere un impianto efficiente, è importante valutare il corpo illuminante, nell'insieme e non solo la sorgente luminosa o l'armatura.
Negli ultimi anni, grazie all'evoluzione tecnologica, si è cercato di rendere le lampade sempre più efficienti, con buone prestazioni complessive.
La Direttiva 2005/32/CE (vedi nota n. 22) definisce le specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia. Si tratta di un insieme di linee guida per la definizione delle specifiche all'interno di misure d'attuazione destinate a numerosi gruppi di prodotti.
Due di queste fanno riferimento all'illuminazione. I prodotti non efficienti utilizzati per l'illuminazione nelle abitazioni e nel settore terziario (strade, uffici e industrie) verranno gradualmente ritirati dal mercato. Questo significa che non sarà più permesso vendere prodotti che non soddisfano questi requisiti nei paesi della Comunità Europea. A tali prodotti verrà sottratta la Certificazione CE.

Tab. 5 – Piano per il ritiro dal mercato delle lampade a scarica ad alta pressione inefficienti (elaborazione ISPRA fonte: Philips)

<table>
<tr><th>Da aprile di ogni anno</th><th>2010</th><th>2012</th><th>2015</th><th>2017</th></tr>
<tr><td>Lampade a vapori di sodio</td><td>Consentite</td><td colspan="3">Ritiro dal mercato delle lampade a vapori di sodio inefficienti</td></tr>
<tr><td>Lampade sostitutive a vapori di sodio</td><td colspan="2">Consentite</td><td colspan="2">Ritiro dal mercato di tutte le lampade sostitutive a vapori di sodio</td></tr>
<tr><td>Lampade a vapori di mercurio</td><td colspan="2">Consentite</td><td colspan="2">Ritiro dal mercato di tutte le lampade sostitutive a vapori di mercurio</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Lampade a vapori alogenuri metallici</td><td colspan="2" rowspan="2">Consentite</td><td colspan="2">Ritiro dal mercato delle lampade a vapori di alogenuri metallici</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ritiro dal mercato di tutte le lampade inefficienti</td></tr>
</table>

Fig. 7 – Lampioni in città – Dipinto ad olio di Maria Grazia Capitelli

4.1.1 – Sorgenti luminose

Attualmente, sono presenti varie tipologie di lampade che si differenziano in base alle seguenti caratteristiche:

- efficienza: espressa in l/W, ossia quanti lumen di flusso luminoso sono sviluppati per ogni Watt consumato;
- vita utile: ossia la vita economica della lampada;
- resa dei colori: che consiste in un indice di una sorgente che misura quanto naturali appaiono i colori degli oggetti da essi illuminati;
- flusso luminoso: che esprime la quantità di energia luminosa emessa da una sorgente nell'unità di tempo, espresso in lumen;
- temperature di colore: che definisce la tonalità di bianco, giallo o blu della lampada.

Le principali tipologie di sorgenti più diffuse oggi sono ad incandescenza, ai vapori di mercurio, gli ioduri metallici e a vapori di sodio a bassa ed alta pressione. Nella sottostante tabella sono evidenziati i principali vantaggi e svantaggi di ogni tipologia di lampada:

	VANTAGGI	SVANTAGGI
LAMPADE AD INCANDESCENZA	✓ Basso costo di acquisto	✓ Bassissima efficienza
	✓ Semplicità di installazione	✓ Breve vita media
	✓ Buona resa cromatica	✓ Elevata emissione di calore durante il funzionamento
VAPORI DI MERCURIO	✓ Buona efficienza luminosa	✓ Elevata emissione di luce
	✓ Elevatissima durata	✓ Scarsa qualità della luce emessa
		✓ Il mercurio è altamente tossico e inquinante
		✓ Tempi di accensione attorno ai 4 minuti
IODURI METALLICI	✓ Buona efficienza luminosa	✓ Accensione lenta
	✓ Ottima resa dei colori	✓ Emissione spettrale molto ampia
	✓ Discreta durata di vita	
VAPORI DI SODIO AD ALTA PRESSIONE	✓ Ottima efficienza luminosa	✓ Notevole dimensione dei bulbi
	✓ Lunga durata (> 48.000 ore)	
	✓ Risparmio energetico	
	✓ Costi di acquisto contenuti	
VAPORI DI SODIO A BASSA PRESSIONE	✓ Alta efficienza luminosa	✓ Scarsissima resa cromatica
	✓ Lunga durata di vita	✓ Notevole dimensione dei bulbi
	✓ Emissione spettrale ridotta	

Attualmente vi sono alcuni ostacoli che non permettono una elevata diffusione della tecnologia Led sul mercato, tra cui:
- I costi, mediamente superiori del 30% rispetto agli altri prodotti che utilizzano ancora tecnologie di illuminazione tradizionali.
- La dissipazione del calore: generato dalla base elettronica su cui il LED viene collocato. Invece, il calore dei Led di per sé, è circoscritto alla base e si propaga prevalentemente per conduzione.
- L'efficienza luminosa: definita come il rapporto tra il flusso luminoso prodotto e la potenza elettrica assorbita da una sorgente luminosa. I LED si differenziano dalle lampade tradizionali, dove l'aumento della potenza elettrica assorbita aumenta l'efficienza. Nei LED, invece, l'efficienza tende a diminuire con l'incremento della potenza assorbita. Quindi, la potenza aumenta con un tasso superiore rispetto a quello del flusso e ne deriva un decremento dell'efficienza luminosa.
- Gli alimentatori elettronici, la cui duratura è di circa 3 o 4 anni, con costi superiori di circa 6/8 volte rispetto a quelli utilizzati per le sorgenti al sodio ad alta pressione.
- I LED oggi più diffusi hanno temperature di colore troppo elevate (>3.500 K) e creano problemi per la salute dell'uomo e per l'ambiente.

4.1.2 – Le armature

Come già accennato, l'armatura è formata da guscio di protezione, dal supporto della lampada e dal sistema ottico, formato da un vetro di protezione esterno e da un riflettore interno. Il sistema ottico permette di convogliare il flusso di luce della lampada nella direzione richiesta. Esso deve essere strutturato in modo che le sue parti e la lampada non raggiungano temperature maggiori rispetto a quelle che possono sopportare.

Dato che l'inquinamento luminoso è provocato dalla dispersione verso l'alto di flussi luminosi provenienti da impianti di illuminazione, occorre eliminare tutta la parte di emissione luminosa indirizzata oltre gli angoli di 90°, in quanto non è funzionale ad illuminare strade o piazze.

È per questo che è consigliato l'utilizzo di corpi totalmente schermati, (ossia intensità luminosa a 90° ed oltre inferiore a 0,49 cd/klm).

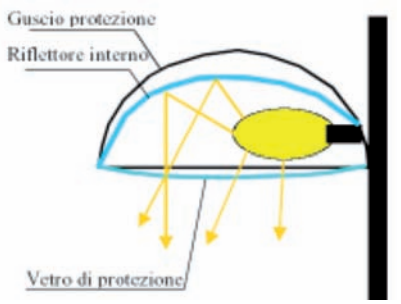


Fig. 8 - Corpo illuminante composta da un guscio di protezione, da lampade e relativo supporto, e dal sistema ottico formato da riflettore interno e vetro di protezione (Fonte: www.cielobuio.org)

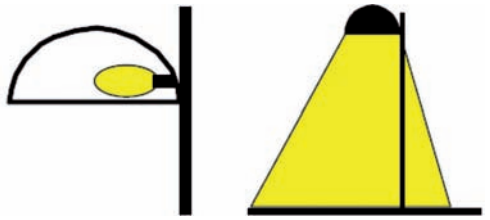


Fig. 9 - Esempio di apparecchio totalmente schermato (Fonte: www.cielobuio.org)

Dall'adozione di questa tipologia di schermatura conseguono due vantaggi: il primo è che la luce è completamente inviata verso il terreno,

illuminando solo la superficie d'interesse; il secondo è che non vi è la visione diretta della lampada, per cui è assicurato un adeguato confort visivo. I corpi totalmente schermati possono essere dotati sia di un vetro piano orizzontale, sia con vetro curvo completamente incassato nell'armatura. Nel caso del vetro piano, all'aumentare dell'angolo di incidenza, diminuisce la quantità di luce che riesce ad attraversare il vetro; molta luce viene quindi rinviata indietro, verso il riflettore, ma ad ogni riflessione una parte di flusso luminoso viene assorbita dall'armatura a discapito del rendimento globale del corpo illuminante. Adottando il vetro curvo, invece, nascono dei flussi di luce che si dirigono al di sopra dell'orizzonte, e quindi sono inquinanti e i flussi di luce, poco sotto l'orizzonte, aumentano il fenomeno dell'abbagliamento; dunque più curvo è il vetro, maggiore sarà la luce dispersa. Quindi il vetro piano, anche se con dei limiti, non produce inquinamento luminoso e ne limita l'abbagliamento.

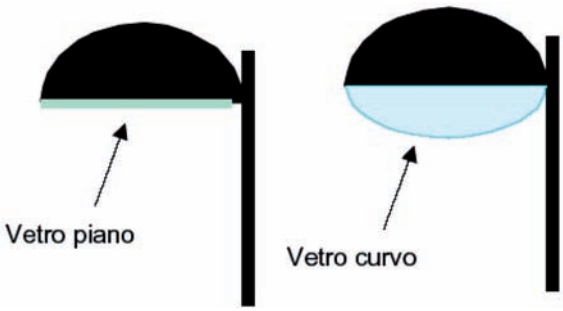


Fig. 10 - Esempio di di vetro piano e vetro curvo (Fonte: www.cielobuio.org)

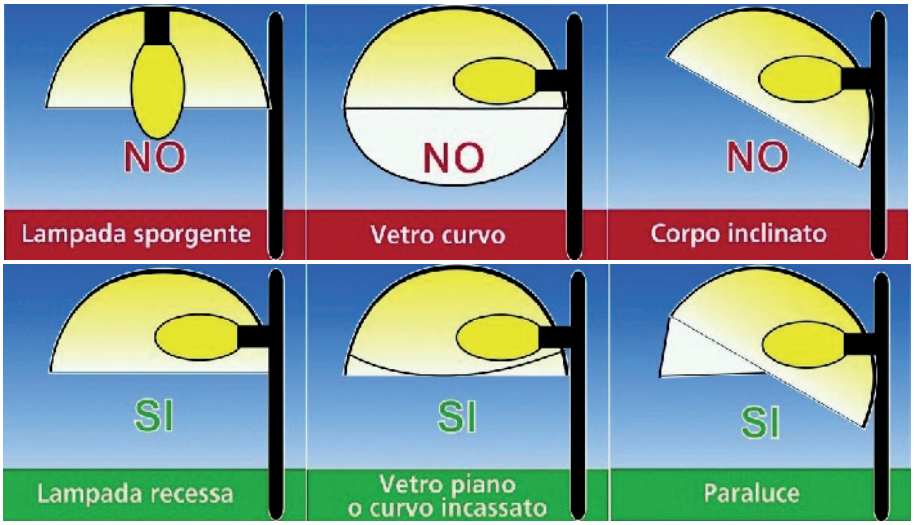


Fig. 11 - Tipologia di corpi illuminanti (Fonte: www.cielobuio.org)

4.1.3 – Tipologie di supporto per la lampada

Gli impianti di illuminazione possono essere suddivisi in categorie in base alla loro applicazione. Così abbiamo:

- Impianti di tipo stradale, diversificati a seconda del tipo di traffico di una strada: esclusivamente veicolare, veicolare e pedonale, o esclusivamente pedonale;

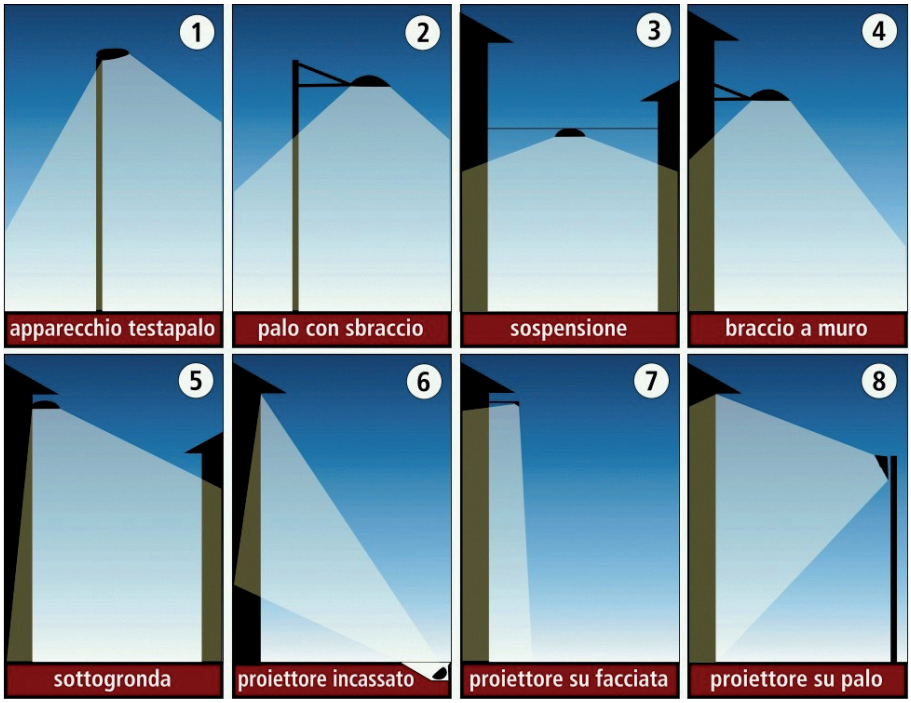


Fig. 12 - Alcune tipologie di sostegno per gli impianti

– Impianti per l'arredo urbano, che rispettano non solo le caratteristiche funzionali di un corpo illuminante, ma anche quelle decorative;
– Proiettori, utilizzati per illuminare le grandi aree.

Riportiamo alcuni esempi di impianti in base alla tipologia di sostegni utilizzati, come è illustrato nella figura sottostante:

- *Apparecchi testa palo*: in cui il gruppo ottico, che comprende lampada, riflettore e vetro di chiusura è montato generalmente alla sommità di un palo (la cui altezza varia tra i 6 e i 20 metri a seconda del tipo di utilizzo e dal tipo di strada).
- *Apparecchi a frusta*: simili agli apparecchi testa palo ma l'apparecchio è posizionato all'estremità di un palo inclinato che si protrae sulla strada.
- *Apparecchi a braccio*: in cui il gruppo ottico è montato su di un braccio che viene applicato direttamente sulle facciate degli edifici nelle situazioni in cui non è possibile installare dei pali.
- *Apparecchi a catenaria o tesata*: in cui il gruppo ottico è sospeso al centro della strada tramite un sistema di cavi.
- *Apparecchi ad incasso*: da montare direttamente a terra, quindi con vetro di chiusura calpestabile, per ottenere degli effetti scenografici.
- *Apparecchi a riflessione*: generalmente montati testa palo dove si utilizza un elemento riflettente per riflettere il fascio luminoso verso la strada.
- *Torri Faro*: sono sostegni verticali sui quali vengono montati gruppi di apparecchi, indicati soprattutto per l'illuminazione di parcheggi, grandi aree sportive, svincoli stradali, banchine portuali.

4.2 - Esempi di tecnologie per il risparmio energetico

Ad oggi la ricerca sta sviluppando sempre più nuove tecnologie di sistema per l'aumento dell'efficienza energetica nel settore dell'illuminazione pubblica, in termini di progettazione assistita, integrazione innovativa, gestione intelligente di un intero distretto (paese, quartieri urbani, strutture del terziario...), etc.
Gli impianti di illuminazione pubblica ed esterna sono caratterizzati da una grande quantità di punti nevralgici sparsi su tutto il territorio, per i quali è necessario controllare costantemente il funzionamento ed effettuare la manutenzione. In particolare nelle aree urbane gli impianti di illuminazione pubblica hanno una grande estensione ed una diffusione capillare, un numero molto elevato di quadri elettrici di alimentazione e soprattutto di punti luminosi.

Sul mercato sono disponibili diversi tipi di dispositivi per la riduzione dei consumi energetici, di seguito ne elenchiamo alcuni esempi:

- I riduttori di potenza; ossia un insieme di dispositivi elettromeccanici, il cui funzionamento si basa sulla riduzione lineare della tensione di alimentazione delle lampade. Uno svantaggio dei riduttori di potenza potrebbe essere la dimensione, infatti essendo molto ingombranti devono essere contenuti in uno specifico armadio.
- I cablaggi bi-potenza; capaci di ottenere un risparmio energetico del 45%, grazie alla riduzione della tensione negli orari in cui vi è la diminuzione del traffico veicolare e pedonale tramite l'aggiunta di un'impedenza[24]. I cablaggi possono essere inseriti nei singoli corpi illuminanti.
- I sistemi di telecontrollo: piattaforme hardware-software che permettono di operare a distanza su dispositivi integrati nel quadro di comando stradale per la regolazione del flusso luminoso centralizzato. Questo software permette di gestire/monitorare/variare una serie di parametri legati all'impianto di illuminazione, consentendo così anche la riduzione dei costi di manutenzione.
- Sistemi punto-punto; che consentono il controllo del flusso luminoso e delle reali condizioni di funzionamento dei singoli corpi illuminanti mediante delle onde convogliate che viaggiano sulla stessa linea di alimentazione.
- Sistemi di parzializzazione mediante orologi.

Spesso però queste tecnologie sono sistemi rigidi e il sistema di gestione non può essere connesso a sistemi di rilevamento delle condizioni ambientali e di fruizione delle zone da illuminare. Ciò significa che la strategia di controllo è definita a priori a prescindere dal fatto se la reale utenza sia più o meno vicina al profilo di utenza stimata o se la prestazione di illuminazione richiesta sia effettivamente assicurata (non sottodimensionata e non sovradimensionata).
Il sistema di controllo invece, può essere attuato attraverso l'uso di sistemi di misura in tempo reale della "domanda" ed attraverso l'utilizzo di un sistema di ottimizzazione. Potendo dotarsi di una capacità di modellazione e predizione della evoluzione a breve della domanda stessa sarebbe possibile sviluppare un sistema

[24] L'impedenza è la tendenza di un circuito elettrico ad opporsi al passaggio della corrente rendendola alternata. In fisica è definito come il risultato del rapporto tra la tensione e l'intensità di corrente di uno stesso circuito, espressa in Ohm.

adattivo che evolve in contemporanea alla domanda, generando informazioni sulla domanda stessa di energia. Disporre di tali tecnologie a livello di sistema, porterebbe ad un aumento dei costi trascurabile (i sensori necessari sono a basso costo e l'"intelligenza" ha costi trascurabili nella replicazione) ma ad un significativo incremento del risparmio energetico con la diretta conseguenza che il tempo di ritorno dell'investimento sarebbe molto breve e sarebbero migliorate l'efficienza energetica dell'impianto e la garanzia della prestazione. Inoltre una prospettiva ben più significativa potrebbe aprirsi con l'adozione delle tecnologie PLC (Power Line Communication) a banda larga. Si tratta di dispositivi, di recente sviluppo, che consentono di far viaggiare sulle linee elettriche contenuti digitali a banda larga (fino a 9 immagini di telecamere in tempo reale su una sola linea). Attraverso questa tecnologia è possibile agganciare un'ampia serie di sensori che possono andare dalla misura della qualità dell'aria, alla videosorveglianza, dalla comunicazione wifi o cellulare alla comunicazione su display, dal monitoraggio dei consumi energetici di edifici pubblici al monitoraggio del traffico. Questo permetterebbe l'aggregazione sulla linea della illuminazione di molti *smart services* con la conseguenza di abbattere i costi e moltiplicare le prestazioni. Questa tematica, identificata sotto la parola chiave *smart city* rappresenta uno dei maggiori punti di approdo delle nuove tecnologie della illuminazione pubblica.

4.3 - Illuminazione di edifici e monumenti

Importante è anche l'illuminazione di palazzi e monumenti; spesso però si assiste a "spettacoli" di luce, in cui al posto di valorizzare l'aspetto storico-architettonico e culturale dell'opera, essa viene deturpata dall'eccessiva ed erronea illuminazione. È bene privilegiare l'illuminazione dall'alto verso il basso utilizzando, per esempio, dei proiettori asimmetrici orizzontali;
in questo caso si raggiunge il duplice scopo di riuscire ad illuminare contemporaneamente la facciata di un palazzo e del monumento con relativa piazza. (Fig. 13)

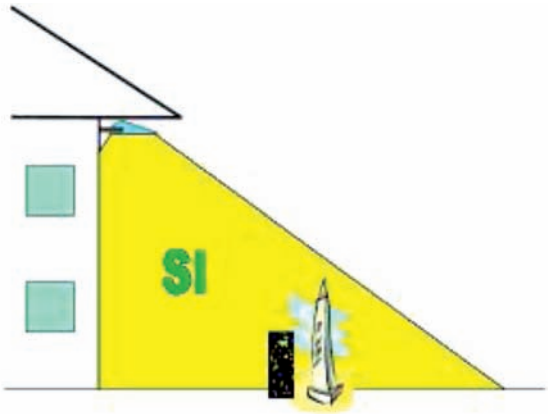


Fig. 13 – Per palazzi e monumenti, privilegiare l'illuminazione dall'alto verso il basso, utilizzando, ad esempio, proiettori asimmetrici (installati correttamente) come in figura. Con questo sistema risultano illuminati sia il palazzo, sia la piazza (Fonte: www.cielobuio.org)

L'illuminazione dal basso verso l'alto va riservata solo ai monumenti di fondamentale importanza storica ed architettonica e, in quei casi, di reale impossibilità di alternative. Naturalmente, bisogna avere cura che, il fascio luminoso rimanga contenuto all'interno della sagoma dell'edificio. In questo caso è ancora utile il proiettore asimmetrico, montato con inclinazione tale che, il vetro piano non superi la verticale; a questi, possono essere affiancati fari tipo spot per l'illuminazione di strutture più strette e sporgenti rispetto alla facciata dell'edificio, come ad esempio i campanili.

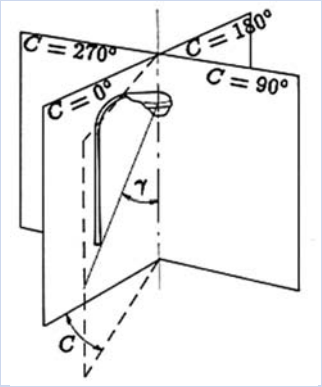
Fig. 14 – L'illuminazione dal basso, va riservata ai soli edifici di grande importanza storica. Il fascio di luce deve però rimanere interamente contenuto entro la sagoma dell'edificio. (Fonte: www.cielobuio.org)

In ogni caso, sia per l'illuminazione radente dall'alto che per quella dal basso, vanno previsti dei riduttori per diminuire l'illuminazione durante le ore notturne.
L'illuminazione dal basso verso l'alto non andrebbe permessa per illuminare fabbriche, capannoni o, addirittura, vecchi tralicci di nessun interesse storico.
A questi ultimi andrebbe consentita solo l'illuminazione dall'alto verso il basso e, unicamente, per motivi di sicurezza, oppure l'illuminazione pilotata da sensori di movimento.
L'impatto dell'impianto di illuminazione sul paesaggio urbano è notevole. A seconda del tipo di lampione utilizzato si può valorizzare o banalizzare superfici architettoniche di pregio.

Emissione di luce diretta sopra l'orizzonte

La rappresentazione grafica dell'emissione di luce nello spazio avviene mediante la curva fotometrica. La curva fotometrica di un apparecchio d'illuminazione consente di prevedere il suo impatto sull'ambiente circostante. Per costruire una curva fotometrica è necessario misurare l'intensità luminosa. In sostanza è necessario "vedere" con quale intensità la nostra sorgente emette luce in una determinata direzione.
È come girassimo attorno all'apparecchio e, a diverse angolazioni, misurassimo l'intensità della luce emessa.
I lumen rappresentano la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa ed è chiamata tecnicamente *flusso luminoso*. Questo parametro permette di svincolare le curve

fotometriche dal tipo di lampada utilizzata con un apparecchio e dalla sua potenza, infatti esprimendo le quantità in lumen (precisamente 1000 lumen), il globo emetterà comunque la luce con diverse intensità (al variare della potenza e della lampada) ma sempre nel medesimo modo: tanta luce sopra, poca luce sotto. I valori dei diagrammi sono espressi in candele per 1000 lumen e si riferiscono ad una lampada di tipo normalizzato. Si definisce solido fotometrico la rappresentazione tridimensionale delle intensità luminose emesse da una sorgente (puntiforme) nello spazio. Intersecando il solido con dei piani si ottengono le *curve fotometriche*.
Questi piani possono essere fatti ruotare attorno ad un asse per esplorare ogni punto del solido fotometrico.
La rappresentazione delle misure più comune è chiamata *rappresentazione C/γ* ed è illustrata nel grafico seguente:



Consideriamo il fascio di piani che hanno come generatrice la verticale passante per la sorgente luminosa. Possiamo individuare ogni piano in base all'angolo C che esso forma con la parallela all'asse stradale o con un altra retta del piano orizzontale. Definiamo γ l'angolo tra la retta verticale che passa per la sorgente e la direzione che ci interessa. Possiamo rappresentare l'intensità emessa dalla lampada nelle varie direzioni dello spazio tracciando in una serie di grafici, uno per ogni piano definito da un valore di C, le curve dell'intensità in funzione dell'angolo γ su quel piano. I due piani di maggior interesse per l'illuminazione stradale sono quello con C=0, parallelo all'asse stradale, e quello C=90°, perpendicolare all'asse stradale.
Per verificare la conformità di un apparecchio alle norme regionali è indispensabile possedere e verificare il valore dell'intensità luminosa per angoli γ di 90° ed oltre. Questi valori sono riportati in una tabella fotometrica dell'apparecchio illuminante (che rappresenta l'intensità luminosa per ogni angolo C e γ).
La tabella contiene valori di intensità luminosa massima ad un certo angolo (a 90° ed oltre) per comprendere quando un corpo illuminante ha emissione pari a 0.
A volte può capitare di trovarsi di fronte un apparecchio che non emette flussi luminosi fino ai 90°, ma solo oltre, come nel caso dei lampioni a luce diretta.
Ai fini della riduzione dell'inquinamento luminoso, occorre imporre l'utilizzo di qualsiasi tipologia di impianto che abbia una emissione di 0cd/klm a 90°. In via eccezionale, è possibile accettare limiti superiori per gli apparecchi di arredo urbano e per piccoli impianti solo nel caso in cui:
– sono presenti nelle città in piccole quantità;
– non ospitano lampade con flusso superiore ai 10.000 lumen;
– se sono presenti all'interno dei centri storici e sono schermati dai palazzi.

Emissione di luce indiretta

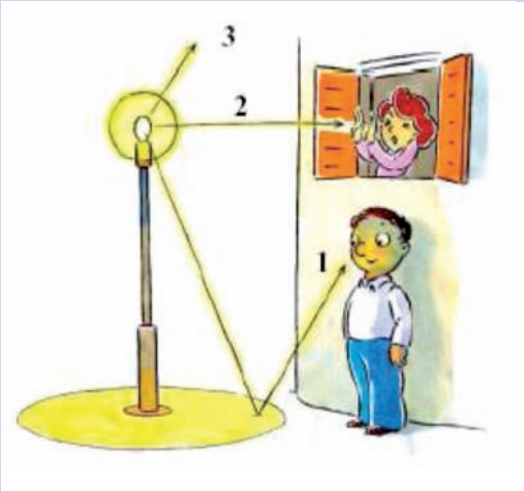


Fig. 15 - Rappresentazione grafica dell'emissione di luce indiretta

Come illustrato in figura, la luce, per illuminare, deve seguire un percorso analogo a quello indicato dalla linea spezzata 1: dalla sorgente, il raggio raggiunge una superficie (per esempio la pavimentazione stradale) per venire riflessa verso l'occhio dell'osservatore, dove avviene il processo della visione. La luce che si propaga in altre direzioni, per esempio lungo le linee 2 e 3, rimane inutilizzata, anzi la luce lungo la direzione 2 causa l'abbaglio, in quanto arriva direttamente alla pupilla. Quindi solo la luce indiretta è funzionale, ad ogni modo, è doveroso agire su tutte le direzioni di propagazione: quelle al di sopra dell'orizzonte (2 e 3) attraverso l'utilizzo, di appropriate schermature, e quelle di luce indiretta (3) attraverso il mantenimento di adeguati livelli di illuminazione, evitando le illuminazioni a giorno.
Quindi illuminare non significa abbagliare, la luce diretta negli occhi produce una falsa sensazione di sicurezza.

ALLEGATO I

Esempi: schede sintetiche dei PRIC di Lodi, Foggia e Vigevano

Stato di fatto

Lo stato di fatto degli impianti di pubblica illuminazione , fornita dall'amministrazione comunale, ha permesso di analizzare il parco lampade comunale composto da 4884 punti luce, di cui solo 328 sono di proprietà del Comune e gestiti da Lodi Luce, la restante parte è di proprietà di Enel Sole. I dati presentati risalgono al 2006 e si riferiscono alla sola quota di proprietà Enel Sole.
Il 74% dei punti luce presenti sul territorio comunale sono costituiti da apparecchi stradali classici; il 16% del parco lampade è costituito da apparecchi per l'arredo urbano e il restante 10% da proiettori che sono utilizzati per l'illuminazione stradale.
Sul territorio comunale sono ancora molto utilizzate le lampade ai vapori di mercurio. Infatti coprono il 61% del parco lampade. Le lampade al Sodio ad Alta Pressione (SAP) sono le sorgenti con maggior efficienza presenti sul territorio anche se alcune presentano delle anomalie, in quanto spesso gli impianti sono sovradimensionati rispetto alle reali esigenze illuminotecniche, a causa di una scarsa attenzione in fase progettuale o di una bassa efficienza del corpo illuminante. Il 4% delle lampade agli ioduri metallici sono utilizzate all'interno dei proiettori per uso architetturale.
All'interno di questo specifico piano della luce viene fatta una valutazione sui corpi illuminanti e la loro installazione e sulle sorgenti luminose.
L'elemento principale rilevabile da una analisi diretta degli apparecchi installati è la verifica del flusso luminoso diretto (emissione inferiore a 0,49 cd/klm sui 90° ed oltre).
Da questa verifica, sono risultati necessari i seguenti tipi di intervento:

N°	Descrizione intervento	Quantità	%
01	Centri luminosi che necessitano della sola sostituzione del corpo illuminante (armatura stradale)	944	21,5%
02	Centri luminosi da realizzare ex novo con caratteristiche di arredo urbano (apparecchio e sostegno)	378	8,6%
03	Centri luminosi da realizzare con sostegno ed apparecchio testa palo (max.5 m.) con caratteristiche di arredo urbano	503	11,5%
04	Centri luminosi che necessitano della sola sostituzione del corpo illuminante (armatura stradale) e del palo	1041	23,8%
05	Centri luminosi da realizzare ex-novo con proiettore sotto gronda	341	7,8%
06	Centri luminosi da realizzare ex-novo con palo ed armatura stradale	552	12,6%
07	Centri luminosi adeguati che non necessitano di alcun intervento	652	14,2%
	Totale centri luminosi	**4382**	**100%**

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale di Lodi:
Piano di Energy saving e stima dei costi

I costi che l'Amministrazione sostiene (2006) per l'energia impiegata nell'Illuminazione Pubblica sono notevoli e i dati sintetizzati nella tabella sottostante sono ricavati dalle bollette per l'energia e manutenzione:

Consumi energetici	**Quantità u.d.m.**
Potenza nominale illuminazione pubblica	700 kW
Punti Luce	n. 4556
Ore di funzionamento annue	4000 ore
Consumo energetico annuo	**2.800.000 kWh/anno**
Costo energia	0,12 €/kWh
Costo energetico impianti	**336.000 €/anno**

Il Piano di Energy Saving del Comune di Lodi ha ipotizzato una quasi totale ristrutturazione degli impianti, una ottimizzazione delle potenze installate e un aumento delle interdistanze tra i punti luce.
Quest'ultimo punto permetterebbe una riduzione della numerosità dei punti luce con un vantaggio sui consumi energetici e sui costi di manutenzione. L'ottimizzazione delle interdistanze è prevista solo per alcuni viali. Le potenze invece, dovranno essere calibrate utilizzando la potenza minore possibile garantendo dei giusti livelli di luminanza.
Segue una tabella che evidenzia come la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con quelli di ultima generazione consente l'utilizzo di sorgenti luminose di potenza inferiore. Considerando l'autoconsumo dei sistemi tradizionali pari al 15% e l'autoconsumo dei punti luce con reattore elettronico che è pari al 10%, avremmo:

Descrizione	***Nuovo***	***Esistente***	***Differenze***
Potenza Nominale	*400*	*559*	
Autoconsumo %	*10%*	*15%*	
Potenza Effettiva	*440*	*643*	*-203*
Ore di funzionamento annue	*4.000*	*4000*	
KW/h	*1.760.000*	*2.571.400*	*-811.400*
€/kWh	*0,12*	*0,12*	
€/anno	***211.200***	***308.568***	***-97.368***

Facendo lavorare a pieno regime gli impianti per 2000 ore l'anno e al 70% le altre 2000 ore l'anno e ipotizzando un costo energetico annuo di 0,12 €/kWh avremmo un ulteriore risparmio del 15%. Il Comune risparmierebbe così circa 130.000 euro l'anno.
Per il Comune di Lodi, l'ipotesi di una sostituzione dei corpi illuminanti e una sostituzione dei pali e sostegni, comporterebbe un investimento totale di 7.181.000 euro, una cifra sicuramente elevata ma necessaria in quanto gli impianti esistenti sono per la maggior parte a fine vita e quindi sono da sostituire nel breve tempo possibile.

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale di Foggia (anno 2007):
Stato di fatto

Lo stato di fatto del parco lampade del Comune di Foggia conta 15.168 punti luce così suddivisi:
- Il 66% sono impianti dedicati all'illuminazione stradale
- il 21% sono dedicati all'illuminazione di piazze o aree pubbliche e a zone pedonali
- il 7% costituisce l'illuminazione dei giardini o dei parchi pubblici. Le piste ciclabili invece, sono illuminate dall'1% dei punti luce.

Tra i corpi di tipo stradale di diverse tipologie: il 55% sono a coppa prismatica, obsoleti in quanto incrementano i fenomeni di abbagliamento, il 32% a vetro piano, il 12% a vetro curvo e l'1% a ottica aperta, anch'essi obsoleti e necessitano di interventi di sostituzione urgenti.
Gli apparecchi ad arredo urbano compongono il 28% del parco lampade. La tipologia più diffusa è quella dei corpi a sfera e lanterne nelle varie forme, con una ridotta efficienza ed efficacia.
Il restante è costituito dai proiettori suddivisi in questo modo:
- Il 14% sono utilizzate nelle torri faro;
- Il 46% negli impianti sportivi;
- Il 40% sono impianti singoli installati su sostegni già esistenti.

La maggior parte delle sorgenti luminose a vapori di mercurio sono già state sostituite per l'85% da sorgenti al Sodio ad Alta Pressione; mentre la restante parte sono sorgenti agli loduri Metallici, impiegati nell'illuminazione degli impianti sportivi.
Per quanto riguarda il tipo di sostegni distribuiti sul territorio, l'88% dei corpi illuminanti è installato su sostegni singoli o a grappoli, il 10% è installato a parete e l'1% sono sospesi su fune e un altro 1% sono a parete o ad incasso. Su oltre 14.000 sostegni, meno dell'1% deve essere obbligatoriamente sostituito e circa il 15% deve essere sottoposti a trattamenti di protezione.
La **valutazione della conformità degli impianti alla Legge Regionale 15/2005** e succ. integrazioni si limita alla verifica:
- dei corpi illuminanti e la loro installazione;
- delle sorgenti luminose.

La verifica dell'emissione della luce verso l'alto è l'elemento principale dell'analisi e deve essere effettuata per ogni tipo di apparecchio illuminante.
Per quanto riguarda gli apparecchi stradali , dalla verifica effettuata su ogni tipologia di apparecchio e posizione di installazione, è risultato che solo 1.479 apparecchi stradali a vetro piano orizzontali sono conformi alla legge, ma questo non comporta la completa sostituzione degli altri corpi illuminanti ma anche un semplice adeguamento.
Sulla totalità dei corpi illuminanti d'arredo urbano, 4128 hanno bisogno di interventi cospicui e costi molto vicini a quelli di acquisto.
Le torri faro, invece, sono per la maggior parte a norma di legge tranne una (n. 5 di Via Manfredonia)che necessita di un adeguamento tramite la sostituzione dei proiettori con altri asimmetrici installati con vetro piano orizzontale.

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale di Foggia:
Piano di Energy saving e stima dei costi

I costi che l'Amministrazione sostiene per l'energia impiegata nell'ulliminazione Pubblica sono notevoli ma i dati raccolti sono fermi al 2004, quando è stato firmato il contratto tra ACEA e il Comune di Foggia. Così si è proceduto con una stima dei costi per l'anno 2007, sintetizzati nella seguente tabella:

Costi stimati anno 2007	
Bolletta ENEL per l'illuminazione	1.560.365 €/anno
Costi manutentivi complessivi (conv. ACEA)	354.289 €/anno
Costi manutentivi pronto intervento (conv. ACEA)	177.145 €/anno
Totale costi per l'illuminazione anno 2006	**2.091.799 €/anno**
Totale CO2 equivalente consumata anno 2006	**2.091.799 €/anno**

Il piano di Energy Saving del Comune di Foggia ha previsto una serie di interventi così suddivisi:
a - Adeguamento apparecchi del centro storico, aree pedonali e parchi;
b - Ridimensionamento impianti d'illuminazione stradali comunali;
c - Utilizzo di sistemi per la riduzione del flusso luminoso;
d - Inserimento sistemi semaforici a led:

Investimenti e risparmi dele proposte di intervento	
Costo intervento a) b) e c) con sistemi di telecontrollo centralizzati	4.390.300 €
Risparmio energetico	512.445 €/anno
Pay Back	8.5 anni
Risparmio energetico dopo il raggiungimento del Pay Back	8.455. 342 €
CO2 equivalente non immessa in atmosfera (702 g/kWh)	844 t/anno
Illuminazione semaforica a Led	
Costo iniziale dell'intervento	451.800 €
Risparmio energetico	63.930 €/anno
Risparmio annuo per manutenzione ordinaria	80.000 €/anno
Pay Back	3.1 anni
CO2 equivalente non immessa in atmosfera (702 g/kWh)	328 t/anno

Gli interventi sopra evidenziati sono urgenti, data la dotazione di impianti datati. Sebbene le proposte siano slegate tra loro, è possibile conseguire un risparmio energetico e una migliore illuminazione del territorio con una attenta azione di coordinamento.

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale di Vigevano (PV) anno 2010: Stato di fatto

Lo stato di fatto del parco lampade del comune di Vigevano conta 6670 punti luce, esclusi gli impianti sportivi pubblici di cui:
• 1374 sono di proprietà del comune;
• 5242 sono di proprietà di Enel Sole;
• 54 sono di proprietà della Provincia.
Il 90% del totale del parco lampade del comune è dedicato all'illuminazione stradale, compresa gli incroci, le rotatorie e i parcheggi, mentre il restante 10% è rappresentato dall'illuminazione di zone pedonali, parchi, parchi giochi e piazze.
Dal legame tra la funzionalità e la tipologia dell'apparecchio, risulta che :
– L'85% dei punti luce sono di tipo stradale;
– Il 7% sono di arredo urbano, una percentuale minima rispetto alla valutazione del territorio;
– Il 7% sono proiettori, una percentuale alta visto che l'analisi non include gli impianti sportivi.
Il totale delle sorgenti luminose utilizzate sono distinte nel seguente modo:
– Il 43% dei punti luce sono ai vapori di mercurio, altamente inquinanti;
– Il 48% dei punti luce sono a Sodio ad Alta Pressione;
– Il 5% sono sorgenti agli loduri metallici tradizionali e il 2% del tipo a bruciatori ceramici, ad altissima efficienza;
– Il 2% sono a fluorescenza compatta.
Le potenze medie impiegate risultano essere di 131,7 KW, una media alta se consideriamo la percentuale di sorgenti ad elevata potenza. L'efficienza media è di 83,5 lm/W.

Conformità alla L.R. 17/2000 e s.m.i.
Su 5.629 apparecchi di illuminazione stradale: 1.499 sono da orientare disponendoli orizzontali, e/o devono essere sostituite le sorgenti luminose inefficienti; 3.112 sono da sostituire.
Tra i 588 apparecchi per l'illuminazione da arredo urbano 385 sono da sostituire, mentre tra i proiettori dei 133 dedicate all'illuminazione di grandi aree, 117 devono essere sostituiti o eliminati.
Tutti gli impianti dotati di sorgenti luminose ai vapori di mercurio sono spesso gravemente sotto illuminati, per cui devono essere sostituiti con sorgenti SAP (Sodio ad Alta Pressione) di minor potenza, ma di maggior efficienza. Mentre tra gli impianti nuovi è presente una elevatissima percentuale di impianti sovra dimensionati da ridimensionare.

Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale di Vigevano (PV):
energy saving e riqualificazione dell'illuminazione:

Le proposte del presente piano hanno lo scopo di rispettare la L.R. 17/2000 e s.m. e raggiungere un risparmio energetico, individuando le migliori soluzioni tecnologiche adottabili: la messa a norma e la riduzione di potenza negli impianti comunali e adozione di riduttori di flusso. Per la messa a norma degli impianti, è richiesto al gestore di sostituire i corpi illuminanti fuori legge o obsoleti, eliminare le sorgenti al mercurio e utilizzare dei sistemi di illuminazione che permettano la valorizzazione del territorio. Gli apparecchi di tipo stradale devono essere a vetro piano da installare orizzontali con rendimenti maggiori al 65-70%. Per ottenere un maggior risparmio energetico verranno adottati i seguenti interventi:

- sostituzione delle sorgenti ai vapori di mercurio con altre al sodio ad alta pressione e minore potenza;
- adeguamento degli impianti che hanno elevate potenze e sono obsoleti e sostituiti con apparecchi ad elevata performance e minore potenza installata, mantenendo la stessa tipologia di sorgente;
- adeguamento degli impianti che sono ad uso pedonale, costituite da lampade ed apparecchi obsoleti a limitata efficacia con apparecchi ad elevate performance e minore potenza installata;
- è fortemente consigliata l'introduzione di sistemi di riduzione dei flussi luminosi.

Di seguito sono riportati i risultati complessivi riguardanti gli interventi previsti all'interno dell'Energy Saving, alla luce degli eventi. Si ipotizza una situazione di riscatto degli impianti non di proprietà per poter attuare in modo coerente una politica di riqualificazione integrale della luce sul territorio:

Investimento complessivo (se gli impianti non fossero di proprietà)	8.176.670 €
Investimento complessivo (* a seguito della perizia di riscatto degli impianti non di proprietà)	2.891.000 €
Riscatto impianti non di proprietà	76.000 €
Costi Totali sostenuti	**2.967.000 €**
Risparmio energetico complessivo (KWh/anno)	2.287.919 KWh
Risparmio sul costo dell'energia annuo (€/anno)	280.040 €
Risparmio manutentivo annuo (€/anno)	130.027 €
CO2 equivalente non immessa in atmosfera (562 g/KWh) ogni anno	270 t/anno
Risparmio complessivo annuo (€/anno)	**410.069 €**
Verifica della convenienza dell'intervento	
Consumi pre intervento (KWh/anno)	4.031.683 KWh
Consumi post intervento (KWh/anno)	2.013.763 KWh
Costi energia pre intervento	526.525 €
Costi energia post intervento	283.659 €
Risparmio % sull'energia consumata annua	53,2 %
Co2 consumata pre intervento ogni anno	2.451 t/anno
Co2 consumata post intervento immessa ogni anno	1.133 t/anno
Pay Back	7.2 anni

Si nota il ritorno degli investimenti totali è superiore ai 15 anni (vita media degli impianti), quindi dovremmo considerare un periodo piuttosto lungo, anche se il Comune avrebbe come risultato un contenimento dei costi e una migliore qualità della luce.

ALLEGATO II

Norme Tecniche

Norma	Titolo	Data
UNI EN 40-1	Pali per illuminazione. Termini e definizioni.	mar-92
UNI EN 40-2	Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni	dic-04
UNI EN 40-3-1	Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Specifica dei carichi caratteristici.	mag-01
UNI EN 40-3-2	Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Verifica tramite prova	mag-01
UNI EN 40-3-3	Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Verifica mediante calcolo.	apr-04
UNI EN 40-4	Pali per illuminazione pubblica - Parte 4: Requisiti per pali per illuminazione di calcestruzzo armato e precompresso	nov-06
UNI EN 40-5	Pali per illuminazione pubblica - Specifiche per pali per illuminazione pubblica di acciaio	mag-03
UNI EN 40-6	Pali per illuminazione pubblica - Requisiti per pali per illuminazione pubblica di alluminio.	gen-04
UNI EN 1837	Sicurezza del macchinario - Illuminazione integrata alle macchine	lug-01
UNI EN 1838	Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza.	mar-00
UNI 10819	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.	mar-99
UNI 10439	Illuminotecnica - Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato.	lug-01
UNI 10819	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.	mar-99
UNI 10840	Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale.	mag-07
UNI 11095	Luce e illuminazione - Illuminazione delle gallerie.	dic-03
UNI 11142	Luce e illuminazione - Fotometri portatili - Caratteristiche prestazionali.	dic-04
UNI 11165	Luce e illuminazione - Illuminazione di interni - Valutazione: dell'abbagliamento molesto con il metodo UGR	set-05
UNI 11222	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione di sicurezza negli edifici - Procedure per la verifica periodica, la manutenzione, la revisione e il collaudo	dic-06
UNI CEI 11222	Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione di sicurezza negli edifici - Procedure per la verifica periodica, la manutenzione, la revisione e il collaudo	set-10
UNI 11356	Luce e illuminazione - Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED	apr-10
UNI 12193	Luce e illuminazione - Illuminazione di installazioni sportive.	mag-01
UNI EN 12193	Luce e illuminazione - Illuminazione di installazioni sportive	giu-08
UNI 12464-1	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.	ott-04
UNI EN 12464-2	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno	dic-08
UNI 12665	Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici.	ott-04
UNI EN 13032-1	Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 1: Misurazione e formato di file.	gen-05
UNI EN 13032-2	Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 2: Presentazione dei dati per posti di lavoro in interno e in esterno	giugno 05
UNI EN 13032-3	Luce e illuminazione - Misurazione e presentazione dei dati fotometrici di lampade e apparecchi di illuminazione - Parte 3: Presentazione dei dati per l'illuminazione di emergenza dei luoghi di lavoro	apr-08
UNI CEI ISO 80000-7	Grandezze ed unità di misura - Parte 7: Luce	lug-09

(Fonte: www.sicurezzaonline.it)

ALLEGATO III

CIE Commissione Internazionale per l'illuminazione (International Commission on Illumination)
Elenco dei comitati nazionali.

A
CIE- AUSTRIA c / o Lichttechnische Gesellschaft Österreichs - Herrenhofstr. 9 - 3032 Eichgraben
tel: +43 2773 43717 fax: +43 2773 43717 e-mail: ilse.neyder @ ltg.at web: http://www.ltg.at

AU
CIE Australia, Inc.
PO Box 2434 - Brisbane 4001, Queensland - AUSTRALIA
Tel. +61 8 8260 0501 fax: +61 8 8260 0454 e-mail: secretary@cie.org.au web: http://www.cie.org.au/

ESSERE
Istituto belga per l'illuminazione (IBE-BIV)
c / o VUB-TW-ETEC / KBVE Secrétariat - Pleinlaan 2 - 1050 Bruxelles - BELGIO
Tel:. +32 2 629 28 19 fax: +32 2 629 36 20 e-mail: ibe-biv@vub.ac.be web: http://www.ibe-biv.be

BG
Bulgaro Comitato Nazionale per l'illuminazione Federazione di Sci. e Techn. Le organizzazioni in Bulgaria Rakovskistr. 108 (POB 431) 1000 Sofia

BULGARIA
tel: +359 2 965 27 14 359 2 65 09 40 fax: +359 2 65 48 83 e-mail: niya@tu-sofia.bg web: http://cie-bg.hit.bg/

BR
CIE Brasil (c / o INMETRO)
Diretoria de Metrologia Scientifica e Industriale - DIMCI Divisâo de Metrologia Optica - DIOPT
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ CEP 25250-020 BRASILE
tel: +5521 2679-9026 fax: +5521 2679-9207 e-mail: ciebrasil@inmetro.gov.br

CA
Canadian National Comitato delle CIE c / o Dr.AAGaertner, Istituto per la National Standards di misura

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ottawa, Ontario, K1A OR6 CANADA
tel: +1 613 993 9344 fax: +1 613 952 1394
e-mail: arnold.gaertner @ NRC-cnrc.gc.ca web: http://www.cie-cnc.ca

CH
Schweizerisches Nationalkomitee der CIE c / o Schweizer Licht Gesellschaft
Postgasse 17 Postfach 686 3000 Bern 8 SVIZZERA
tel: +41 31 312 2251 fax: +41 31 312 1250 e-mail: slg.bern @ bvm.ch web: http://www.slg.ch

CN
Cina Illuminating Engineering Society, ChinaNC-CIE
No 16B, Dongsanhuan Middle Road, Chaoyang District Pechino 100022 CINA
tel: +86 10 65814260 fax: +86 10 65815905 808 e-mail: cies@ciechina.org web: http://www.lightingchina.com.cn

CZ
Ceca Comitato Nazionale del CIE Istituto di Metrologia Ceca
V Botanice 4 150 72 Praha 5 REPUBBLICA CECA
tel: +420 257 288 328 fax: +420 257 328 077 e-mail: msmid@cmi.cz

DE
Deutsches Nationales Komitee der CIE c / o LiTG, ZH Herrn
Burggrafenstr. 6 - 10787 Berlin GERMANIA
tel: +49 30 260 12 439 fax: +49 30 2601 1255 web: http://www.litg.de

DK
Illuminare Comitato Nazionale di Danimarca c / o Centro per DLC Dansk Lys
Engholmvej 19, PO Box 28 3660 Stenlose DANIMARCA
tel: +45 47 17 18 00 fax: +45 47 17 08 32 e-mail: ml@centerforlys.dk web: www.centerforlys.dk

ES
Comité Español de Iluminación
López de Hoyos, n º 35 - 28002 Madrid SPAGNA
tel: +34 91 7459929 fax: +34 91 7459999 e-mail: cei.secretaria@ceisp.com web: http://www.ceisp.com

FI
Illuminazione Comitato nazionale della Finlandia - c / o Suomen Valoteknillinen Seura
Särkiniementie 3 - 00210 Helsinki FINLANDIA

Tel:. +358 400 869339 e-mail: heikki.harkonen @ valosto.com web: http://www.valosto.com

FR
CIE-France
17, rue Hamelin - 75783 Paris Cedex 16 FRANCIA
Tel:. +33 1 45 05 72 80 fax: +33 1 45 05 72 70 e-mail: bduval@afe-eclairage.com.fr

GB
CIE-UK
9 Vescovi Unità - Est Harnham, Salisbury SP2 8NZ - GRAN BRETAGNA
tel: +44 (0) 20 8 675 5211 fax: +441 (0) 20 8675 5449 e-mail: mrpointer@btinternet.com

HK
CIE (Hong Kong) Ltd.
Illuminazione Divisione, Level 5, Tre Pacific Place
Rd 1 Regina. Est, Wanchai HONG KONG e-mail: ciehk@cie.org.hk
web: http://www.cie.org.hk

HR
CIE-Croazia
Bolnicka 34 F 10090 Zagreb CROAZIA
e-mail: hro-cie@email.t-com.hr

HU
CIE-Ungheria
Nazionale Ungherese Comitato delle CIE c / o Világítás Háza
Arpad ut 67, 1. em. 6 1042 Budapest UNGHERIA
web: http://cie.mogi.bme.hu

IL
Israele Comitato nazionale per l'illuminazione
Haim Hazaz 1 Haifa 34996 ISRAELE
e-mail: cicero@zahav.net.il

IN
Indian Society of Engineers Lighting
A 274, Primo Piano Defence Colony New Delhi 110 024 INDIA
Tel: +91 11 46562981 / 46562982 Fax: +91 11 46528477
e-mail: isledel@vsnl.com web: http://www.isleind.org/

IT
Comitato Nazionale Italiano della CIE - c / o AIDI, Associazione Italiana di Illuminazione
Via Monte Rosa, 96 - 20149 Milano ITALIA

tel: +39 02 87390100 fax: +39 02 87389237 e-mail: aidi@aidiluce.it

JP
Giapponese Comitato Nazionale di CIE
Suitaya Bldg.3F ,2-8-4-Kanda Tsukasacho Chiyoda-ku, Tokyo 101-0048 GIAPPONE
tel: +81 3 5294 7200 fax: +81 3 5294 0102
e-mail: ciejapan@mb.infoweb.ne.jp web: http://www.ciejapan.or.jp

KR
Corea del Comitato Nazionale di CIE (KCIE)
635-4 Yeuksam-Dong Kangnam-Gu, Seoul 135-703 REPUBBLICA DI COREA
tel: +82 2 564 6534 fax: +82 2 3453 6041 e-mail: kiiee@kiiee.or.kr

MY
Malese CIE Comitato Nazionale N ° 5-B Jalan Gelugor Jalan Kenanga
55200 Kuala Lumpur MALAYSIA
tel: +60 3 9221 4417 tel: +60 3 9221 8212 e-mail: teeam@streamyx.com web: www.teeam.com

NL
Nederlands Nationaal Comité van de CIE c / o Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV)
Galvanistraat 1, Postbus 539 6710 BM EDE PAESI BASSI
tel: +31 318 69 53 94, +31 318 69 53 95 fax: +31 318 64 02 14
e-mail: info@nsvv.nl sito web: http://www.nsvv.nl

NO
Norsk Lysteknisk Komitee c / o Lyskultur POB 65
1321 Stabekk NORVEGIA
tel: +47 67 10 28 40 fax: +47 67 10 28 41 e-mail: nlk@lyskultur.no

NZ
CIE-Nuova Zelanda
PO Box 31-310 Lower Hutt NUOVA ZELANDA
tel: +64 4 5690 290 fax: +64 4 5690 003 e-mail: j.clare @ irl.cri.nz

PL
Polacco Comitato per l'illuminazione
PKOsw - SEP / LUXMAT ul. Swietokrzyska 14A 00-043 Warszawa POLONIA
tel: +48 22 660 56 15 fax: +48 22 660 56 16 e-mail: jgrzonk@dean.ee.pw.edu.pl

RO
Comitetul Nazionale Romano de Iluminat c / o Prof.Dr. Cornel Bianchi CNRI Presidente
Bucarest Università Tecnica delle costruzioni (UTCB)
Facoltà di installazioni 66, Pache Protopopescu Blvd.. 021414 Bucarest ROMANIA
tel: +40 1 2524367 fax: +40 1 2524367 e-mail: cornelbianchi@yahoo.com cameliaburlacu@yahoo.com

RS
Serbo Illuminazione Comitato c / o Dr. M. Kostic
Facoltà di Ingegneria Elettrica
Bulevar revolucije 73 11000 Belgrado SERBIA
e-mail: kostic@etf.bg.ac.yu

RU
Russian National Comitato delle CIE
Prospect Mira, 106 129626 Moscow FEDERAZIONE RUSSA
tel: +7 495 687 63 11 fax: +7 495 687 62 90 e-mail: cie.russia@gmail.com web: http://www.vnisi.ru

SE
Svenska Nationalkommittén av CIE c / o Ljuskultur
Box 126 53 112 93 Stockholm SVEZIA
tel: +46 8 667 58 34 fax: +46 8 667 34 91 e-mail: info@ljuskultur.se

SI
Slovenski Nacionalni Komite CIE pri SDR
Facoltà di Ingegneria Elettrica, Laboratorio di illuminazione e fotometria
Trzaska 25 1000 Ljubljana SLOVENIA, REPUBBLICA DI
tel: +386 1 47 68 759 fax: +386 1 47 68 289 e-mail: matej.kobav @ fe.uni-lj.si

SK
Slovacca NC di CIE Karpatská 3
811 05 Bratislava 1 REPUBBLICA SLOVACCA
tel: +421 2 5244 4092 fax: +421 2 5244 4092 e-mail: dionyz.gasparovsky @ stuba.sk

TR
Aydinlatma TÜRK MILLI KOMITESI ITU. Enerji Enstitüsü Ayazaga Kampüsü 34469 Maslak Istanbul TURCHIA
tel: +90 212 285 60 50 fax: +90 212 285 60 51 e-mail: atmk@energy.itu.edu.tr web: http://www.atmk.org.tr

UA
Ucraino Comitato Nazionale del CIE

PO Box 180, 61003 Kharkov UCRAINA
tel: +38 095 187 7231 fax: +38 057 731 4902 e-mail: govorov_fp@mail.ru

STATI UNITI
Stati Uniti Comitato Nazionale del CIE TLA-Lighting Consultants, Inc.
7 Pond Street Salem, MA 01979 Stati Uniti d'America
e-mail: TMLatTLA@aol.com sito web: cie-usnc.org

ZA
South African National Comitato delle CIE c / o Illumination Engineering Society of South Africa
Suite # 74 Private Bag X17 Weltvredenpark 1715 SUD AFRICA
tel: +27 11 476 4171 fax: +27 11 476 2178 e-mail: info@iessa.org.za sito web: http://www.iessa.org.za

BIBLIOGRAFIA

Mario Di Sora, *L'inquinamento luminoso*, 2009 GREMESE

ENEA - Ministero dello Sviluppo Economico, Linee Guida: *Soluzioni economico-finanziarie per la riqualificazione della illuminazione pubblica* – Progetto Lumière, Marzo 2011

ENEA, Ministero dello Sviluppo Economico - *Sviluppo di un sistema di controllo integrato ed adattivo per l'illuminazione pubblica* - F. Moretti, M. Annunziato, S. Panzieri

RENAEL, "*Efficiency: quaderni di efficienza energetica. La società di servizi energetici, Energy service companies* – E.S.Co."

Periodico LUCE n. 4/2010 – *Lampade e apparecchi per le pubbliche amministrazioni compatibili con energia e ambiente* – Alessandro Battistini e Matteo Seraceni

European Commission Directorate-General Energy and Transport – *Programma europeo GreenLight, linee guida per la partecipazione* – Brussels 10 luglio 2001.

Philips – *Città sostenibili* – novembre 2009

ARPA Veneto - A proposito di... inquinamento luminoso - 2003

ISPRA Ideambiente - *L'inquinamento luminoso in pillole* - Roberto Spampinato, febbraio/marzo 2009.

Dip. Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Perugia. *Procedure e metodologia per la redazione di piani energetici e ambientali comunali* - Francesco Andreoli, Giorgio Baldinelli.

ISPRA, *Annuario dei dati Ambientali, "Inquinamento luminoso"* - anno 2007.

Borgwardt & Tucker in Posch, Freyhoff & Uhlmann - *"Das ende der Nacht"* - 2010.

SITOGRAFIA

http://www.cielobuio.org

http://www.uai.it

http://www.campocatinobservatory.org

http://www.darksky.org

http://www.lightis.eu

http://www.nightsky.at

http://www.governo.it

http://www.lifeatnight.si

http://www.energiacomo.it

http://www.camera.it

http://www.ors.regione.lombardia.it

http://www.efficienzaenergetica.enea.it

http://www.campagnaseeitalia.it

http://www.webgis.fondazionecariplo.it

http://eur-lex.europa.eu

http://www.eurecosrl.com

http://www.irem.it

http://www.corriere.it/scienze_e_tecnologie/11_agosto_10/inquinamento-luminoso

http://www.austrinus.com

http://www.comune.albiate.mb.it

http://www.consip.it

http://www.hellenot.org

http://www.eurecosrl.com

http://www.elettronet.it

http://www.progettolumiere.enea.it

http://www.autorita.energia.it

http://www.dsa.minambiente.it

http://ec.europa.eu/energy/intelligent/

http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html

http://www.eu-greenlight.org

http://associazioneastrofilibolognesi.it

http://www.poienergia.it

http://www.mahagenergy.net

Finito di stampare nel mese di dicembre 2011
dalla Tipolitografia CSR – Via di Pietralata, 157 – 00158 Roma
Tel. 064182113 (r.a.) – Fax 064506671

ISBN 978-88-448-0517-3

QUADERNI
AMBIENTE e SOCIETÀ
5/2011