



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

illuminazione urbana e scenari di progettazione

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna, Laura Monti



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Report RdS/2011/195

ILLUMINAZIONE URBANA E SCENARI DI PROGETTAZIONE

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna, Laura Monti (Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento DIAEE)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico nell'illuminazione pubblica

Responsabile Progetto: Simonetta Fumagalli, ENEA

ATTIVITA' DI RICERCA:
Illuminazione urbana e scenari di progettazione

ACCORDO DI COLLABORAZIONE TRA

ENEA
Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

E IL

DIPARTIMENTO DI DIAEE
"SAPIENZA" UNIVERSITA' DI ROMA

RELAZIONE FINALE

Roma, Luglio 2011

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna, Laura Monti

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Dipartimento di Fisica Tecnica

CONTENUTI

Cap. I:

Introduzione **pag. 4**

Cap. II:

I parametri fondamentali nel progetto dell'illuminazione urbana: sicurezza, inquinamento luminoso e risparmio energetico **pag. 6**

Cap. III:

Sistemi tradizionali e innovativi per l'illuminazione urbana **pag.19**

Cap IV

Definizione delle tipologie degli scenari di progettazione **pag. 40**

Cap. V

Esperienze reali di illuminazione urbana pag. 55

Cap. VI

Considerazioni finali pag. 70

Riferimenti bibliografici pag. 72

Capitolo I

Introduzione

Nell'ambito del progetto urbano l'illuminazione assume un ruolo fondamentale, questo perché è in grado di esaltare e rendere evidenti aspetti fondamentali di un ambiente, di un edificio, di una strada, etc. Inoltre è uno strumento in grado di cambiare totalmente lo scenario di edifici e piazze, senza andare ad alterarne le forme, donando un'immagine in grado di far capire come si può trasformare un luogo di notte rispetto a quello che si vive durante le ore diurne.

Per diversi anni l'illuminazione urbana è stata considerata come uno strumento di semplice funzionalità, in grado di garantire esclusivamente sicurezza e orientamento per i cittadini. Oggi essa deve intervenire nell'ambiente urbano in modo tale da diventare l'artefice di un'identità culturale e dell'interazione sociale. L'importanza di ottenere un "know-how" in questo campo è fondamentale per avere una profonda conoscenza tecnica e progettuale è aspetto essenziale.

In questo contesto è chiaro come il progetto di illuminazione urbana comprende inevitabilmente una svariata serie di elementi di cui non si può assolutamente non tenere conto. Dal risultato che si vuole ottenere, bisogna considerare, tra gli aspetti fondamentali, oltre alla sicurezza in fatto d'illuminazione stradale, all'inquinamento luminoso, fenomeno che ormai da diversi anni è al centro di numerosi dibattiti e alla normativa vigente in materia, tutto quello che riguarda il risparmio energetico e la riduzione dei costi per l'illuminazione urbana. Quest'ultimo parametro è diventato un'esigenza sempre più sentita riguardo all'aumento del prezzo dell'energia elettrica, oltre che a imporsi per il rispetto dell'ambiente.

La luce artificiale in quest'ambito diventa inevitabilmente uno strumento critico di conoscenza della città, si trasforma nel linguaggio architettonico autonomo e articolato, diventando un elemento sostanziale nell'ambito degli interventi di riqualificazione.

Il costante aumento dell'urbanizzazione ha portato all'esistenza di nuovi modi di concepire la città, per migliorarla e trasformarla in spazi sempre più vivibili. Attraverso soluzioni innovative il futuro dell'illuminazione urbana è oggi. Si sta

manifestando sempre di più un nuovo scenario notturno della città, che ne disegna l'identità e ne promuove la sicurezza senza danneggiare il pianeta.

In questo lavoro si analizzeranno tutti gli aspetti che entrano in gioco nel progetto dell'illuminazione urbana, caratterizzando in particolare le tipologie di scenari che si possono realizzare attraverso un utilizzo consapevole degli strumenti progettuali finalizzati anche all'ottenimento di un'ottimizzazione dei consumi energetici.

Capitolo II

I parametri fondamentali nel progetto dell'illuminazione urbana: sicurezza, inquinamento luminoso e risparmio energetico

In questo capitolo saranno affrontati i tre parametri necessari e fondamentali per la realizzazione di un progetto di illuminazione urbana. La sicurezza, innanzitutto, poiché è stata già dal passato l'elemento che ha fatto nascere l'esigenza della presenza di illuminazione a livello urbanistico; l'inquinamento luminoso, problematica che in tema di luce esterna emerge sempre, e infine, data la scarsità di risorse energetiche del nostro pianeta, entra in gioco anche, e soprattutto in questo ambito, il risparmio energetico.

La sicurezza nel progetto dell'illuminazione urbana

La sicurezza è il primo degli elementi di cui tenere conto nell'ambito dell'illuminazione urbana, assumendo un ruolo fondamentale per svariati motivi. Il primo tra tutti riguarda l'illuminazione stradale: è necessario, infatti, evitare fenomeni di abbagliamento per i guidatori, ma allo stesso tempo garantire dei livelli d'illuminamento tali da offrire la possibilità di avere un'adeguata percezione degli oggetti, ed in particolare degli ostacoli. Per considerare questi aspetti si introducono alcune grandezze fondamentali:

- l'acutezza o acuità visiva, il minimo angolo visivo entro il quale l'occhio riesce a distinguere la presenza o meno un oggetto
- la sensibilità al contrasto: la capacità del sistema visivo di percepire le differenze di luminosità che presentano due zone adiacenti;
- il campo visivo, cioè la porzione di spazio percepibile dall'occhio;
- la percezione cromatica, ovvero la capacità dell'occhio di percepire e distinguere i colori;
- il fattore di visibilità, un parametro in grado di quantificare numericamente la sensibilità dell'occhio;
- il grado di agibilità di un'area pedonale, è la possibilità di distinguere tutti gli ostacoli che giacciono sul piano dove si cammina;

- la quantità di luce alla quota della pavimentazione;
- il contrasto delle luminanze o contrasto relativo delle luminanze C , espresso attraverso il rapporto:

$$C = \frac{|L_0 - L_a|}{L_a}$$

dove L_a è la luminanza dello sfondo o di adattamento (cd/m^2), cioè la luminanza a cui si adatta l'occhio e si assume pari a quella del piano di calpestio nella direzione principale di osservazione, mentre L_0 è la luminanza dell'oggetto (cd/m^2). La soglia minima del contrasto relativo delle luminanze per consentire la percezione dipende dalla luminanza di adattamento. Per avere un soddisfacente contrasto tra piani orizzontali e verticali è necessario che l'illuminamento medio sui piani orizzontali prevalga rispetto a quello sui piani verticali.

Ma con il termine sicurezza si intende anche la sicurezza pubblica, cioè la sicurezza fisica e psicologica delle persone e la tutela dei luoghi, al fine di evitare fenomeni di criminalità o atti vandalistici. Se poi si analizza sotto un aspetto più strettamente sociale, l'esigenza principale dell'illuminazione esterna diventa quella di "vivere la notte", fenomeno tipico della nostra epoca che richiede un tipo d'illuminazione tale da consentire di vivere l'ambiente urbano notturno come lo si vive di giorno.

E' evidente come gli elementi che ruotano intorno all'aspetto della sicurezza nell'illuminazione notturna, assumano, secondo il caso specifico dell'elemento da progettare, maggiore o minore importanza: la città della notte deve garantire una piena vivibilità attraverso l'utilizzo di un'illuminazione dedicata.

Di seguito si riportano i valori raccomandati degli illuminamenti dalla Normativa europea EN 13201 (Road Lighting). In riferimento alle diverse condizioni che le possibili classi (da S1 a S7) devono soddisfare:

- Il rischio di vandalismi e di azioni criminose
- La necessità e il riconoscimento dei visi delle persone
- L'entità del flusso dei pedoni
- L'entità della luminanza media dell'ambiente circostante

In particolare in Tab. 2.1-2.3 vengono riportate rispettivamente le classi di sicurezza dettate dalla norma e i valori di illuminamento prescritti nel caso di illuminamento semicilindrico e verticale.

Tabella 2.1 classi di sicurezza dalla norma 13201 (E_a è il valore effettivo dell'illuminazione media fornita che non deve superare il valore minimo di 1,5 volte indicato per classe).

CLASSE	ILLUMINAZIONE ORIZZONTALE	
	$E_{in} \text{ in } lx_a$ [minimo mantenuto]	$E_{min} \text{ in } lx$ [mantenuto]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	prestazione non determinata	prestazione non determinata

Tabella 2.2 Illuminamento semicilindrico ES

CLASSE	$E_{sc,min} \text{ in } lx_a$ [mantenuto]
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

Tabella 2.3 Illuminamento verticale EV

ILLUMINAZIONE SEMICILINDRICA	
CLASSE	$E_{v,min} \text{ in } lx_a$ [mantenuto]
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

In generale in condizioni di normalità si considerano le classi S3 e S4, mentre per prestazioni elevate si scende a S1 e S2 e per prestazioni inferiori si fa riferimento a S5 e S6.

Un fenomeno fondamentale nella progettazione dell'illuminazione stradale è, come già accennato precedentemente, l'abbagliamento. E' ormai provato che quando si verificano condizioni di abbagliamento le prestazioni visive diminuiscono notevolmente. Anche in questo caso, la norma UNI EN 13201 prescrive indicazioni attraverso la definizione di un indice parametrico D che fa riferimento al singolo punto luce in direzione dell'osservatore, quindi in una condizione molto debilitante per l'occhio umano:

$$D = I_{\max} A^{-0,5}$$

dove I_{\max} è l'intensità luminosa massima del corpo illuminante nella direzione che forma un angolo di 85° e A è l'area apparente su un piano perpendicolare alla direzione di I_{\max} .

In Tab. 2.4 vengono riportati i valori massimi di D in relazione alle altezze h di installazione dell'apparecchio, secondo quanto riportato in Tab. 2.5.

Tabella 2.4 Classi dell'indice D per le altezze h di installazione

CLASSI DI ABBAGLIAMENTO							
	$D0$	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$D6$
VALORI MASSIMI DELL'INDICE D	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

Tabella 2.5 Classi dell'indice D per le altezze h di installazione

D1	D2	D3	D4
$h > 6m$	$6m > h > 4,5m$	$6m \geq h > 4,5 m$	$h \leq 4,5m$
in sentieri e percorsi secondari	in percorsi principali e aree di sosta		

Per concludere le considerazioni in materia di sicurezza dell'illuminazione urbana risulta interessante il confronto tra le condizioni visive diurne (radiazione solare) e

notturme, con un marcato restringimento del campo visivo tra il giorno e la notte. In Tab. 2.6 sono sintetizzati i casi più frequenti e ricorrenti di come la percezione visiva si ribalti completamente tra il giorno e la notte.

Tabella 2.6 Confronto tra condizioni di visione di giorno e di notte

LUCE NATURALE DIURNA	LUCE ARTIFICIALE NOTTURNA
Visione panoramica	Visione generale
Visione localizzata	Visione localizzata
Alta acuità visiva	Bassa acuità visiva
Basso contrasto di soglia	Alto contrasto di soglia
Oggetti a minore luminanza rispetto alla luminanza dei fondali	Oggetti a maggiore luminanza rispetto alla luminanza dei fondali
Parti esterne degli edifici a luminanza maggiore rispetto alle parti interne	Parti interne degli edifici a luminanza maggiore rispetto alle parti esterne
Direzioni prevalenti dei raggi luminosi "alto-basso"	Direzioni prevalenti dei raggi luminosi "basso-alto"
Ombre attenuate	Ombre marcate
Linee d'ombra parallele	Linee d'ombra divergenti
Variabilità delle luminanze e delle tonalità di luce	Regolazione, parzializzazione, automazione dell'impianto di illuminazione, percezione dei colori in funzione della luminanza di adattamento e della ripartizione spettrale della luce emessa dagli apparecchi

Le informazioni riportate in tabella fanno emergere inevitabilmente la necessità di soluzioni illuminotecniche differenti per rispondere a tutte le esigenze e le problematiche legate alla sicurezza stradale.

Il controllo dell'inquinamento luminoso nell'illuminazione urbana

Con l'espressione inquinamento luminoso si indica un'alterazione dei livelli di illuminazione naturalmente presenti nell'ambiente luminoso notturno, le aree più interessate sono le parti di territorio con consistenti insediamenti urbani (Fig. 2.1-2.2).



Figura 2.1 - Distribuzione dell'inquinamento luminoso su tutta l'area europea



Figura 2.2 - Immagine dal satellite dell'Italia – E' evidente la distribuzione dell'inquinamento luminoso sul tutto il territorio italiano

Anche se non si tratta di una tipologia d'inquinamento che danneggia direttamente la salute delle persone, esso è comunque considerato tale poiché è la causa di alterazione del fotoperiodo in alcune piante e di alterazione dei ritmi circadiani nelle piante, negli animali e nell'uomo (la produzione di melatonina che regola i ritmi sonno/veglia si blocca già a bassissimi livelli di illuminamento), oltre ad essere un enorme elemento di disturbo nelle osservazioni astronomiche (Fig. 2.3).



Figura 2.3 - Esempio di forti condizioni di inquinamento luminoso nelle aree urbanizzate

E' un problema che si presenta costantemente in fase di progettazione dell'illuminazione di ambienti esterni ed è un aspetto da tenere altamente sotto controllo; per questo motivo esso rientra tra i parametri fondamentali da considerare nella progettazione dell'illuminazione di esterni. Attualmente, in materia di progettazione dell'illuminazione urbana, oltre che sull'illuminazione stradale, l'inquinamento luminoso è uno dei pochi aspetti su cui la legislazione è intervenuta, nonostante manchi comunque una regolarizzazione omogenea su scala nazionale. Le regioni italiane hanno elaborato leggi e regolamenti attuativi che spesso hanno dato luogo ad esiti contestabili. L'unica normativa di riferimento è data dalla norma UNI 10819 – Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso. La norma sostanzialmente introduce dei parametri illuminotecnici di valutazione dei nuovi impianti, in particolare riporta il rapporto medio di emissione superiore R_n :

$$R_n = 100 \sum F_s / F_t$$

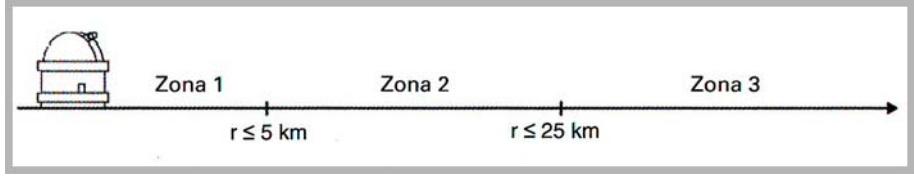
dove F_s sono i flussi superiori di progetto e F_t i flussi totali. R_h restituisce, in percentuale, i flussi che non sono orientati verso il basso rispetto alla luce totale emanata dai corpi illuminanti.

La norma prescrive inoltre le intensità massime consentite secondo le tipologie di impianti (Tab. 2.7), per ciascuna zona territoriale; le zone territoriali sono state definite in base al raggio di distanza e alla tipologia degli osservatori astronomici (Tab. 2.8).

Tabella 2.7 Indicazioni dalla norma UNI 10819 sulle intensità massime consentite

TIPO DI IMPIANTO	INTENSITA' MASSIMA NELL'EMISFERO SUPERIORE (CD/Klm)		
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
A Requisiti di sicurezza Strade, aree a verde pubblico, aree a rischio	5	15	30
B Impianti sportivi, giardini e parchi privati, centri comunali e ricreativi, centri commerciali	5	30	80
C Impianti "monumentali" e di interesse ambientale	5	100	200
D Impianti pubblicitari realizzati con apparecchi di illuminazione	5	100	200
E Impianti temporanei come luminarie natalizie, manifestazioni paesane, etc.	Non ammessi	Ammessi solo se soggetti ad orario regolamentato	Ammessi

Tabella 2.8 Norma UNI 10819 definizione delle zone territoriali protette dall'inquinamento luminoso



ZONA 1	Zona altamente protetta ad illuminazione limitata (esempio: osservatori astronomici o astrofisici di rilevanza nazionale). Raggio massimo r dal centro di osservazione: 5 Km
ZONA 2	Zona protetta (intorno alla zona 1 o intorno ad osservatori a carattere nazionale e/o di importanza divulgativa). Raggio massimo r dal centro di osservazione: 5,10,15 o 25 Km
ZONA 3	Territorio nazionale non classificato nelle zone 1 e 2

Attraverso delle semplici regole di buona progettazione e il rispetto della normativa, è possibile comunque limitare e contenere l'inquinamento luminoso, sebbene non sia possibile eliminarlo del tutto, poiché si verificherebbero problemi in senso opposto per la sicurezza stradale e visiva delle persone.

Il primo accorgimento da seguire è quello di ridurre i flussi luminosi verso l'emisfero superiore (Fig. 2.4) e nel caso di illuminazione verticale (facciate di palazzi o monumenti), cercare di mantenere l'illuminazione all'interno delle sagome geometriche (Tab. 2.7).

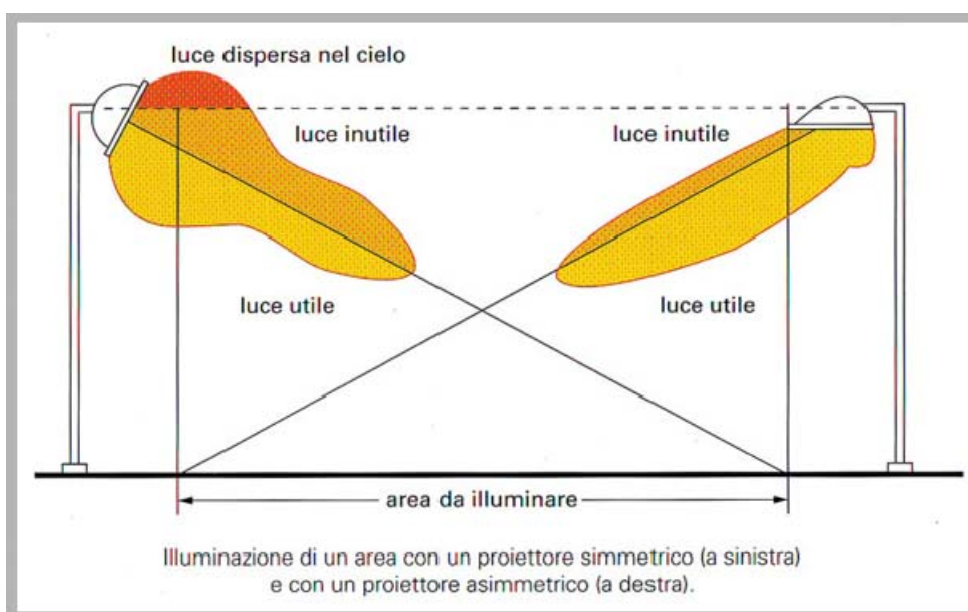
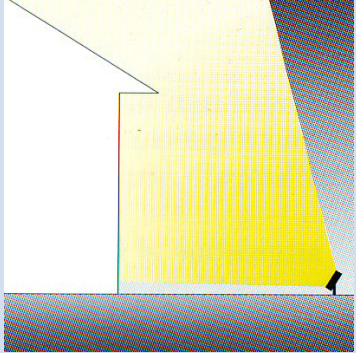
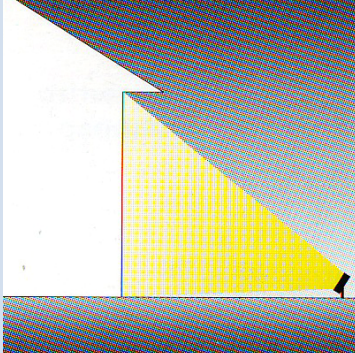
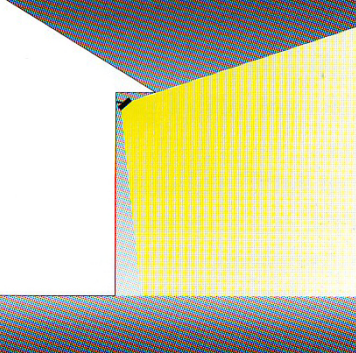
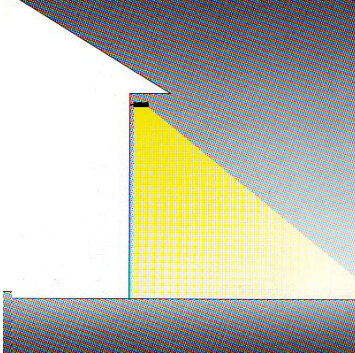
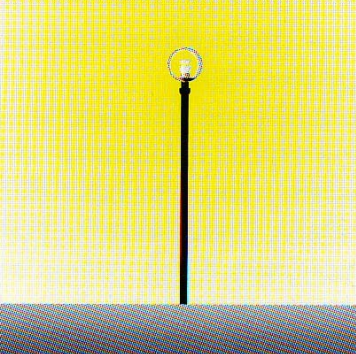
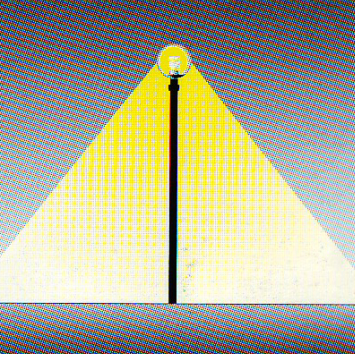
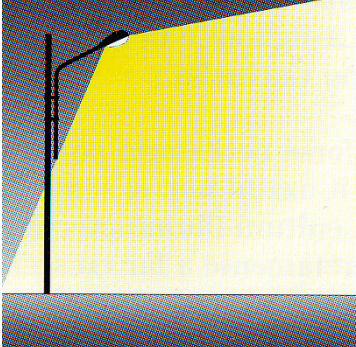
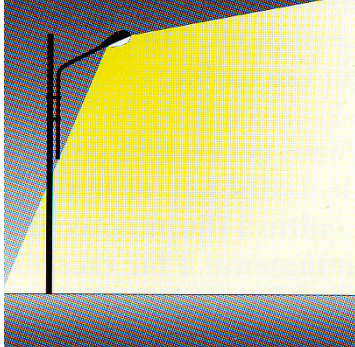


Figura 2.4 - Esempio di dispersione dell'emissione della luce con due differenti apparecchi illuminanti

Tabella 2.7 Indicazioni progettuali per il contenimento dell'inquinamento luminoso

Soluzioni che producono inquinamento luminoso	Soluzioni che non producono inquinamento luminoso
 A cross-sectional diagram of a room. A light fixture is mounted on a wall, casting a wide, yellow beam of light that spills onto the ceiling and the opposite wall, illustrating light pollution.	 A cross-sectional diagram of a room. A light fixture is mounted on a wall, but the beam is directed downwards and contained within the room, preventing light from spilling onto the ceiling or other surfaces.
 A cross-sectional diagram of a room. A light fixture is mounted on the ceiling, casting a wide, yellow beam of light that spills onto the walls and ceiling, illustrating light pollution.	 A cross-sectional diagram of a room. A light fixture is mounted on the ceiling, but the beam is directed downwards and contained within the room, preventing light from spilling onto the walls or ceiling.
 A cross-sectional diagram of a street. A street lamp is mounted on a pole, casting a wide, yellow beam of light that spills onto the sky and surrounding area, illustrating light pollution.	 A cross-sectional diagram of a street. A street lamp is mounted on a pole, but the beam is directed downwards and contained within the street, preventing light from spilling onto the sky.
 A cross-sectional diagram of a street. A street lamp is mounted on a pole, casting a wide, yellow beam of light that spills onto the sky and surrounding area, illustrating light pollution.	 A cross-sectional diagram of a street. A street lamp is mounted on a pole, but the beam is directed downwards and contained within the street, preventing light from spilling onto the sky.

Nonostante tutti gli accorgimenti è comunque possibile che il problema si presenti, poiché le soluzioni progettuali indirizzate al risparmio energetico non sono necessariamente coerenti con gli aspetti associati alla limitazione dell'inquinamento luminoso, oltre al fatto che in casi particolari, dove l'illuminazione d'accento può rivelarsi come la soluzione ideale, il contenimento dell'inquinamento rende irrealizzabile l'impiego di queste tecniche efficaci per l'ottenimento del risultato progettuale.

Il risparmio energetico nel progetto di illuminazione urbana

L'ultimo dei tre parametri da tenere sotto controllo in fase di progettazione riguarda i consumi energetici. L'illuminazione urbana, sebbene svolga compiti funzionali molto importanti, presenta grossi svantaggi in termini di costi, manutenzione e soprattutto di consumi elettrici.

Ad oggi però, le nuove tecnologie e le sorgenti innovative vengono incontro a questa problematica e pongono il progettista in condizione di realizzare un'illuminazione in grado di consentire un elevato controllo e una riduzione dei consumi energetici. Il settore dell'illuminazione pubblica si trova infatti davanti ad un punto di svolta, poiché è possibile agire anche attraverso interventi non troppo invasivi che consentono comunque di ottenere notevoli guadagni nei consumi energetici. In particolare, in questo senso giocano un ruolo essenziale le nuove tipologie di sorgenti innovative, i LED, specie per le applicazioni in ambienti esterni, sia come nuova soluzione, sia come soluzione per retrofitting. I LED stanno riscuotendo successo, poiché essendo sorgenti molto flessibili dal punto di vista progettuale (possibilità di regolazione del flusso e del colore, zero emissioni UV e IR), si prestano benissimo per le più svariate applicazioni in campo illuminotecnico (Fig. 2.5 - 2.7)



Figure 2.5 e 2.6 - Esempi di apparecchi per esterni che montano sorgenti LED, a sinistra un proiettore per facciate, a destra un palo stradale (IGUZZINI illuminazione)



Fig. 2.7 Un altro esempio di apparecchio a sorgenti LED per esterni (PHILIPS illuminazione)

Anche gli apparecchi di illuminazione svolgono un ruolo fondamentale, sempre in termini di risparmio energetico, grazie alle tipologie di ottiche montate: uno stesso apparecchio che monta lampade di uguale tipo e potenza, con un'ottica performante può evitare l'installazione di un numero eccessivo di corpi illuminanti (Fig. 2.8 – 2.10).

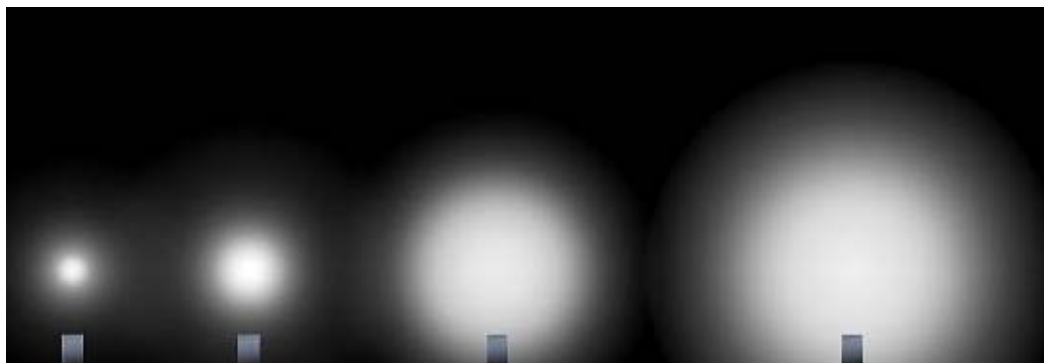
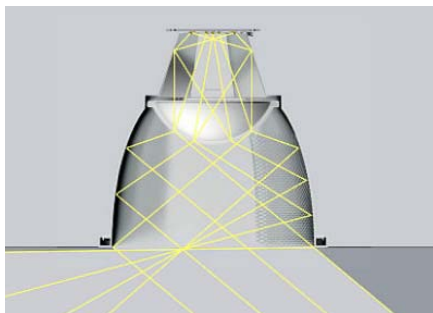


Figure 2.8, 2.9 e 2.10 – Schemi ed esempi di alcune tipologie di ottiche che possono rendere più performanti ed efficienti gli apparecchi illuminanti (ERCO illuminazione)

La qualità dei sistemi ottici influisce in larga misura sull'efficienza complessiva di un apparecchio, per i LED in particolare, essendo puntiformi, ma anche per sorgenti tradizionali (Fig. 2.11).



Fig. 2.11 – New York – New York Times Building – una facciata di circa 300 metri, illuminata con sorgenti tradizionali (alogenuri metallici), in questo caso grazie ad un orientamento preciso e alle lampade efficienti si ottiene un tipo di installazione economica e che richiede poca manutenzione (ERCO illuminazione).

Altra metodologia in grado di rispondere alla richiesta di contenimento dei consumi energetici è quella di controllo delle variazioni degli illuminamenti sul piano stradale in relazione all'utilizzo e agli orari attraverso sistemi di telegestione (Fig. 2.12).

Il principio di funzionamento di questi sistemi si basa sull'accensione, la regolazione e lo spegnimento dei corpi luminosi in città, in altri termini in funzione della destinazione d'uso della zona da illuminare, che sia una strada o un'area pedonale: in alcuni orari sicuramente non sarà necessario infatti avere le sorgenti con il massimo del flusso luminoso in emissione, perché spesso è sufficiente garantire i livelli di illuminamento minimi richiesti, per rispondere ai parametri sulla sicurezza e sulla fruibilità; allo stesso modo, dato lo scarso utilizzo in alcune ore specifiche, si

possono ottenere notevoli risparmi dal punto di vista energetico, grazie all'impiego di temporizzatori installati a monte dell'impianto in grado di abbattere il flusso luminoso delle sorgenti.



Fig. 2.12 Esempio di un sistema di telegestione, l'impianto è controllabile direttamente da computer.

Questi sistemi di controllo consentono inoltre una programmazione degli interventi di manutenzione: con le segnalazioni immediate dei guasti, si eliminano le possibili scorie emesse nell'aria dalle lampade guaste, con l'aumento della vita media delle lampade si ottiene un'ulteriore diminuzione in termini di produzione annua di rifiuti speciali.

In questo contesto generale è necessario comunque considerare la valutazione costi/benefici, perché per quanto questi sistemi possano dare effettivi risparmi energetici, grazie ai consumi bassissimi e ad un monitoraggio costante che consente una manutenzione limitata, presentano dei costi, ad oggi, ancora molto elevati. Di conseguenza, è sempre opportuno stabilire dei piani di ammortamento in grado di garantire degli investimenti così consistenti.

Capitolo III

Sistemi tradizionali e innovativi per l'illuminazione urbana

Al fine di ottenere un percorso completo tra i vari scenari di progettazione dell'illuminazione urbana, è essenziale una panoramica sui vari sistemi di illuminazione in commercio, i sistemi tradizionali, che in parte ancora oggi vengono utilizzati, e tutti quelli che sono ad oggi considerati gli attuali sistemi innovativi dedicati all'illuminazione urbana.

Una conoscenza completa consente non solo di trovare le soluzioni progettuali migliori, ma anche di ottenere dei risultati in grado di soddisfare quelle performance energetiche cui si è precedentemente accennato.

Il progetto tradizionale per l'illuminazione urbana

Nella realizzazione di un impianto di illuminazione stradale e urbana tradizionale, posto di primaria importanza spetta alle sorgenti luminose.

Tradizionalmente le sorgenti più utilizzate sono del tipo "a scarica", disponibili ancora oggi; tra queste in generale troviamo:

- Le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, di solito utilizzate nei luoghi dove non è richiesta una buona resa cromatica, ma è più importante avere una maggior visibilità in termini di sicurezza – spesso dedicate agli impianti stradali (Fig. 3.1)
- Le lampade ad alogenuri o a ioduri metallici (Fig. 3.2), nei casi in cui è richiesta una buona resa cromatica (strade frequentate dal pubblico, strade commerciali o dei centri storici, parchi e giardini)
- Le lampade ai vapori di sodio a bassa pressione, sorgenti utilizzate quasi esclusivamente per illuminare le strade extraurbane, o installate presso le aree industriali dove non è richiesta una buona resa dei colori, ma è necessaria un'ottima visibilità al buio.



Figura 3.1 - Sorgente ai vapori di sodio ad alta pressione



Figura 3.2 - Esempio di proiettore con sorgente ad alogenuri metallici



Figura 3.3 - Esempio di apparecchio stradale con sorgente al sodio a bassa pressione – E' evidente come il colore della luce sia molto caldo e di conseguenza come la resa cromatica sia molto scarsa

La scelta risiede nel fatto che in generale queste tre tipologie di sorgenti, ad eccezione delle sorgenti ad alogenuri metallici, possiedono un'alta efficienza luminosa che ha sempre consentito ottimi risparmi sui consumi, a discapito della resa dei colori. Nelle Tab. 3.1-3.4 si esaminano nello specifico le caratteristiche generali delle tre tipologie di sorgenti per capire meglio i vantaggi e gli svantaggi che esse presentano.

Tabella 3.1 Caratteristiche delle sorgenti al sodio ad alta pressione

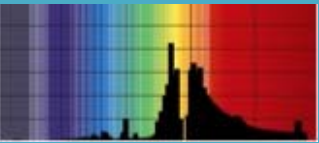
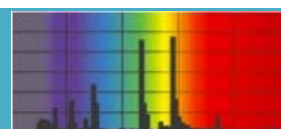
LAMPADE AL SODIO AD ALTA PRESSIONE (tipologie più comuni)		 esempio di spettro di emissione
CARATTERISTICHE		NOTE
POTENZA	da 35 a 1000 W	Potenza nominale della lampada
FLUSSO LUMINOSO	da 2300 a 130000 lm	Secondo il tipo di ampolla se trasparente o diffondente
DURATA	12000 ore	
RESA CROMATICA	Ra = 25	
TEMPERATURA DI COLORE	2000 K	
LUMINANZA	Da 5 a 40 cd/cm ² e da 300 a 700 cd/cm ²	A seconda della finitura dell'ampolla (polverata o trasparente)
TEMPO DI ACCENSIONE	5 minuti	
TEMPO DI RIACCENSIONE	1 minuto	dopo una breve interruzione della tensione di alimentazione
ATTACCO	E 27 (a vite) e E 40	
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore, accenditore e condensatore	
VARIAZIONI IN FUNZIONE DELLA TENSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Del flusso luminoso: - 15%; + 17% • Della potenza assorbita: - 12%; + 14% • Della durata: - 20%; + 20% 	
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	5%	Al termine della vita media
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	qualsiasi	

Tabella 3.2 Caratteristiche delle sorgenti ad alogenuri metallici con attacchi alle due estremità

CARATTERISTICHE		NOTE
POTENZA	da 70 a 2000 W	Potenza nominale della lampada
FLUSSO LUMINOSO	da 6300 a 190000 lm	
DURATA	da 3000 a 5000 ore	Secondo la tipologia
RESA CROMATICA	Ra = da 85 a 95	Secondo la tipologia
TEMPERATURA DI COLORE	da 3000 a 6000 K	Secondo la tipologia
LUMINANZA	Da 1000 a 6000 cd/cm ²	
TEMPO DI ACCENSIONE	4 minuti	
TEMPO DI RIACCENSIONE	10 minuti	Dopo una breve interruzione della tensione di alimentazione
ATTACCO	R7s, FC2, E40	
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore, accenditore e condensatore	
VARIAZIONI IN FUNZIONE DELLA TENSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Del flusso luminoso: -15%; + 15% • Della potenza assorbita: - 10%; + 10% • Della durata: trascurabile 	
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	40%	Al termine della vita media
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	asse della lampada orizzontale con tolleranze diverse	Ad eccezione di alcune nuove tipologie che ammettono qualsiasi posizione di funzionamento



esempio di spettro di emissione

Tabella 3.3 Caratteristiche delle sorgenti ad alogenuri metallici con attacco unilaterale

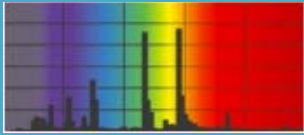
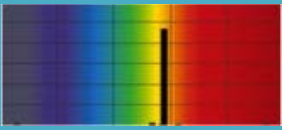
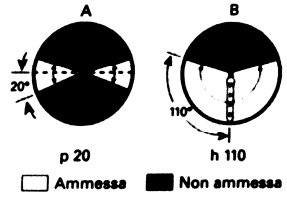
LAMPADE AD ALOGENURI METALLICI CON ATTACCO UNILATERALE ED AMPOLLA TRASPARENTE			
CARATTERISTICHE		NOTE	
POTENZA	da 35 a 3500 W	Potenza lampada	nominale della
FLUSSO LUMINOSO	da 3400 a 320000 lm		
DURATA	9000 ore	Secondo la tipologia	
RESA CROMATICA	Ra = da 85 a 95	Secondo la tipologia	
TEMPERATURA DI COLORE	da 3000 a 6000 K	Secondo la tipologia	
LUMINANZA	Da 1000 a 6000 cd/cm ²		
TEMPO DI ACCENSIONE	4 minuti		
TEMPO DI RIACCENSIONE	10 minuti	dopo una breve interruzione della tensione di alimentazione	
ATTACCO	G12 (bispina) e E40 (a vite)		
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore, accenditore e condensatore		
VARIAZIONI IN FUNZIONE DELLA TENSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Del flusso luminoso: -10%; + 10% • Della potenza assorbita: - 7%; + 7% • Della durata: trascurabile 		
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	40%	Al termine della vita media	
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	qualsiasi	Ad eccezione di alcuni formati che devono essere posizionati con l'asse della lampada orizzontale, con tolleranze diverse	

Tabella 3.4 Caratteristiche delle sorgenti ai vapori di sodio a bassa pressione
 In generale, il progetto tradizionale di illuminazione urbana è sempre stato

LAMPADE AL SODIO A BASSA PRESSIONE		 esempio di spettro di emissione
CARATTERISTICHE		NOTE
POTENZA	da 18 a 131 W	Potenza nominale della lampada
FLUSSO LUMINOSO	da 1770 a 26000 lm	
DURATA	18000 ore	
RESA CROMATICA	Ra = 0	
TEMPERATURA DI COLORE	1700 K	
LUMINANZA	6 cd/cm ²	
TEMPO DI ACCENSIONE	10 minuti	
TEMPO DI RIACCENSIONE	0 minuti	dopo una breve interruzione della tensione di alimentazione
ATTACCO	BY22d (a baionetta)	
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore e salvo un formato, accenditore	
VARIAZIONI IN FUNZIONE DELLA TENSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Del flusso luminoso: trascurabile • Della potenza assorbita: trascurabile • Della durata: trascurabile 	
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	10%	Al termine della vita media
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	Vedere schema a lato	 <p>La posizione A è per le lampade con potenza da 18 a 36 W; la posizione B per le potenze superiori</p>

indirizzato verso il controllo dell'inquinamento luminoso e la sicurezza stradale. Con l'avvento delle sorgenti a basso consumo, e in particolare con l'utilizzo delle fluorescenti compatte (Fig. 3.4 e 3.5), il progetto tradizionale è diventato più innovativo poiché ha iniziato a comprendere tra i suoi parametri di valutazione anche il controllo dei consumi elettrici.



Figure 3.4 - 3.5 - Esempi di applicazioni di sorgenti fluorescenti compatte negli apparecchi per l'illuminazione urbana

Nonostante in questo momento gli scenari di illuminazione urbana siano sempre più rivolti verso il futuro e quindi indirizzati verso scelte illuminotecniche costituite maggiormente da sorgenti LED, ancora in molti contesti è preferibile scegliere un tipo di illuminazione tradizionale, soprattutto in relazione al tempo di ritorno degli investimenti. Nel momento in cui il progettista è in grado di compiere delle scelte mirate, si riescono infatti a garantire comunque contenimenti dei consumi dal punto di vista energetico, buone rese cromatiche grazie alla scelta di sorgenti ad alogenuri metallici e soprattutto risparmio sugli oneri iniziali di installazione e acquisto lampade. Il risultato è che nella maggior parte dei casi si può ottenere, anche con l'utilizzo di sorgenti tradizionali, gli stessi flussi luminosi (se non addirittura maggiori) che si otterrebbero utilizzando sorgenti LED alla metà dei costi di investimento. È importante quindi considerare sempre i tempi di ammortamento dei costi: nel caso dell'illuminazione pubblica, questi possono variare dai 5 ai 15 anni, secondo l'entità e la tipologia del progetto e, nel caso di scelte progettuali che prevedano l'applicazione di sorgenti LED, si può arrivare anche a 20 anni, prima di ottenere reali benefici economici.

I sistemi innovativi per l'illuminazione urbana

Nell'epoca della tecnologia e del risparmio energetico gli scenari di mercato relativi all'illuminazione pubblica offrono da alcuni anni nuove tipologie di sorgenti, i LED, e accanto ad esse sono state introdotte grosse novità nell'ambito degli apparecchi di illuminazione, attraverso la realizzazione di ottiche in grado di ottimizzare la potenza delle lampade.

Ma la reale innovazione, che sta portando e porterà a nuovi scenari dell'illuminazione urbana, è la nascita di sistemi di telegestione dell'illuminazione, sistemi in grado di controllare in tempo reale l'impianto consentendo molteplici vantaggi su differenti aspetti.

In questo contesto l'applicazione delle sorgenti LED ha migliorato e cambiato in qualche modo il panorama dell'illuminazione urbana: fino a poco tempo fa, infatti l'utilizzo dei sistemi a LED era limitato alle strade residenziali e all'illuminazione decorativa urbana. Oggi, grazie agli incredibili sviluppi della tecnologia, i LED sono diventati dei "perfetti" sostituti delle sorgenti tradizionali, in grado di illuminare qualsiasi tipologia di strada: dal parco, alla facciata dell'edificio, fino ad essere utilizzati nelle armature stradali. Le aziende illuminotecniche puntano sempre più su queste sorgenti, realizzando apparecchi con potenze diverse in modo da consentire applicazioni sia su aree pedonali da pochi lux, che applicazioni su strada.

Rispetto alle sorgenti tradizionali, i LED sono capaci di assicurare una buona resa cromatica, sono una tecnologia ad elevato risparmio energetico, con possibilità di ridurre i consumi fino al 70%. Sono inoltre sorgenti molto versatili, poiché oltre ad avere un'accensione immediata, offrono la possibilità di regolazione del flusso luminoso, requisito non trascurabile in quanto, proprio per l'illuminazione urbana, diventa possibile impostare riduzioni dei flussi luminosi in funzione degli orari.

I LED esistono in diversi colori e combinati tra loro: attraverso sistemi RGB (Red, Green, Blue), è possibile ottenere tutte le sfumature di colore possibili (Fig. 3.6), con risultati straordinari su facciate e piazze. In commercio esistono anche sistemi AWB (Amber, White, Blue, Fig. 3.7) che consentono di variare la temperatura di colore del bianco da un colore più caldo, bianco ambra, al bianco neutro e infine al bianco più freddo.

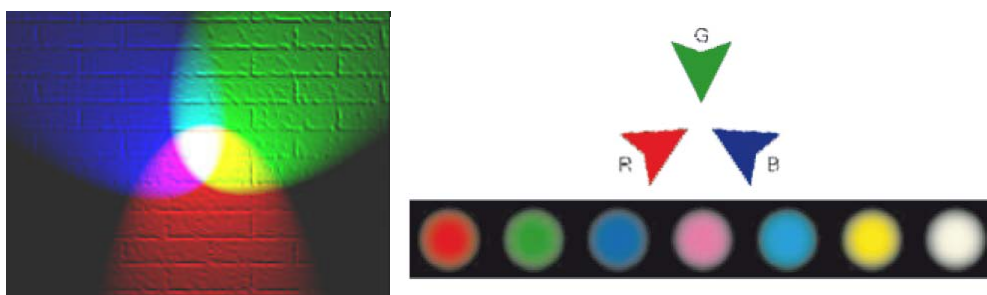


Figura 3.6 - Esempio di sistema LED RGB

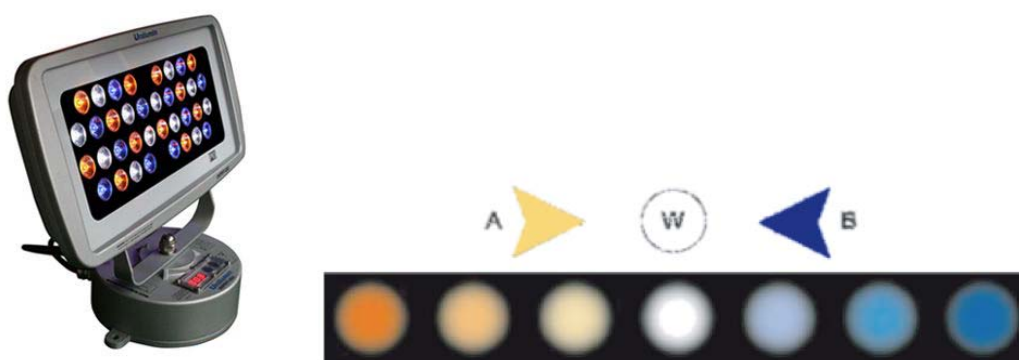


Figura 3.7 - Esempio di sistema LED AWB

Un altro notevole vantaggio dei LED per le applicazioni urbane riguarda la loro durata elevata, con riduzione al minimo degli interventi di manutenzione.

I LED si stanno quindi piano piano affermando come sorgenti per un'illuminazione sostenibile, in grado di garantire consumi energetici ridotti e trascurabili problemi di smaltimento, poiché non contengono mercurio o altri elementi chimici inquinanti, e sono completamente smontabili e riciclabili.

Non è un caso che i grandi produttori hanno dichiarato di voler investire gran parte dei loro capitali nello sviluppo delle apparecchiature a LED.

La tecnologia LED rappresenterà sicuramente il futuro dell'illuminazione; riassumendone i vantaggi si può constatare:

- una diminuzione della quantità di materiale utilizzato per la loro produzione; rispetto ai prodotti tradizionali comporta quindi una riduzione dei pesi, determinando un'agevolazione nell'approvvigionamento, stoccaggio e trasporto dei materiali e nella produzione industriale;

- un ridotto contenuto di sostanze tossiche o nocive; le parti componenti dei LED sono facilmente disaggregabili, smaltibili e riciclabili (allo stesso livello dei normali diodi che si utilizzano in elettronica);
- una ridotta emissione di raggi UV ed IR;
- una lunga durata della vita media;
- una tecnologia in costante evoluzione.

Allo stato attuale esistono già buoni apparecchi di illuminazione a LED applicati nell'illuminazione di aree ciclo-pedonali, illuminazione d'accento ed illuminazione artistica e di parchi.

L'illuminazione stradale è un ambito estremamente tecnico e richiede apparecchi molto performanti: il LED è una sorgente essenzialmente "direzionale" e pertanto presenta generalmente un fascio concentrato di luce molto forte, svantaggi relativi al fenomeno dell'abbagliamento e ai parametri sulla sicurezza visiva per i guidatori di cui si è parlato precedentemente. Solo attraverso l'utilizzo di ottiche adeguate si può garantire la giusta uniformità sulla sede stradale, ma in questo caso si potrebbe verificare una notevole riduzione dell'efficienza luminosa degli apparecchi. Dai risultati ottenuti attraverso diverse sperimentazioni sul campo e con software di calcolo illuminotecnico, è emerso che in genere gli apparecchi a LED che sono in grado di garantire la giusta uniformità non riescono a mantenere un illuminamento a terra sufficiente e viceversa.

Ad oggi pertanto la maggior parte degli apparecchi a LED non sono performanti come i tradizionali apparecchi al sodio utilizzati per l'illuminazione stradale. Questo non significa che i LED non raggiungeranno i livelli delle lampade tradizionali: la tecnologia a LED si sta sviluppando in maniera rapidissima, ed è molto probabile che nei prossimi anni gli apparecchi stradali con questa tecnologia arrivino ad avere prestazioni confrontabili ed addirittura superiori agli apparecchi tradizionali.

In Tab. 3.5 è possibile vedere le principali caratteristiche delle sorgenti Power LED, le sorgenti ad alta resa luminosa impiegate per l'illuminazione pubblica di esterni, i dati riportati sono puramente indicativi, variabili a seconda della tipologia e del tipo di applicazione.

Tabella 3.5 Principali caratteristiche delle sorgenti Power LED

SORGENTI POWER LED		
 <p style="text-align: center;">esempio di spettro di emissione (LED bianco)</p>	 <p style="text-align: center;">esempio di spettro di emissione (LED colorati)</p>	
CARATTERISTICHE		NOTE
POTENZA	Da 60 a 100 W	Secondo la tipologia, i valori riportati si riferiscono alla potenza media data dalla sommatoria delle singole sorgenti montate su un singolo apparecchio tipo
FLUSSO LUMINOSO	Variabile secondo la tipologia	
DURATA	da 30000 fino a 100000 ore	Secondo il tipo di applicazione
RESA CROMATICA	Ra = da 70 a 90	Secondo il tipo di applicazione e la tipologia
TEMPERATURA DI COLORE	Da 3000-4000 K a 6000-7000 K	Secondo la tipologia
TEMPO DI ACCENSIONE	immediato	
TEMPO DI RIACCENSIONE	immediato	
APPARECCHIATURE AUSILIARIE	Alimentatore driver	
DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO	20% - 30 %	Dopo circa 50000 ore di funzionamento
POSIZIONE DI FUNZIONAMENTO	qualsiasi	

Oltre alle caratteristiche sopraindicate, per una valutazione del funzionamento di un apparecchio a LED, occorre considerare tutti i parametri che possono influenzare le sue prestazioni, come ad esempio la curva fotometrica, che deve essere adeguata per l'applicazione considerata, in modo da garantire la giusta uniformità di illuminazione stradale. Accanto ai sistemi di illuminazione a LED, è fondamentale ricordare l'innovazione dei sistemi ottici per sistemi LED (Fig. 3.8 – 3.9), che infatti per loro stessa natura nascono come sorgenti puntiformi associate ad una lente primaria, che ha una distribuzione della luce molto stretta, e di conseguenza necessitano di un sistema ottico secondario capace di allargarne il fascio luminoso (Fig. 3.10).



Figure 3.8 e 3.9 - Esempi di ottiche per i LED (Khatod)

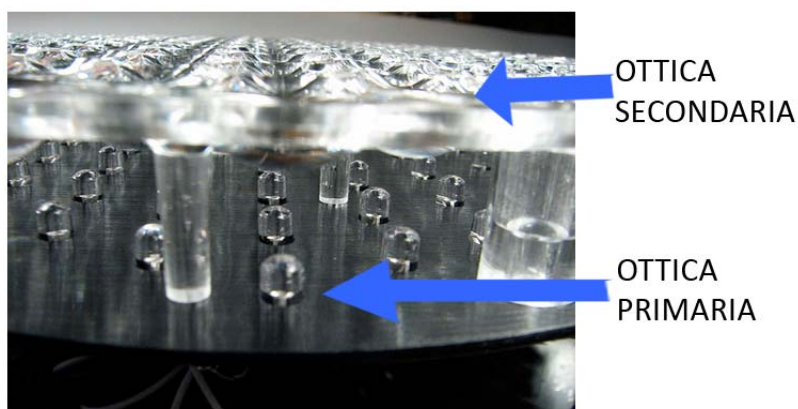


Figura 3.10 - Le ottiche primarie e secondarie per i LED

Consapevoli di essere di fronte ad una tecnologia destinata ad ampliarsi e progredire, i LED si presentano come una soluzione che in futuro si imporrà in maniera radicale. I

progettisti devono però orientare la progettazione verso quella che si può definire “la giusta illuminazione”: secondo il tipo di scenario e/o di applicazione, si possono proporre anche alternative tradizionali ai LED, il progettista deve essere in grado di giustificare le scelte in relazione alle soluzioni più adeguate per ciascuna specifica situazione, in funzione dei punti di forza della tecnologia adottata.

La vera innovazione nel campo degli scenari di illuminazione urbana è probabilmente arrivata con l'introduzione di sistemi di telecontrollo degli impianti di illuminazione, strumenti avanzati che consentono di monitorare costantemente lo stato degli impianti, conoscere in tempo reale il dettaglio di eventuali guasti, decidere in maniera flessibile come, dove, e quando accendere, spegnere o ridurre il flusso luminoso di ogni singolo punto luce, e con la ulteriore possibilità di intervenire anche su impianti già esistenti. Un monitoraggio costante consente di ottenere consistenti risparmi sui consumi energetici e sul controllo dello stato dell'impianto.

Il principio di funzionamento generale di questi sistemi si basa sull'utilizzo delle onde convogliate (PLC Power Line Communication): sfruttando la rete di alimentazione elettrica come mezzo trasmissivo, essi hanno la funzione di comunicare con il singolo elemento attraverso dei software specifici che consentono una telegestione del sistema, permettendo così di definire in modo flessibile in quale zona e in quale orario inviare al punto luce comandi di accensione, spegnimento o riduzione del flusso luminoso, oltre a ricevere le informazioni sullo stato e il (mal)funzionamento della lampada. La Power Line Communication è realizzata sovrapponendo al trasporto di corrente elettrica, continua o alternata a bassa frequenza (50 Hz), un segnale a frequenza più elevata che viene modulato dell'informazione da trasmettere. Tramite un filtraggio e una separazione degli intervalli di frequenza utilizzati si ottiene la separazione tra i due tipi di corrente. Viene quindi impiegata la corrente a bassa tensione e, in misura sempre più crescente, la fibra ottica, di conseguenza la Power Line Communication diventa una soluzione a basso costo nei casi in cui uno scavo in fibra ottica non sia economicamente conveniente. È una tecnologia utilizzata già da diversi anni per controllare apparati elettrici tramite la propria rete di alimentazione, per leggere contatori elettrici in remoto, per sistemi interfonici casalinghi, etc. La Powerline viaggia su una potenza di pochi watt e il campo magnetico che ne deriva è paragonabile a quello prodotto dai telefoni cellulari (circa un Watt di potenza nell'aria), ed è inferiore di quello emesso dalla televisione e dalla radio. La Powerline non interferisce quindi con le altre tecnologie (radio, TV, etc.); più correttamente si verificano interferenze reciproche tra le tecnologie che possono togliere qualità alle diverse tipologie di emissione (tecnologie che viaggiano ad alta e bassa tensione). Interessante in questo ambito è anche l'aspetto relativo ai costi di questi cablaggi: un esempio pratico è rappresentato dalla Svizzera che ha applicato il sistema con tariffe powerline a banda variabile da 300 kbit/s a 2 Mbit/s, flat 24 ore (esclusi i servizi di telefonia

vocale) ad un costo che va dai 25 agli 85 franchi svizzeri al mese (circa 15-50 euro), paragonabili quindi ad un servizio ADSL da 2 a 4 Mbit/s che si aggira intorno ai 35 euro mensili.

L'applicazione della tecnologia Power Line Communications sull'illuminazione urbana può rappresentare la soluzione ideale ai fini del risparmio energetico e per la riduzione dell'inquinamento atmosferico e luminoso, garantendo al tempo stesso efficienza e qualità del servizio. Tali sistemi consentono, peraltro oltre al controllo dell'illuminazione, una trasformazione radicale dell'ambiente urbano, attraverso l'inserimento di servizi aggiuntivi di pubblica utilità e sicurezza (reti LAN, sistemi WI-FI, etc.), attraverso la trasmissione di dati di vario genere.

Un tipico esempio progettuale-applicativo di questi sistemi è rappresentato da una progettazione del sistema di controllo a 3 step, basato sulla realizzazione in funzione dell'orario di utilizzo di tre differenti scenari:

1. impianto di illuminazione al 100% - perfetto per la sicurezza stradale e pedonale, ma poco efficiente dal punto di vista energetico (Fig. 3.11)
2. impianto di illuminazione al 60% - buono per il risparmio energetico, ma meno sicuro per i pedoni e le auto (Fig. 3.12)
3. impianto secondo l'esigenza di ogni singolo punto luce: ottimale per il risparmio energetico, ma da valutare di volta in volta in funzione di tipicità e caratteristiche del luogo oggetto di progettazione (Fig. 3.13)

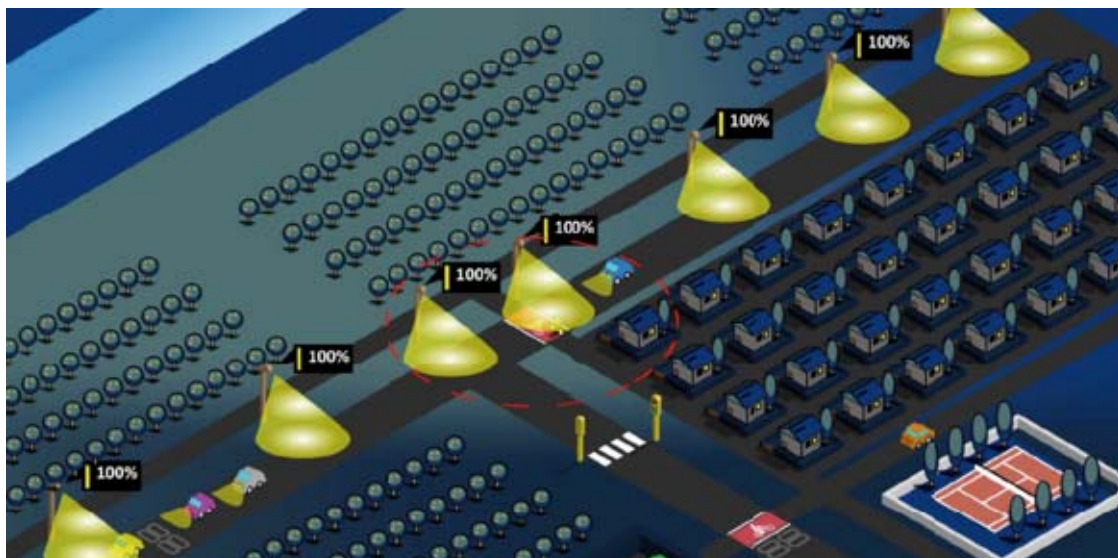


Figura 3.11 - utilizzo dell'impianto al 100% (sistema Picinque)

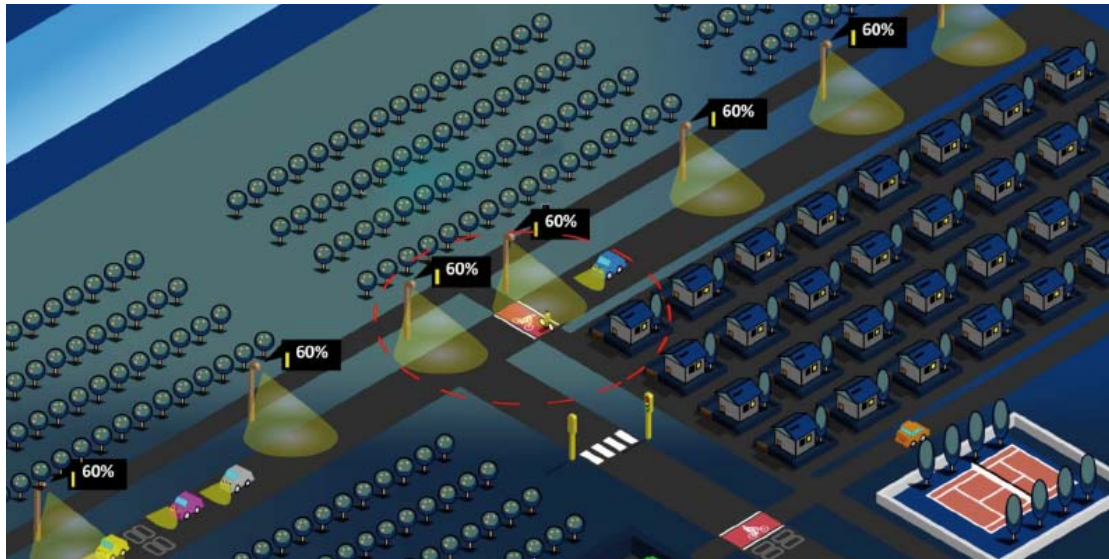


Figura 3.12 Utilizzo dell'impianto con potenza al 60%, l'area di attraversamento ciclabile diventa inevitabilmente una zona insicura data la poca illuminazione (sistema Picinque)

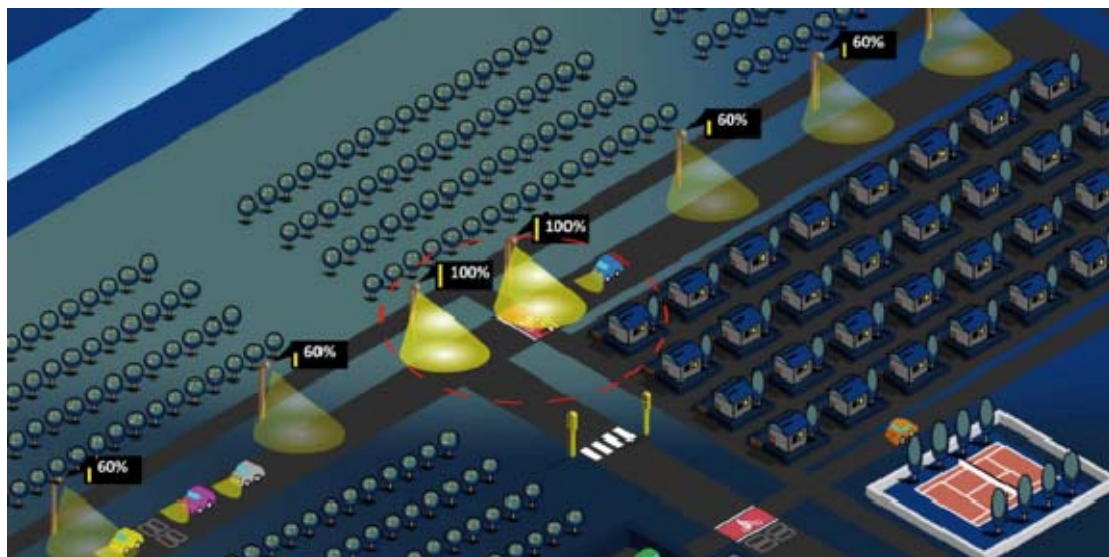


Figura 3.13 - Utilizzo dell'impianto secondo la singola esigenza, l'area di attraversamento ciclabile gode del 100% della potenza dei lampioni, ma le zone circostanti hanno una potenza abbassata al 60%, sufficiente per i compiti visivi richiesti in quei punti (sistema Picinque)

In sintesi, l'utilizzo programmato di questi sistemi permette di risparmiare da un punto di vista energetico attraverso:

- accensione/spegnimento degli impianti con orologio astronomico
- accensione/spegnimento e riduzione del flusso luminoso di ogni punto luce
- ottimizzazione dei cicli di funzionamento

- eliminazione delle accensioni diurne per la ricerca dei guasti
- riduzione delle dispersioni di linea per basso fattore di potenza

E' necessario comunque assicurare un passaggio graduale nell'abbassamento dei flussi luminosi, in modo da garantire un buon adattamento visivo, specie per i guidatori. Il telecontrollo avviene attraverso software specifici che consentono di visualizzare in tempo reale tutto quello che accade all'impianto di illuminazione cittadina (Fig. 3.14 e 3.15)

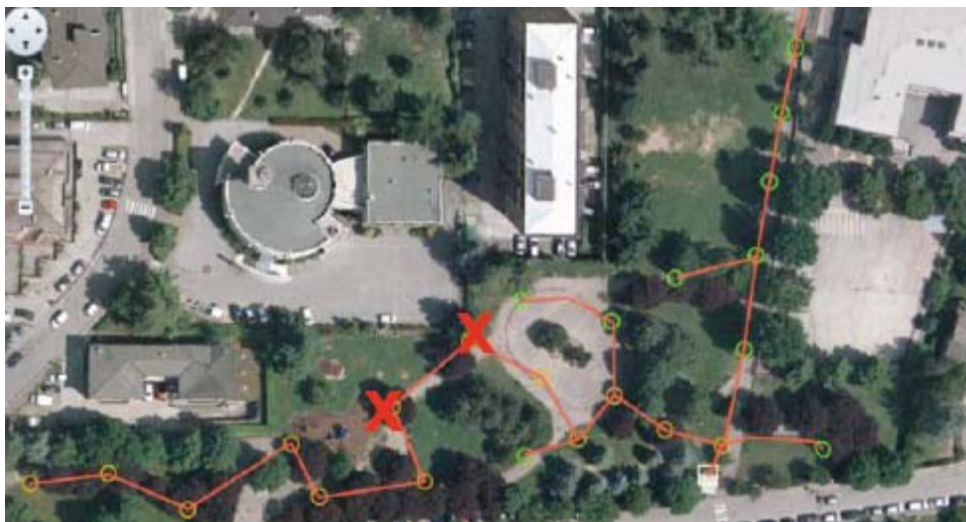


Figura 3.14 - esempio di visualizzazione dell'impianto cittadino da computer

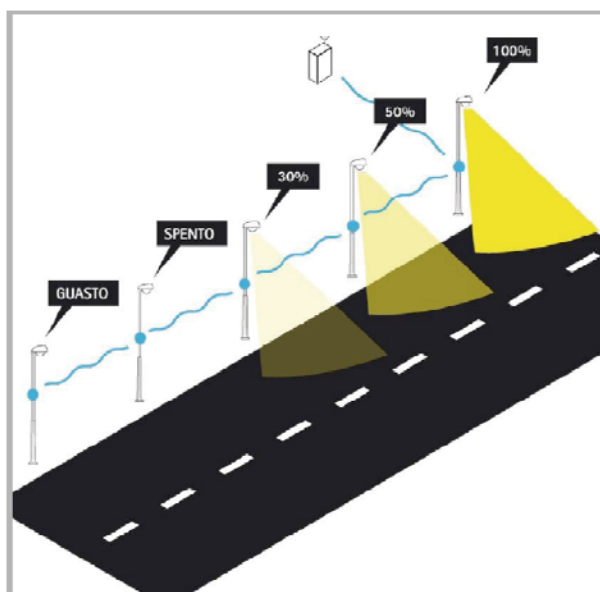


Figura 3.15 - Esempio di funzionamento del software di telecontrollo

Il risultato finale è una riduzione stimata di circa il 45% dei consumi energetici ottenuta grazie alla programmazione dei comandi, a cui si aggiunge una riduzione del 55% sui costi generali di manutenzione. I campi di applicazione di questi sistemi sono innumerevoli, come mostrato in Tab. 3.6.

Tabella 3.6 Campi di applicazione vantaggi dei sistemi di telegestione dell'illuminazione urbana

VANTAGGI	TIPOLOGIA DI APPLICAZIONE	RISULTATO
Controlli energetici e misura dei consumi	<ul style="list-style-type: none"> • Regolazione dinamica della potenza illuminante a livello di singolo lampione • Misurazione consumi di ciascun lampione 	Risparmio energetico
Telerilevamento dei guasti in tempo reale	<ul style="list-style-type: none"> • I malfunzionamenti sono rilevati in tempo reale da remote • Gestione degli allarmi 	Interventi tempestivi maggiore programmabilità della manutenzione
Catasto digitale dei lampioni	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferenziazione lampioni • Vista su mappe • Editor line • Approccio visuale all'intera rete di illuminazione urbana 	Semplificazione della gestione dei lampioni
Sistemi tradizionali di regolazione	<ul style="list-style-type: none"> • Gestiscono la regolazione a livello di catena di lampioni • Gestisce la regolazione 	Controllo dei livelli dei singoli lampioni
Servizi smart city accessory	<ul style="list-style-type: none"> • I lampioni equipaggiati danno vita a una Wireless Sensor Network in grado di fornire servizi alla cittadinanza 	Servizi innovativi alla cittadinanza

I parametri richiesti per il corretto funzionamento di questi sistemi sono presentati in Tab. 3.7:

Tabella 3.7 Parametri necessari per la realizzazione degli impianti di telegestione dell'illuminazione

PARAMETRI GENERALI PER I SISTEMI DI TELEGESTIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE URBANA	
Parametri elettrici	<ul style="list-style-type: none"> • % di dimming • Corrente • Energia attiva • Potenza attiva • Potenza reattiva • Potenza apparente • Frequenza • Guasto
Parametri di rete	<ul style="list-style-type: none"> • Mac address • Stato della comunicazione • Ultima comunicazione avvenuta
Parametri ambientali	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura dell'armatura • Inclinazione del palo

L'illuminazione pubblica si presta in maniera ottimale per veicolare servizi a favore della cittadinanza, attraverso lo sfruttamento dei lampioni come rete di erogazione di servizi "smart city". Una serie di sensori wireless da vita ad un dialogo con diversi servizi per i cittadini tra cui:

- Sistemi di collegamento WI-FI (Fig. 3.16): possibilità per i cittadini di collegarsi attraverso computer portatili, tablet pc o smartphone alla rete internet
- Telelettura delle utenze domestiche: i contatori dell'acqua, del gas possono essere telemisurati e telegestiti (interazione con smart buildings)
- Controllo e movimenti dei trasporti pubblici: possibilità di sapere in tempo reale tutti gli spostamenti e i tempi di attesa dei mezzi pubblici
- Realizzazione di un catasto dell'energia: possibilità di conoscere i sistemi di produzione di energie rinnovabili e quindi di poterle definire e quantificare
- Health care: attraverso dei sistemi dotati di sensori (Fig. 3.17) è possibile la telelettura dei parametri vitali delle persone, specie quelle anziane, anche al di fuori delle mura domestiche.
- Tracciabilità di persone, animali, oggetti (ad esempio: biciclette).
- Informazioni in tempo reale sui parcheggi: nodi sensore a basso consumo, inseriti nell'asfalto, possono informare sullo stato di occupazione di un

parcheggio.

- Controllo dell'irrigazione pubblica
- Applicazioni turistiche: possibilità di offrire informazioni di carattere turistico specifiche e localizzate, ad esempio attraverso sensori alloggiati in monumenti, così da comunicare a chi si avvicina informazioni di carattere culturale e turistico.
- Raccolta dei rifiuti urbani: possibilità da parte del sistema di avvisare quando i cassonetti sono pieni, di conseguenza si ottiene un'ottimizzazione dei percorsi dei camion di raccolta
- Ricarica batterie veicoli elettrici: i lampioni si trasformano in centrali di ricarica
- Censimento del traffico: possibilità di conteggiare i passaggi dei veicoli inviando in tempo reale le informazioni per il censimento e le statistiche sul traffico.
- Prevenzione e monitoraggio dei furti di auto: sensori alloggiati nelle autovetture possono essere utilizzati per tracciare i propri autoveicoli.
- Controllo delle vibrazioni e oscillazioni negli edifici storici per un monitoraggio continuo
- Prevenzione degli incendi: possibilità di rilevare incendi e fumo con conseguente comunicazione dell'allarme
- Rilevazione di agenti inquinanti e controllo dell'inquinamento
- Informazioni sulle condizioni e sulle previsioni meteo della città: lettura di pluviometri, anemometri, nivometri, etc.
- Statistiche generali su tutto quello che succede all'interno della città



Figura 3.16 - Esempio di mappatura della città con sistemi smart city



Figura 3.17 - Braccialetti con sensore per l'health care (sistema Picinque)

Il lampione si trasforma quindi in un nuovo supporto intelligente per l'erogazione di servizi di pubblica utilità e sicurezza (figura 3.18).



Figura 3.18 - Esempio di come il lampione diventa il punto di controllo di tutti i servizi pubblici(Minos system – UMPI elettronica)

Questi sistemi sono riassumibili in una tecnologia con la proprietà di poter progettare scenari di illuminazione variabili e complessi, in funzione di diversi parametri, perfettamente integrabile alla metodologia di progettazione dell'illuminazione urbana, che vuole un approccio progettuale effettuato per margini, percorsi, nodi e riferimenti (Report ENEA 2010, approccio progettuale).

Nonostante i numerosissimi vantaggi, questa tecnologia presenta comunque alti costi e scarsa sperimentazione, e l'ammortamento della spesa varia tra i 3 e gli 8 anni a seconda del numero dei punti luce, della potenza e della tipologia delle sorgenti installate. Va inoltre considerato in questo contesto anche il fatto che un controllo così accurato da un lato offre dei vantaggi molto interessanti per i cittadini, ma dall'altro può interferire con la privacy dei cittadini stessi, in quanto viene monitorato costantemente ogni movimento di questi ultimi, dai consumi domestici, alla scelta dei parcheggi.

Capitolo IV

Definizione delle tipologie di scenari di progettazione

Definite tutte le possibilità per una progettazione dell'illuminazione urbana, sia essa di tipo più tradizionale o innovativo, è necessario ipotizzare gli scenari che si possono realizzare; le possibilità variano evidentemente con il tipo di destinazione d'uso dell'ambiente urbano da illuminare: individuati come prioritari gli aspetti riguardanti il controllo della sicurezza, dell'inquinamento luminoso e il risparmio energetico, è opportuna l'introduzione di un altro aspetto, altrettanto importante, che riguarda la comunicazione e la valorizzazione estetica attraverso l'illuminazione dell'ambiente urbano. E' evidente come l'ambiente notturno sia costituito da elementi luminosi che segnalano presenze, in grado di comunicare messaggi visivi, cartelloni pubblicitari, marchi, volumi architettonici, fronti di edifici, che illuminati diventano le quinte di nuove ambientazioni, nuove architetture e quindi nuovi scenari.

La figura della città notturna non è più concepita come una sommatoria di architetture schiarite, cioè non è più una selezione di facciate e di edifici importanti messi in rilievo attraverso l'illuminazione, bensì diventa l'immagine di una città complementare, in grado di completare l'aspetto che ha di giorno attraverso una lettura scenografica, che favorendo scorci, vedute e prospettive accentuate tramite la giusta quantità di illuminazione, restituisce una lettura globale e non discontinua dell'ambiente urbano. In questo ambito quindi, oltre a seguire tutte le normative riguardanti l'inquinamento luminoso e la sicurezza stradale e pedonale, entra in gioco un altro strumento fondamentale per la progettazione della luce urbana, il PRIC, Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale, e la sua interpretazione progettuale.

Il Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC)

Il piano regolatore della luce, anche se non ancora obbligatorio, è uno strumento urbanistico in grado di regolamentare tutte le tipologie di illuminazione per la città, una vera e propria guida alla progettazione della città dal punto di vista illuminotecnico. Il suo utilizzo presenta dei vantaggi fondamentali, poiché consente di rispettare in maniera generale la struttura dei tessuti urbani correlandoli a un tipo di illuminazione adeguata: il risultato finale è l'ottenimento e l'ottimizzazione di una rete di illuminazione comunale secondo le principali esigenze definite dalla comunità.

Il PRIC nasce con l'intento di ottenere un censimento quantitativo e qualitativo degli impianti esistenti sul territorio comunale, e per disciplinare le nuove installazioni in relazione ai tempi e alle modalità di adeguamento, manutenzione o sostituzione degli apparecchi esistenti. E' uno strumento di pianificazione che si integra perfettamente con altri strumenti di piano (il Piano Regolatore Generale, il Piano Particolareggiato, i Piani di Recupero, etc.), con l'obiettivo di ottenere sensibili miglioramenti nei seguenti campi:

- sicurezza del traffico e delle persone;
- tutela dell'ambiente;
- economia di gestione;
- arredo urbano.

Partendo dal presupposto che, in generale, tutti gli ambiti di intervento devono avere in qualunque caso il requisito di contenere e ridurre l'inquinamento luminoso e i consumi energetici, in Tab. 4.1 è possibile vedere quali siano le priorità da rispettare secondo la destinazione d'uso dell'intervento d'illuminazione da effettuare nella stesura del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale.

Il piano della luce diventerà quindi dal momento in cui sarà effettivamente operativo, un elemento indispensabile poiché unisce insieme diverse esigenze:

- l'illuminazione corretta e funzionale di tutta la città;
- la valorizzazione di strade, piazze, aree pedonali, aree verdi, portici;
- il rinnovo razionale e programmato degli impianti;
- la conservazione degli apparecchi storici;
- la limitazione dell'inquinamento luminoso;
- il risparmio energetico.

Tab. 4.1 Ambiti d'intervento del progetto di illuminazione. Il numero di pallini indica il livello di priorità degli obiettivi progettuali da rispettare.

ELEMENTI COSTITUTIVI	AGIBILITA', ORIENTAMENTO, SEGNALAZIONE	SICUREZZA DELLE PERSONE	PROTEZIONE DEI BENI	VALORIZZAZIONE E RESA ESTETICA	IDENTIFICAZIONE	SCENOGRAFIE LUMINOSE
Ingressi, percorsi	•••	•••	••		••	•
Parcheggi	•••	•••	•••		••	
Strade a traffico veicolare	•••	•••	•		•	
Vie pedonali	•••	•••	•		•	
Verde pubblico e privato	•			•••	•	••••
Edifici, costruzioni	•		••	•••	•••	••
Aree commerciali e turistiche	•••	••	•••	•••	•••	•••
Monumenti e opere d'arte			•••	•••	•••	••

Le principali fasi previste dal PRIC sono:

- rilievo e analisi dell'illuminazione esistente;
- classificazione di differenti aree urbane;
- classificazione di elementi urbani di particolare significato (monumenti, chiese, piazze...) anche in rapporto alle zone adiacenti;
- pianificazione degli interventi da effettuare nelle diverse aree;
- progettazione illuminotecnica per l'attuazione degli interventi.

Dato che il PRIC è uno strumento urbanistico ancora non obbligatorio, ancora oggi non è stato adottato dalla maggior parte dei comuni italiani, sebbene la linea di tendenza generale in termini di progettazione della luce sia quella di acquisire questo strumento in modo da offrire un importante supporto in fase progettuale per evitare errori e imprecisioni che in mancanza di esso potrebbero verificarsi. Una pianificazione della luce regolata da uno strumento urbanistico, consente di aggiornare i sistemi di illuminazione ogni 3 o 4 anni, ottenendo notevoli riduzioni sui

consumi energetici.

Nel caso in cui il PRIC non fosse adottato dall' amministrazione comunale, il progettista si troverebbe infatti a dover affrontare un lavoro molto più approfondito, a dover studiare quindi non solo l'area da illuminare, ma anche tutto il contesto urbano in cui si trova, per non cadere nell'errore di realizzare un tipo di intervento fine a se stesso.

Gli scenari di progettazione della luce urbana

Tra gli scenari di illuminazione urbana, i principali ambiti di intervento sono:

- aree a verde pubblico e privato
- ingressi, percorsi pedonali e parcheggi
- piccoli e grandi strutture per impianti sportivi e manifestazioni
- facciate, edifici, architetture in generale
- monumenti, sculture, opere d'arte
- fontane, piscine e elementi d'acqua
- sistema viario e stradale
- gallerie, tunnel, sottopassaggi

Un'indagine più approfondita delle differenti tipologie secondo le varie destinazioni d'uso consente di individuare quali possano essere le soluzioni progettuali più adeguate per ottenere dei risultati che rispondano in maniera ottimale a tutti i requisiti richiesti in materia di illuminazione pubblica (sicurezza, risparmio energetico, etc.). Di seguito si riporta una breve descrizione delle varie tipologie, con in evidenza i punti fondamentali su cui basarsi in fase di progettazione.

- **Aree a verde pubblico e privato**

Sono aree con configurazioni molto diverse tra loro, poiché costituite da differenti elementi come percorsi, parcheggi, aree di sosta, alberi, etc. (Fig. 4.1 e 4.2) Specie all'interno dell'ambiente urbano, si presentano come zone recintate o comunque definite all'interno di un perimetro specifico, e nel caso siano ambienti pubblici spesso hanno ruolo di nodi di collegamento. La distinzione tra il verde pubblico e quello privato va comunque considerata: nel primo caso variano alcuni criteri che garantiscono funzionalità e costi di gestione, mentre per il secondo sarà il lighting designer a capire ed interpretare le esigenze della committenza privata.



Figure 4.1 e 4.2 - Esempi di illuminazione del verde e dei parchi

- **Ingressi, percorsi pedonali e parcheggi**

L'illuminazione dei percorsi pedonali e carrabili serve da guida visiva e in questo caso l'accento si pone principalmente sul fattore sicurezza, controllando livelli e uniformità di illuminamento (Fig. 4.3). Non è fondamentale la resa cromatica, ma comunque si consiglia di non discostarsi troppo dalle tipologie di lampade usate per il verde, così da non creare contrasti troppo sgradevoli.



Figura 4.3 - Esempio di illuminazione per percorsi pedonali

- **Piccole e grandi strutture per impianti sportivi e manifestazioni**

L'analisi per questa tipologia va effettuata principalmente sul tipo di attività sportiva svolta, e successivamente individuando in maniera gerarchica tutti gli elementi che

richiedono la giusta quantità di illuminazione, a partire dagli atleti, che necessitano di determinate quantità di luce, fino agli spettatori sulle tribune (Fig. 4.4 e 4.5).

In questo caso va considerata anche l'illuminazione per le riprese televisive, poiché specie per i grossi impianti, diventano elementi integrati all'ambiente. Gli illuminamenti indicativi secondo il tipo di attività sportiva sono prescritti dal CONI, mentre per ciò che concerne i livelli di illuminamento per le riprese televisive si fa riferimento alla norma UNI SPORT 9316.



Figure 4.4 e 4.5 - Esempi di illuminazione per impianti sportivi, la quantità di luce deve essere tale da assicurare lo svolgimento dell'attività sportiva

- **Facciate, edifici e architetture in generale**

Quando si parla di illuminazione urbana, l'immagine che più spesso si configura sono le facciate degli edifici, probabilmente perché sono gli elementi che più spiccatamente caratterizzano l'ambiente urbano e di conseguenza l'illuminazione urbana.

Le facciate, normalmente non vengono completamente illuminate attraverso l'esterno, ma ci si limita ad illuminare qualche elemento in particolare. A volte si considera anche un'illuminazione dall'interno dell'edificio attraverso elementi come finestre e bucatore (Fig. 4.6 e 4.7).

In altri casi, come chiostrini, corti interne, patii e terrazze, si tende ad effettuare un'illuminazione più diffusa su tutto l'ambiente per poi completarsi con il contesto costituito dagli edifici.

Sempre in questo ambito, specie per l'illuminazione delle architetture, da qualche anno ha preso forma un nuovo tipo di illuminazione definita "illuminazione artistica". Grazie allo sviluppo delle nuove tecnologie, è stato possibile realizzare delle vere e proprie scenografie virtuali attraverso l'utilizzo della luce, specie quella dei LED caratterizzati da dinamicità cromatica (Fig. 4.8 – 4.10). Il risultato, di grande effetto, è una quinta teatrale che può variare secondo le esigenze del progettista (e/o del committente).

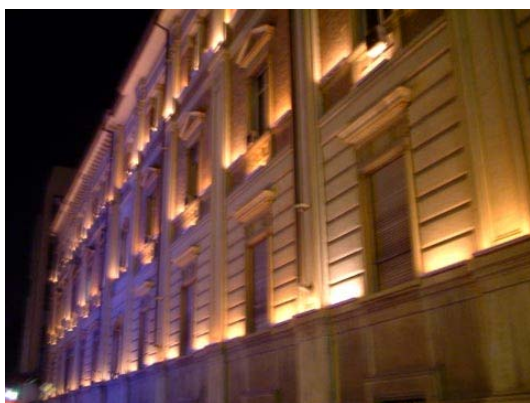


Figure 4.6 e 4.7 Esempi di illuminazione di facciate

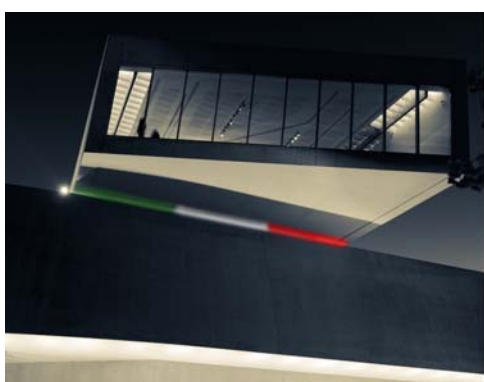


Figure 4.8, 4.9 e 4.10 - Esempi di illuminazione artistica per le facciate: in alto a sinistra e a destra rispettivamente la facciata del MAXXI a Roma e del duomo di Milano illuminate in occasione del 150° dell'unità d'Italia e in basso la facciata della Cattedrale di Berlino illuminata in occasione di un evento.

- **Monumenti, sculture, opere d'arte**

L'illuminazione in questo caso specifico viene realizzata sulla base di quello che viene prescritto ed indicato dalla Sovrintendenza per i beni culturali, e di conseguenza andrà effettuata non per ambiti di interesse, ma più per sistemi, in modo che il

monumento non rimanga isolato. Un approccio metodologico teorico vorrebbe la realizzazione di una gerarchia di valori formali, volumetrici e architettonici così da controllare opportunamente le luminanze; ma questa è una tipologia che necessita di contrasti e scarsa uniformità, per creare livelli di lettura differenti, così da rendere l'illuminazione evocativa (Fig. 4.11).



Figura 4.11 - Esempio di illuminazione monumentale, il Colosseo

Lo studio per questa tipologia si basa comunque sui punti e le direzioni di osservazione da privilegiare; anche in questo caso, la normativa indica dei livelli di illuminamento cui fare riferimento secondo il tipo di materiale da illuminare.

Altro elemento fondamentale da controllare sono le ombre, specie per l'illuminazione di gruppi scultorei o di architetture molto articolate, e a meno che non sia un effetto desiderato, si interviene attraverso quella che viene definita "luce correttiva o di riempimento". Anche in questa situazione si può alternare alla luce funzionale un'illuminazione artistica per eventi particolari (Fig. 4.12 - 4-13).



Figure 4.12 e 4.13 - Berlino, la porta di Brandeburgo, a sinistra un esempio di illuminazione funzionale, per tutti i giorni, a destra lo stesso monumento può cambiare grazie ad un' illuminazione artistica

- **Fontane, piscine ed elementi d'acqua**

L'acqua per sua stessa natura riflette e allo stesso tempo trasmette la luce. Questa particolare proprietà consente di realizzare numerosi effetti scenografici, tra cui l'effetto di riflessione totale, con il risultato di una diffusione interna che trasforma l'elemento liquido in un grande corpo luminoso (Fig. 4.14 - 4.15).

L'unica accortezza risiede, naturalmente, nella scelta di apparecchi subacquei nel rispetto della sicurezza degli utenti.



Figure 4.14 e 4.15 - Esempi di illuminazione dell'elemento acqua

- **Sistema viario e stradale**

La rete stradale è quella che necessita più delle altre tipologie di impianti di illuminazione dedicati, soprattutto per ragioni di sicurezza. In questo caso è bene definire prima le tipologie di strade (urbane, extraurbane, etc.), di seguito considerare la visione del guidatore, che deve essere identificativa, per capire cosa si vede, e orientativa, per capire come evitare ostacoli o pericoli. In relazione a questi elementi, viene considerata la velocità di marcia con le relative distanze di arresto degli autoveicoli. Un ruolo fondamentale è costituito dalla luminanza e dalla sua uniformità, per controllare l'abbagliamento che si potrebbe generare. La luminanza è utilizzata per le strade urbane ed extraurbane con traffico veicolare, tenendo conto del comportamento a riflessione del manto stradale. Per le strade secondarie, le vie e le piazze dei centri storici, le aree pedonalizzate e le piste ciclabili, si fa invece riferimento agli illuminamenti orizzontali e verticali, perché non è possibile avere dati certi sulle riflessioni delle superfici.

L'illuminazione di strade e aree pedonali si è evoluta in una disciplina più esigente e creativa che supera i semplici requisiti d'illuminazione funzionale. Cambiano le funzioni rispetto al contesto urbanizzato, alle utenze, al tipo e ai volumi di traffico. Per una classificazione generale si fa riferimento alla norma UNI 11248 e alla UNI EN

13201 sull'illuminazione stradale. E' stato introdotto un parametro di valutazione denominato "Surround Ratio" (SR) che rappresenta un indice adimensionale che esprime il rapporto tra gli illuminamenti medi sul bordo della strada. In fase progettuale va rispettato il valore minimo del SR in modo da agevolare la visione ai lati del percorso, così che il conducente del veicolo riesca a individuare in anticipo un potenziale pericolo come un ostacolo in movimento verso la sede stradale.

- **Gallerie, tunnel, sottopassaggi**

Le gallerie sono un genere a parte, poiché innanzitutto esiste una normativa specifica che definisce le tipologie e le quantità di illuminamenti previsti, e in secondo luogo perché il problema principale che si pone, in particolare durante le ore del giorno, è la formazione di forti contrasti di luminanza che danno origine ad abbagliamenti. Questi luoghi solitamente sono illuminati durante il giorno proprio per la mancanza di luce al loro interno; in particolare le gallerie stradali godono di una normativa specifica (UNI 11095 e CIE 88/2004) che definisce alcuni parametri di controllo tra cui:

- la luminanza di soglia LS , che indica il valore medio della luminanza della carreggiata corrispondente al primo tratto della zona di soglia (cioè l'ingresso in galleria) che mano a mano decresce;
- la luminanza di velo LV , cioè la luminanza perturbatrice all'altezza dell'occhio con il contributo della luminanza di velo equivalente LV_e data dalla luminanza dell'atmosfera all'altezza del parabrezza
- la luminanza di transizione LT , cioè il valore medio della luminanza della carreggiata in una sezione trasversale qualsiasi della zona di transizione della galleria.

Tra i requisiti prestazionali dell'illuminazione diurna delle gallerie stradali, definiti dalla normativa, quelli che si riferiscono ai livelli di luminanza da dover garantire nella sezione iniziale del tunnel sono di fondamentale importanza perché strettamente legati alle capacità fisiologiche di adattamento dell'occhio umano. L'occhio deve infatti passare in maniera graduale da un ambiente esterno fortemente illuminato a uno mediamente illuminato, fino ad arrivare a quello interno della galleria che è buio. Questi aspetti diventano ancora più critici nei casi in cui le specifiche condizioni di visibilità e dell'ubicazione del fornice di entrata, della composizione plano-altimetrica dell'asse stradale, e dell'orientamento geografico,

determinano inevitabilmente, all'esterno della galleria, valori di luminanza molto elevati.

Attualmente, uno dei sistemi utilizzati per risolvere il problema consiste nell'aumento della luminanza all'ingresso della galleria attraverso una lampada permanente. Nella maggior parte dei casi però, il problema non viene complessivamente risolto, anzi si effettuano sprechi energetici che non sono del tutto trascurabili. Le uniche soluzioni sono le applicazioni di architetture particolari quali imboccature delle gallerie dette a becco di flauto per cercare di diminuire il problema, o l'adozione di nuovi sistemi in via di sviluppo conosciuti come "pre-gallerie", cioè degli elementi che vengono prima della galleria vera e propria, che fungono da schermatura per consentire un graduale adattamento dell'occhio umano.

Analisi delle attuali strategie di progettazione degli scenari dell'illuminazione urbana

E' evidente come nella maggior parte dei casi sia possibile realizzare delle tipologie di illuminazione tali che il paesaggio architettonico che fa da contesto possa variare in continuazione grazie alle variazioni del tipo di illuminazione applicata. In altri casi più specifici, come l'illuminazione stradale o quella delle gallerie, l'illuminazione potrà variare solo in funzione delle tipologie di sorgenti e di apparecchi scelti, ma dovrà comunque garantire tutti quei parametri riguardanti la sicurezza e il contenimento dell'inquinamento luminoso. Nonostante questo però grazie alle nuove tecnologie è, è stato, e sarà possibile cambiare gli scenari. Un esempio è l'illuminazione tradizionale stradale effettuata con sorgenti al sodio a bassa pressione che presenta un'immagine notturna tendente al giallo-arancio, che altera completamente i colori del paesaggio circostante. In questo caso, se si sostituissero le sorgenti con dei LED bianchi, l'effetto cromatico cambierebbe notevolmente, restituendo in maniera più fedele la cromaticità del contesto urbano. Il progettista deve comunque porre attenzione alla scelta delle sorgenti anche sulla base della temperatura di colore, perché il rischio, nel caso dei LED, è quello di realizzare un'illuminazione tendente ad un bianco freddo (di conseguenza più blu), e quindi ottenere dei risultati con effetti luminosi spettrali, non piacevoli per il pubblico che deve fruirne.

Di norma l'illuminazione pubblica urbana è dedicata al traffico veicolare, per garantire sicurezza ai cittadini, e per una valorizzazione delle maggiori presenze monumentali. In quest'ottica l'approccio progettuale deve essere diverso, è cioè fondamentale superare il criterio, ormai obsoleto, di distribuire la luce per punti focali e aree circoscritte.

L'illuminazione deve essere concepita e erogata secondo quelle che sono le svariate tipologie illuminotecniche e impiantistiche, tramite sistemi quali i percorsi, i pedoni, i beni ambientali, etc. Il risultato è l'ottenimento di un'altra città: "la città notturna" che deve essere in grado di restituire una lettura complessiva del tessuto urbano, garantendo una migliore fruibilità degli spazi urbani, una sicurezza fisica e psicologica delle persone e una sicurezza per il traffico stradale.

L'esigenza principale delle città di oggi è quella di essere vivibile di giorno, e allo stesso modo la notte. Le attività che solitamente si svolgono di giorno possono essere adeguate anche in orario notturno, così da offrire nuove possibilità dal punto di vista sociale: chi durante il giorno è impegnato può goderne di sera, ottenendo una migliore qualità della vita. Per ottenere questo obiettivo è necessaria una pianificazione a 360°. Il progetto di illuminazione può generare diversi tipi di vantaggi e svantaggi, conferendo nuove prospettive e identità per la città. Per dare luce a nuovi scenari, oltre a seguire quanto detto nella metodologia di progettazione dell'illuminazione pubblica, di cui qui di seguito viene riproposto lo schema metodologico da seguire (Fig.4.16), per rispondere completamente a tutte le esigenze il progetto si deve articolare in tre fasi fondamentali meglio descritte in Tab. 4.2:

- una prima fase di ricerca, in cui viene effettuata un'attenta analisi della città sotto tutti gli aspetti;
- una seconda fase fondata sulla strategia di illuminazione, che comprende tutte le problematiche legate alla luce (dall'inquinamento luminoso al risparmio energetico, fino alla scelta di apparecchi e sorgenti);
- la terza fase, detta di "implementazione" nella quale vengono considerati tutti i costi operativi, i tempi di realizzazione e i sistemi di manutenzione.

E' necessario comunque considerare nel momento in cui si deve intervenire con la sostituzione delle lampade e dei componenti che l'illuminazione urbana dopo circa una decina di anni, può diventare obsoleta. E' in questa fase che si possono introdurre tutti i prodotti innovativi disponibili sul mercato, innescando dei processi di rinnovamento attraverso una rivoluzione tecnologica per le vecchie città e per i piani di trasformazione urbana, senza trascurare l'approccio metodologico complessivo che i progetti di illuminazione devono seguire.



Figura 4.16 Schema metodologico per la realizzazione dell'illuminazione urbana

Tabella 4.2 Descrizione delle tre fasi progettuali principali per la realizzazione dei nuovi scenari di illuminazione urbana

1. RICERCA		
IDENTITA'	STRUTTURA DELLA CITTÀ	ILLUMINAZIONE ESISTENTE
<ul style="list-style-type: none"> • Utenti urbani • Storia • Architettura • Punti di riferimento • Atmosfera • Natura • Eventi speciali 	<ul style="list-style-type: none"> • Topografia • Analisi distrettuale • Analisi del traffico (piano di classificazione della rete) • Punti di osservazione e distanze 	<ul style="list-style-type: none"> • Illuminazione funzionale • Illuminazione architettonale • Apparecchi di illuminazione • Sorgenti luminose
2. STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE		
TEMI	SCENARI	MAPPE E ILLUSTRAZIONI DETTAGLIATE
<ul style="list-style-type: none"> • Identità esclusiva • Interazione tra le persone • Sicurezza • Orientamento • Atmosfera 	<p>La luce collegata alle attività e all'orario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Giornata lavorativa • Shopping • Momenti di svago • Eventi speciali 	<ul style="list-style-type: none"> • Illuminazione pubblica • Tonalità (colori delle lampade) • Tipologia (scala) • Composizione (configurazioni tipiche) • Specifiche di illuminazione
3. IMPLEMENTAZIONE		
INSTALLAZIONI TIPICHE	PIANIFICAZIONE	
<ul style="list-style-type: none"> • Raccomandazioni per le soluzioni di illuminazione e le alternative • Installazione standard in sezione trasversale • Visualizzazioni e bozze 	<ul style="list-style-type: none"> • Pianificazione dell'implementazione • Definizione delle fasi • Tempistica 	

Capitolo V

Esperienze reali di illuminazione urbana

Dopo aver effettuato un'analisi delle tipologie di scenari e sulla loro applicazione, si reputa qui opportuno analizzare alcuni dei nuovi scenari di illuminazione urbana applicati nel nostro Paese, non solo per effettuare dei confronti e capire come sono state inserite le differenti tecnologie, sia tradizionali che innovative, ma anche per evitare in futuro ingenuità in errori banali che in alcuni casi sono state commesse.

Come detto, un appropriato utilizzo della luce pone l'accento sulle qualità semantiche dello spazio architettonico rendendo possibile un dialogo espressivo fra il costruito e l'ambiente circostante. La luce, oltre ad essere una guida e un orientamento all'interno della città, fornisce una giusta comprensione della qualità dello spazio alla scala architettonica ed urbana.

Attraverso un rapido censimento delle ultime realizzazioni riguardo l'illuminazione urbana vengono messi in rilievo tre elementi principali sui quali i progettisti si sono basati: sicurezza, inquinamento luminoso e risparmio energetico. In particolare, la linea di condotta progettuale si è ormai indirizzata principalmente verso una politica di risparmio energetico, senza peraltro trascurare gli altri due aspetti; ma il progetto, nella maggior parte dei casi, risulta effettuato principalmente sulla base di scelte orientate al contenimento dei consumi.

- **Roma – Illuminazione della piazza e della facciata di San Giovanni in Laterano**

In questo caso la piazza non gode di tutti i vantaggi dell'efficienza energetica, come si può notare in foto (Fig. 5.1 – 5.4): le luci della piazza sono accese anche in orari non necessari, dove è più che sufficiente l'illuminazione naturale.

Gli attuali punti luce della piazza sono dei pali con lanterne che montano tradizionali lampade al sodio a bassa pressione; la sensazione, specie verso sera, è di avere un colore della luce tendente al giallo-arancio non del tutto piacevole, poiché si slega completamente dagli elementi circostanti: la facciata della Basilica e la statua di San Francesco. La Basilica è stata illuminata con un colore della luce tendente al "bianco caldo" (Fig. 5.5), per restituire al meglio il colore naturale dei materiali della Basilica, posizionando gli apparecchi ad illuminare il prospetto principale dell'ingresso, le statue, l'atrio e il portico. Il progetto illuminotecnico mira a definire con cura gli elementi architettonici e plastici, come ad esempio le statue sul coronamento,

restituendo la profondità del complesso architettonico con l'illuminazione dell'atrio e della loggia superiore.



Figure 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 - Roma – piazza di porta San Giovanni in Laterano 26 giugno 2011 ore 18:15, dalle immagini si capisce che non era necessario tenere accesi gli apparecchi, poiché ancora era presente una generosa quantità di luce naturale



Figura 5.5 Roma - nuova illuminazione della facciata della Basilica di San Giovanni in Laterano

Il risultato finale che si percepisce è un'ottima realizzazione sulla facciata che purtroppo però risulta distaccata da tutti gli elementi che la circondano, come la piazza e le strade, a causa di una disomogeneità di realizzazione, di tempistica e di scelte.

- **Torraca – illuminazione della città con sistemi innovativi a LED**

Il sistema di illuminazione realizzato nel 2007 secondo diverse opinioni non ha dato risultati del tutto soddisfacenti per molteplici motivi. Certamente Torraca ha avuto il grande privilegio di essere la prima città al mondo illuminata a LED (Fig. 5.6); il problema che emerge è però molto probabilmente legato al tipo di intervento che è stato realizzato, e alle conoscenze ed agli sviluppi della tecnologia LED di quel periodo.



Figura 5.6 Comune di Torraca, prima città al mondo con illuminazione LED

I LED sono stati installati in retrofitting, cioè sostituendo all'interno degli apparecchi esistenti le vecchie sorgenti, con piastre che montano circa una quarantina di LED ciascuna (Fig. 5.7 e 5.8). I LED per la loro natura richiedono ottiche e apparecchi dedicati perché possano produrre un buon risultato illuminotecnico; il progetto realizzato non sembra essere la soluzione ottimale: una più tradizionale sorgente a ioduri infatti avrebbe probabilmente risposto comunque al requisito richiesto, con marcati risparmi e una buona illuminazione degli ambienti.

Nonostante quanto detto, l'impianto consente un risparmio del 70% circa dei consumi energetici originari, riducendo della stessa percentuale i costi di manutenzione.



Figure 5.7 e 5.8 - Installazione dei LED nei lampioni esistenti

- **Solza – illuminazione stradale e ciclopedonale**

Il comune di Solza, in provincia di Bergamo, ha adottato un tipo di illuminazione esclusivamente a LED per le sue strade e le piste ciclabili, con un intervento che conta circa 300 apparecchi.

Il vecchio impianto montava sorgenti al sodio e al mercurio; in base ai calcoli effettuati il nuovo impianto a LED assicurerà un risparmio di circa 42000 kWh/anno riducendo notevolmente anche i costi di manutenzione. Il nuovo impianto è dotato anche di un sistema di controllo dimmer con riduzioni dei flussi emessi del 30% secondo gli orari prestabiliti (Fig. 5.9).



Figura - 5.9 Comune di Solza – illuminazione di via Foglieni

- **Cernusco sul Naviglio, intervento di riqualificazione per i percorsi ciclopedonali**

L'intervento mirava a sostituire l'impianto esistente ormai diventato obsoleto. Cernusco sul Naviglio ha sempre vantato un ottimo equilibrio riguardo l'aspetto e la qualità dei suoi tessuti urbani. Anche sull'aspetto illuminotecnico la città ha saputo adeguarsi perfettamente alle nuove tendenze tecnologiche, mantenendo la sua caratterizzazione sullo sviluppo urbano. Il progetto è stato sviluppato sulla base del piano della luce. Il risultato è stato un'ottimizzazione degli impianti esistenti effettuata attraverso alimentatori elettronici che controllano l'emissione dei flussi rispetto agli orari e un potenziamento delle sorgenti esistenti, che ha consentito una diminuzione del numero dei pali (poiché più potenti, le distanze tra i pali aumentano); grazie a questo sistema è stato inoltre contenuto anche il costo dei lavori per gli scavi (Fig. 5.10).



Figura 5.10 Esempio di palo installato a Cernusco sul Naviglio

- **Padova – intervento di riqualificazione urbana e nuovo impianto di illuminazione a LED**

In occasione del rinnovamento del decoro e dell'arredo urbano di piazzale degli Azzurri d'Italia a Padova, è stato previsto un miglioramento anche dell'impianto di illuminazione. Anche in questo caso, le sorgenti scelte sono LED inserite in apparecchi innovativi con ottiche a riflessione totale, in grado quindi di sfruttare al meglio la luce emessa dai LED e quindi di far ottenere un ottimo risparmio

energetico e una efficiente distribuzione del flusso luminoso. I consumi elettrici si sono ridotti del 68% e grazie all'accensione/spegnimento immediati, i lampioni rimangono accesi un quarto d'ora in meno al giorno, rispetto alle condizioni precedenti.

- **Calcinatè (Bergamo), sistema di illuminazione LED per grandi superfici stradali**

I LED primeggiano anche in questo caso, anche se qui la tipologia cambia, il progetto riguarda infatti un'area sede di un grande nodo stradale (Fig. 5.11).



Figura 5.11 Illuminazione stradale a LED a Calcinatè

I risultati in termini di consumi sono molto soddisfacenti, anche se va considerato che solo per l'illuminazione a LED sono stati investiti circa 240.000 euro, una cifra notevole in considerazione del fatto che probabilmente con l'applicazione di altri tipi di lampade i costi dell'impianto sarebbero stati molto più contenuti.

- **Brindisi – Sostituzione degli impianti di illuminazione secondo standard qualitativi ed estetici**

La città di Brindisi ha affrontato la questione dell'illuminazione urbana attraverso una politica di rinnovo e riqualificazione estetica. L'impianto esistente aveva la necessità di essere uniformato sulla base degli standard qualitativi più funzionali. Anche qui sono stati inseriti sistemi di regolazione del flusso e i risultati anche dal punto di vista energetico sono stati soddisfacenti. Le sorgenti utilizzate sono ai vapori di sodio ad alta pressione con potenze che variano dai 150 ai 250 Watt con sistemi di regolazione del flusso (Fig. 5.12).



Figura 5.12 Esempio di apparecchio installato al centro di Brindisi

Sulla maggior parte delle vie del centro storico sono stati mantenuti gli apparecchi a sospensione esistenti che hanno avuto un intervento di rinnovamento nell'impianto: sostituzione di armature, cavi e linee di alimentazione. Per le vie più larghe sono stati installati dei pali che mantengono comunque un'uniformità estetica complessiva con gli altri corpi illuminanti utilizzati. L'obiettivo prefissato è stato raggiunto: uniformità estetica, funzionalità e risparmio energetico (circa il 30% dei consumi in meno rispetto al vecchio impianto).

- **Firenze – illuminazione delle mura di Santa Rosa**

Con la città di Firenze si è avuta la dimostrazione che i LED sono applicabili anche in aree del centro storico (Fig. 5.13 - 5.14).



Figure 5.13 e 5.14 - A sinistra i tipi di pali impiegati per la realizzazione dell'intervento (Philips lighting e Silfi illuminazione), nell'immagine di destra il risultato di notte dell'impianto

L'impianto installato utilizza sorgenti LED di colore bianco/neutro con temperature di colore intorno ai 4000 K, con una buona resa cromatica e comfort visivo; allo stesso tempo l'impianto assicura sicurezza sulla carreggiata e livelli di illuminamento adeguati sui marciapiedi. Ottimi risultati anche in termini di contenimenti energetici: rispetto alla situazione precedente si è ottenuta una riduzione delle potenze impiegate di circa il 40%.

- **Monza – illuminazione piazza del duomo e aree limitrofe, luce come arte**

L'applicazione del nuovo impianto è dedicata principalmente alla facciata e al campanile del Duomo che è stato dotato di un'illuminazione funzionale e scenografica allo stesso tempo (Fig. 5.15). L'impianto prevede la possibilità di programmare otto scene che variano fino alla mezzanotte. Il risultato è molto interessante, poiché fa capire come i sistemi innovativi siano dotati di una dinamicità tale da poter cambiare totalmente il risultato illuminotecnico sugli edifici.



Fig. 5.15 la facciata del Duomo di Monza e il campanile con una delle otto scenografie programmate

- **Cosenza – riqualificazione illuminotecnica dell’ Ara dei Fratelli Bandiera/illuminazione dello svincolo autostradale Salerno – Reggio Calabria**

Cosenza, in occasione del 150° dell’Unità d’Italia, si è dotata di un impianto a sorgenti LED e a ioduri metallici per restituire i volumi storici dell’Ara dei F.lli Bandiera e del parco circostante (Fig. 5.16). Il progetto mira ad evidenziare i percorsi e i dettagli architettonici per l’ottenimento di scenari suggestivi, non trascurando l’aspetto funzionale. La scelta di ottiche particolari, come le lenti estensive per le sorgenti a ioduri, ha portato ad effetti sorprendenti.



Figura 5.16 - L’illuminazione dell’Ara dei F.lli Bandiera a Cosenza (Simes illuminazione)

Un altro impianto importante è stato realizzato anche sull'autostrada Salerno – Reggio Calabria allo svincolo per Cosenza. L'illuminazione completamente a LED assicura e garantisce sicurezza e visibilità (Fig. 5.17)



Fig. 5.17 - Risultato dell'illuminazione a LED dello svincolo per Cosenza sull'autostrada Salerno – Reggio Calabria (EIAESCO S.r.l.)

- **Messina – riqualificazione dell' illuminazione della fontana di Nettuno**

Questo magnifico monumento situato al centro della città, è circondato da vie di comunicazione, e la piazza purtroppo risultava in secondo piano rispetto agli altri elementi, anche a causa del colore della precedente illuminazione, sui toni del giallo/arancio. In questo contesto è stato fondamentale mettere in rilievo la fontana. L'intervento è stato basato sul riutilizzo dei pali esistenti, risistemandoli sulla piazza con strategie geometriche ben studiate. (Fig. 5.18)

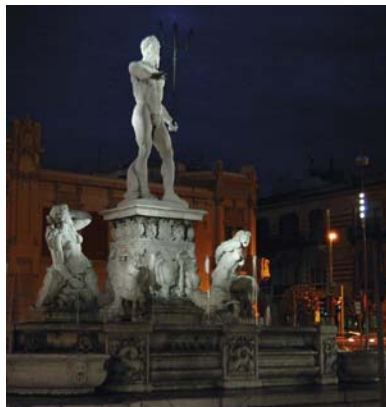


Figura 5.18 - Illuminazione della statua di Nettuno a Messina (Philips Lighting)

L'aspetto più interessante di questo intervento di riqualificazione la potenza totale installata per l'illuminazione della fontana, solo 48W, meno di una lampadina, con ben 50000 ore di durata.

I consumi per l'illuminazione urbana

Il rapporto Stern sui cambiamenti climatici e sulla sostenibilità ambientale riporta che circa l'80% delle emissioni ha origine dalle aree urbane, in Tab. 5.1 vengono riportati i valori percentuali per tipologia nel nostro Paese.

Tab. 5.1 Sintesi del Rapporto Stern sui consumi energetici in Italia

CONSUMI IN ITALIA		
Illuminazione edifici pubblici e commerciali	Consumi energetici per usi civili	Illuminazione stradale
40%	60%	15%

E' facile capire come sia necessario un accordo per affrontare la questione e rivedere i modelli urbanistici ed energetici, in assenza di un piano energetico nazionale. L'illuminazione, come si può vedere, è l'elemento che può provocare un reale cambiamento, grazie alla sue caratteristiche tecnologiche e alle sue molteplici tipologie di applicazione che assicurano identità, comfort e sicurezza per i cittadini.

Ma una revisione di questo tipo richiede la conoscenza dei reali consumi per le città, in modo da determinare e quantificare gli interventi attuabili. Ad oggi, in Italia non esiste un censimento recente riguardante l'illuminazione pubblica, in quanto manca un piano energetico nazionale. Gli unici dati e studi, qui riportati, provengono da alcune Regioni e Comuni che hanno sentito l'esigenza di avere queste informazioni per la redazione dei piani energetici regionali. Legambiente riporta gli ultimi dati disponibili, che fanno riferimento al 2006, ma tali dati sono da considerarsi datati, visti i progressi che negli ultimi cinque anni l'innovazione tecnologica in materia di illuminazione ha avuto. Le informazioni più significative riguardano i circa 10.000.000 di punti luce, di cui circa il 50% ancora con sorgenti al mercurio (probabilmente questa percentuale allo stato attuale è diminuita).

Il controllo dei consumi elettrici per l'illuminazione urbana è essenziale per una valutazione di quelli che sono i bisogni e le necessità d'intervento per una perfetta ottimizzazione degli impianti. Ciononostante, il monitoraggio da solo non basta per

dimostrare la sostenibilità degli impianti di illuminazione esistenti dal punto di vista energetico e della sicurezza.

Gli abitanti delle città, e le aree urbane in particolare, sono in continuo aumento; i consumi che ne derivano arrivano a toccare il 70% dell'energia globale. La sfida in questo ambito è quella di ottenere città sempre più sostenibili e vivibili al tempo stesso. In tutto il mondo si è presa coscienza che sono proprio le città a essere la causa dei maggiori consumi, e che esse stesse mostrano la potenzialità di poter capovolgere questa situazione a proprio vantaggio, grazie all'utilizzo di nuove tecnologie.

L'illuminazione urbana si è talmente trasformata che non è più un parametro esclusivamente funzionale; essa deve essere un elemento piacevole e invitante per la vita delle persone. Per ottenere questi obiettivi è fondamentale:

- Avere una conoscenza approfondita di tutte le tecnologie disponibili innovative ed efficienti: LED, regolatori di flusso, sistemi di telegestione degli impianti, sorgenti a basso consumo e eventuale integrazione dell'impianto di illuminazione autoalimentato attraverso i sistemi fotovoltaici;
- Conoscere sempre tutti gli aspetti normativi e tecnici più aggiornati
- Valutare le strategie di illuminazione già effettuate su altri comuni per ottenere risultati all'avanguardia

Di seguito si mostrano gli esempi riguardanti i consumi di alcune città e regioni italiane.

- **Veneto**

Questa regione mostra un particolare interesse sull'argomento illuminazione, basti pensare che circa l'80% dei comuni si preoccupa di monitorare i consumi.

In Tab. 5.2 è possibile visualizzare l'elenco dei comuni veneti che partecipano al controllo dei consumi.

Tabella 5.2 Elenco dei comuni Veneti che controllano i consumi dovuti all'illuminazione pubblica

COMUNI	MONITORAGGIO CONSUMI ILLUMINAZIONE PUBBLICA (SI/NO)
BELLUNO	SI
ALBIGNASEGO	SI
PADOVA	SI
SELVAZZANO DENTRO	SI
VIGONZA	SI
ROVIGO	SI
CASTELFRANCO VENETO	SI
CONEGLIANO	SI
MOGLIANO VENETO	NO
MONTEBELLUNA	SI
PAESE	NO
TREVISO	SI in parte
MARTELLAGO	SI
MIRANO	SI
SPINEA	Sì
VENEZIA	SI
ARZIGNANO	SI
BASSANO DEL GRAPPA	SI
MONTECCHIO MAGGIORE	SI
SCHIO	SI
THIENE	SI
VALDAGNO	NO
VICENZA	SI
SAN GIOVANNI LUPATOTO	NO
VERONA	SI
VILLAFRANCA DI VERONA	nd
SAN DONA' DI PIAVE	SI
MONITORAGGIO CONSUMI ILLUMINAZIONE PUBBLICA	NUMERO COMUNI
SI	22
NO	4
nd	1
Totale comuni	27

- **Torino**

Il comune di Torino è intervenuto sull'illuminazione sostituendo la maggior parte delle sorgenti con quelle a basso consumo (vapori di sodio o alogenuri metallici) in modo da abbattere i kWh consumati per illuminazione. Il risparmio è consistente, poiché sono rientrati al comune circa 400.000 € l'anno grazie a questa strategia di illuminazione.

Torino ha fatto un tentativo importante, mirato forse più ad un ritorno economico per il suo comune; è stata comunque sufficiente la sostituzione delle lampade per ottenere da ottimi risultati. Le vecchie sorgenti impiegavano 250 Watt di potenza rispetto alle nuove che richiedono 150 Watt, con l'ulteriore vantaggio di una maggiore emissione luminosa.

Attualmente l'intervento di rinnovamento è ancora in corso.

- **Roma**

Il comune di Roma sta puntando molto sugli impianti fotovoltaici che forniscono energia per l'illuminazione pubblica. Roma presenta circa 200000 lampade con consumi che si aggirano intorno ai 140.000 MWh/anno. L'obiettivo è quello di utilizzare energia pulita che renda gli spazi pubblici energeticamente autosufficienti, attraverso:

- a. sostituzione delle sorgenti tradizionali con i LED
- b. energia elettrica dedicata all'illuminazione degli spazi pubblici comunali prodotta dagli impianti fotovoltaici

E' stato verificato che la sostituzione delle sorgenti tradizionali con i LED consente di ottenere una riduzione degli attuali consumi di oltre il 15% entro i prossimi dieci anni. Di conseguenza oltre ad essere un buon motivo per rispettare l'ambiente, si riducono anche i costi dovuti alla bolletta energetica per i comuni che offrono un servizio migliore per i cittadini.

Di seguito in Tab. 5.3 si riportano i dati della spesa sui consumi per gli impianti di illuminazione del comune di Roma.

In conclusione, viste le esperienze sulle varie città italiane e i loro relativi consumi, è evidente come l'illuminazione pubblica sia uno dei nodi fondamentali che consente di ridurre costi e inquinamento. In una decina di anni circa è possibile ammortizzare i costi investiti per i nuovi impianti, con l'ottenimento di una migliore gestione, manutenzione e soprattutto con l'introduzione di nuove tecnologie sul panorama degli scenari di illuminazione urbana.

Tabella 5.3. Spesa del Comune di Roma per il servizio di illuminazione pubblica
Simulazione su dati del Contratto di servizio 2005-2015

CORRISPETTIVI (valori in migliaia di euro)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Inflazione effettiva anno precedente π (%)*	-	2,0%	2,0%	2,1%	2,2%	2,3%	2,4%	2,4%	2,5%	2,5%
CE x inflazione effettiva*	-	969	1.001	1.080	1.152	1.215	1.255	1.306	1.416	1.473
Fattore X (%)	-	0,5%	1,0%	2,0%	3,0%	5,0%	-	-	-	-
CE x fattore X	-	242	500	1.029	1.571	2.642	-	-	-	-
Corrispettivo annuo totale CAT = CE x [1- X + π]	47.552	49.164	50.549	51.485	51.952	51.410	53.550	55.741	58.042	60.400
Corrispettivo aggiuntivo (CA)	1.667	1.500	1.500	1.500*	1.500*	1.500*	1.500*	1.500*	1.500*	1.500*
Corrispettivo piano triennale di adeguamento (CPTA)	3.533	3.500	3.500	-	-	-	-	-	-	-
Corrispettivo per realizzazione nuovi impianti (CRN)**	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale (CAT + CA + CPTA + CRN)	52.752	54.164	55.549	52.985	53.452	52.910	55.050	57.241	59.542	61.900
IVA 20%	10.550	10.833	11.110	10.597	10.690	10.582	11.010	11.448	11.908	12.380
Totale al lordo IVA	63.302	64.996	66.659	63.583	64.142	63.492	66.060	68.690	71.451	74.280
Stima nuovi punti luce	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Stima incremento punti luce*	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Punti luce totali a fine anno (migliaia)*	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183
Stima nuovi lumen (migliaia) (17.850 lumen/punto luce)*	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550
Valore totale lumenstimato a fine anno (milioni)*	2.279	2.333	2.386	2.440	2.493	2.547	2.600	2.654	2.708	2.761

(*) Valori stimati. In sfondo grigio le ipotesi.

(**) Valori annui non quantificabili.

Fonte: elaborazioni su corrispettivi e relativi aggiornamenti definiti nel Contratto di servizio per l'illuminazione pubblica 2005-2015 fra Comune di Roma e Acea.

Capitolo VI

Considerazioni finali

Ad oggi la progettazione dell'illuminazione urbana, ed in particolare gli scenari che si realizzano grazie ad essa, variano sensibilmente a seconda dei casi; esistono naturalmente delle linee guida da seguire, che si fondano sui tre punti cardine di cui tenere conto nell'illuminazione di esterni: sicurezza, inquinamento luminoso, risparmio energetico. Il progettista illuminotecnico dovrà quindi far entrare in sinergia questi tre elementi, non trascurando l'aspetto urbano. Nel caso in cui fosse già esistente un PRIC, il lavoro per il lighting designer sarà molto semplificato.

L'illuminazione pubblica è un servizio di primaria importanza per lo sviluppo politico di una città. Essa garantisce la sicurezza pubblica, contribuendo al miglioramento dell'ambiente cittadino e promuovendo al tempo stesso un'immagine della città che assume un forte valore artistico. Di fatto però, dietro a queste soluzioni si cela una realtà molto complessa per gli enti locali che si trovano a dover far fronte ad esigenze sempre maggiori sia riguardo la qualità che riguardo la sicurezza, senza trascurare la tutela dell'ambiente e soprattutto i rigori imposti dal budget.

Il risultato finale è che una buona gestione dell'illuminazione pubblica diventa un parametro fondamentale per il miglioramento del contesto abitativo urbano. I comuni che migliorano il sistema di manutenzione e i materiali degli impianti di illuminazione pubblica ottengono una notevole diminuzione dell'inquinamento luminoso e prevengono disservizi dell'impianto stesso.

Sono state analizzate tutte le soluzioni innovative che consentono di ottenere un miglioramento dei consumi energetici: una riduzione dei costi per l'energia può aiutare quindi le città ad investire le somme risparmiate o in altri progetti o per favorire una diminuzione delle imposte. Come si è visto nei capitoli precedenti, una delle soluzioni innovative che può realmente cambiare gli scenari di progettazione della luce urbana è l'introduzione di sistemi di telecontrollo.

Senza arrivare ad utilizzare le soluzioni tecnologiche più avanzate, esistono molte fonti di risparmio in tema di sviluppo sostenibile per l'illuminazione: da una valutazione molto semplice degli impianti di illuminazione, ad esempio, si possono trarre delle conclusioni interessanti. Un buon risparmio energetico è ottenibile anche grazie alla semplice scelta di sorgenti più adeguate alle stesse condizioni di utilizzo e di durata di vita. L'utilizzo di lampade al sodio o a ioduri si tradurrebbe ad esempio in un investimento molto redditizio a medio e a lungo termine per i risparmi energetici che ne deriverebbero. I sistemi di illuminazione a luce diffusa, se abbinati ad

un'ottica riflettente, raddoppiano la loro emissione utile, eliminando al contempo quasi completamente l'inquinamento luminoso.

In conclusione, si può affermare che illuminare una città è compito molto complesso perché è necessario soddisfare le diverse esigenze dei cittadini, degli automobilisti, dei pedoni e dei ciclisti. L'illuminazione deve risultare funzionale, moderna, in grado di assicurare sicurezza, visibilità, atmosfera e identità della città, allo stesso tempo riducendo i consumi energetici e prevenendo i fenomeni di inquinamento luminoso.

Riferimenti bibliografici

- Forcolini G. , *“Lighting”*, Milano, Ed. Hoepli, Milano 2004
- Bianchi F.; Pulcini G. , *“Manuale di illuminotecnica”*, Ed. La Nuova Italia Scientifica, Roma 1995
- Bonomo M., *“Guida alla progettazione dell’illuminazione stradale e urbana”*, Ed. Mancosu, Roma 2006
- Fellin L., Forcolini G., Palladino P., *“Manuale di illuminotecnica - AIDI Associazione italiana di illuminazione”*, Ed. Tecniche Nuove, Milano 1999
- Rossi M., Seassaro A., *“Lighting Design per la percezione dei beni artistici e architettonici - Lighting Design for the perception of artistic and architectonic assets”*, SDI Design Review, pp 16, n 03, 2006
- Rossi M., Marini D., Rizzi A., *“Methods and application for photorealistic rendering and lighting of ancient buildings”*, Journal of Cultural Heritage, Elsevier, 2004
- Forcolini G., *“Illuminazione di Esterni”*, Hoepli, Milano, 1993
- Giacomelli M. Matteo Bosisio M., *“Powerline communication: potenzialità e criticità del sistema, tecnologie attuali e prospettive di sviluppo future”*, tesi di laurea del Politecnico di Milano relatore Francesco Castelli Dezza a.a.2007-08
- Archibugi F., *“L’ ‘asse attrezzato’ del PRG di Roma del 1965: un eccellente studio di caso per una appropriata teoria critica della pianificazione”*,atti del convegno sull’asse attrezzato di Roma (PRG Roma 1965) promosso dalla Fondazione Bruno Zevi, Roma,Accademia di San Luca, 8 Marzo 2006
- Tural M., Yener C.,*“Lighting monuments: Reflections on outdoor lighting and environmental appraisal”*, in Building and Environment 41 (2006), p. 775–782
- F. Mirand, *“Navigating uncharted waters: new challenges in specifying LED luminaire lifetime”*, LED Magazine maggio/giugno 2010; pp: 25-30
- Suss M., Marelli F., *“Il piano di illuminazione del comune di Cernusco sul Naviglio”*, LUCE maggio 2008; pp: 44-50
- Serefhanoglu Sozen M., *“Progettare la luce”*, Luminous international lighting magazine luglio 2009, pp: 42-45
- Pepe L., Motta M., *“Luce per la misura urbana”*, Luce e design ottobre 2006, pp: 66-72

Ricci Petitioni A., *“Illuminazione stradale e urbana: quale futuro?”*, Luce e design
giugno 2011, pp: 60-70

www.cielobuio.org