

QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.5

# LINEE GUIDA PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA

PUBBLICAZIONI APE  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

**QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.5**

# **LINEE GUIDA PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

**Tecnologie, analisi delle prestazioni energetiche e illuminotecniche,  
metodologie di raccolta dei dati sul territorio.**

**Suggerimenti di pianificazione sostenibile finalizzati al contenimento  
dell'inquinamento luminoso e al risparmio energetico.**

**PUBBLICAZIONI APE  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA**

## INDICE

<b>5</b>	<b>PREMESSA</b>
<b>9</b>	<b>ELEMENTI DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA</b>
9	FINALITÀ
9	PARAMETRI CARATTERISTICI
12	I LED
14	PRESCRIZIONI E NORME
17	STRADE
19	APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E LAMPADE
22	CENTRALINE E SISTEMI DI REGOLAZIONE
22	Centraline
22	Regolatore di flusso luminoso posto accanto alla centralina
23	Sistemi di riduzione del flusso luminoso e telecontrollo – alcune regole
<b>25</b>	<b>INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE</b>
25	PRESTAZIONI COMPLESSIVE DEGLI APPARECCHI ILLUMINANTI
25	Esempi di calcolo con parametri tipici di efficienza, manutenzione, utilanza
32	Esempi di efficienza complessiva e prestazione complessiva
33	INDICAZIONI PRATICHE PER LA PROGETTAZIONE
33	Illuminazione di strade
35	Illuminazione di incroci e rotatorie
35	Illuminazione di strade e piazze del centro città
35	Codici di flusso (flux code) secondo CIE
<b>37</b>	<b>METODO PER LA RACCOLTA DATI E COSTRUZIONE DEL CATASTO DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA</b>
37	Premessa
37	Scopo
37	Modalità di lavoro
<b>43</b>	<b>COSTI DI INVESTIMENTO E CONDUZIONE, STRATEGIE PER IL MIGLIORAMENTO</b>
43	PREMESSE
43	STRATEGIE GENERALI
43	La quantità di illuminazione
44	Leggi e regolamenti
44	Convenienza degli investimenti e finanziamenti pubblici per le amministrazioni
46	Motivazioni diverse da quelle meramente economiche
47	STRATEGIE OPERATIVE
47	Scelte preliminari
48	Omogeneizzazione di vie e quartieri
50	Interventi urgenti
50	INTERVENTI E COSTI
50	Costi di investimento per ogni punto luce – costo complessivo

52	Costi di investimento per ogni punto luce – escluso palo e infrastruttura
53	Sostituzione di corpi e lampade, installazione di regolatore di flusso, pay-back
54	Costi di investimento e di conduzione per 20 anni per ogni punto luce
55	Osservazioni e commenti
57	<b>INTERVENTI SU SINGOLE PARTI</b>
57	Installazione di regolatori di flusso luminoso per il risparmio energetico
58	Raggruppamento di più centraline
59	Sostituzione dei soli corpi illuminanti
60	<b>SCHEDE DESCRITTIVE</b>
60	<b>SCHEDE DELLE LAMPADE</b>
61	Lampade a incandescenza
62	Lampade a incandescenza alogene
63	Lampade fluorescenti L
64	Lampade a scarica vapori mercurio alta pressione HG MBF
65	Lampade a scarica vapori sodio bassa pressione SBP
66	Lampade a scarica vapori sodio alta pressione SAP
67	Lampade a scarica vapori sodio e ioduri metallici MH
68	Lampade a LED
69	<b>SCHEDE DEI CORPI ILLUMINANTI</b>
69	Armature stradali con ottica aperta
70	Armature stradali con ottica chiusa da coppa liscia bombata o prismatica
72	Armature stradali e per arredo urbano con ottica chiusa da vetro piano (tipo cut-off)
74	Armature stradali equipaggiate con piastra a LED
76	Lanterne - Globi - Sfere
78	Proiettori
81	<b>SCHEDE DEI SOSTEGNI, PALI E SBRACCI</b>
82	<b>SCHEDE DELLE TIPOLOGIE DI SUPPORTO PER I CORPI ILLUMINANTI</b>
92	<b>SCHEDE DI SISTEMI DI ALIMENTAZIONE E MORSETTIERE</b>
94	<b>SCHEDE DELLE DISPOSIZIONI DELLE SORGENTI LUMINOSE</b>

## PREMESSA

Nel nostro lavoro a fianco delle amministrazioni pubbliche, nello svolgimento di attività di energy management, abbiamo più volte affrontato il tema della bolletta dell'energia elettrica. Il costo della sola illuminazione pubblica rappresenta ben il 50 - 70% del costo totale dell'energia elettrica delle amministrazioni comunali.

Gli investimenti e le tecnologie per l'illuminazione pubblica, rapportati ai costi delle bollette e delle manutenzioni, sono argomenti molto sentiti dalle amministrazioni e ancor più dalla popolazione. Inoltre, le molte campagne pubblicitarie condotte sui media hanno contribuito a creare una certa sensibilità ai problemi della sostenibilità ambientale e al risparmio energetico.

Anche la pressione sulle amministrazioni pubbliche da parte di rivenditori di componenti e impianti per l'illuminazione pubblica si è fatta molto insistente negli ultimi anni, creando forti aspettative sui sistemi a LED. A volte però, a causa della fretta eccessiva, sono stati commessi degli errori di dimensionamento che sono davanti agli occhi di tutti: troppa illuminazione, illuminazione su un solo lato della strada, illuminazione a tratti alternati.

Le amministrazioni pubbliche sono chiamate a fare delle scelte ma non sempre hanno i mezzi per valutare in modo obiettivo le varie proposte, perciò spesso si affidano ai suggerimenti e alle consulenze di specialisti.

È in tale contesto che si inserisce questo documento, che fornisce alcune informazioni generali sulle tecnologie disponibili e sulle prestazioni che si possono ottenere, e dà indicazioni sui costi di investimento e conduzione, fornendo una metodologia per identificare le migliori scelte di investimento.

Lo scenario tecnologico dei giorni nostri non è caratterizzato da certezze, ma piuttosto dalla presenza contemporanea di numerose tecnologie, tutte valide ed economicamente sostenibili. A ciò si unisce la disponibilità di sistemi elettronici di regolazione e alimentazione, che contribuiscono ad allargare la rosa delle scelte. Per questi motivi le perplessità degli amministratori sono giustificate e risulta piuttosto difficile fare le corrette scelte di investimento.

I maggiori dubbi nascono dunque dall'incertezza su quale sia la tecnologia migliore tra due grandi famiglie: quelle tradizionali e a LED.

La verità è che stiamo attraversando una fase di transizione dovuta a vari fattori, primo di tutti la crisi economica e la conseguente necessità di dover ridurre le spese correnti per l'illuminazione pubblica, che, per inciso, in Italia è quasi il doppio rispetto a Germania e Austria.

Un altro fattore che genera qualche incertezza è la transizione tecnologica che sta avvenendo dalle lampade a scarica (tipicamente sodio ad alta pressione) verso sistemi di illuminazione a LED. Questo passaggio si compie lentamente perché il sodio, pur essendo una tecnologia matura, offre ancora prestazioni ottime e costi di investimento bassi; i LED d'altronde devono

ancora completare un percorso di industrializzazione, che porterà ad una riduzione dei costi ed un ulteriore miglioramento delle prestazioni. Il percorso si completerà con l'implementazione di sistemi intelligenti, che, in funzione del traffico e della presenza di pedoni, attueranno una regolazione dell'illuminazione ancora più efficace. Va poi sottolineato che insieme a queste due tipologie è stata sviluppata da anni la tecnologia del sodio con luce bianca abbinata ad alimentatori elettronici, che dà ottimi risultati in termini di resa cromatica ed efficienza energetica, anche se al momento ha costi piuttosto elevati.

Tutti e tre i sistemi appena menzionati trovano ampia giustificazione economica in funzione del contesto. Pertanto assisteremo alla loro coesistenza ancora per un certo tempo.

L'amministratore pubblico, nel predisporre un progetto di investimento, deve avere a disposizione i dati prestazionali e di costo, oltre che di informazioni complete riguardo gli impianti esistenti, inclusi i consumi e i costi di manutenzione.

L'accesso a un catasto completo e dettagliato degli impianti di illuminazione costituisce un vantaggio in termini di velocità e affidabilità e consente di determinare le strategie e impostare le decisioni. Un catasto evoluto permette di visualizzare sullo schermo del computer una mappa con la posizione di ogni apparecchiatura.

In questa logica anche il Piano Comunale dell'Illuminazione (PRIC), peraltro previsto dalla legge, è molto utile, perché consente di pianificare in modo sistematico e per un lungo arco di tempo le azioni volte al risparmio energetico e al contenimento dell'inquinamento luminoso.

Generalmente, le amministrazioni pubbliche realizzano interventi che si suddividono in tre categorie:

- nuovo impianto di illuminazione;
- intervento parziale rilevante ma che conserva l'infrastruttura;
- intervento parziale minore, cui corrisponde solo la sostituzione di alcuni componenti.

Nel caso di intervento parziale, l'esperienza suggerisce di procedere prima di tutto eliminando le situazioni di pericolo sia sulle centraline di alimentazione che sull'infrastruttura, sostituendo le posizioni in cui sono presenti lampade al mercurio o con filamento, con lampade a sodio o LED ed eliminando gli ombreggiamenti dovuti ai rami degli alberi.

In secondo luogo è necessario valutare l'opportunità di sostituire i corpi illuminanti e il sistema di alimentazione per ottenere risultati illuminotecnici migliori e maggiore efficienza.

Ciò significa decidere, anche in funzione della disponibilità finanziaria, il tipo di tecnologia da adottare, che è:

- lampade tipo sodio alta pressione unite a nuovi corpi illuminanti, nuovi reattori ferromagnetici, sistemi di regolazione del flusso luminoso installati nelle centraline di alimentazione;

- come sopra ma abbinate a regolatori e alimentatori posizionati sul singolo punto luce;
- lampade tipo MH ioduri metallici (sodio di colore bianco) abbinate a regolatori e alimentatori posizionati sul singolo punto luce;
- sistemi di illuminazione a LED, con opportuno alimentatore e regolatore sul singolo punto luce.

Queste tecnologie, come illustrato nell'analisi riportata di seguito, hanno costi di investimento e di conduzione (energia, manutenzione) sostanzialmente simili in un arco di 20 anni.

Le differenze sono sia di tipo estetico che gestionale, infatti:

- il sodio alta pressione ha bassi costi di manutenzione, ma consuma più energia, la luce è gialla, si adatta bene a quartieri, strade in generale, incroci;
- il sodio con luce bianca ha minori consumi ma maggiori costi di investimento e conduzione, è oggi molto utilizzato nelle vie di pregio;
- il LED si caratterizza per la durata della fonte luminosa di 10-15 anni ed è particolarmente adatto a strade e incroci dove la manutenzione dei punti luce è difficile.

Si possono ottenere risparmi energetici più consistenti adottando sistemi intelligenti di illuminazione, che si stanno affacciando ora sul mercato e che sono a volte abbinati a progetti per la realizzazione di Smart Cities. Tali sistemi utilizzano rilevatori del traffico e dei pedoni, che modulano l'illuminazione a LED.

Da quanto sopra esposto, si evince che le scelte di investimento, proprio perché coinvolgono molti fattori non solo economici, debbono necessariamente essere fatte con una visione di lungo termine.

Nelle pagine che seguono si riportano alcuni elementi di illuminazione, idee e indicazioni di massima per la progettazione. Vengono date indicazioni anche per la raccolta dati destinata alla creazione di un catasto e per le valutazioni economiche.

*Buona lettura!*

## ELEMENTI DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA

### FINALITÀ

Il servizio pubblico di illuminazione si ripromette di:

- assicurare la visibilità nelle ore notturne per migliorare la fruibilità degli spazi urbani (nell'arco dell'anno vi sono circa 4200 ore di buio);
- garantire sicurezza alle persone e ai veicoli per il traffico stradale, per evitare incidenti. La segnaletica stradale deve essere adeguatamente illuminata, inoltre i livelli di illuminamento sono diversi a seconda della tipologia e dell'utilizzo delle strade, distinguendo le strade urbane principali da quelle del centro storico con traffico limitato o esclusivamente pedonali, e distinguendo nei quartieri residenziali le strade che fungono da collettore rispetto a quelle a basso traffico (a questo proposito vi è una classificazione regolata da norme specifiche);
- dare una sensazione psicologica di sicurezza, intesa anche come deterrente alle aggressioni: vedere e farsi vedere;
- migliorare la qualità della vita sociale attraverso l'incentivazione di attività serali, che includono l'intrattenimento, la valorizzazione e il godimento da parte della popolazione e dei turisti di monumenti e opere architettoniche, infine e non ultimo il prolungamento delle attività commerciali.

Necessariamente, il tema che si pone agli amministratori dei Comuni, ai tecnici e ai progettisti è trovare il giusto compromesso tra le suddette esigenze e la necessità di avere bassi costi di gestione e investimento, garantendo inoltre limitati valori di inquinamento luminoso.

### PARAMETRI CARATTERISTICI

#### In sintesi

La luce è caratterizzata, limitatamente ai nostri fini, da queste grandezze:

Flusso luminoso $\Phi$	lumen (lm)	tipico per lampada SAP (sodio alta pressione) da 100 W -> 10.000 lm
Illuminamento E	lux (lm/m <sup>2</sup> )	tipico per strade urbane 30 lux, per quartieri 10 lux circa
Luminanza L	cd/m <sup>2</sup> (candele su m <sup>2</sup> )	tipico per strade urbane 1÷2 cd/m <sup>2</sup> , per quartieri 0,75 cd/m <sup>2</sup>
Temperatura di colore	K	tipico per luce calda 2700-3200 K tipico per luce fredda 4500-6000 K tipico per lampada SAP 2100 K tipico per LED "freddo" 5600 K
Indice di resa cromatica	Ra o CRI	vedi tabella, i più usati: SAP ~ 24-30 ioduri metallici e LED > 85

Light source	CCT (K)	CRI
Low-pressure sodium (LPS/SOX)	1800	~5
Clear mercury-vapor	6410	17
High-pressure sodium (HPS/SON) (SAP)	2100	24
Coated mercury-vapor	3600	49
Halophosphate warm-white fluorescent	2940	51
Halophosphate cool-white fluorescent	4230	64
Tri-phosphor warm-white fluorescent	2940	73
Halophosphate cool-daylight fluorescent	6430	76
"White" SON	3000	85
Ceramic metal halide (MH)	3000	85
Quartz metal halide (MH)	4200	85
Tri-phosphor cool-white fluorescent	4080	89
Ceramic metal halide	5400	96
Incandescent/halogen bulb	3200	100

## Illuminamento

L'illuminamento esprime la quantità di luce che, emessa da una sorgente, investe una certa superficie. È il rapporto tra il flusso incidente sulla superficie e l'area della superficie stessa. L'unità di misura dell'illuminamento è il **lux**, che dimensionalmente si esprime in **lm/m<sup>2</sup>** (lumen su metroquadro).

Il lux è una misura "relativa" ad un'area: è una densità di luce che colpisce una superficie. Nella tabella sotto riportata sono elencati alcuni esempi di illuminamento espressi in lux.

Ambiente	Illuminamento [lux]
Pieno sole, Cielo sereno	20.000 fino a 100.000
Cielo nuvoloso	10.000
Cielo stellato con luna piena - ¼ di luna - senza luna	0,2 - 0,03 - 0,001
Illuminazione Stradale media	5 ÷ 30
Parcheggi supermercati	5 ÷ 60
Minimo necessario ai pedoni per evitare ostacoli	0,2 ÷ 1
Ambiente domestico	10 ÷ 200
Esercizi commerciali	200 ÷ 2000
Uffici e scuole	300 ÷ 500
Musei - documenti storici pregiati	< 150 ÷ <50
Officine di precisione	1000 ÷ 2000

## Legame tra illuminamento stradale "E" e luminanza "L"

La luminanza L si utilizza in accordo con le normative per le strade con scorrimento veicolare, mentre l'illuminamento E è utilizzato per incroci e zone pedonali.

Nella pratica, relativamente al settore dell'illuminazione pubblica, è molto agevole effettuare misure di illuminamento E per mezzo di un luxmetro. Per la luminanza L esistono strumenti di impiego più oneroso, che impongono l'utilizzo di personale addestrato e i rilievi vanno fatti secondo norma su 60 punti tra palo e palo.

Nelle fasi precedenti la progettazione, al fine di acquisire una serie di dati anche approssimativi che descrivono la situazione iniziale, si usa fare misure solo di illuminamento con il luxmetro e quindi passare alla luminanza utilizzando un fattore di conversione che tiene conto del tipo di asfalto e della sua riflettanza.

I progettisti assumono generalmente la "classe pavimentazione scura e levigata" C2. In tal modo si ottiene un fattore 0,0701 da cui in breve: luminanza media percepita [cd/m<sup>2</sup>] = illuminamento medio [lux] x 0,0701 cioè semplificando

$$L \text{ [cd/m}^2\text{]} = 0.07 \times E \text{ [lux]}$$

## Efficienza luminosa

Il parametro che spesso si utilizza nelle scelte è l'efficienza luminosa della lampada ( $\eta$ ) che è il rapporto tra il flusso luminoso ( $\Phi$  espresso in lm) emesso da una sorgente e la potenza elettrica assorbita dalla stessa (Watt) impiegata per determinare tale flusso.

È espressa in lumen/Watt.

$$\eta = \Phi / P \text{ [lm/W]}$$

L'efficienza luminosa ha un valore teorico di 683 lumen/Watt. Poiché però la quota parte di luce visibile raggiunge solo il 25% al massimo dell'energia elettrica assorbita dalla lampada, la rimanente parte (75%) viene dissipata in parte sotto forma di luce infrarossa emessa dalla lampada stessa, e in parte non viene emessa e viene dissipata attraverso l'attacco della lampada, il portalampada, il riflettore e il corpo complessivo.

La tabella mostra il flusso luminoso in lumen e l'efficienza luminosa in lm/W per alcuni tipi di lampade con flusso e efficienza.

Lampada	Efficienza luminosa	note
Incandescenza	12 – 22 lm/W	incluse alogene
Mercurio alta pressione	40 – 60 lm/W	ora vietate
Ioduri e Alogenuri Metallici (MH)	60 – 100 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 50W	70 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 100W	107 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 150W	120 lm/W	
Sodio a bassa pressione (SBP)	100 – 180 lm/W	poco usate
LED (Luce calda 3000 K)	60 – 90 lm/W	
LED (luce fredda 5600 K)	100 – 130 lm/W	

Elaborazione APE da fonti varie.

## Sensibilità dell'occhio umano secondo le curve CIE

È qui utile ricordare che il comportamento dell'occhio umano medio segue delle curve di sensibilità, le quali influenzano le scelte illuminotecniche.

Nella figura a fianco si vedono in rosso la curva fotopica (diurna) e in tratteggiato la curva scotopica (notturna), in cui la visione è assimilabile a una percezione in bianco e nero. La curva mesopica, intermedia tra le due, è in blu: è adatta allo studio della percezione dell'illuminazione pubblica perché, essendo a cavallo tra le due, dà una percezione mista bianco e nero e colore definita "crepuscolare". Le curve si definiscono in funzione di:

- visione scotopica quando i soli bastoncelli dell'occhio umano sono attivi;
- visione mesopica quando sono attivi sia i bastoncelli che i coni;
- visione fotopica quando sono attivi solo i coni dell'occhio umano.

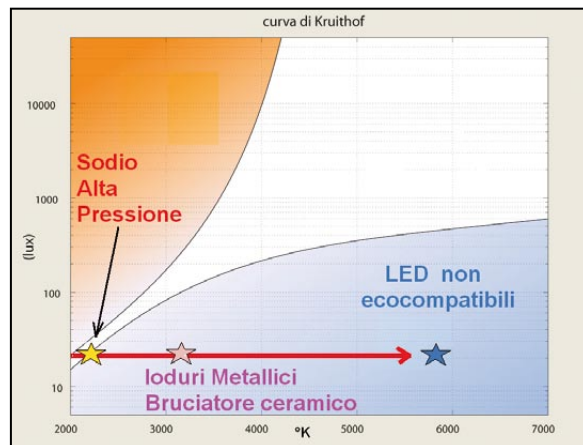
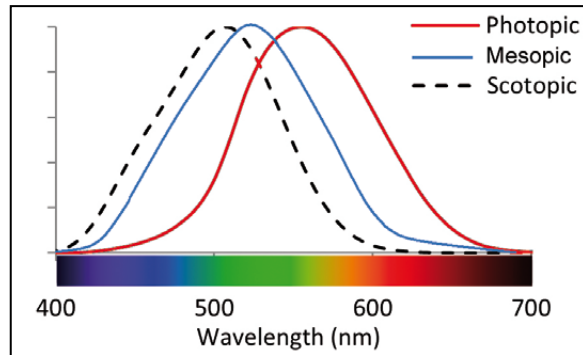


Immagine tratta da: Robert G. Davis, Dolores N. Ginthner, "Correlated color temperature, illuminance level, and the Kruithof curve", *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 1990 (rielaborazione Cielobuio).

La curva scotopica è valida per illuminamento di 1 lux o meno.

Nel caso di illuminamento generato dall'illuminazione pubblica, cioè nei casi da 5 a 20 lux o più, l'occhio ha una sensibilità molto più simile a quella fotopica.

La sensibilità fotopica dell'occhio umano riferito alle lunghezze d'onda prossime al colore giallo sodio ad alta pressione sono piuttosto basse, 70% rispetto alla sensibilità al colore verde. Generalmente si cerca di compensare questo gap aumentando il flusso luminoso.

Va detto anche che il comfort visivo, rappresentato dalla curva di Kruithof riportata in figura, indica nella luce gialla dell'ordine dei 2000 K la situazione più confortevole.

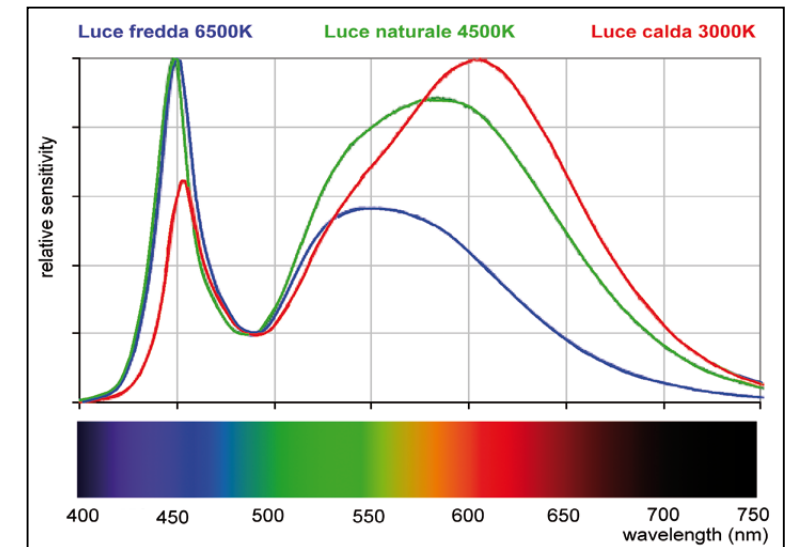
Le regioni all'interno delle due curve rappresentano empiricamente la "luce gradevole" all'occhio umano, mentre quelle esterne rappresentano degli stati di luce disagiata e fastidiosa.

## I LED

Sull'utilizzo di sorgenti LED per l'illuminazione pubblica vi sono pareri discordanti tra costruttori, medici ed esperti di inquinamento luminoso.

Si parte da un dato di fatto: lo spettro di emissione dei LED odierni in rapporto alla sensibilità dell'occhio umano è rappresentato nel grafico che segue. La luce "fredda" ha una bassa componente di energia che interessa la gamma

di sensibilità dell'occhio umano. La luce "intermedia" e quella "calda" hanno una maggiore energia utile. La luce fredda e quella intermedia hanno una forte componente nella gamma di frequenza del blu.



Elaborazione APE da fonti varie.

## La salute

La forte presenza di componente blu crea non pochi problemi, visto che a questa gamma di frequenza le persone giovani sono molto sensibili e recettive. In particolare non è trascurabile il rischio di danni di natura fotochimica alla retina, in particolare a carico dei bambini, il cui cristallino, soprattutto prima degli 8 anni di età, ha poca capacità di filtrare la luce blu.

I detrattori dei LED inoltre segnalano il fatto che l'elevata radianza associata alla ridotta dimensione delle sorgenti determina un effetto di aumento della probabilità di abbagliamento, consistente in una riduzione della funzionalità visiva, che può essere di due tipi: "debilitante" o "fastidioso".

In particolare l'abbagliamento "fastidioso", connesso all'eccessivo contrasto tra sorgenti e superfici riflettenti di differente luminosità, produce una sensazione sgradevole pur non disturbando la visione degli oggetti. Tale condizione, se protratta per lunghi periodi, può essere causa di stress, difficoltà di concentrazione, affaticamento visivo, come recepito dal Ministero della Salute.

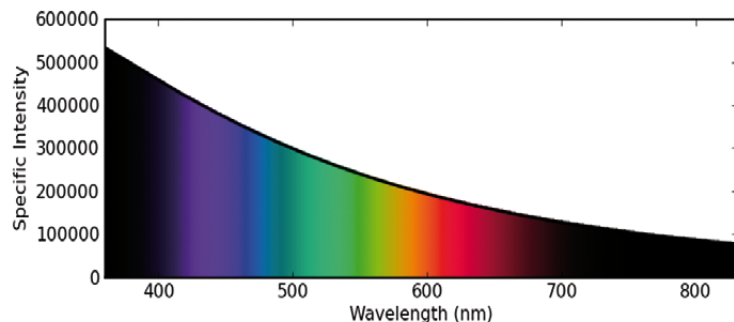
Va sottolineato che tutti i costruttori di apparecchi per l'illuminazione pubblica sottopongono i loro prodotti a test che ne certificano la rispondenza al gruppo di rischio esente (Exempt Group) secondo la norma EN 62471, cioè assenza di rischio fotobiologico.

## L'inquinamento luminoso

Gli astrofili segnalano il maggiore inquinamento luminoso dei LED, che sulla base della legge di Rayleigh aumenta in modo esponenziale con la frequenza, come riportato nella figura seguente. I LED, emettendo una notevole



componente luminosa nella lunghezza d'onda del blu, sono una fonte altamente inquinante rispetto ad altre sorgenti luminose, specificatamente rispetto al sodio ad alta pressione (SAP) che ha componenti prevalenti nel giallo.



### Efficienza luminosa

Nel caso di utilizzo di LED a luce “calda” l’efficienza misurata sull’asfalto è inferiore a quella delle lampade SAP nell’ordine del meno 10÷20%. Siamo certi però che i costruttori hanno argomentazioni molto convincenti e probabilmente più aggiornate rispetto alle informazioni che APE ha trovato su cataloghi e che ha utilizzato nelle simulazioni con programmi di illuminotecnica stradale.

In particolare va segnalato che questa tecnologia è ancora in una fase di perfezionamento e vi sono margini di miglioramento sia per la parte riguardante l’efficienza luminosa, sia per la parte che concerne la maggiore direzionalità del flusso luminoso che si traduce in una migliore utilanza.

La tecnologia LED in verità diventa molto più interessante se si considera la possibilità di installare alimentatori (drivers) con elevato fattore di riduzione di potenza, al fine di portare il flusso luminoso fino quasi a zero. Un’applicazione interessante riguarda i LED ed i drivers ad alta riduzione abbinati a sistemi intelligenti di rilevamento di traffico e pedoni: si può ottenere una modulazione della luce in funzione della reale necessità. Questa tecnologia attualmente è in fase di perfezionamento.

## PRESCRIZIONI E NORME

### Codice della Strada, norme EN 13201:2004 e UNI 11248:2012

Queste norme impongono luminanza e illuminamento minimi da rispettare nelle parti soggette al traffico veicolare e pedonale. Nel seguito viene riportata una parte relativa alle strade, che vengono così abbinate a categorie illuminotecniche stabilite a cui corrispondono precisi requisiti minimi da garantire.

### Leggi regionali e nazionali contro l’inquinamento luminoso e a favore del risparmio energetico

Nel caso dei Comuni del Friuli Venezia Giulia vi è l’obbligatorietà dell’applicazione della L.R.15/2007, che impone, per i nuovi impianti, corpi illuminanti tipo full cut-off, interdistanza tra i pali superiore a 3,7 volte l’altezza dei pali stessi, limiti di luminanza nelle zone non soggette al Codice della Strada,

riduzione del flusso luminoso di almeno il 30% nelle ore notturne, utilizzo di lampade sodio alta pressione o lampade con prestazioni simili, aumento della frazione percentuale di luce diretta su strade e marciapiedi e riduzione di quella che involontariamente illumina giardini e case (massimizzazione dell’utilanza).

Nel caso in cui si facciano interventi di manutenzione, al posto della realizzazione di un nuovo impianto, la prassi adottata vuole che nel caso si sostituiscano i corpi illuminanti questi debbano essere del tipo full cut-off e che i requisiti illuminotecnici stradali vengano rispettati. Nel caso di rifacimento delle sole centraline di alimentazione si provvede a mettere un regolatore del flusso notturno come richiesto dalla legge regionale.

### Esigenze di sicurezza

È doveroso evidenziare che in Italia non esiste una legge nazionale che imponga ai Comuni o ad altri enti locali di illuminare le strade o le altre aree pubbliche di loro competenza sebbene, qualora intenzionati a farlo, gli enti debbano attenersi al rispetto delle molteplici normative europee e italiane esistenti oltre che alle disposizioni regionali ed agli ordinamenti del Codice della Strada.

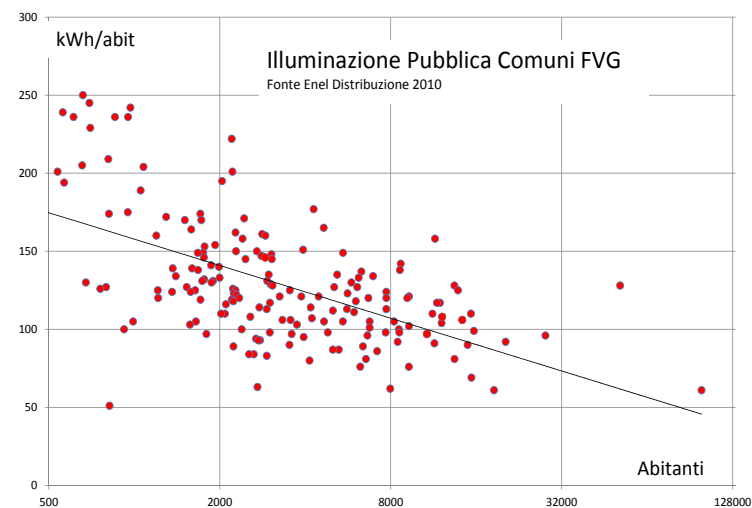
Si è perciò consolidata una buona prassi di illuminare laddove necessario, onde evitare possibili lamentele della popolazione e citazioni in giudizio dell’Amministrazione da parte del cittadino che ha subito un incidente stradale la cui concausa è la scarsa illuminazione.

### Esigenze di risparmio energetico

Secondo le stime elaborate da APE, il consumo elettrico medio pro capite in regione è dell’ordine dei 100-110 kWh/anno per abitante.

Negli stati del Nord Europa tali valori sono in media di 50 kWh/anno per abitante, pertanto si sente l’esigenza di ridurre tale consumo.

Va evidenziato che il consumo pro capite diminuisce con l’aumentare della



popolazione dei Comuni, infatti la città di Udine ha circa 65 kWh/anno per abitante. Tuttavia vi sono margini per ridurre tali consumi anche nei Comuni piccoli. Nel grafico a fianco è riportata un’elaborazione di APE (su dati Enel riguardante i Comuni del FVG) che mostra chiaramente la correlazione tra popolosità dei Comuni e consumo pro capite di energia elettrica per l’illuminazione pubblica.

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi UNI 11248 (IT)	Categoria illuminotecnica di riferimento EN 13201 (UE)
A1	Autostrade extraurbane	130 ÷ 150	ME1	ME1
	Autostrade urbane	130		
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 – 90	ME2	ME3a
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50		
B	Strade extraurbane principali	110	ME2	ME3a
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 – 90	ME3b	ME4a
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 <sup>1</sup> )	70 – 90	ME2	ME3a
	Strade extraurbane secondarie	50	ME3b	ME4b
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 – 90	ME2	ME3a
D	Strade urbane di scorrimento <sup>2</sup> (UNI 11248)	70	ME2	ME3a
	Strade urbane di scorrimento veloce (EN 13201)	50		
E	Strade urbane interquartiere	50	ME2	ME3a
	Strade urbane di quartiere	50	ME3b	ME3c
F <sup>3</sup>	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 <sup>1</sup> )	70 – 90	ME2	ME3c
	Strade locali extraurbane	50	ME3b	ME3a
		30	S2	ME4b
	Strade locali urbane (UNI 11248)	50	ME3b	S3
	Strade locali urbane (tipi F1 e F2) (EN 13201)			
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE3	ME4b
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE4/S2	CE4
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE4/S2	CE5/S3
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	CE4/S2	CE5/S3
	Strade locali interzonali	50	CE4/S2	-
30		CE4/S2	-	
Fbis (UNI 11248)	Itinerari ciclo-pedonali <sup>4</sup>	non dichiarato	S2	-
(EN 13201)	Piste ciclabili	non dichiarato	-	S3
	Strade a destinazione particolare <sup>1</sup>	30	S2	-

Note: 1. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e s.m.i.  
2. Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile a questa (UNI 11248:2012 prospetto 5).  
3. Vedere le osservazioni di cui al punto 6.3 della norma UNI 11248:2012.  
4. Legge 1 agosto 2003, n. 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al Codice della Strada".

## STRADE

I rapporti tecnici CIE 115 e CEN/TR 13201-1 e la successiva norma UNI EN 13201-2 -3 -4 in vigore da settembre 2004 stabiliscono le classi ed i valori di progetto mentre la norma UNI 11248 del 2012 definisce come si classificano e si scelgono i valori della UNI EN 13201 per le strade, ne stabilisce le griglie di calcolo, le categorie illuminotecniche in funzione di parametri di base e parametri aggiuntivi "di influenza" che ne incrementano o decrementano la categoria illuminotecnica. La categoria illuminotecnica definisce la quantità di luce espressa in "luminanza media - minimo mantenuto" (cd/m<sup>2</sup>) o illuminamento (lux) e parametri quali l'uniformità generale U<sub>o</sub> o quella longitudinale U<sub>l</sub>, l'abbagliamento massimo TI% e la SR. La tabella alla pagina precedente mostra la sintesi delle tipologie di strada e le prestazioni delle categorie illuminotecniche base. In funzione delle tabelle dei parametri di influenza è possibile scalare di una o due classi, verso l'alto o verso il basso. I parametri tengono conto di vari fattori, ad esempio zone di conflitto tra pedoni e veicoli, numero di incroci, quantità di traffico giornaliero, presenza di auto in sosta ed altri fattori geometrici, grado di illuminazione esistente.

Le due tabelle riportate in questo paragrafo illustrano la possibilità di variazione della categoria illuminotecnica per quanto riguarda la norma EN 13201 e la riduzione della categoria illuminotecnica per quanto riguarda la UNI 11248, tuttavia esistono dei software che assegnano la categoria illuminotecnica: tra i diversi programmi disponibili citiamo per esempio il Road Wizard scaricabile gratuitamente dal sito di Philips all'indirizzo [www.lighting.philips.co.uk/connect/tools\\_literature/software.wpd](http://www.lighting.philips.co.uk/connect/tools_literature/software.wpd).

La tabella sottostante – relativa alla norma EN 13201 – riveste particolare importanza, infatti nel caso di utilizzo di lampade a luce bianca, cioè con indice di resa cromatica CRI > 60 (è il caso delle lampade a scarica con ioduri metallici e lampade LED), prevede la possibilità di abbassare di un livello la categoria illuminotecnica rispetto alle lampade sodio alta pressione tradizionali, con benefici in termini di minore energia consumata e minori costi.

Parametro di influenza	Variatz.cat.Illum.	Non si applica a
Compito visivo normale	-1	A1
Condizioni non conflittuali		
Flusso di traffico < 50% rispetto al massimo		
Flusso di traffico < 25% rispetto al massimo	-2	
Segnaletica attiva nelle zone conflittuali	-1	
CRI Indice di resa dei colori ≥ 60	-1 (a discrezione)	
CRI Indice di resa dei colori < 30		
Pericolo di aggressione	+1	
Presenza di intersezioni e/o svincoli a raso		
Prossimità di passaggi pedonali		
Prossimità di dispositivi rallentatori		

Parimenti se vi è una riduzione del traffico del 50% e del 75%, è possibile ridurre di uno o due livelli la categoria illuminotecnica e quindi il flusso luminoso.

La prossima tabella, analoga a quella della norma europea ma relativa alla UNI 11248, indica la riduzione massima della categoria illuminotecnica in base al parametro di influenza. La differenza sostanziale tra le due è l'eliminazione dei parametri riferiti all'indice di resa dei colori anche se rimane valida la riduzione massima di una categoria nel caso di apparecchi che emettono luce con indice di resa dei colori maggiore o uguale a 60, previa verifica del progettista nell'analisi dei rischi delle condizioni di visione.

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Condizioni non conflittuali	1
Flusso di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	
Flusso di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
Assenza di svincoli e/o intersezioni a raso	1
Assenza di attraversamenti pedonali	1

Le categorie illuminotecniche, determinate con l'aiuto del Road Wizard, sono riportate nella tabelle che seguono, ricordando che vi possono essere dei salti di categoria in funzione delle tabelle precedenti:

Categoria	Parametro				
	Luminanza del manto stradale della carreggiata			Abbagliamento o debilitante	illuminazione di contiguità
	L min.mantenuta [cd/m <sup>2</sup> ]	Uo min.	Ul min.	Tl% max (+5% per sorgenti a bassa luminanza)	SR 2 min. (se non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata)
ME1	2	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	Nessun requisito

*Categorie illuminotecniche serie ME: strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza, per condizioni atmosferiche prevalentemente asciutte.*

*Categorie illuminotecniche serie CE: aree a traffico motorizzato in cui non è possibile ricorrere al calcolo della luminanza.*

Categoria	Parametro	
	Illuminamento orizzontale	
	Emedio min.mantenuto [lx]	Emin mantenuto [lx]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

*Categorie illuminotecniche serie S: ambienti a carattere ciclopedonale.*

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	Emedio min.mantenuto [lx] (per ottenere l'uniformità' Emedio < 1,5 Emin indicato per la categoria)	Emin mantenuto [lx]
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

Nel caso di zone adiacenti o vicine che prevedono categorie illuminotecniche diverse con requisiti prestazionali basati sulla luminanza o sull'illuminamento si deve evitare una differenza maggiore di due categorie illuminotecniche comparabili.

Per i casi di nostro interesse si può stimare che le categorie utilizzate più frequentemente saranno ME2, ME3c, ME4, ME5, CE2, CE3, il che equivale ad avere da 0,5 a 1,5 cd/m<sup>2</sup>, negli incroci 15 o 20 lux (pari a circa 1 cd/m<sup>2</sup> e 1,5 cd/m<sup>2</sup>). Probabilmente il buon senso ci porterà a imporre su incroci di strade particolarmente veloci e in prossimità di centri abitati valori di 30 lux (CE1).

## APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E LAMPADE

L'apparecchio di illuminazione e la lampada trasformano l'energia elettrica proveniente dalle linee di alimentazione in un fascio di luce che deve illuminare strade e marciapiedi secondo determinate regole e norme.

L'apparecchio di illuminazione e la lampada rappresentano quindi il punto di incontro tra l'impianto di alimentazione e l'utente che usufruisce dell'illuminazione prodotta per svolgere in sicurezza le proprie attività.

Da una parte vi sono perciò le infrastrutture che portano l'energia elettrica per comandare il punto luce: linee di alimentazione, centraline, regolatori di

flusso, sistemi per il telecontrollo, nonché le opere quali plinti, cavidotti, cavi, pali. Dall'altra parte l'apparecchio e la lampada trasformano l'energia elettrica in energia luminosa, con un determinato spettro di colore, temperatura di colore, indice di resa cromatica, efficienza.

La posizione rialzata – altezza del punto luce – e l'interdistanza tra i pali determinano assieme all'ottica dell'apparecchio la quantità di illuminamento in ogni punto di strada, piazza, marciapiede.

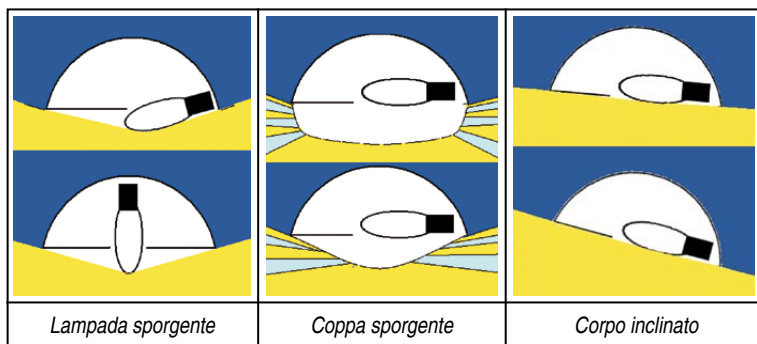
Gli apparecchi e le lampade, essendo gli elementi che principalmente concorrono a determinare la qualità dell'illuminazione, sono trattati ampiamente nel corso di tutta questa pubblicazione e li ritroviamo in ogni capitolo. Qui di seguito si riportano perciò solo alcune considerazioni di tipo generale.

### Principali norme di riferimento

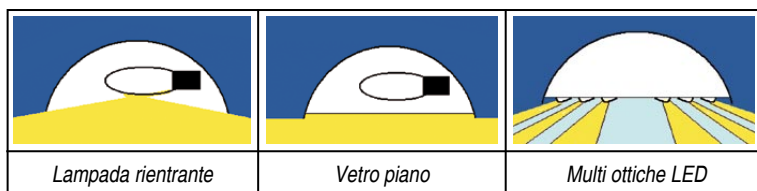
- EN 13201:2004, UNI 11248:2012, UNI 11431:2011 e Codice della Strada;
- norme sull'inquinamento luminoso UNI 10819 e L.R. 15/2007 del FVG;
- CEI EN 60598-1 (CEI 34-21) 2009, CEI EN 60529 (CEI 70-1) 1997, CEI EN 62471 (CEI 76-9) 2009.

### Tipi di corpi illuminanti e inquinamento luminoso

Le prescrizioni per il contenimento dell'inquinamento luminoso possono essere riassunte dividendo i corpi illuminanti in due gruppi, quelli che rispettano e quelli che non rispettano le vigenti normative sul contenimento dell'inquinamento luminoso.



Corpi illuminanti che **non rispettano** le vigenti normative sul contenimento dell'inquinamento luminoso.



Corpi illuminanti che **rispettano** le vigenti normative sul contenimento dell'inquinamento luminoso.

Si riporta nella pagina seguente una tabella riepilogativa dei tipi di lampade e delle principali caratteristiche.

Lampada tipo	Utilizzo	Efficienza	vita media	CRI	Temp.colore	annotazioni
Incandescenza	domestico	11÷12 lm/W	1.000 ore	100	2.000÷3.000 K	costo basso semplicità d'installazione ottima resa cromatica bassissima efficienza vita media molto breve prossimo ritiro dal mercato
Incandescenza alogene	Domestico Esterni Emergenza	18÷22 lm/W	2.000÷4.000 ore	100	2.900÷3.000 K	costo basso semplicità d'installazione ottima resa cromatica bassa efficienza vita media breve prossimo ritiro dal mercato
Fluorescenti L	Domestico Terziario Emergenza	80÷100 lm/W	5.000÷24.000 ore	60÷95	2.900÷6.400 K	costo basso semplicità d'installazione buona efficienza buona resa cromatica
Vapori di mercurio alta pressione <b>HG MBF</b>	Nessuno	32÷60 lm/W	8.000÷10.000 ore	33÷50	3.000÷4.200 K	Scarsa efficienza scarsa resa cromatica lampade messe al bando e installate attualmente solo in vecchi impianti
Scarica Sodio bassa pressione <b>SBP</b>	Grandi aree esterne Parcheggi Gallerie	125÷200 lm/W	18.000 ore	0÷5	1.800 K	Poco utilizzate nonostante l'alta efficienza e la lunga vita per la scarsa resa cromatica e le notevoli dimensioni
Scarica Sodio alta pressione <b>SAP</b>	Illuminazione stradale	70÷150 lm/W	20.000÷36.000 ore	15÷24	2.000÷2.300 K	Costi contenuti discreta resa cromatica ottima efficienza alta dimmerabilità lunga durata
Scarica Sodio + Ioduri metallici <b>JM-MH</b> (CDM CDO CPO White SON)	Illuminazione stradale Arredo urbano Terziario	40÷100 lm/W	12.000÷24.000 ore	65÷90	3.000÷6.000 K	Costi non contenuti ottima resa cromatica buona efficienza scarsa dimmerabilità tempi accensione lunghi nelle versioni standard discreta durata
<b>LED</b>	Gallerie Illuminazione stradale Arredo urbano Terziario	60÷110 lm/W	50.000÷100.000 ore	60÷80	3.000÷6.000 K	Alto costo iniziale lunga durata alta dimmerabilità discreta resa cromatica. Bassa efficienza a temperature di colore di 3.000/4.000 K

## Lampade per uso stradale destinate all'obsolescenza

- lampade con mercurio alta pressione e lampade a incandescenza: messe fuori commercio da direttive CE;
- lampade sodio bassa pressione: sconsigliato l'uso dalle forze di Polizia (difficoltà a riconoscere il colore dei veicoli), dagli addetti al soccorso sanitario (difficoltà a distinguere facilmente macchie di sangue da altri tipi di liquidi) e dai gestori delle strade (difficoltà a riconoscere i colori della segnaletica stradale e liquidi sparsi sul manto stradale), sono caratterizzate da un'elevatissima efficienza luminosa ma di fatto sono monocromatiche;
- lampade con basse prestazioni nell'uso stradale (per esempio fluorescenti), dovute al decadimento prestazionale nell'uso esterno (temperature troppo basse o troppo alte) ed alle notevoli dimensioni del corpo illuminante che rendono difficile l'orientamento ottimale del flusso luminoso.

## CENTRALINE E SISTEMI DI REGOLAZIONE

### Centraline

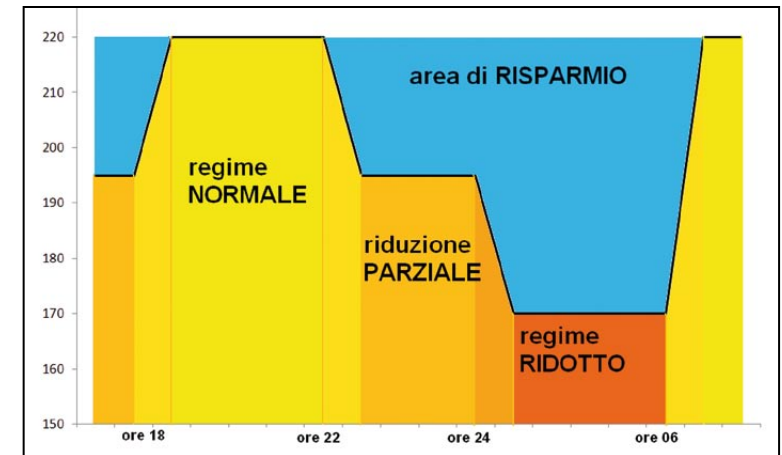
Le centraline (o quadri elettrici di alimentazione) sono preposte al comando e alla protezione delle linee elettriche che a loro volta alimentano i punti luce. A valle del contatore elettrico, il quadro elettrico ha lo scopo di interrompere una o più linee di alimentazione al verificarsi di fenomeni che potrebbero danneggiare linee e punti luce, in occasione ad esempio di sovratensioni, scariche, cortocircuiti, eccetera.

Lo schema generale prevede:

- interruttore generale magnetotermico;
- spie di presenza tensione;
- scaricatori (limitano le sovratensioni);
- interruttore differenziale per la protezione contro contatti indiretti;
- ausiliari (nello schema sottostante sono stati omessi) comprendono:
  - timer (spesso orologio astronomico);
  - fotocellula / interruttore crepuscolare;
  - contattori / teleruttori per gestire il funzionamento;
  - eventuale predisposizione per telecontrollo;
- collettore di terra (assenti nel caso di apparecchi attuali di classe 2, presenti solo nel caso di impianti obsoleti di classe 1 o impianti solo parzialmente ammodernati);
- linee in partenza ognuna con relativa protezione magnetotermica;
- eventuale protezione differenziale su ogni circuito in partenza (non richiesto, a volte utile).

### Regolatore di flusso luminoso posto accanto alla centralina

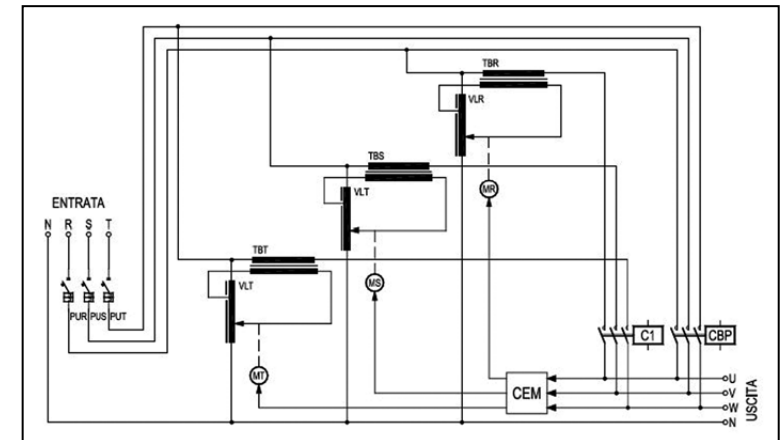
La funzione del regolatore è quella di ridurre la tensione di alimentazione nelle ore notturne, ottenendo una riduzione del flusso luminoso e un risparmio di energia elettrica.



Il ciclo di funzionamento illustrato nel grafico è possibile solo con lampade HID del tipo sodio alta pressione ed anche del tipo a ioduri metallici, facendo però attenzione al viraggio del colore.

Se in fase di progetto si prevede di utilizzare un regolatore, è possibile già acquisirlo con le funzioni e le apparecchiature di protezione e comando della centralina – di fatto è la centralina integrata nel regolatore.

Il prezzo è dell'ordine di 4.000÷12.000 € per regolatore con quadro fino a 10 kW, compresa la posa in opera.



Schema di un trasformatore posto in serie (Booster) e contro alimentato.

### Sistemi di riduzione del flusso luminoso e telecontrollo – alcune regole

La riduzione del flusso (detta anche dimmeraggio) riveste un'importanza particolare perché coinvolge significativamente il costo dell'energia e il costo di investimento iniziale. Qui desideriamo dare maggiori dettagli sulle tecnologie e su come esse si possono abbinare.

Vi sono principalmente due sistemi: il regolatore posto nella centralina di alimentazione e quello posto all'interno del punto luce, o nel corpo illuminante o nel sostegno.

Nel caso di lampade a scarica, l'alimentazione può avvenire con un reattore tradizionale o con un alimentatore elettronico, mentre nel caso di utilizzo di LED è sempre presente un alimentatore elettronico (driver).

Va notato che di regola non si può inserire a valle di un regolatore posto sulla centralina un alimentatore elettronico, perché esso annulla l'effetto regolante a monte.

La tabella seguente riporta alcune regole che vincolano l'uso dei regolatori al tipo di alimentazione e lampada e dà una prima idea delle scelte possibili e dei vantaggi.

Regolatore di flusso posto su centralina	Regolatore di flusso posto su punto luce	
Possibile solo in presenza di reattori tradizionali (ferromagnetici) della lampada. NO in presenza di alimentatori elettronici della lampada. NO in presenza di linee di alimentazione lunghe, poiché la caduta di tensione dovuta ai carichi non permette un corretto funzionamento.	Ha maggiore efficienza (90% e più) Va bene con tutte le lampade sodio alta pressione SAP e ioduri metallici MH Il regolatore elettronico va obbligatoriamente con lampade MH tipo CPO e LED, che hanno di norma l'alimentatore elettronico	
Va bene con tutte le lampade SAP, ioduri metallici (tipo CDO), ma si applica più frequentemente nei casi di lampade SAP con reattore tradizionale. Nel caso di lampade sodio bianco tipo MH CDO, vi può essere un leggero viraggio del colore se la tensione cala, perciò è meglio utilizzarle in vie poco estese, come ad esempio quelle del centro città. NO nel caso vi siano pochi punti luce a valle della centralina, poiché i costi unitari sarebbero troppo alti. In passato vi sono state alcune difficoltà con questa applicazione, dovute in parte a guasti e in parte a difficoltà riscontrate dagli operatori sul campo.	Lampade SAP	Lamp. c/alim. elettronico
	Lampade SAP con reattore tradizionale. Esempi di contratti: a) applicazione di "Dibawatt" con costo di 100 €/PL-anno per 5 anni, poi il Dibawatt diviene di proprietà. b) installazione di reattori bilivello o trilivello da 100÷150 €/PL.	Lampade SAP o MH con alimentatore elettronico. Il costo dei regolatori è di circa 150 €/PL. Hanno livelli prestabiliti in fabbrica e orologio astronomico. Nel caso delle lampade a LED è previsto in futuro l'applicazione massiva di alimentatori a più livelli.
Vantaggio: gli operatori sul campo, nel caso di necessità, possono programmare livelli e tempi. Ciò anche via GSM nel caso di presenza di telecontrollo nella centralina.	Vantaggio: il regolatore viene programmato in fabbrica. Per contro un eventuale guasto comporta la sostituzione del regolatore (e forse dell'alimentatore)	
Il costo è circa 40÷50 €/PL nel caso di più di 40 punti luce a valle della centralina.	Il costo è circa 100÷150 €/PL	
Telecontrollo	Telecontrollo	
È possibile applicarlo su centralina, non è possibile telecomandare il singolo punto luce. Costo: qualche centinaio di €/centralina a seconda della soluzione (solo avvisi SMS, telecomando o monitoraggio via web)	È possibile il telecontrollo punto-punto. Costo: - caso UMPI: 150 €/PL + 3.000 €/centralina + 20.000 € per il sistema web - caso AP System: 130 €/PL + 700 €/centralina + 4 €/PL-anno per il sistema web	
Il telecontrollo della sola centralina va certamente bene per agire simultaneamente su interi quartieri. Il telecontrollo su singolo punto luce si potrebbe applicare nei casi in cui necessita gestire l'illuminazione a comando di festeggiamenti ecc. ma necessita di un certo addestramento da parte degli operatori o funzionari del Comune. Il telecontrollo su singolo punto luce avviene generalmente con onde convogliate. Tra punto luce e centralina si può fare trasmissione di dati quali la sorveglianza con telecamere, la trasmissione a banda larga. Da centralina a centrale operativa si prosegue via GSM, UMTS, web.		

## INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE

### PRESTAZIONI COMPLESSIVE DEGLI APPARECCHI ILLUMINANTI

**Esempi di calcolo con parametri tipici di efficienza, manutenzione, utilanza**  
L'efficienza complessiva si esprime in lumen/Watt [lm/W].

La formula è:

$$\eta_{\text{complessiva}} [\text{lm/W}] = \eta_{\text{lamp}} \times \text{DLOR} \times \text{MF} \times u \times \eta_{\text{alim}}$$

dove:

$\eta_{\text{lamp}}$  = efficienza luminosa della lampada

**DLOR** = rendimento luminoso dell'apparecchio illuminante (per le lampade nuove si trova sui cataloghi)

**MF** = fattore di manutenzione (maintenance factor) è dato dalla moltiplicazione di più rendimenti:

**LLMF** lamp lumen maintenance factor (decadimento luminoso nel tempo)

**LSF** lamp survival factor (inefficienza per mortalità delle lampade nel tempo)

**LMF** luminaire maintenance factor (inefficienza per sporcizia, usura)

**u** = fattore di utilizzazione o utilanza rappresenta la quota parte di illuminazione che investe la sede stradale

$\eta_{\text{alim}}$  = efficienza energetica dell'alimentatore (ferromagnetico 83÷87% o elettronico > 90%)

### Efficienza luminosa $\eta_{\text{lamp}}$

L'efficienza luminosa della lampada ( $\eta$ ) è il rapporto tra il flusso luminoso ( $\Phi$  espresso in lm) emesso da una sorgente e la potenza elettrica assorbita dalla stessa (Watt) impiegata per determinare tale flusso.

È espressa in lumen/Watt.

$$\eta = \Phi / P [\text{lm/W}]$$

Lampada	Efficienza luminosa	note
Incandescenza	12 – 22 lm/W	incluse alogene
Mercurio alta pressione	40 – 60 lm/W	ora vietate
Ioduri e Alogenuri Metallici (MH)	60 – 100 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 50W	70 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 100W	107 lm/W	
Sodio ad alta pressione (SAP) 150W	120 lm/W	
Sodio a bassa pressione (SBP)	100 ÷ 180 lm/W	poco utilizzate
LED (luce calda)	60 ÷ 90 lm/W	
LED (luce fredda)	100 ÷ 130 lm/W	

La tabella mostra il flusso luminoso in lumen e l'efficienza luminosa in lm/W per alcuni tipi di lampade, ricordando che il valore teorico di 683 lumen/Watt è

lontano da essere ottenuto, infatti una gran parte di energia viene dissipata sotto forma di luce infrarossa da parte della lampada stessa e una parte viene dissipata attraverso l'attacco della lampada, il portalampada, il riflettore e il corpo complessivo.

### Rendimento luminoso dell'apparecchio illuminante DLOR

Si definisce con rendimento luminoso LOR (light output ratio) o DLOR (down light output ratio) il rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio (lumen) ed il flusso totale (lumen) della lampada verso il basso.

Le lampade per illuminazione stradale hanno valori di DLOR di 0,80 o più.

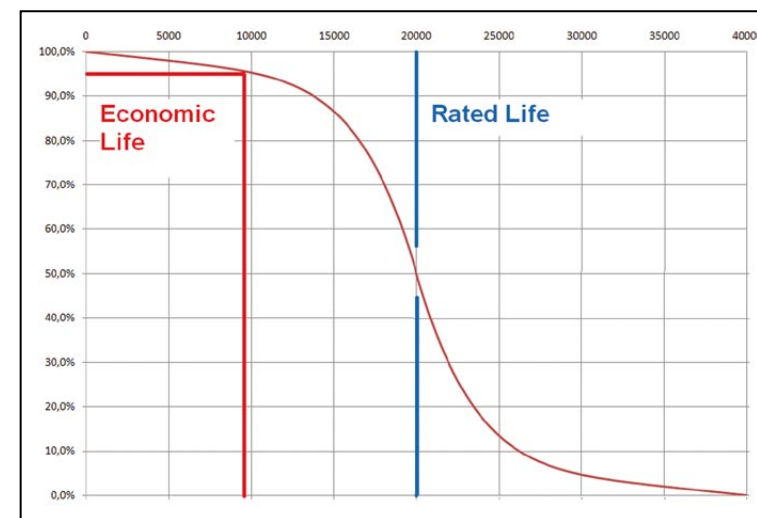
Corpo	anni	DLOR	immagini
Armatura stradale con LED	2010	0,90÷1	
Armatura stradale cut-off di ottima qualità	2010	0,84	
Armatura stradale cut-off di tipo economico	2010	0,75÷0,80	
Armatura stradale con coppa sporgente in buone condizioni	1990	0,75	
Armatura stradale con coppa sporgente con età >25 anni	<1985	0,65	
Armatura stradale senza coppa, schermo costituito dal corpo	<1980	0,65	
Armatura stradale senza coppa, tipo semplificato	<1980	0,50	
Lanterna tradizionale	<2000	0,40	
Sfera con Frangiluce	2000	0,35	
Sfera semplice	<2000	0,30	

### Fattori di manutenzione MF

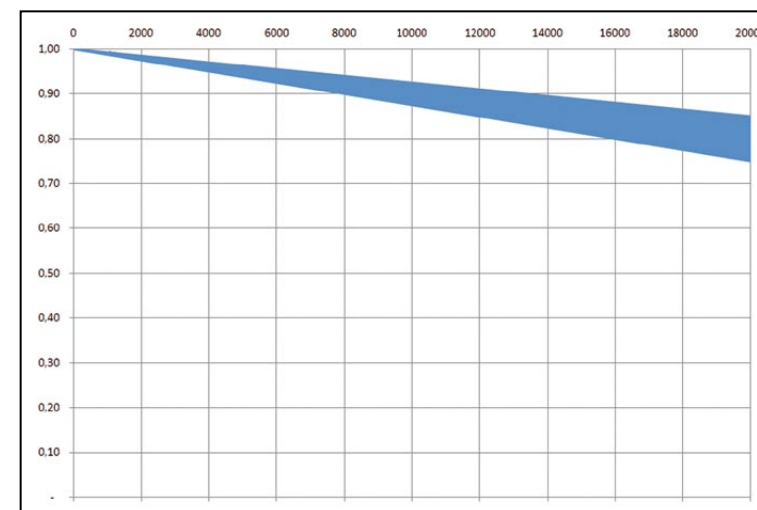
La perdita di efficienza luminosa del punto luce nel tempo determina il MF (fattore di manutenzione o maintenance factor) dovuto al decadimento nel tempo delle prestazioni della lampada e del corpo illuminante rispetto alle condizioni iniziali:

- le lampade subiscono un effetto di riduzione del flusso luminoso, inoltre vi è una mortalità nel tempo, che determina un abbassamento medio della prestazione generale di illuminazione;
- il corpo illuminante accusa l'invecchiamento della coppa, del riflettore e delle ottiche. L'accumulo di polveri e smog su coppa/vetro contribuisce ad abbassare le prestazioni.

Il comportamento delle lampade più usate nell'illuminazione pubblica ha un andamento come di seguito riportato a titolo esemplificativo.



*Vita media e vita "economica": caso di lampada con rated life di 20.000 ore (a titolo esemplificativo).*



*Mantenimento della luminosità e mantenimento della prestazione ottica del corpo (caso come sopra).*

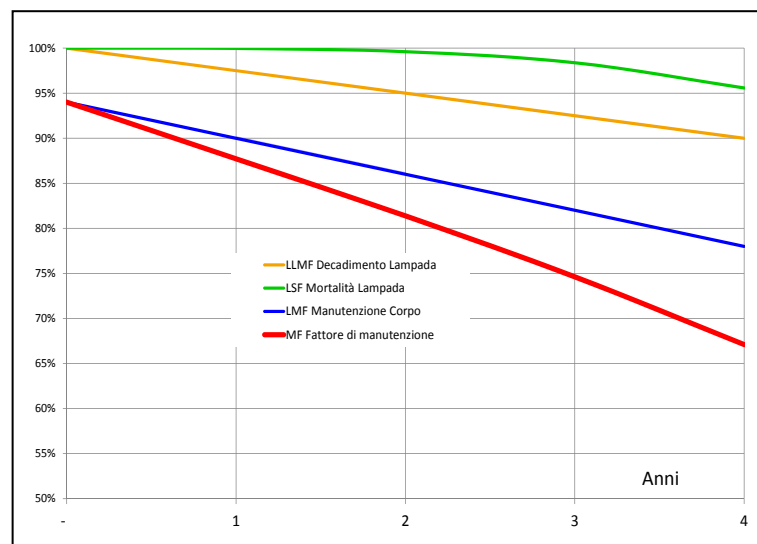
Per le lampade HID (SAP e MH) la vita "economica" si calcola di norma prendendo il 50% del tempo di vita medio riportato nei cataloghi: ad esempio una SAP con 32.000 ore di emivita (rated life cui corrisponde la mortalità del 50% delle lampade) ha una "economic life" di 16.000 ore cui corrisponde il 5% di mortalità e l'80% di performance illuminotecnica.

Di seguito sono riportati alcuni casi pratici.

Il coefficiente sintetico comunemente utilizzato è il MF (maintenance factor), sempre inferiore a 1, dato dal prodotto di più fattori (LLMF x LSF x LMF).

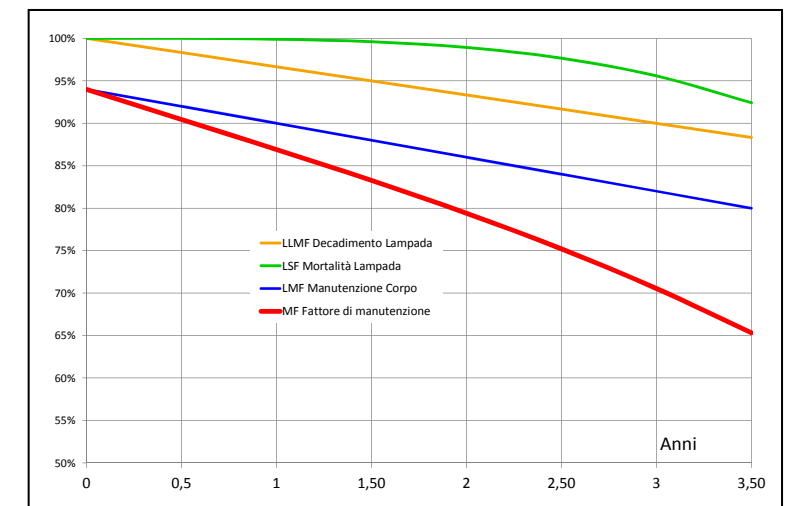
### Caso SAP con emivita 32.000 ore

MF	= LLMF	X LSF	X LMF
Fattore di Manutenzione	Decadimento Lampada	Mortalità Lampada	Manutenzione Corpo
	È legato al decadimento nel tempo della prestazione illuminotecnica della lampada lm/W	È legato alla probabilità di vita della lampada	È legato a : 1. Tipo di Protezione 2. Intervallo di pulizia 3. Inquinamento ambientale
	Si ipotizza un calo lineare fino all'80% in corrispondenza dell'emivita Formula lineare: $1 - \text{vita}/\text{vita} \times 0,2$ Nota [\$]	I cataloghi riportano l'emivita delle lampade Formula esponenziale: $1 - (\text{nr. ore}/\text{emivita})^{3,5 \times 0,5}$ Nota [\$]	L'intervento di pulizia e sostituzione avviene dopo N Anni Formula lineare $1 - 0,06 + 0,04 \times \text{N Anni}$ Nota [\$] Coppa aperta 0,60 sempre
In fase di progettazione si assume MF = 0,67 per SAP e 0,80 per LED In fase di rilievo dello stato di fatto si guarda lo stato delle coppe/vetri e si ipotizza MF = 0,4 ~ 0,8 Manutenzione programmata con sostituzione di tutte le lampade e la pulizia dei corpi = <b>4 anni</b> Nota [\$]: la formula qui riportata è stata ricavata come media di vari diagrammi presenti sui cataloghi			



### Caso MH ioduri metallici con emivita 24.000 ore

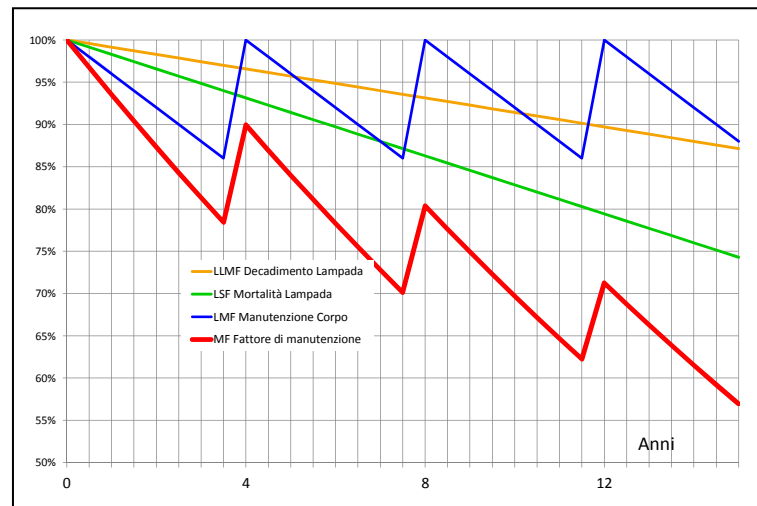
MF	= LLMF	X LSF	X LMF
Fattore di Manutenzione	Decadimento Lampada	Mortalità Lampada	Manutenzione Corpo
	È legato al decadimento nel tempo della prestazione illuminotecnica della lampada lm/W	È legato alla probabilità di vita della lampada	È legato a : 1. Tipo di Protezione 2. Intervallo di pulizia 3. Inquinamento ambientale
	Si ipotizza un calo lineare fino all'80% in corrispondenza dell'emivita Formula lineare: $1 - \text{vita}/\text{vita} \times 0,2$ Nota [\$]	I cataloghi riportano l'emivita delle lampade Formula esponenziale: $1 - (\text{nr. ore}/\text{emivita})^{3,5 \times 0,5}$ Nota [\$]	L'intervento di pulizia e sostituzione avviene dopo N Anni Formula lineare $1 - 0,06 + 0,04 \times \text{N Anni}$ Nota [\$] Coppa aperta 0,60 sempre
In fase di progettazione si assume MF = 0,67 per SAP e 0,80 per LED In fase di rilievo dello stato di fatto si guarda lo stato delle coppe/vetri e si ipotizza MF = 0,4 ~ 0,8 Manutenzione programmata con sostituzione di tutte le lampade e la pulizia dei corpi = <b>3 anni</b> Nota [\$]: la formula qui riportata è stata ricavata come media di vari diagrammi presenti sui cataloghi			





## Caso LED 60.000 ore

MF	= LLMF	X LSF	X LMF
Fattore di Manutenzione	Decadimento Lampada	Mortalità Lampada	Manutenzione Corpo
	È legato al decadimento nel tempo della prestazione illuminotecnica della lampada lm/W	È legato alla probabilità di vita della lampada	È legato a : 1. Tipo di Protezione 2. Intervallo di pulizia 3. Inquinamento ambientale
	Si ipotizza un calo lineare fino al 70% in 60.000 ore Formula lineare: $1 - \text{Nr.ore}/\text{Vita} \times 0,3$ Nota [§]	I cataloghi 70% a 60.000 ore Formula lineare: $1 - \text{Nr.ore}/\text{Emivita} \times 0,3$ Nota [§]	L'intervento di pulizia e avviene ogni N Anni Formula lineare $1 - 0,04 \times \text{N Anni}$ ripetitiva Nota [§]
<p>In fase di progettazione si assume MF = 0,67 per SAP e 0,80 per LED</p> <p>In fase di rilievo dello stato di fatto si MF = 0,60 ÷ 0,70 (non esistono ancora esperienze consolidate)</p> <p>Manutenzione programmata con la pulizia dei corpi = <b>4 anni</b></p> <p>Sostituzione di lampade e alimentatori = <b>15 anni</b></p> <p>NB: il decadimento lampada LLMF viene compensato a volte con una maggiore corrente di alimentazione – questo non fa venir meno la perdita di efficienza indicata nel grafico</p> <p>Nota [§]: la formula qui riportata è stata ricavata come media di vari diagrammi presenti sui cataloghi</p>			



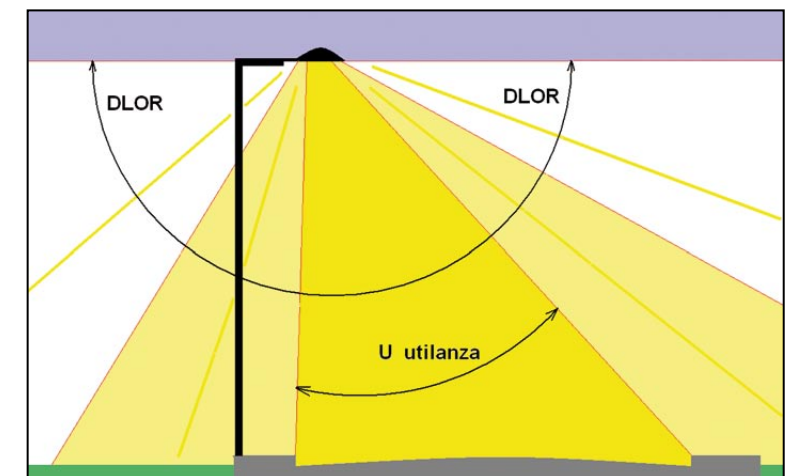
La tabella seguente rappresenta una ulteriore guida per definire sul campo lo stato di conservazione MF (maintenance factor).

MF Fattore di manutenzione - suggerimento per rilievi sul campo	MF
apparecchio ottimo cut-off con lampada SAP	0,80
apparecchio nuovo ma coppa tonda	0,73
decadimento della prestazione della lampada dopo 20.000 ore per Sodio A.P	0,80
decadimento della prestazione della lampada dopo 40.000 ore per LED	0,90
sporizia del vetro dopo 20.000 ore	0,85
opacizzazione permanente del vetro e ottiche LED per apparecchi di 30 anni	0,60
inefficienza del riflettore per apparecchi di 30 anni	0,70

## Fattore di utilizzazione o utilanza u

È la quota parte di energia illuminante la sede stradale e la parte marciapiedi sul totale dell'energia illuminante uscente dall'apparecchio.

Tipo di Apparecchio / Corpo Illuminante	U Utilanza	note
Apparecchi SAP nuovi e di ottima fattura	0,55	
Apparecchi di 20 anni fa	0,35	stimato – dipende dal progetto
Apparecchi LED	0,70	stimato – sulla base di principi fisici



## Efficienza dell'alimentatore-ballast $\eta_{alim}$

Lampade a scarica: gli alimentatori di fattura tradizionale (ferromagnetici) sono migliorati negli ultimi anni, ma il salto di qualità che vi sarà nel futuro è rappresentato dagli alimentatori elettronici.

Alimentatori	efficienza
Alimentatori tradizionali ante anno 2000 per lampade HID (SAP MH)	0,83
Alimentatori tradizionali attuali per lampade HID (SAP MH)	0,87
Alimentatori elettronici per lampade HID (SAP MH)	0,91
Alimentatori elettronici alte prestazioni per lampade HID (SAP MH)	0,95
Driver per lampade LED	0,88

### Esempi di efficienza complessiva e prestazione complessiva

La tabella illustra alcuni esempi di calcolo dell'efficienza complessiva. In particolare sono descritti:

- il caso di una lampada ipotetica SAP con efficienza 100 lm/Watt, posta in un corpo illuminante con buone prestazioni corrispondenti ad apparecchi

La formula per determinare l'efficienza complessiva è: $\eta_{lamp} \times DLOR \times MF \times u \times \eta_{alim}$ [lumen/Watt utili]					
Apparecchio e Lampada		corpo nuovo	15 anni	30 anni	nuovo
Dati	Tipo lampada	Sodio AP	Sodio AP	Sodio AP	LED
	Potenza nominale W	100	150	250	64
	Apparecchio illuminante	Cut-off di ottima marca	Coppa bombata	Coppa bombata sporgente	LED
	Stato di conservazione	Ottimo	Buono	Cattivo	Ottimo
	Alimentatore	Elettronico	Tradizionale vecchio	Tradizionale vecchio	Elettronico
Prestazioni	$\eta_{lamp}$ lm/W	107	107	107	90
	DLOR	0,84	0,75	0,7	0,89
	MF	0,80	0,80	0,70	0,80
	u Utilanza	0,55	0,45	0,35	0,70
	efficienza apparecchio	0,37	0,30	0,17	0,53
	$\eta_{alim}$	0,87	0,83	0,83	0,91
Indici	Risultati	corpo nuovo	15 anni	30 anni	nuovo
	$\eta_{complessiva}$ lm/W utili	34,4	24	15,2	40,8
	Watt / K-Lumen utili	29,1	41,7	65,7	24,5
	superficie di rif. m <sup>2</sup>	240	240	240	240
	Luminanza cd/m <sup>2</sup>	1,00	1,05	1,11	0,76
	Consumo W/m <sup>2</sup>	0,48	0,75	1,26	0,29
	SL W/m <sup>2</sup> /(cd/m <sup>2</sup> )	0,48	0,66	1,13	0,38

installati dal 2000 in poi. La tabella mostra come un nuovo impianto viene considerato dal progettista, utilizzando un valore MF normalmente usato nella prassi, un valore di utilanza buono ed anche un ottimo alimentatore: i valori che si ottengono sono buoni;

- il caso di corpo illuminante ben tenuto (MF 0,70) ma datato (utilanza 0,35 e alimentatore con efficienza 0,83 di vecchio tipo): i valori non sono affatto buoni;
- il caso di LED con efficienza intermedia tra LED caldo 60÷70 lm/W e LED freddo 100÷110 lm/W. Il DLOR viene assunto come da prassi 0,86 ~ 0,89 (fonte Philips).

### INDICAZIONI PRATICHE PER LA PROGETTAZIONE

Per semplicità si riporteranno tre casi:

- illuminazione di strade in cui i fattori critici da rispettare sono le interdistanze tra i punti luce, la quantità di illuminazione e luminanza, la loro costanza sul manto stradale, parametri di abbagliamento, ecc. Questo caso si riferisce a tutte le vie interessate dal traffico motorizzato e ai quartieri residenziali e corrisponde alla quota maggiore di consumo di energia elettrica;
- illuminazione di incroci interessati dal traffico, ove spesso vi sono zone di conflitto, formalmente “zona in cui flussi di traffico motorizzato si intersecano oppure si sovrappongono a zone frequentate da altri tipi di utenti” come cicli e pedoni;
- illuminazione di strade e piazze del centro città, ove i parametri di resa cromatica hanno un ruolo preminente.

### Illuminazione di strade

Le recenti norme regionali del Friuli Venezia Giulia sull'inquinamento luminoso impongono l'interdistanza tra palo e palo a 3,7 volte l'altezza del palo stesso (punto luce); inoltre è obbligatorio utilizzare corpi tipo full cut-off, cioè con illuminazione zero al di sopra del piano orizzontale. È vietato ovviamente inclinare i corpi per migliorare l'uniformità di illuminamento.

I produttori di corpi illuminanti si sono adeguati, ma le geometrie che ne derivano producono una serie di rifrazioni e riflessioni che determinano inefficienze. L'indicatore DLOR che misura la quantità di luce rivolta verso il basso rispetto alla quantità prodotta nel vuoto non va oltre 0,80÷0,82.

Un secondo punto che, pur migliorato negli anni, introduce inefficienze è l'utilanza, cioè la quantità di luce che illumina la strada rispetto alla quantità totale di illuminazione rivolta verso il basso. Questo valore oggi è dell'ordine di 0,55 (0,70 per i LED).

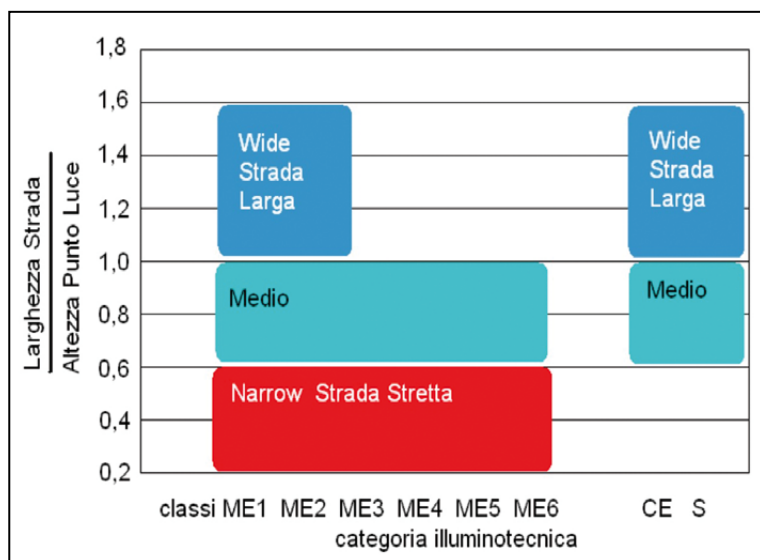
Il terzo punto che si può notare osservando alcuni progetti realizzati è l'uso di corpi illuminanti con errati diagrammi di emissione luminosa, per cui si

osservano a volte casi in cui le strade presentano zone chiare e scure alternate anziché uniformi, oppure illuminamento gravemente insufficiente nella parte di strada opposta alla posizione dei punti luce.

### Come progettare

Vi sono in commercio software gratuiti che permettono di fare ogni tipo di simulazione:

- definire la categoria illuminotecnica della strada, con procedura guidata;
- nel caso di nuova progettazione impostare altezza e interdistanza. Le regole pratiche pongono l'altezza di 8 m per strade di quartiere di larghezza 7 m, l'altezza di 9 m per strade interquartiere di larghezza 8 m, eccetera, con interdistanza di 30 e 35 metri;
- la scelta del tipo di corpo illuminante che dipende molto anche dalla larghezza della strada.

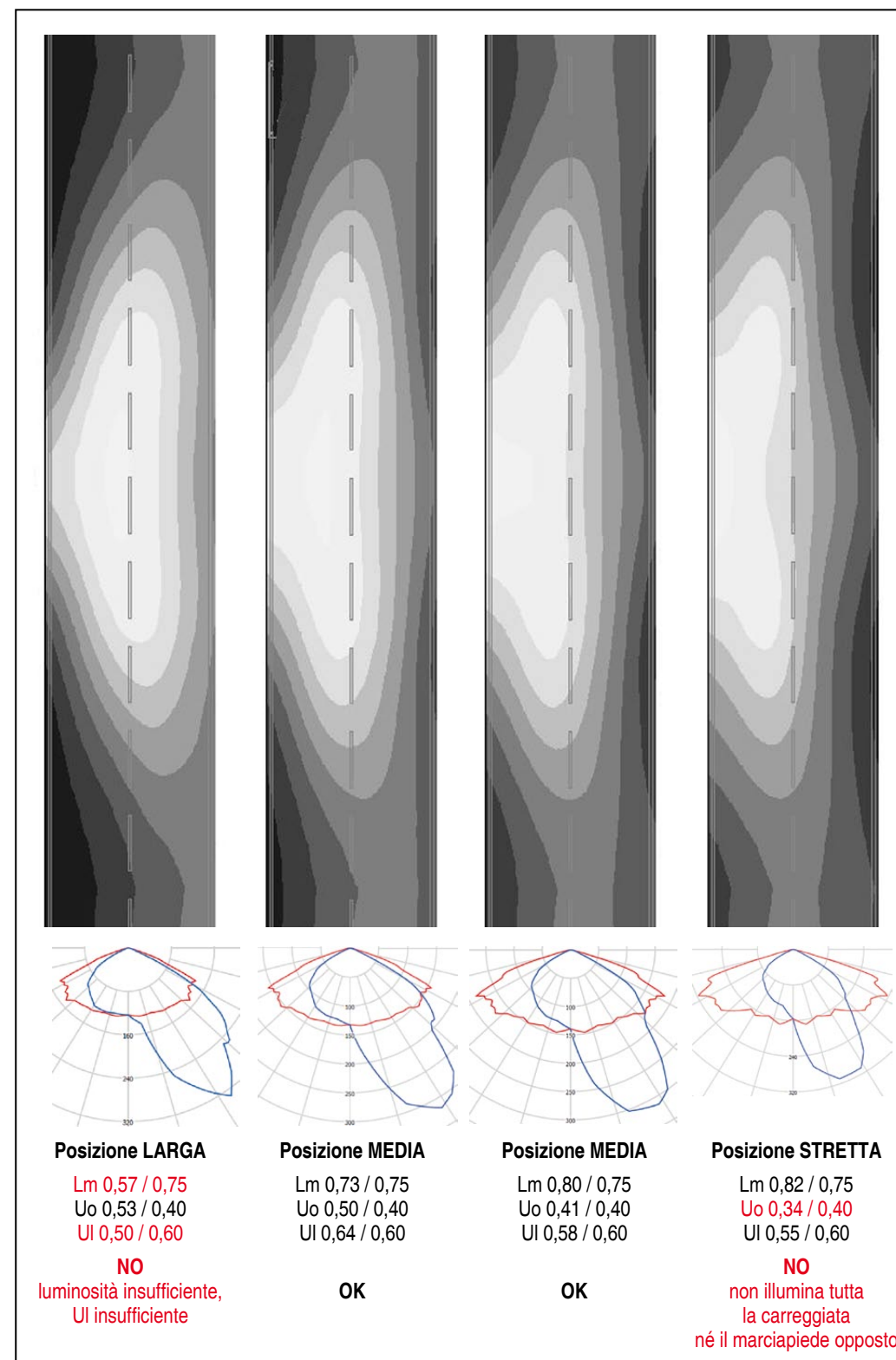


I diagrammi riportati alla pagina seguente riportano alcuni esempi di prestazione illuminotecnica in funzione del tipo di corpo illuminante e relativa curva fotometrica.

In ogni caso si deve fare di volta in volta la progettazione e verificare i risultati illuminotecnici.

Nel caso di intervento su impianti esistenti, poiché i pali non saranno spostati, le interdistanze sono già stabilite e le altezze anche. Si deve perciò scegliere il corpo illuminante più adatto, che garantisca i livelli e l'uniformità, ma che eviti di indirizzare il flusso al di fuori dell'area da illuminare, per evitare bassi valori di utilanza e bassa efficienza complessiva di illuminazione, che può essere espresso con l'indice SL [(W/m<sup>2</sup>)/(cd/m<sup>2</sup>)].

L'indice SL è introdotto e descritto nella bozza della norma EN 13201-5.



### **Illuminazione di incroci e roatorie**

Gli incroci sono caratterizzati, nelle città e nei borghi rurali, dall'esistenza di "zona di conflitto" che richiede un più alto valore di illuminamento. Le amministrazioni tendono a fornire comunque livelli di illuminamento alti, per evitare ogni rischio di incidenti stradali.

Spesso perciò si usano corpi illuminanti più potenti, con ottiche dedicate e curve fotometriche più strette, simili a quelle rappresentate nel disegno a sinistra della figura riportata alla pagina precedente.

Dove c'è la necessità di avere pochi ma potenti punti di emissione, vengono utilizzati dei gruppi di proiettori a riflettore asimmetrico orizzontale, che sono posti su strutture del tipo "torre faro" di notevole altezza.

### **Illuminazione di strade e piazze del centro città**

Si fa uso frequentemente di lampade con luce bianca (ioduri metallici, LED) per migliorare la resa cromatica e dare un migliore comfort visivo.

La corretta progettazione e l'uso di corpi illuminanti di pregio e ad alte prestazioni sta fornendo un buon compromesso tra l'esigenza di illuminare con valori piuttosto alti e avere un basso inquinamento luminoso.

### **Codici di flusso (flux code) secondo CIE**

I codici di flusso sono cinque valori normalizzati CIE che indicano la distribuzione del flusso dell'apparecchio di illuminazione. Nell'ordine:

- i primi tre numeri indicano i flussi contenuti nei coni con asse verticale individuati da angoli solidi rispettivamente di  $1/2\pi$ ,  $\pi$  e  $3/2\pi$  steradiani. Tali valori sono espressi in percentuale del flusso contenuto nell'angolo solido  $2\pi$  steradiani che individua l'emisfero inferiore;
- il quarto numero rappresenta il rapporto tra il flusso emesso nell'emisfero inferiore e quello totale emesso dall'apparecchio;
- il quinto esprime il rendimento normale (LOR) dell'apparecchio.

## **METODO PER LA RACCOLTA DATI E COSTRUZIONE DEL CATASTO DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

### **PREMESSA**

I dati relativi alle parti che costituiscono l'illuminazione pubblica (punti luce, pali, stato di conservazione, linee, centraline, lampade, manutenzioni effettuate) e i dati di consumo energetico non sono il più delle volte disponibili nelle amministrazioni comunali, perché spesso non sono raccolti in modo sistematico e di frequente sono gestiti da unità operative diverse. Raramente poi vi sono piani regolatori dell'illuminazione comunale (PRIC) aggiornati e facilmente rappresentati geograficamente. In alcuni casi i Comuni hanno dato incarichi a tecnici affinché facciano i rilievi e gli aggiornamenti. Da qualche tempo si vede anche sul web qualche rappresentazione geografica dei punti luce.

Un catasto completo e georeferenziato degli impianti di illuminazione costituisce perciò uno strumento molto valido per ricavare velocemente informazioni e dati utili per la gestione giornaliera, per determinare le strategie e basare le proprie decisioni.

### **SCOPO**

APE vuole mettere a punto un metodo sufficientemente semplice per la raccolta dei dati, a cominciare dai più significativi, la loro sistematizzazione al fine di poterli archiviare in modo coerente ed omogeneo nel tempo.

L'inserimento delle coordinate geografiche abbinate ad ogni struttura o impianto o punto luce è conforme alle nuove tendenze di rappresentazione delle documentazioni.

I tecnici comunali e i progettisti avranno sottocchio, in tal modo, ogni impianto che asservisce gli edifici e le strutture, con vantaggi in termini di tempo e riduzione di errori di progettazione.

La possibilità di verificare i consumi di energia elettrica prima e dopo eventuali interventi di rifacimento di impianti, sostituzione di lampade eccetera, costituisce uno degli obiettivi nella realizzazione del database e serve a valutare l'efficacia degli interventi fatti, oltreché a monitorare costantemente i consumi.

### **MODALITÀ DI LAVORO**

I dati sono raccolti in formato tabellare, con linee-record e campi-colonne, in un foglio elettronico oppure in un database.

La posizione geografica degli oggetti (es. punti luce) e una parte di dati vengono raccolti sul campo con l'aiuto del GPS e in ufficio con l'aiuto delle cartografie. Il formato è SHP (shape) oppure GPX o KML o in coordinate geografiche.

I dati tabellari e i corrispondenti georeferenziati sono gestiti da database con licenza libera PostgreSQL-PostGIS, in accordo con le consuetudini e le BAT (best available technologies).

Va premesso che la raccolta e validazione dei dati prevede necessariamente due stadi: uno sul campo e uno negli uffici. Segue una fase di archiviazione e completamento al fine di costruire il catasto di ogni Comune. I dati devono essere sufficientemente ordinati in modo da poter essere oggetto di interrogazioni e filtraggi.

Di seguito sono descritte le principali fasi operative.

## 1. Preparazione

Salvo casi semplicissimi, è raccomandabile che si prepari in anticipo un piano di azione per il rilevamento dei dati, specialmente riguardanti i punti luce. Ogni punto luce deve avere un suo codice univoco. Vi è ampia libertà nella definizione del codice, ad esempio il codice può essere centralina-trattino-numero punto luce, oppure codice città-via-trattino-punto luce.

Se vi sono disegni è utile tenerne conto. Se vi sono dati già raccolti su foglio elettronico: utilizzarli, salvo poi modificarli e integrarli successivamente.

## 2. Informazioni raccolte sul campo: centraline, punti luce, linee

### 2.1. Centraline

È opportuno farsi accompagnare da un tecnico elettricista sia per motivi di sicurezza, sia per verificare con lui la presenza dei vari componenti interni della centralina: interruttori con dispositivo magnetotermico e protezione dai contatti indiretti (differenziale), scaricatori di protezione, eccetera. È importante capire quali vie sono alimentate da ognuno dei circuiti della centralina. È sempre opportuno fare rilievi fotografici.

Lo schema utilizzato da APE prevede la raccolta di almeno questi dati:

<b>campi</b>	<b>esempio</b>
POD	IT001E12345678
utenza	Scuola elementare
indirizzo	via Mazzini, 3
località - frazione	capoluogo
alimentazione_tipo	380 trifase
potenza (kW)	10
protezione_differenziale	Relè Conchiglia CRD23/DIN
orologio	elmecc ABB ETS1-R-regolatore
interruttore_crepuscolare	ABB TWS-1
regolatore_flusso	Reverberi SEC STP 16-Trifase
corrente_nominale	25
potenza_regolatore (kVA)	17,4
note	
anno	2004

## 2.2. Punti luce

È utile servirsi di una scheda predisposta ed è opportuno effettuare fotografie e rilevare la posizione GPS, immettendo un identificativo univoco del punto luce. Lo schema e la terminologia utilizzati da APE sono riportati nelle tabelle seguenti.

<b>PL cod</b>	<b>Punto Luce tipo</b>	<b>Alimentaz. tipo</b>	<b>Lampada tipo</b>
01/0101	stradale testa-palo	interrata	Alogena
08/0203	stradale sbraccio	aerea	FL Fluorescenti Comp
	stradale palo curvato	tubazione RK a parete	FL Fluorescenti Tub
	stradale sbraccio a parete	tubazione RK a vista	HG Vapori Mercurio
	sospensione		INC Incandescenza
	torre faro		LED
	arredo sbraccio		MH Joduri Met
	arredo a parete		MH Joduri Met Mini Tub
	arredo sfera		MH Joduri Met Tub
	arredo lanterna		SAP SodioAP
	arredo gonnella		SAP SodioAP Tub
	arredo fungo		SOX SodioBP
	arredo urbano		
	artistico		
	artistico sbraccio		
	artistico sfera		
	artistico lanterna		
	artistico gonnella		
	artistico fungo		
	artistico proiettore		
	arredo luce indiretta		
mensola sfera			
mensola lanterna			
mensola gonnella			
mensola artistica sfera			
mensola artistica lanterna			
mensola artistica gonnella			
mensola artistica			
proiettore su palo			
proiettore a parete			
proiettore a pavimento			
incasso a parete			
incasso a pavimento			
plafone			
colonnina			

Coppa tipo	Coppa conservazione	Sostegno tipo
assente	buona	conico
bombata poco sporgente	sufficiente	conico sez. ottagonale
bombata sporgente	scarsa	palina
vetro piano	sporca	rastremato
	danneggiata	rastremato saldato
		rastremato trafilato
		staffa a parete

Sostegno materiale	Sostegno conservazione	Potenza Watt
acciaio	ottimo	100
acciaio verniciato	discreto	200
acciaio zincato	molto obsoleto	
acciaio zincato vern	pessimo	
alluminio		
cemento		
ghisa		
legno		
vetroresina		

La raccolta dei dati dei punti luce è più onerosa rispetto alle centraline perché essi sono numerosi e spesso molto diversi tra loro. La scheda da compilare contiene una serie di informazioni relative a tipo di alimentazione, sostegno (palo) e sbraccio, tipo di corpo illuminante con le caratteristiche più importanti, tipo di lampada, eccetera.

Va da sé che la rilevazione fatta in una via di quartiere è più semplice, perché basta una foto all'inizio della via e poi si considerano tutti i punti luce identici, basta contarli. Va poi registrata con GPS o fotografia o con altre tecniche (es. Google StreetView™) in ufficio.

La rilevazione nei borghi rurali invece implica una maggiore quantità di informazioni da raccogliere per ogni punto luce.

### 2.3. Linee di alimentazione

Costituiscono la parte più difficile, perché sono spesso poste sotto terra e sovente gli interventi di manutenzione non sono stati adeguatamente annotati, perciò si deve frequentemente ricorrere alla "memoria storica" del personale della manutenzione.

La compilazione di schede per le linee di alimentazione va demandata al personale specializzato, al fine di raccogliere i dati tecnici quali il tipo di cavo, l'isolamento, il tipo di posa, la sezione dei cavi, i dati reali che spesso sono stati modificati nel tempo, eccetera.

Non è stata preparata alcuna scheda guida per il loro rilevamento perché ai fini dell'illuminazione e del risparmio energetico contano principalmente i punti luce e le centraline con eventuale regolatore.

D'ora in poi è necessario che ogni intervento, ogni modifica circuitale, ogni nuovo impianto sia annotato su documenti e su disegni CAD e siano georeferenziati nei formati standard SHAPE.

Lo schema utilizzato da APE prevede la raccolta di almeno questi dati:

campi	esempio
linea_cod	03/L1
posa_linea	Interrata - corrugato HDPE Ø 90
lunghezza (m)	890,00
formazione_linea_el	4x1x16 mmq
sez_fase_mmq	16,00
sez_compless_mmq	64,00
sigla_cavo	FG7R
indirizzo	via Garibaldi, 8
note	

### 3. Integrazione con le informazioni presenti negli uffici comunali e nell'officina manutenzione

L'operazione spesso più laboriosa è mettere in corrispondenza ogni codice del punto luce rilevato sul campo con il codice del punto luce rilevato con GPS. Vanno frequentemente fatti aggiustamenti e integrazioni di dati.

In presenza di disegni o tabelle di dati esistenti, può essere conveniente invertire il procedimento, cioè prima di tutto preparare in ufficio rilievi "virtuali" ad esempio avvalendosi di Google StreetView™ e poi fare un sopralluogo di verifica.

L'altra operazione che viene sempre fatta in ufficio è l'integrazione dei dati dei punti luce con tipo di lampada, potenza, eventuali manutenzioni effettuate.

I dati di consumo elettrici delle centraline è infine l'informazione che serve a far quadrare i conti tra potenza installata, ore di funzionamento (4.200 ore/anno) e consumi.

### 4. Abbinamento dei dati in fogli elettronici e database georeferenziati

I dati vanno allineati e salvati ad esempio in formato Excel, integrando i dati tecnici con quelli di georeferenziazione.

La georeferenziazione per il Friuli Venezia Giulia è ETRS89 / UTM zona 33N EPSG 3045 o in alternativa la precedente georeferenziazione Gauss Boaga Roma40 EPSG3004, tuttavia sono possibili altri sistemi come per esempio quelli geografici GPX, KML Google Earth™, eccetera purché siano dichiarati. Va detto che la precisione dei dati georeferenziati sul sistema cartografico nazionale è più accurata ed è garantita nel tempo per molti anni.

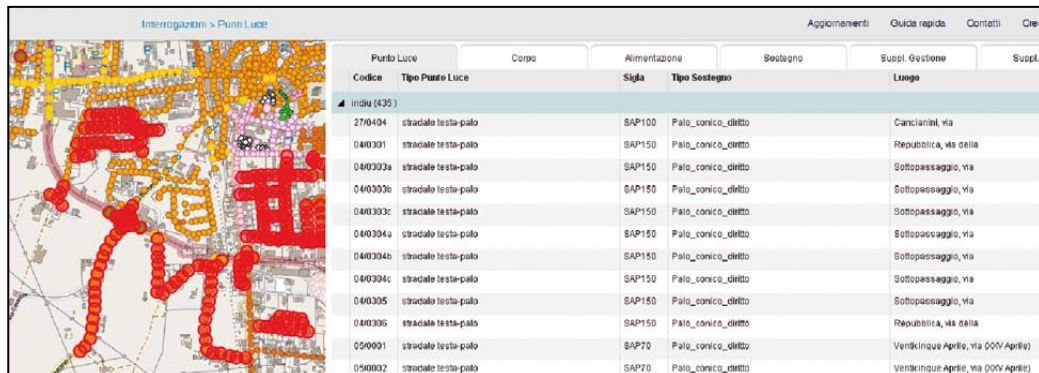
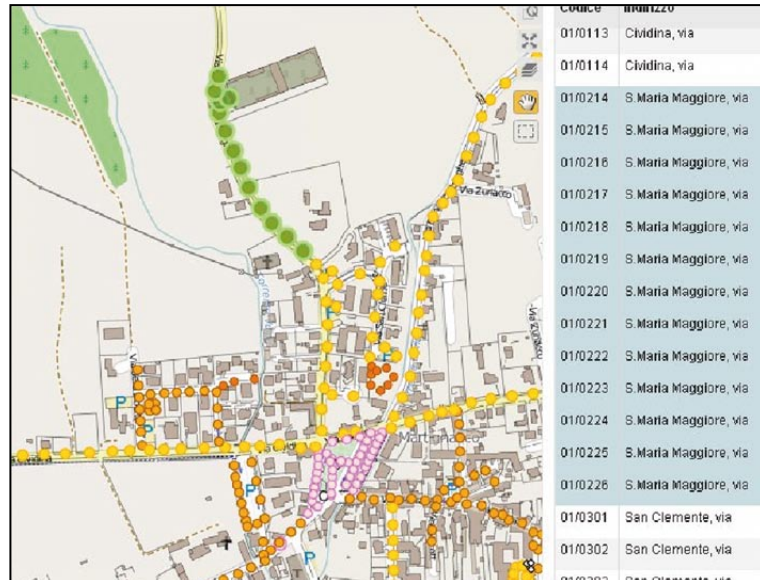
Il lavoro di unione della tabella dei dati tecnici e la tabella dei dati georeferenziati richiede competenze specifiche di GIS e programmi di rappresentazione dei dati (ad esempio il software open source QuantumGIS™), nonché una certa familiarità con i database.

corpo	pos_linea	palo_tipo	conserv_palo	periodo	the_geom	linea	coppa
Colonne per campi di Dati <span style="float: right;">Click here to define a Questa è la colonna con la posizione geografica</span>							
1	Schröder saphir d2	Interrata	Palo_conico_diritto	Buono	c 2000-2009	01010000208C0B00000649E37CFFFC4141760B6FD7B57E5341	56/L2f
2	Iridium Philips d2 565 253	Interrata	Palo_conico_diritto	Buono	c 2000-2009	01010000208C0B0000059E8963FD4141BE93700AE9785341	24/L2
3	Faeber kappa	Interrata	Palo_retremato_a_gradini	Buono	b 1960-2000	01010000208C0B0000062AA547227F84141CBA4465F6E7D5341	16/L2
4	IGuzzini Globo in policarbonato	Interrata	Palina	Buono	b 1960-2000	01010000208C0B0000053D9FF7188FA414138160281FD7C5341	14/L3e
5	IGuzzini Globo in policarbonato	Interrata	Palina	Buono	b 1960-2000	01010000208C0B00000728CC0E38FFA414141A5439EFA7C5341	14/L3e
6	Schröder Z2(ott.1093	Interrata	Palo_conico_diritto	Buono	b 1960-2000	01010000208C0B00000AD86110085F8414109C21D7D4D7C5341	10/L2p
7	Lanterna ABC LP 13 27 E	Interrata	Supporto_a_parete	Sufficiente	b 1960-2000	01010000208C0B000049F64225F7FC414180E4CC16DA7C5341	03/L2r
8	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	01010000208C0B00008C495F9043FD4141E3DC3A38CC67C5341	NULL
9	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	01010000208C0B0000D994A5F1B9FE4141352108AEF47F5341	NULL
10	IWAY	Interrata	Colonnina_a_terra	Buono	d > 2010	01010000208C0B000069E86DF570FD414181387566C27C5341	01/L1s1
11	IWAY	Interrata	Colonnina_a_terra	Buono	d > 2010	01010000208C0B000037C0E396E5D4141E84CFE92C17C5341	01/L1s1

La tabella qui sopra riporta un esempio di database semplificato che comprende i dati tecnici e le informazioni geografiche (GIS).

### 5. Forma finale del database articolato che supporta dati e informazioni geografiche GIS

L'insieme delle informazioni è infine riportato su tabelle di facile interrogazione e viene visualizzato su un sistema GIS che mostra il loro posizionamento geografico.



## COSTI DI INVESTIMENTO E CONDUZIONE, STRATEGIE PER IL MIGLIORAMENTO

### PREMESSE

Sono stati sin qui analizzati gli elementi che costituiscono gli impianti di illuminazione pubblica e i concetti che caratterizzano l'illuminazione delle strade, inoltre è stato illustrato il metodo per raccogliere i dati relativi agli impianti e i consumi elettrici.

Perciò si suppone che il lettore abbia a disposizione la situazione attuale – stato di fatto – ben dettagliata per ogni elemento di impianto e per ogni strada o piazza del Comune di riferimento.

Lo scopo del presente capitolo è indicare le strategie per decidere come effettuare migliorie sia illuminotecniche che energetiche, tenendo conto dei costi che in forma approssimata saranno indicati nel seguito.

Ogni situazione in verità dovrebbe essere affrontata in modo approfondito, tuttavia in questo documento si propone di fornire un metodo e alcuni modelli generali approssimati, al fine di orientare il lettore verso le soluzioni più plausibili, che danno il miglior risultato in termini di rapporto qualità / prezzo.

### STRATEGIE GENERALI

Molto spesso, in particolare nelle città e nelle vie di maggior pregio, vi sono scelte di tipo architettonico che prevedono l'uso di sostegni di pregio, corpi illuminanti artistici o di stile ricercato, e che quasi sempre causano un eccesso di illuminazione e quindi lo spreco di luce e fenomeni di inquinamento luminoso.

Tuttavia va detto che questi punti luce sono una quota minoritaria sul totale, cioè queste scelte pregiate e dispendiose si applicano a zone relativamente limitate.

La gran parte del territorio comunale, che è oggetto di illuminazione pubblica, riguarda perciò quartieri residenziali, vie secondarie e borghi rurali. La maggior parte dei punti luce della città non ha perciò componenti e strutture ricercate, ma è costituita da apparecchi di varia datazione e tecnologia e di fattura normale o economica.

La quantità di illuminazione e di consumo di energia elettrica è a volte più alta di quanto richiedono le norme; vi sono sprechi e le amministrazioni perciò si prodigano nel cercare di ridurre i costi e nell'individuare, nel caso di nuovi impianti, le soluzioni tecnico-economiche più opportune.

### La quantità di illuminazione

Nelle pagine che seguono esploreremo tecnologie, applicazioni e costi prevalentemente sotto il profilo della quantità di illuminazione e di energia.

Vi sono due ordini di fattori che si contrappongono per determinare la quantità di illuminazione:

- fattori che tendono ad accrescere la quantità di illuminazione: le norme di sicurezza, il Codice della Strada, la norma UNI EN 13201, che stabiliscono valori minimi di luminanza e illuminamento;
- fattori che tendono a ridurre la quantità di illuminazione: il costo dell'energia elettrica, le norme anti inquinamento luminoso (per il Friuli Venezia Giulia la L.R. 15/2007), le azioni messe in campo dalle associazioni degli astrofili (ad esempio Cielobuio), che stabiliscono valori massimi di luminanza e illuminamento.

### Leggi e regolamenti

Di seguito sono sintetizzati i principali obblighi normativi riferiti alle strade per la Regione FVG:

Argomenti	L.R. 15/07 del FVG
Obbligo della redazione dei piani dell'illuminazione	È in capo ai Comuni
Obbligo del progetto illuminotecnico	Vale sia per i privati che per gli enti pubblici, ad esclusione di impianti temporanei o di modesta entità
Obbligatorietà circa i corpi illuminanti	Intensità luminosa max di 0 cd/1000lm a 90° e oltre; rendimento almeno 55%
Deroga per i corpi illuminanti	Solo se le sorgenti hanno un flusso totale emesso non superiore ai 1.500 lm ciascuna e purché non emettano complessivamente al di sopra del piano dell'orizzonte più di 2.250 lm
Obbligatorietà circa lampade efficienti	Ammesse lampade al sodio alta e bassa pressione, o lampade con almeno analoga efficienza.
Limiti ai livelli di illuminazione	Al massimo: il valore minimo - medio mantenuto - di luminanza o illuminamento previsto dalla normativa vigente (CEN/TR 13201-1); in assenza di riferimenti normativi specifici non superiori a 1 cd/m <sup>2</sup>
Prescrizioni su orari di accensione e regolazione flusso	Riduzione del flusso luminoso di almeno il 30% entro le 23:00 durante l'inverno, e le 24:00 in estate
Vincoli sulla geometria d'impianto	Impianti nuovi devono garantire un rapporto non inferiore a 3,7 riferito alla interdistanza e all'altezza
Limitazione sui consumi energetici	Si fa riferimento all'efficienza del Sodio Alta Pressione.

### Convenienza degli investimenti e finanziamenti pubblici per le amministrazioni

Le modalità di intervento da parte dei Comuni oggi sono differenti e spesso sono legate ad interventi parziali finalizzati all'adeguamento normativo degli impianti. La mancanza di contributi pubblici è spesso un freno agli investimenti.

Per esempio la L.R. 15/2007 del Friuli Venezia Giulia aveva previsto una tempistica stringente per gli adeguamenti degli impianti ed anche dei contributi, ma attualmente è priva di finanziamento; quindi rimane la prescrizione secondo la quale i nuovi impianti debbono essere adeguati nel rispetto della legge stessa ma manca lo stanziamento dei fondi.

Anche in presenza di contributi, talvolta questi non sono proporzionati ai costi di investimento che le amministrazioni pubbliche dovrebbero sostenere e quindi gli interventi vengono comunque rimandati, in attesa che arrivino i finanziamenti.

Alla fine risulta che, a meno che l'intervento non si ripaghi da solo in tempi brevi, talvolta si rimandano anche gli adeguamenti necessari o si affrontano solamente interventi di manutenzione ordinaria.

In certi casi sarebbero invece più opportuni interventi complessivi o realizzazioni ex novo dei sistemi di illuminazione, come ad esempio in un borgo rurale dove l'illuminazione è ancora con lampade a incandescenza.

Quindi, le motivazioni dell'investimento vanno talvolta ricercate altrove anche se la prima verifica è quella dei costi e dei benefici.

Ecco un esempio: prendiamo il caso di corpi illuminanti con lampade SAP. L'impianto è ancora efficiente. Vi è un sistema di regolazione notturna per cui alle ore 22 una parte delle luci vengono spente (sistema TN/MN "tutta notte / mezza notte"). La posa di un regolatore di flusso notturno, che riduce del 25% circa l'energia assorbita, è poco competitivo rispetto al sistema TN/MN, perciò spesso si preferisce rimandare l'adeguamento nel tempo in attesa di finanziamenti o di scelte di investimenti più corpose, quali ad esempio il rifacimento complessivo di strada e impianto. L'investimento non conviene.

Un esempio contrario: vi sono lampade al mercurio su corpi illuminanti obsoleti e si opera la sostituzione del corpo e della lampada, con regolazione del flusso obbligatoria non inferiore al 30%. Dai conteggi risulta che conviene fare l'investimento anche senza contributi pubblici.

In linea generale, al fine di ottemperare alla legge, negli interventi parziali le amministrazioni cercano di adottare le seguenti misure:

Intervento principale	Operazioni aggiuntive
Sostituzione della centralina di alimentazione	- Aggiunta di Regolatori di flusso luminoso se possibile
Sostituzione di soli corpi illuminanti	- Determinazione della corretta classe illuminotecnica della Via/Strada; - Scelta di lampade ad alte prestazioni; - Utilizzo di regolatori di flusso sul Punto Luce (se non già posti nella centralina – caso frequente nei borghi rurali con pochi PL); - Progettazione che preveda una corretta illuminazione secondo le norme e che massimizzi l'utilanza, cioè la non dispersione della luce al di fuori dell'area necessaria; - Scelta di corpi illuminanti con ottiche adatte a ottenere gli scopi illuminotecnici prefissati, utilizzando corpi Full Cut-off; - Massimizzazione della prestazione energetica;



### Motivazioni diverse da quelle meramente economiche

La motivazione a fare investimenti alle volte non è giustificata dal pay-back energetico o economico, ma trova ragione nel fatto che l'intervento è necessario, per motivi di adeguamento alle norme, inclusa la sicurezza, e per questioni di estetica e di decoro.

L'adeguamento alla normativa, il miglioramento delle prestazioni energetiche e la riduzione dei fenomeni di inquinamento luminoso vengono realizzati con:

- la messa a norma delle centraline di alimentazione e dei cablaggi;
- la messa a norma della luminanza e dei parametri di uniformità richiesti (ciò include anche il perseguimento di maggiore efficienza energetica);
- l'installazione di sistemi di regolazione del flusso luminoso notturno, previsto dalle norme, che si propone il perseguimento di maggiore efficienza energetica;
- la messa a norma degli apparati illuminanti al fine di contenere l'inquinamento luminoso.

Il miglioramento gestionale, ovvero l'attuazione di una efficace prevenzione di guasti e di fenomeni inaspettati, può essere realizzato con:

- l'implementazione di impianti e corpi illuminanti in classe di isolamento II;
- l'uso di lampade con vita lunga (le SAP hanno 40.000 ore di emivita – fino a 60.000 – cui corrisponde una vita utile di 4÷5 anni – fino a 8 anni); in tal modo si riducono gli interventi e si possono programmare eventuali operazioni di manutenzione generale ogni 4÷5 anni che comprendano la sostituzione di tutte le lampade e la pulizia di tutte le coppe;
- la possibilità di intervento sulle regolazioni del flusso notturno in modo semplice considerando che:
  - l'installazione di un regolatore unico sulla centralina consente di gestire in modo autonomo e flessibile gli orari di riduzione del flusso;
  - i nuovi regolatori hanno la possibilità di gestire i tempi di intervento, per ogni giorno della settimana se necessario e possono essere gestiti dall'ufficio;
  - facendo un esempio, se alle ore 21 si dovesse verificare nel quartiere una forte riduzione del traffico, in mancanza di ulteriori normative a questo riguardo, l'amministrazione potrebbe impostare una riduzione del flusso luminoso già dalle 21 con benefici sui consumi energetici e sulla vita delle lampade;
- l'automazione delle centraline con una semplice scheda che invii messaggi di allarme via sms, affinché il manutentore possa intervenire più celermente ed efficacemente.

Per quanto riguarda la necessità di rifacimento di altre parti di infrastruttura, come ad esempio le strade o i soli marciapiedi, dai conteggi che si fanno emerge che la quota parte di investimento per l'illuminazione pubblica non risulta molto onerosa rispetto al totale dell'investimento, perciò è buona regola cercare di programmare l'intervento di illuminazione pubblica contestualmente al rifacimento di marciapiedi e strade.

La necessità di riqualificazione urbana e i progetti di valorizzazione di un quartiere o del territorio comunale, possono essere l'occasione per la messa a norma dei parametri di illuminazione o la realizzazione di un nuovo impianto di illuminazione. La scelta sotto il profilo tecnico va fatta tenendo conto della semplicità, dei costi e degli aspetti architettonici.

## STRATEGIE OPERATIVE

### Scelte preliminari

Prima di procedere alla progettazione ed esecuzione dei lavori, è opportuno analizzare le possibili opzioni, meglio se supportate da una stima di massima dei costi.

Queste sono le questioni da definire per delineare le varie esigenze e per procedere alle scelte iniziali:

- rifacimento completo oppure sola "manutenzione" cioè cambio dei soli corpi illuminanti, aggiunta di regolatori di flusso luminoso, lampade; nel caso di "manutenzione" vanno considerati i soli costi marginali rispetto allo status quo;
- la manutenzione deve essere ridotta al minimo, come ad esempio in incroci ad alto traffico, gallerie e simili situazioni: in tal caso i LED potrebbero rivelarsi la soluzione ottimale;
- avere illuminazione bianca per motivi estetici; in tal caso si può procedere, con costi via via crescenti, nel seguente modo:
  - sola sostituzione delle lampade SAP con lampade a ioduri metallici MH (tipo CityWhite™ o altre marche) e revisione del reattore;
  - sostituzione dell'intero corpo illuminante e nuova lampada MH;
  - aggiunta di alimentatore e regolatore elettronici con orologio astronomico;
  - utilizzo di sistemi LED e in un prossimo futuro l'uso di sistemi di controllo intelligenti e modulazione intelligente del flusso luminoso.
- avere bassi costi di investimento e gestione (caso frequente per i quartieri residenziali); in tal caso le scelte sono:
  - sostituzione dei corpi illuminanti con altri ad alta efficienza del tipo cut-off; lampade SAP; sostituzione dei reattori tradizionali con altri tradizionali a più alta efficienza;
  - installazione di regolatori di flusso su centralina (se il numero di punti luce è congruo rispetto al costo del regolatore, quindi indicativamente se i punti luce sono più di 20÷30); in questo caso è possibile impostare i tempi di riduzione del flusso luminoso tramite la sola regolazione della centralina;
  - installazione di regolatori di flusso su ciascun punto luce; valutare in tal caso anche l'installazione di alimentatore elettronico, particolarmente nei casi in cui il punto luce è posto lontano dalla centralina; in questo caso i tempi di riduzione del flusso luminoso sono programmati in fase di fabbricazione e non si possono modificare;
  - come sopra, ma con un comando inviato dalla centralina, per avere la massima flessibilità.

### L'importanza della standardizzazione

Uno dei fattori più importanti ai fini di una gestione efficiente degli impianti di illuminazione è la standardizzazione dei componenti: lampade, corpi, dispositivi posti dentro le centraline, regolatori di flusso.

Questo consente di avere una scorta di ricambi ridotta e quindi più facilmente gestibile. Inoltre l'intervento risulta di più facile attuazione da parte del personale della manutenzione e ciò si traduce in maggiore velocità ed efficienza ossia minori costi.

### L'importanza della progettazione

Senza un'adeguata fase preliminare di progettazione illuminotecnica basata su un serio e dettagliato stato di fatto, non è possibile preparare scenari tecnico-economici affidabili e imparziali, su cui basare le scelte.

Dopo aver definito le strategie, la progettazione dovrà essere svolta da tecnici accreditati e di provata esperienza, supportata da simulazioni e relazioni tecniche secondo le prassi amministrative in uso.

### Omogeneizzazione di vie e quartieri

Dopo aver realizzato lo stato di fatto dell'illuminazione pubblica, è necessario per prima cosa stabilire delle regole comuni individuando vie e quartieri che possono essere raggruppati in categorie omogenee, quindi individuare le situazioni più critiche sotto l'aspetto della sicurezza e della coerenza di intervento e su di esse mettere in atto le azioni più opportune.

La classificazione illuminotecnica delle vie e strade può essere fatta con l'aiuto di programmi free disponibili su internet, ad esempio Road Wizard™. Non è difficile stabilire classificazioni omogenee di vie, se sono presenti presso l'amministrazione comunale il Piano del Traffico ed il Piano Regolatore che già stabiliscono il tipo di strada.

È opportuno corredare ogni via e strada con le dimensioni caratteristiche, quali il numero di corsie, il numero dei sensi di marcia, la larghezza, la presenza di marciapiedi.

La classificazione di quartieri omogenei o di borghi rurali simili avviene allo stesso modo, tenendo conto anche della datazione degli impianti. Generalmente impianti fatti in determinati anni sono simili perché facenti uso allo stesso tipo di tecnologie. Quindi i requisiti illuminotecnici possono essere facilmente raggruppati. È possibile stabilire le caratteristiche illuminotecniche di un intero quartiere qualora sia nota la prestazione di una sola via. Bisogna naturalmente fare attenzione alle vie principali di quartiere, che possono richiedere prestazioni più elevate.

Questa operazione va fatta in parte a tavolino e in parte tramite verifiche sul posto, sia diurne, per capire il tipo di palo, la morsettiera, la centralina, il tipo di corpo illuminante (marca, stato di opacizzazione della coppa o vetro ecc), sia notturne per capire il tipo di lampada, la distribuzione della luce sulla carreggiata e le misure di illuminazione.

L'individuazione di vie e quartieri omogenei permette di calcolare il costo degli interventi in modo più preciso, consente di creare dei lotti di intervento,

Descrizione	Priorità	Note
<b>strade, incroci e piazze</b>		
Più importante la strada, più è alta la priorità		Alta priorità nel caso di incroci e strade principali; Media priorità per incroci secondari e borghi non illuminati; Bassa priorità negli altri casi.
Descrizione	Priorità	Note
<b>corpi illuminanti e lampade</b>		
Lampada a bassissima efficienza, ad esempio: Hg mercurio, lampade alogene	Alta	Più alta è la potenza e prima bisogna intervenire per evitare sprechi e inquinamento
Corpo illuminante molto vecchio (aperto o con lampada Fluorescente (Neon) o Sodio Bassa Pressione SAP)	Alta	
Corpo illuminante con coppa rovinata o molto sporca o Corpo del tipo a Sfera	Alta/Media	Spesso non basta pulire
Presenza di alberi e ombreggiamenti	Alta	Manutenzione del Verde
Corpo illuminante con coppa sporgente o Corpo inclinato	Media (Alta se molto inclinato)	-prima del 1980 = alta priorità, -1980-2000 = media, -dal 2000 fino ad oggi = bassa.
Descrizione	Priorità	Note
<b>Quadri elettrici di alimentazione (centraline), distribuzione di energia, sostegni</b>		
Centralina – protezioni e messa a terra – non perfettamente funzionante	Alta	<b>Sicurezza !!</b> Spesso in quest'occasione si sostituisce tutta la centralina
Palo in condizioni precarie, molto arrugginito o marcio, storto	Alta/Media	<b>Sicurezza !!</b>
Alimentazione aerea (sensibile alle scariche atmosferiche)	Media/Alta	
Descrizione	Vantaggio	Note
<b>sistemi di Regolazione del flusso luminoso (dopo aver messo a posto i punti precedenti)</b>		
Regolatori di flusso posti su centralina o su singolo punto luce:	◆	30% massimo di risparmio per Sodio Alta Pressione
Sistema a orario flessibile di regolazione – con telecontrollo	◆◆	Oggi più utilizzato nei centri delle città
Sistema con regolazione ad alto fattore di riduzione (Solo LED)	◆◆	riduce fino al 50% o più
Telecontrollo intelligente con sensore del traffico	◆◆◆	

che corredati con le relazioni tecniche ed economiche possono essere portati all'attenzione delle amministrazioni pubbliche anche in occasione di presenza di finanziamenti pubblici, anche in ambito europeo.

### Interventi urgenti

A seguito dei sopralluoghi, della raccolta dei dati, dell'analisi delle situazioni che si presentano, la prima azione da fare è la stesura di una serie di situazioni critiche, sotto gli aspetti più vari, corredata da proposte di possibili interventi. Già dalle interviste con il personale tecnico dei Comuni e con gli operatori della manutenzione si possono raccogliere le informazioni necessarie ed anche le proposte.

Un altro aspetto importante riguarda la mancanza di illuminazione in zone in cui vi possono essere situazioni di pericolo, quali gli incroci, il passaggio di strade con traffico veicolare in piccoli borghi, borghi senza illuminazione o con assenza di lampadine. Anche i pali a volte sono pericolosi, specialmente quelli molto vecchi, quelli in ferro verniciato che presentano forte presenza di ossidazione. Queste anomalie gravi, che possono compromettere la sicurezza delle persone devono essere segnalate e le amministrazioni dovrebbero dare una certa precedenza agli interventi.

La tabella alla pagina precedente riporta una classificazione di massima delle priorità da adottare dopo aver analizzato lo "stato di fatto" dell'illuminazione pubblica del Comune. Sono riportate le situazioni di media-alta priorità.

### INTERVENTI E COSTI

Per inquadrare le problematiche degli investimenti, è opportuno stabilire un costo standard del punto luce, cui riferirsi per effettuare comparazioni e scelte.

Si è assunto di operare su quartieri e borghi rurali, evitando l'uso di pali e corpi illuminanti pregiati.

#### Costi di investimento per ogni punto luce – costo complessivo

I costi complessivi di ogni punto luce per il caso di quartiere residenziale sono indicativamente questi:

Nuovo Impianto		Rifacimento Impianto	
Scavi, Plinti, Cavidotti	€ 1.111	no	€ 0
Plinti: Nuovi	€ 45	Plinti: Rimozione e Adattamento	€ 110
Cavi: Posa	€ 255	Cavi: Rimozione e Posa	€ 316
Pali nuovi inclusa morsettiera e terminale	€ 539	Pali nuovi inclusa morsettiera e terminale	€ 539
Centralina (80 PL) e Regolatore	€ 100	Centralina (80 PL) e Regolatore	€ 100
Corpo illuminante, alimentatore e regolatore	€ 300 ÷ 600	Corpo illuminante, alimentatore e regolatore	€ 300 ÷ 600
<b>totale Nuovo</b>	<b>€ 2.350 ÷ 2650</b>	<b>totale Rifacimento</b>	<b>€ 1.365 ÷ 1665</b>

I prezzi riportati in tabella prevedono:

- pali di buona fattura, zincati a caldo, ma l'uso di pali d'arredo farebbe lievitare il prezzo di 1.000 € sino anche a 2.000 €;
- corpi illuminanti di buona qualità con lampade SAP da 100 W; l'uso di corpi illuminanti d'arredo e lampade LED o con ioduri metallici e alimentatore elettronico farebbe lievitare il prezzo di 300 € (in tabella) sino anche a 2000 € nei casi più pregiati;
- come si vede perciò il prezzo può raggiungere facilmente i 3.000÷5.000 € per punto luce;
- la parte di pura infrastruttura di urbanizzazione (scavi, cavidotti, ecc) è dell'ordine di 1.100 €, ma naturalmente l'intervento comprendente porfido e arredo urbano farebbe lievitare molto i prezzi.

Per sintetizzare il costo di investimento abbiamo riportato nelle pagine seguenti dei prospetti con alcuni casi significativi riferiti, con qualche approssimazione, allo stato odierno di costi e tecnologie. Le tabelle riportano i costi di investimento, di manutenzione e di energia per un periodo di 20 anni per ogni punto luce. Sono esclusi i costi delle infrastrutture quali scavi, plinti, cavidotti, ecc. perché questi interventi sono nella maggior parte dei casi associati ai costi della infrastruttura-strada nel suo complesso.

Per confrontare i risultati, i calcoli in condizioni reali sono stati normalizzati facendo riferimento a questo scenario:

- strada di quartiere;
- strada con larghezza 6 metri, con due marciapiedi;
- lampade a luce gialla: luminanza richiesta 1 cd/m<sup>2</sup> (vedi colonne da 1 a 4);
- lampade a luce bianca; luminanza richiesta 0,75 cd/m<sup>2</sup> (vedi colonne da 5 a 8);

Va notato che, con la luce bianca, vi è la riduzione di una classe illuminotecnica rispetto alla luce gialla. Ciò significa minore illuminazione, perciò meno consumo di energia e di conseguenza minori costi.

In questo scenario il range di potenza degli apparecchi illuminanti va da 60 a 100 Watt. Le caratteristiche tecniche degli apparecchi illuminanti e delle lampade sono tratte da cataloghi, così come per gli alimentatori ed i regolatori di flusso.

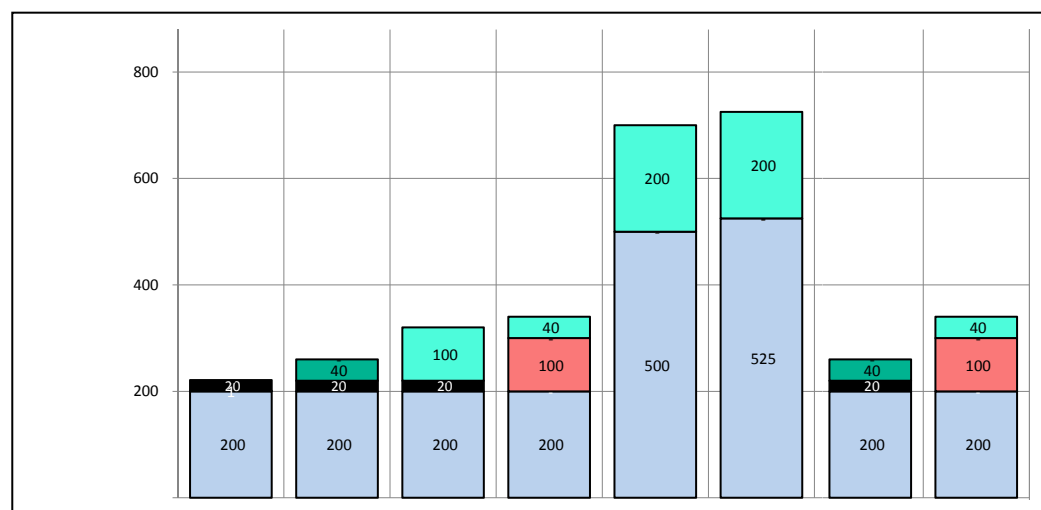
I prezzi non si riferiscono a corpi illuminanti di alta gamma o con stile ricercato, ma a una classe medio-standard.

La riduzione di flusso è stata posta nella gamma tipica di 30÷40% per un tempo medio di 7,5 ore per notte, come abbiamo riscontrato in alcuni siti.

Va sottolineato che i costi di corpi illuminanti e lampade possono variare caso per caso. Lo stesso accade quando si confrontano le prestazioni illuminotecniche, diverse tra strada di città e strada interurbana. Ogni situazione deve essere perciò studiata con un progetto di illuminazione e con i calcoli economici.

**Costi di investimento per ogni punto luce – escluso palo e infrastruttura**

Lampada	SAP Sodio Alta Pressione				LED		MH Metal Halide	
	colonna	1	2	3	4	5	6	7
Alimentatore	Ferromagnetico tradizionale			Elettronico	Elettronico		Tradizionale	Elettronico
Regolatore di flusso	No	In cabina di aliment.	Sul Punto Luce		Sul Punto Luce		In cabina di aliment.	Sul Punto Luce
Dimmeraggio	No	7,5 ore						
Riduzione di potenza	0%	30%	30%	30%	40%	40%	30%	40%
Lampada	Gialla				Bianca			
Temperatura di colore	2100 K				Natural 4000 K	Comfort 3000 K	3000 K	
Costi di investimento								
Regolatore sul Punto Luce			€ 100	€ 40	€ 200	€ 200		€ 40
Regolatore nella cabina di aliment.		€ 40					€ 40	
Alimentatore elettronico				€ 100				€ 100
Alimentatore tradiz. ferromag.	€ 20	€ 20	€ 20				€ 20	
Corpo illuminante	€ 200	€ 200	€ 200	€ 200	€ 500	€ 525	€ 200	€ 200
<b>Tot costi investimento</b>	<b>€ 220</b>	<b>€ 260</b>	<b>€ 320</b>	<b>€ 340</b>	<b>€ 700</b>	<b>€ 725</b>	<b>€ 260</b>	<b>€ 340</b>
colonna	1	2	3	4	5	6	7	8



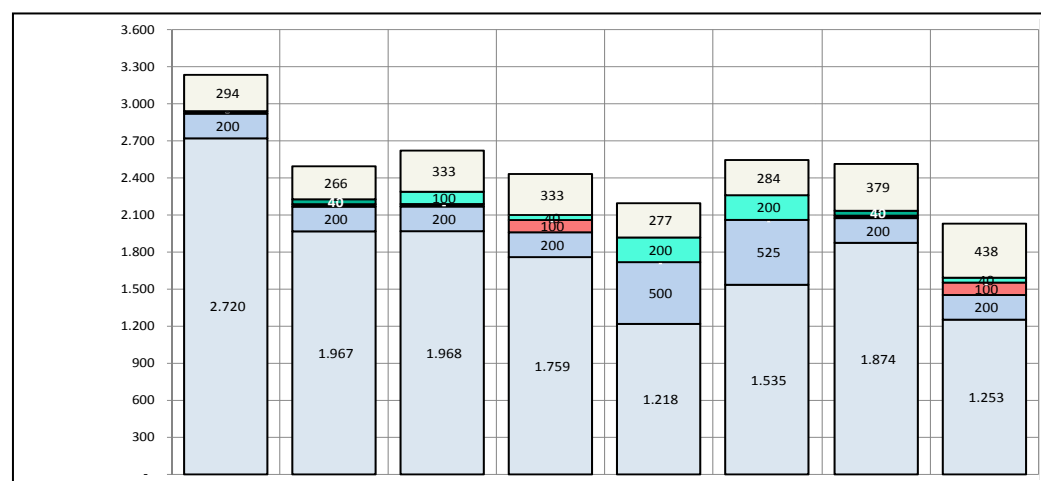
**Sostituzione di corpi e lampade, installazione di regolatore di flusso, pay-back**

La tabella seguente prende come riferimento un punto luce obsoleto (in colonna 1) e riporta costi e risparmi delle varie configurazioni di intervento.

Lampada	SAP Sodio Alta Pressione				LED		MH Metal Halide	
	colonna	1	2	3	4	5	6	7
Alimentatore	Ferromagnetico tradizionale			Elettronico	Elettronico		Tradizionale	Elettronico
Regolatore di flusso	No	In cabina di aliment.	Sul Punto Luce		Sul Punto Luce		In cabina di aliment.	Sul Punto Luce
Dimmeraggio	No	7,5 ore						
Riduzione di potenza	0%	30%	30%	30%	40%	40%	30%	40%
Lampada	Gialla				Bianca			
Temperatura di colore	2100 K				Natural 4000 K	Comfort 3000 K	3000 K	
MF Fattore di manutenzione	<b>0,60</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Costi								
Manutenzione e parti di ricambio	€ 294	€ 266	€ 333	€ 333	€ 277	€ 284	€ 379	€ 438
Regolatore sul Punto Luce			€ 100	€ 40	€ 200	€ 200		€ 40
Regolatore nella cabina di aliment.		€ 40					€ 40	
Alimentatore elettronico				€ 100				€ 100
Alimentatore tradiz.ferromag.	€ 20	€ 20	€ 20				€ 20	
Corpo illuminante	€ 200	€ 200	€ 200	€ 200	€ 500	€ 525	€ 200	€ 200
Energia	€ 3.627	€ 1.967	€ 1.968	€ 1.759	€ 1.218	€ 1.535	€ 1.874	€ 1.253
Risparmi e pay-back								
Risparmio in 20 anni costo e manutenzione	-€1.688	-€1.620	-€1.829	-€2.426	-€2.101	-€1.667	-€2.230	
Risparmio annuale costo e manutenzione	-€84,4	-€81,0	-€91,5	-€121,3	-€105,0	-€83,4	-€111,5	
Investimenti aggiuntivi	€ 240	€ 300	€ 320	6€ 80	€ 705	€ 240	€ 320	
<b>PayBack semplice – anni</b> Rispetto alla colonna 1	<b>2,8</b>	<b>3,7</b>	<b>3,5</b>	<b>5,6</b>	<b>6,7</b>	<b>2,9</b>	<b>2,9</b>	

## Costi di investimento e di conduzione per 20 anni per ogni punto luce

Lampada	SAP Sodio Alta Pressione				LED		MH Metal Halide	
	colonna	1	2	3	4	5	6	7
Alimentatore	Ferromagnetico tradizionale			Elettronico	Elettronico		Tradizionale	Elettronico
Regolatore di flusso	No	In cabina di aliment.	Sul Punto Luce		Sul Punto Luce		In cabina di aliment.	Sul Punto Luce
Dimmeraggio	No	7,5 ore						
Riduzione di potenza	0%	30%	30%	30%	40%	40%	30%	40%
Lampada	Gialla				Bianca			
Temperatura di colore	2100 K				Natural 4000 K	Comfort 3000 K	3000 K	
<b>Costi nel periodo di 20 anni</b>								
Manutenzione e parti di ricambio	€ 294	€ 266	€ 333	€ 333	€ 277	€ 284	€ 379	€ 438
Regolatore sul Punto Luce			€ 100	€ 40	€ 200	€ 200		€ 40
Regolatore nella cabina di aliment.		€ 40					€ 40	
Alimentatore elettronico				€ 100				€ 100
Alimentatore tradiz.ferromag.	€ 20	€ 20	€ 20				€ 20	
Corpo illuminante	€ 200	€ 200	€ 200	€ 200	€ 500	€ 525	€ 200	€ 200
Energia	€ 2.720	€ 1.967	€ 1.968	€ 1.759	€ 1.218	€ 1.535	€ 1.874	€ 1.253
<b>Costo totale in 20 anni</b>	<b>€ 3.234</b>	<b>€ 2.493</b>	<b>€ 2.621</b>	<b>€ 2.432</b>	<b>€ 2.195</b>	<b>€ 2.545</b>	<b>€ 2.513</b>	<b>€ 2.030</b>
<b>colonna</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>



## Osservazioni e commenti

Come si può vedere dalle tabelle e ancora meglio dai grafici ad esse collegati, i costi di illuminazione sono alquanto simili per le varie tecnologie adottate, sempreché sia presente il regolatore di flusso (vedi colonne da 2 a 4).

I LED 4000 K e le lampade a ioduri metallici MH "Sodio Bianco" tipo Philips CosmoWhite™ (o equivalenti di altre marche) in colonna 8 evidenziano costi minori, in un periodo di 20 anni, rispetto a quelli con lampade sodio alta pressione SAP con regolatore (colonne da 2 a 4). Questo è particolarmente accentuato per la quota di costo dell'energia.

La tecnologia ioduri metallici MH "Sodio Bianco" tipo Philips CityWhite™ (o equivalenti di altre marche) in colonna 7 ha costi simili rispetto a SAP, in un periodo di 20 anni.

Nel caso di sodio alta pressione SAP i costi di manutenzione sono più bassi. Se inoltre prendiamo in considerazione i miglioramenti tecnologici che sono tuttora in corso, cioè l'allungamento della vita utile delle lampade, vi sarà in futuro un'ulteriore riduzione dei costi di manutenzione.

Lo scenario diventa più favorevole per le tecnologie LED e MH se si prende in considerazione il fatto che attualmente i costi dei componenti e della manutenzione sono ancora elevati. Anche in questo caso, poiché queste tecnologie sono ancora in una fase iniziale, vi sono notevoli margini di miglioramento.

Nel prossimo futuro, anche i costi di produzione dei corpi LED dovrebbero diminuire per merito della produzione su larga scala. In tal modo solo il singolo componente guasto sarà sostituito, e ciò si traduce in costi inferiori e parimenti in tempi di intervento più brevi rispetto a oggi.

La tecnologia LED in verità diventa molto più interessante se si considera la possibilità di installare alimentatori (drivers) con elevato fattore di riduzione di potenza, al fine di portare il flusso luminoso fino quasi a zero. Un'applicazione interessante riguarda i LED ed i drivers ad alta riduzione abbinati a sistemi intelligenti di rilevamento di traffico e pedoni: si ha così la modulazione della luce in funzione della reale necessità.

I vari sistemi di illuminazione sopra descritti hanno costi complessivi alquanto simili sia oggi, sia per il futuro a medio termine, per quanto detto sopra circa i miglioramenti in atto. Le scelte del tipo e tecnologia di illuminazione dovrebbero essere fatte sulla base di altre considerazioni, quali la presenza di finanziamenti pubblici, la disponibilità dei componenti e dei pezzi di ricambio, la messa a norma, la ricostruzione di altre parti delle opere, come strade o marciapiedi, in cui inserire anche l'infrastruttura dell'illuminazione.

Riportiamo una tabella che riassume per grandi linee le peculiarità di ogni tecnologia, e suggerisce anche le condizioni più adatte per l'installazione, tenendo conto delle discussioni fatte e delle istanze raccolte da APE, ferma restando la possibilità di ogni singolo Comune di compiere scelte in base alle proprie specificità ed esigenze.

Lampada	Principali vantaggi	Principali svantaggi	Adatto particolarmente per
Sodio Alta Pressione SAP	Tecnologia nota, robusta Componenti affidabili Costo di investimento: basso Costo di manutenzione: molto basso	Luce gialla Consuma più energia rispetto a MH Ioduri Metallici e LED Vita della lampada: 4÷6 anni	Quartieri residenziali Strade principali e secondarie Borghi rurali Incroci
Ioduri Metallici MH "Sodio Bianco" tipo "CityWhite™"	Elegante luce bianco-rosa Costo di investimento: basso	Efficienza medio-bassa (meno del SAP) Vita della lampada: 3÷4 anni	Strade principali, piazze, centro della città ecc. Incroci a basso traffico
Ioduri Metallici MH "Sodio Bianco" tipo "CosmoWhite™" con driver elettronico	Basso consumo elettrico (-41% rispetto a SAP (*)) Confortevole luce bianco-rosa Alte prestazioni illuminotecniche del corpo illuminante	Costo di investimento: piuttosto alto Vita della lampada: 3÷4 anni	Le strade più importanti e pregiate della città, piazze, centro ecc. Incroci a basso traffico
LED 4000 K	Basso consumo elettrico (-39% risp.SAP(*)) Vita della lampada > 12 anni Alte prestazioni illuminotecniche del corpo illuminante	La componente blu è notevole Costo di investimento: alto Vita dei LED: 10÷15 anni	Incroci ad alto traffico, gallerie Fortemente sconsigliato nei luoghi frequentati dai pedoni, soprattutto dai bambini
LED 3000 K	Basso consumo elettrico (-24% risp.SAP(*)) Vita della lampada > 12 anni Alte prestazioni illuminotecniche del corpo illuminante	Costo di investimento: alto Vita dei LED: 10÷15 anni	Incroci Strade dove il lavoro di manutenzione è difficile (per es. lampioni sospesi) Le strade più importanti e pregiate della città, piazze, centro ecc.

(\* ) va sottolineato che l'uso della "luce bianca" consente la riduzione di una classe illuminotecnica, e di conseguenza produce benefici sui costi e sull'inquinamento luminoso.

Come si vede dal prospetto, il sodio alta pressione SAP presenta il miglior rapporto tra vantaggi e svantaggi. Tuttavia la luce prodotta è gialla, e ciò potrebbe rappresentare una scelta superata.

Bisogna però considerare che i produttori di lampade potranno migliorare la resa cromatica in futuro con l'aggiunta di xeno o di altri materiali, ed anche aumentare la durata. Il ciclo di vita tecnologico e commerciale di questo prodotto perciò si prolungherà.

Il sodio alta pressione SAP è sicuramente adatto in situazioni quali i quartieri residenziali, gli incroci a medio traffico, le vie secondarie, i borghi rurali, dove la presenza della luce bianca non è così necessaria.

Un ulteriore motivo di allungamento della vita tecnologica e commerciale è dato dall'uso di alimentatori elettronici che diventano sempre più economici e garantiscono migliori prestazioni.

I LED a 4000 K secondo il pareri di esperti sono da evitare, al fine di tutelare la salute e anche per ragioni ambientali, infatti possono causare problemi di

salute perché hanno una notevole quantità di colore blu, che è pericoloso soprattutto per i bambini. C'è inoltre una forte dispersione (scattering) della luce in presenza di pioggia e ancor peggio con la nebbia. Sono molto utilizzati in strade e incroci.

I LED a 3000 K sono migliori, hanno meno dispersione, emettono una bassa quantità di colore blu, hanno un buon indice di resa cromatica. La loro efficienza è però più bassa. Vengono utilizzati sempre più di frequente nelle vie di pregio e piazze del centro città.

Per le vie di pregio della città, per il centro, per le piazze, per i monumenti la scelta apparentemente migliore è la tecnologia HM ioduri metallici con alimentatore e regolatore elettronico tipo CosmoWhite™ (o altre marche) perché questo tipo di lampade sono caratterizzate da una colorazione gradevole, abbagliamento contenuto, buona efficienza e in prospettiva costi di investimento limitati.

Il Sodio Bianco tipo "CityWhite™" (o altre marche) ha costi complessivi più elevati rispetto alle lampade SAP nell'arco di 20 anni. Ciò è dovuto alla minore vita utile delle lampade, alla ridotta possibilità di dimmeraggio, vale a dire la riduzione del flusso notturno, che non può superare il 20% a causa del viraggio dei colori, anche se vi sono miglioramenti. La presenza di questo tipo di lampade è giustificata dal fatto che sono perfettamente intercambiabili con le lampade SAP, senza costi aggiuntivi di investimento.

È opportuno inoltre che le amministrazioni comunali siano informate che nel medio termine saranno disponibili, a costi convenienti, tecnologie per realizzare sistemi intelligenti che uniscono i LED a dispositivi di rilevamento di traffico per modulare il flusso luminoso e ottenere un significativo risparmio.

## INTERVENTI SU SINGOLE PARTI

### Installazione di regolatori di flusso luminoso per il risparmio energetico

È necessario fare una considerazione iniziale circa la funzionalità richiesta ai regolatori.

Nel caso vi sia la necessità di regolare puntualmente la luminosità di zone della città, ad esempio una piazza, in cui debbono essere gestite manifestazioni o eventi molto variabili nella posizione e nell'arco dell'anno, la soluzione più idonea è la regolazione per ogni punto luce, che ha il vantaggio della flessibilità, ma che richiede un software per il telecontrollo da installarsi presso gli uffici tecnici.

Nel caso invece vi sia la necessità di regolare uniformemente interi quartieri e non è richiesta una particolare flessibilità, la regolazione su centralina appare la più economica.

Peraltro, la scelta del tipo di regolatore è legata anche al tipo di illuminazione che l'amministrazione desidera:

- nel caso di illuminazione a LED (colore bianco) è prassi disporre di un regolatore per ogni punto luce;

- nel caso di utilizzo di illuminazione a scarica SAP, il regolatore può essere posto nella centralina ed il costo di investimento è più basso.

### Ritorno dell'investimento del regolatore posto su singola centralina

Nel caso di regolatore installato accanto alla centralina che asservisce 80 punti luce i risparmi sono dell'ordine di 1.600÷1.800 €/anno.

Questo valore moltiplicato per 20 anni diventa 32.000÷36.000 € a fronte di un costo del solo regolatore di circa 4.840 € (catalogo Reverberi 1 fase x 7,4 kVA). Il ritorno dell'investimento è meno di 3 anni e cala nel caso di presenza di più punti luce per ogni regolatore.

I conteggi dovrebbero in verità essere fatti di caso in caso, tenendo conto delle reali situazioni e azioni.

### Ritorno dell'investimento del regolatore posto su ogni punto luce

La medesima tabella riporta il caso di un regolatore posto su ogni punto luce, questo dotato però di alimentatore elettronico, che ne aumenta l'efficienza.

Si è assunto un costo di 100÷200 € per punto luce per alimentatore e alimentatore+regolatore. Anche in questo caso il ritorno dell'investimento è di 5÷10 anni.

**Risultato:** l'investimento è buono, è conveniente procedere.

Deve essere chiarito però che la base di riferimento per i conteggi è la soluzione con tutti i punti luce accesi e non quella dei punti luce spenti alternativamente, che è fuori norma.

### Osservazioni

Le maggiori difficoltà nella fase di scelta avvengono nei casi in cui il numero di punti luce alimentati è compreso tra 30 e 60, perché vi può essere incertezza nel confronto tra le due opzioni. Nell'esempio considerato in cui la centralina gestisce meno di 30 punti luce, risulta più vantaggioso installare un regolatore su ogni punto luce. Invece, vi è maggior vantaggio con la soluzione con regolatore su centralina qualora su di essa insistano più di 80 punti luce.

### Raggruppamento di più centraline

Esso pare vantaggioso perché permette di unire più centraline purché omogenee e vicine, per utilizzare un unico regolatore di flusso luminoso e risparmiare sull'investimento.

Vi è però un costo di investimento per il collegamento delle centraline, che può essere dell'ordine di 30 €/metro circa includendo scavi e cavi.

Il conteggio deve essere comunque fatto con dati esatti.

**Risultato:** una prima stima di massima dei casi più frequenti indica che l'investimento non è conveniente.

### Sostituzione dei soli corpi illuminanti

La sostituzione dei corpi illuminanti avviene generalmente su impianti che sono stati realizzati 20÷30 anni fa e sui quali a volte sono già state sostituite le lampade al mercurio con lampade SAP.

Spesso i corpi illuminanti sono del tipo con ottica aperta, come in figura.

In questo caso la loro sostituzione è sempre conveniente, qualsiasi lampada abbiano. Infatti tali corpi illuminanti hanno una bassissima resa dovuta principalmente al basso rendimento del riflettore e scarsa direzionalità del flusso luminoso emesso.

Nel caso dei corpi illuminanti obsoleti, ma con ottica chiusa, come nella figura successiva, vi sono comunque parametri illuminotecnici scadenti, che tuttavia devono essere verificati sul campo.

Generalmente il "fattore di manutenzione" MF è più basso del canonico 0,80 tipico dei nuovi impianti.

Due fatti importanti riducono e influenzano MF:

- l'opacità della coppa dovuta a fessurazioni e sporczia e la vetustà del riflettore. Questi fattori possono determinare un decremento di efficienza del 10÷40%, cioè equivale a utilizzare MF = 0,50÷0,80;
- la geometria del riflettore e la posizione della lampada, che determinano valori di utilanza (quota parte di flusso luminoso che illumina la strada) di 0,30 anziché 0,50÷0,55 tipico dei nuovi impianti SAP.

Perciò il fattore di manutenzione originale 0,80 dovrebbe essere diminuito a causa di questi motivi.

La tabella seguente riassume i casi più tipici.



Stato del Corpo Illuminante	MF base	Inefficienze dovute a		MF Pratico
	A	Coppa e Riflettore	Bassa Utilanza	C
Corpo illuminante nuovo	0,80	1,00	1,00	A x B x C
Corpo obsoleto con ottica aperta	0,80	0,80	0,70	0,45
Corpo obsoleto – coppa ben conservata	0,80	0,90	0,70	0,50
Corpo obsoleto – coppa fessurata-sporca	0,80	0,50	0,70	0,28

Per fare i calcoli economici e valutare la bontà dell'investimento assumiamo cautelativamente come fattore di manutenzione MF = 0,60, che è un po' ottimistico rispetto ai valori di appena indicati.

Questo MF = 0,60 dà comunque valori di pay-back molto interessanti, come si può osservare nelle tabelle delle pagine precedenti, ma va precisato che i conteggi debbono essere fatti di volta in volta, dopo aver fatto sopralluoghi ed aver correttamente stimato il valore di MF.

**Risultato:** l'investimento conviene se la base di confronto è costituita da impianti obsoleti.

È assolutamente necessario fare di volta in volta i calcoli e le valutazioni di convenienza.

## SCHEDE DESCRITTIVE

### SCHEDE DELLE LAMPADE

Riepilogo delle schede riportate alle pagine seguenti:

Lampada tipo	Utilizzo	Efficienza	vita media	CRI	Temp.colore	annotazioni
Incandescenza	domestico	11÷12 lm/W	1.000 ore	100	2.000÷3.000 K	costo basso semplicità d'installazione ottima resa cromatica bassissima efficienza vita media molto breve prossimo ritiro dal mercato
Incandescenza alogene	Domestico Esterni Emergenza	18÷22 lm/W	2.000÷4.000 ore	100	2.900÷3.000 K	costo basso semplicità d'installazione ottima resa cromatica bassa efficienza vita media breve prossimo ritiro dal mercato
Fluorescenti L	Domestico Terziario Emergenza	80÷100 lm/W	5.000÷24.000 ore	60÷95	2.900÷6.400 K	costo basso semplicità d'installazione buona efficienza buona resa cromatica
Vapori di mercurio alta pressione HG MBF	Nessuno	32÷60 lm/W	8.000÷10.000 ore	33÷50	3.000÷4.200 K	Scarsa efficienza scarsa resa cromatica lampade messe al bando e installate attualmente solo in vecchi impianti
Scarica Sodio bassa pressione SBP	Grandi aree esterne Parcheggi Gallerie	125÷200 lm/W	18.000 ore	0÷5	1.800 K	Poco utilizzate nonostante l'alta efficienza e la lunga vita per la scarsa resa cromatica e le notevoli dimensioni
Scarica Sodio alta pressione SAP	Illuminazione stradale	70÷150 lm/W	20.000÷36.000 ore	15÷24	2.000÷2.300 K	Costi contenuti discreta resa cromatica ottima efficienza alta dimmerabilità lunga durata
Scarica Sodio + Ioduri metallici JM-MH (CDM CDO CPO White SON)	Illuminazione stradale Arredo urbano Terziario	40÷100 lm/W	12.000÷24.000 ore	65÷90	3.000÷6.000 K	Costi non contenuti ottima resa cromatica buona efficienza scarsa dimmerabilità tempi accensione lunghi nelle versioni standard discreta durata
LED	Gallerie Illuminazione stradale Arredo urbano Terziario	60÷110 lm/W	50.000÷100.000 ore	60÷80	3.000÷6.000 K	Alto costo iniziale lunga durata alta dimmerabilità discreta resa cromatica. Bassa efficienza a temperature di colore di 3.000/4.000 K

## LAMPADE A INCANDESCENZA

### Descrizione

La lampada a incandescenza è una fonte luminosa il cui funzionamento si basa sul principio dell'irraggiamento di fotoni causato dal surriscaldamento di un elemento metallico, percorso da corrente elettrica, portato fino a 2000÷3000 K. Si sfrutta infatti la dissipazione in energia termica per effetto Joule attraverso un forte riscaldamento del filamento, fino a portarlo a temperature tali che l'emissione presenta una suddivisione più equilibrata all'interno del campo del visibile, a tutto vantaggio della qualità della tonalità dell'emissione (luce bianca) e della resa cromatica. Tale riscaldamento comporta, di conseguenza, un aumento della resistenza elettrica e quindi una diminuzione della potenza dissipata. Si giunge così ad un equilibrio dinamico in cui la resistenza elettrica opposta dal filamento di tungsteno al passaggio della corrente elettrica assume un valore stazionario che bilancia la potenza dissipata per effetto Joule. Durante il funzionamento il tungsteno sublima, e la sezione trasversale si assottiglia fino alla rottura con conseguente diminuzione della durata della lampada. Oltre che in calore, l'energia elettrica viene trasformata in luce, ma soltanto in una piccola percentuale compresa tra il 5 e il 10%. Nelle lampade più evolute il bulbo di vetro non è vuoto ma contiene un gas inerte a bassa pressione, di solito argon, più raramente kripton. Quest'ultimo consente una resa superiore del 10% circa a parità di potenza. Questi gas riducono i rischi di implosione e prolungano la vita del filamento. Inoltre la presenza del gas argon o kripton riduce l'annerimento del bulbo dovuto al deposito del tungsteno che condensa a contatto con le superfici fredde.

### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade a incandescenza sono: costo molto basso, ottima resa cromatica, accensione immediata e semplicità d'installazione. Gli svantaggi principali sono: la scarsa efficienza e la breve vita media. Se ne sconsiglia qualsiasi tipo di utilizzo in quanto c'è l'obbligo della dismissione ed un ritiro graduale dal mercato.

### Altro

Dal 2011 è vietata la vendita di lampade a incandescenza perché non soddisfano i nuovi criteri di efficienza energetica fissati dall'UE.

### Retrofit

Le lampade fluorescenti compatte sono di gran lunga quelle che hanno già sostituito una gran parte di lampade tradizionali a incandescenza. La loro efficienza è 5 volte superiore. Si stanno affacciando sul mercato con prezzi interessanti lampade a LED. Le lampade alogene sono più efficienti di quelle tradizionali ma dal 2016 la loro commercializzazione sarà vietata.



## LAMPADE A INCANDESCENZA ALOGENE

### Descrizione

Una variante delle lampade a incandescenza sono le lampade alogene dove al gas contenuto nel bulbo viene aggiunto iodio, kripton e, a volte, xeno per permettere l'innalzamento della temperatura del filamento fino a oltre 3000 K, in modo da aumentare l'efficienza luminosa e spostare verso l'alto la temperatura di colore. Nelle alogene il tungsteno che evapora a causa della temperatura elevata reagisce con il gas formando un alogenuro di tungsteno. Successivamente il composto, entrando in contatto con il filamento incandescente si decompone e rideposita il tungsteno sul filamento stesso realizzando un ciclo rigenerativo del filamento. In questo modo la durata di vita di una lampada alogena può essere almeno doppia di una lampadina ad incandescenza normale, sebbene il filamento sia molto più caldo. Poiché il bulbo, per permettere la reazione chimica tra iodio e tungsteno, deve avere una temperatura non inferiore a 250°C, viene utilizzato un vetro speciale (silice fusa/quarzo) ad alta resistenza.

### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade alogene sono: vita media superiore a quelle a incandescenza, ottima resa cromatica, possibilità di regolare e variare il flusso luminoso, accensione immediata e dimensioni ridotte.

Gli svantaggi principali sono: minore efficienza rispetto alle fluorescenti e riscaldamento del bulbo.

Le lampade alogene trovano molteplici applicazioni, nei settori più disparati. Sono molto diffuse negli edifici domestici, per l'illuminazione degli interni, ma possono essere utilizzate anche per illuminare interni di grandi dimensioni come impianti sportivi e aree convegni oppure anche per gli esterni, come ad esempio le facciate di edifici.

### Altro

Dal 2016 sarà vietata la vendita di lampade alogene perché non soddisfano i nuovi criteri di efficienza energetica fissati dall'UE.

### Retrofit

Le lampade fluorescenti e quelle a LED sono probabilmente destinate a sostituirle. Sul mercato potrebbero affacciarsi sistemi di illuminazione a OLED (Organic LED) che hanno tonalità più sfumate.

## LAMPADE FLUORESCENTI L

### Descrizione

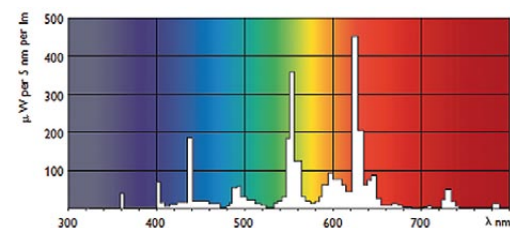
Nella lampada fluorescente la scarica avviene in un tubo di vetro che può essere lineare, circolare o sagomato in varie forme e con lunghezza generalmente da 0,6 a 2 m in cui, dopo aver praticato il vuoto viene inserito un gas nobile (argon, xeno, neon o kripton) per avviare la scarica a bassa pressione e inoltre una piccola quantità di mercurio liquido, che in parte evapora mescolandosi al gas. La superficie interna del tubo è rivestita da un materiale fluorescente, dall'aspetto di una polvere bianca, che converte la radiazione ultravioletta emessa dalla scarica in radiazione visibile. Ai due estremi del tubo sono presenti due elettrodi. Gli elettroni in movimento tra i due elettrodi eccitano gli atomi di mercurio, che sono a loro volta sollecitati ad emettere radiazione ultravioletta. Il circuito tipico di alimentazione di una lampada fluorescente è composto da: starter, lampada, condensatore, filtro e reattore. Gli elettrodi di un tubo fluorescente, al contrario di una lampada ad incandescenza non possono essere collegati direttamente alla rete elettrica perché, per la sua caratteristica tensione-corrente, la lampada deve essere alimentata in limitazione di corrente. Per questo motivo si pone in serie alla lampada un dispositivo in grado di limitare la corrente, solitamente una induttanza, chiamata comunemente reattore, che permette in aggiunta di generare una sovratensione che agevola l'innesco, oppure in rarissimi casi si usa una resistenza. Esistono due categorie di alimentatori: elettromagnetici ed elettronici. Il tipo di rivestimento interno del tubo influenza l'efficienza, l'indice di resa cromatica ed il colore della luce e si va da 80 a 100 lm/W con indici di resa cromatica da 60 a 95 e temperatura di colore da 2900 a 6400 K. La vita media delle lampade si aggira, con cicli di accensione di 8 ore, intorno alle 12000÷15.000 ore per lampade tubolari e 5000÷6000 ore per lampade compatte. La durata è fortemente influenzata dal numero di accensioni che usurano gli elettrodi a meno che non si utilizzi un alimentatore elettronico che rende praticamente infinite il numero di accensioni allungandone quindi considerevolmente la vita (10000÷24000 ore).

### Consigli e buone pratiche

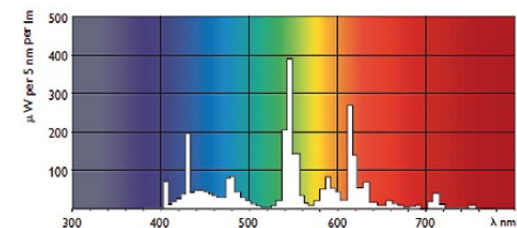
I vantaggi principali dei tubi fluorescenti sono fondamentalmente la riaccensione immediata dopo ogni spegnimento, la possibilità di poter variare in maniera ampia il flusso luminoso con l'adozione di reattori elettronici (fino all'1% del valore nominale) e il ridotto innalzamento della temperatura.

Questo tipo di lampada è adatta soprattutto per soluzioni interne e ottimizzata per temperature ambientali intorno ai 25°C e quindi l'efficienza tende a diminuire molto rapidamente a temperature più basse e più alte. Inoltre a basse temperature si possono avere delle difficoltà d'innesco che sarebbero però ovviabili con l'ausilio di reattori elettronici. Altro punto debole per le applicazioni stradali sono le grandi dimensioni della sorgente che rende difficile la costruzione di corpi illuminanti che possano orientare la luce con la direzione ottimale.

### Spettro del colore



Lampada fluorescente luce calda  
(Fonte: catalogo Philips)



Lampada fluorescente luce fredda

## LAMPADE A SCARICA VAPORI MERCURIO ALTA PRESSIONE HG MBF

### Descrizione

Nella lampada a scarica a vapori di mercurio alta pressione l'emissione luminosa è dovuta ai vapori di un elemento solido o liquido contenuti in un tubo di vetro o quarzo che vengono ionizzati dalla corrente di elettroni e ioni che si produce tra due elettrodi. La lampada non è immediatamente efficiente poiché è necessario che il materiale evapori o sublimi per effetto del calore prodotto dalla scarica nel gas accessorio. Essa avviene prevalentemente nell'ultravioletto. L'ampolla esterna della lampada perciò è ricoperta internamente di polvere fluorescente, in genere vanadato di ittrio o alluminato di ittrio, che trasforma le radiazioni ultraviolette in radiazioni ripartite abbastanza uniformemente nello spettro visibile. Devono essere associate ad un proprio alimentatore (reattore elettromagnetico) e non richiedono l'uso di sistemi di innesco. La versione miscelata si differenzia per il tubo di scarica in quarzo collegato in serie ad un filamento di tungsteno.

### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade a vapori di mercurio alta pressione sono: discreta resa cromatica, dimensioni contenute, affidabilità nell'accensione anche con climi particolarmente freddi e ciclo di raffreddamento di 2÷3 minuti. Questo tipo di lampade sono sempre più in disuso a causa dei numerosi svantaggi in termini di efficienza, durata media, difficoltà di parzializzare il flusso e difficoltà e costi alti per lo smaltimento.

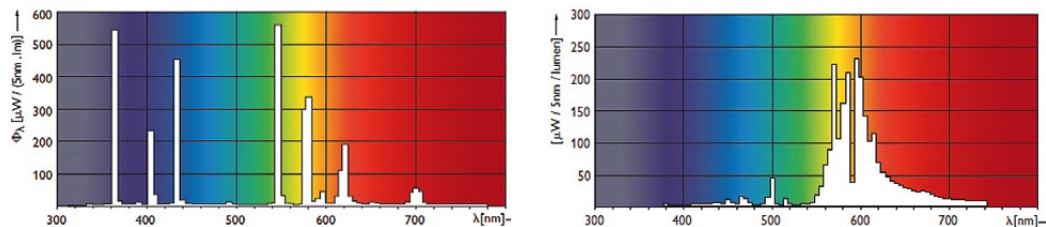
### Altro

Lampade messe al bando nel 2006 dal territorio europeo dalla direttiva comunitaria 2002/95/CE a causa della presenza del mercurio, che fa parte delle sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche di cui la direttiva tratta. Inoltre sono escluse dalle principali Leggi Regionali in materia di inquinamento luminoso per la loro scarsa efficienza e il non raggiungimento del valore minimo previsto.

### Retrofit

Vengono sostituite progressivamente con lampade a vapori di sodio SAP studiate appositamente per questo scopo, che hanno però una bassa resa cromatica rispetto alle migliori SAP.

### Spettro del colore



Lampada al Mercurio Alta Pressione  
(Fonte: catalogo Philips)

Lampade Sodio Alta Pressione per retrofit

## LAMPADE A SCARICA VAPORI SODIO BASSA PRESSIONE SBP

### Descrizione

Nella lampada a scarica a vapori di sodio bassa pressione l'emissione luminosa è dovuta ai vapori di un elemento solido o liquido contenuti in un tubo di vetro o quarzo che vengono ionizzati dalla corrente di elettroni e ioni che si produce tra due elettrodi. La lampada non è immediatamente efficiente poiché è necessario che il materiale evapori o sublimi per effetto del calore prodotto dalla scarica nel gas accessorio. L'ambiente gassoso è composto da una miscela di argon e neon e la scarica ne provoca il riscaldamento fino a raggiungere la temperatura di fusione del sodio che vaporizza e viene ionizzato emettendo la caratteristica luce gialla. Non prevede un ciclo di raffreddamento ma richiede un tempo di riscaldamento molto lungo (10÷14 min.). Per il funzionamento hanno bisogno di un sistema (reattore, accenditore e condensatore) che può essere tradizionale (elettromagnetico) o con alimentatori elettronici ad alta frequenza che garantiscono un ulteriore risparmio energetico.

### Consigli e buone pratiche

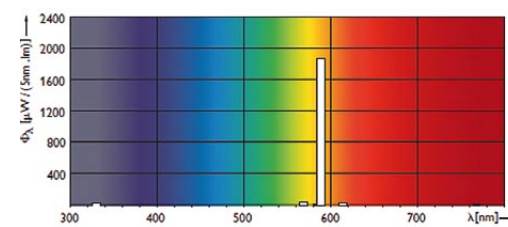
I vantaggi principali delle lampade a vapori di sodio bassa pressione sono: elevatissima efficienza luminosa, lunga durata e il risparmio energetico.

Gli svantaggi principali sono: bassa resa cromatica prossima allo zero, tempi di accensione e riaccensione lenti, difficoltà a parzializzare il flusso e grandi dimensioni della sorgente che rende difficile la costruzione di corpi illuminanti che possano indirizzare la luce con la direzione ottimale.

Trovano applicazione in tutti i contesti dove diventa prioritario il risparmio a scapito della qualità della luce tipo parcheggi, gallerie, svincoli e depositi o magazzini industriali mentre non trovano alcun tipo di realizzazione in ambito civile, commerciale e terziario.

Poco indicate per l'illuminazione stradale per la scarsa possibilità di regolare il flusso e per l'impossibilità di distinguere i colori della segnaletica stradale con particolare riferimento al colore rosso che implica la presenza di un pericolo.

### Spettro del colore



Lampada al Sodio Bassa Pressione  
(Fonte: catalogo Philips)

## LAMPADE A SCARICA VAPORI SODIO ALTA PRESSIONE SAP

### Descrizione

Nella lampada a scarica a vapori di sodio alta pressione l'emissione luminosa è dovuta ai vapori di un elemento solido o liquido contenuti in un tubo di vetro o quarzo che vengono ionizzati dalla corrente di elettroni e ioni che si produce tra due elettrodi. La lampada non è immediatamente efficiente poiché è necessario che il materiale evapori o sublimi per effetto del calore prodotto dalla scarica nel gas accessorio. L'ambiente gassoso è composto da una miscela di Argon e Neon e la scarica ne provoca il riscaldamento fino a raggiungere la temperatura di fusione del Sodio che vaporizza e viene ionizzato emettendo la caratteristica luce tendente al giallo. Aumentando la pressione rispetto alla tecnologia a bassa pressione il vapore si allontana dallo stato di gas ideale e permette una distribuzione spettrale della luce più lineare il rispetto alla riga spettrale monocromatica tipica.

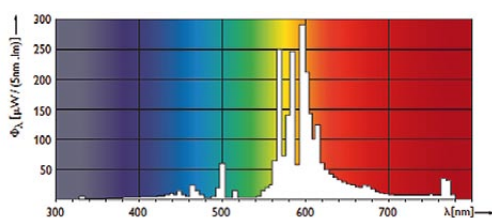
### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade a vapori di sodio alta pressione sono: ottima efficienza luminosa, la lunga durata, dimensioni limitate, possibilità di parzializzare il flusso e il risparmio energetico.

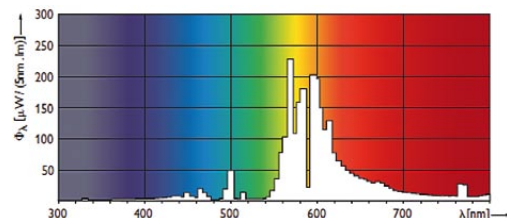
Gli svantaggi principali sono: resa cromatica non ottimale e in caso di interruzione dell'alimentazione, salvo ballast particolari in grado di generare tensioni di 30÷70 kV, la lampada necessita di un ciclo di raffreddamento di 3÷5 min.

Abbinando un'ottima efficienza a una discreta resa cromatica ed avendo la possibilità di regolare il flusso luminoso sono particolarmente adatte per l'illuminazione stradale, industriale e di spazi esterni quali piazze, monumenti, parcheggi, giardini e tutte quelle aree dove la resa cromatica non è fondamentale.

### Spettro del colore



Lampade Sodio Alta Pressione tipo tradizionale  
(Fonte: catalogo Philips)



Lampade Sodio Alta Pressione tipo evoluto

## LAMPADE A SCARICA VAPORI SODIO E IODURI METALLICI MH

### Descrizione

Nella lampada a scarica a vapori di iodio alta pressione conosciute anche come "lampade ad alogenuri metallici" l'emissione luminosa è dovuta ai vapori di un elemento solido o liquido contenuti in un tubo di vetro o quarzo che vengono ionizzati dalla corrente di elettroni e ioni che si produce tra due elettrodi. La lampada non è immediatamente efficiente poiché è necessario che il materiale evapori o sublimi per effetto del calore prodotto dalla scarica nel gas accessorio. All'interno del bulbo in vetro, dove è posto il tubo di scarica in quarzo, oltre a mercurio e argon ad alta pressione si immettono ioduri di sodio, tallio e indio (ioduri metallici) o in alcuni casi per migliorare ancora di più la resa cromatica si aggiungono anche ioduri di disprosio, olmio, tulio e cesio. Quando la lampada raggiunge la temperatura di regime gli ioduri non sono completamente vaporizzati ma nella zona centrale dell'arco le molecole cominciano a dissociarsi in alogeni e metalli, che eccitati dalla scarica, emettono un range di radiazioni distribuite nel campo del visibile. In prossimità della parete del tubo, dove la temperatura è più bassa, avviene la ricombinazione tra gli alogeni e i metalli. La composizione e la scomposizione sono cicliche. I sistemi di alimentazione possono essere elettronici o tradizionali (costituiti da un reattore ferromagnetico per il controllo della corrente, da un accenditore elettronico per l'innesco della scarica e da un condensatore). Fanno eccezione lampade di grandi potenze che sono dotate di un sistema di elettrodi ausiliari con resistenza incorporata per una modalità di accensione simile a lampade a vapori di mercurio.

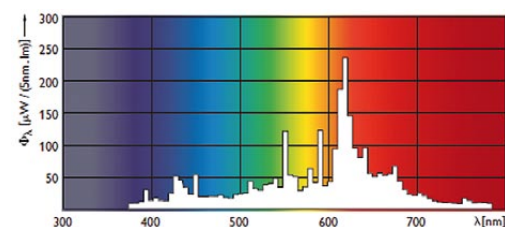
### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade a vapori di ioduri metallici alta pressione sono: ottima resa cromatica, buona efficienza, lunga durata, dimensioni limitate, luce bianca e brillante e risparmio energetico.

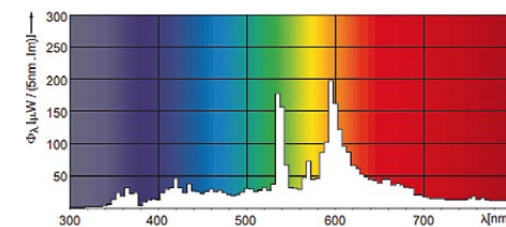
Gli svantaggi principali sono: costo elevato, lentezza in fase di accensione (5 minuti) e in caso di spegnimento e riaccensione a caldo i tempi aumentano fino a 10 minuti per recuperare interamente il flusso salvo ballast particolari in grado di generare tensioni di 25-60 kV. Difficoltà nel parzializzare il flusso dovuta ai complessi dispositivi che ne regolano l'accensione e l'innesco.

Grazie alle loro caratteristiche le lampade a ioduri metallici sono utilizzate per illuminare grandi spazi sia interni che esterni attraverso proiettori o armature ed in particolare negli showroom, negli spazi industriali e commerciali, ma trovano importanti applicazioni anche negli impianti sportivi, negli spazi pubblici all'aperto, nelle strade, monumenti e in generale in tutti quegli ambiti in cui la qualità e la nitidezza della luce sono fattori essenziali.

### Spettro del colore



Lampade a Ioduri Metallici tipo tradizionale  
(Fonte: catalogo Philips)



Lampade a Ioduri Metallici tipo evoluto

## LAMPADE A LED

### Descrizione

Il termine LED è un acronimo che sta per Light Emitting Diodes, cioè “diodi che emettono luce”. Sono un particolare tipo di diodo a giunzione p-n, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Il dispositivo sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori, sottoposti a tensione diretta, a produrre fotoni, partendo dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna. Il colore ben definito dipende dall'energia liberata nella ricombinazione stessa e la lunghezza d'onda dell'emissione di picco dei fotoni cambia in funzione della scelta dei semiconduttori. In base alla scelta, oltre al colore, si può avere una diversa efficienza nella conversione elettro-ottica e quindi l'intensità luminosa in uscita. La temperatura di giunzione del nucleo è determinata dal produttore ed è strettamente collegata al flusso emesso e quindi all'efficienza del dispositivo nonché alla durata dello stesso. L'affidabilità e le prestazioni di un LED sono perciò assolutamente legate alla bontà del sistema di dissipazione termica. Si possono considerare come una sorgente con emissione spettrale a banda stretta e ne consegue che la maggior parte della potenza prodotta è contenuta nella banda delle radiazioni visibili e non necessitano di filtri anti-UV e anti-IR. Se il LED viene usato nell'ambito dell'illuminazione (luce bianca), si ha generalmente una buona copertura del suo spettro, che può essere sfruttato anche al 100%. La luce bianca si ottiene come somma dei tre colori primari, miscelando le emissioni dei led RGB che sono costituiti da tre giunzioni che emettono rispettivamente luce rossa, verde e blu. In alternativa viene usato un LED blu che in combinazione con fosfori emette la luce bianca. Per funzionare correttamente i LED hanno bisogno di essere alimentati in corrente continua e con un valore costante che si ottiene usando degli alimentatori elettronici chiamati driver a controllo dinamico, che permettono di variare la corrente, di far pulsare il LED e di compensare gli effetti di variazione dell'intensità causati dalla temperatura.

### Consigli e buone pratiche

I vantaggi principali delle lampade a LED sono: elevatissima durata, minima manutenzione, assenza di sostanze pericolose, accensione a freddo immediata, resistenza agli urti e alle vibrazioni, dimensioni ridotte, flessibilità d'installazione, possibilità di parzializzare il flusso, maggiore direzionalità della luce che permette di illuminare in modo più puntuale e mirato, luce bianca e brillante e risparmio energetico.

Gli svantaggi principali sono: alto costo iniziale, efficienza luminosa per temperature di colore più basse con margini di miglioramento e driver con durata inferiore alla vita media delle lampade.

Grazie alle loro caratteristiche le lampade a LED possono essere usate in tutti i settori dell'illuminazione anche se per ora, dal punto di vista strettamente economico, l'applicazione già oggi molto più conveniente risulta essere quella dell'illuminazione semaforica, dove si riducono drasticamente gli interventi di manutenzione e si risparmia energia in fase di esercizio. Per quanto riguarda l'illuminazione d'interni nei vari settori e l'illuminazione stradale, non risultano essere ancora competitive rispetto alle tecnologie tradizionali a causa dell'elevato costo e dei valori relativamente bassi di efficienza luminosa con temperature di colore basse (luce calda). In alcuni casi, dove gli interventi manutentivi sono complessi e onerosi, come nel caso di gallerie o grandi incroci o rotoarie, l'utilizzo di questo tipo di sorgente è già particolarmente indicato.

### Prestazioni in funzione della temperatura di colore

Temp. Colore K	Efficienza lm/W
3.000	70÷90
4.000	85÷100
6.000	90÷110

Nell'arco di alcuni anni l'efficienza si attesterà su valori superiori a 150 lm/W.

## SCHEDE DEI CORPI ILLUMINANTI

Le immagini di questo capitolo (corpi illuminanti e curve fotometriche) sono tratte dalle schede tecniche degli apparecchi generate dal software DIALux™ che implementa i cataloghi di Disano illuminazione, GEWISS, Gruppo Schröder; i Guzzini, Royal Philips Electronics, SBP Urban Lighting, Thom Lighting.

## ARMATURE STRADALI CON OTTICA APERTA

### Descrizione

Le armature stradali con ottica aperta sono i corpi illuminanti più datati, normalmente equipaggiati con lampade ai vapori di mercurio alta pressione. In questi apparecchi il corpo funge da protezione e da riflettore solo per la parte superiore della sorgente luminosa. Non assicurano la protezione della lampada e, quindi, del vano ottico dalla polvere e dall'acqua. Adatte alla posa su palo in configurazione testa-palo o sbraccio (varie lunghezze e anche multipli), a parete su mensole o sbracci (varie lunghezze). Esistono anche apparecchi idonei ad essere sospesi attraverso delle funi d'acciaio (“gonnelle” o “campagne”) ma sono in disuso e riguardano ambiti particolari (centri storici - rurali).

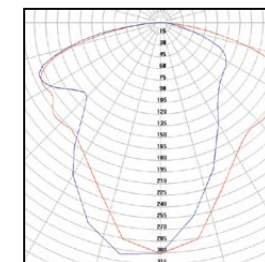
### Consigli e buone pratiche

Le armature aperte non hanno nessun vantaggio in quanto sono il frutto di tecnologie ormai superate, non vengono più prodotte da anni e si trovano installate solo in alcuni impianti molto datati.

Essendo la lampada incassata all'interno del riflettore, non rappresentano però un grave problema per l'inquinamento luminoso. Inoltre sono normalmente equipaggiate con lampade a vapori di mercurio ad alta pressione, che sono state messe al bando dalla direttiva comunitaria 2002/95/CE, ma sono sostituibili con delle particolari sorgenti luminose (rif. scheda sorgenti luminose).

Gli svantaggi principali sono: basso rendimento, assenza di ottiche per ottimizzare la direzione dell'emissione luminosa e assenza di grado di protezione per acqua e polvere sia del vano ottico che della lampada.

Si consiglia la graduale rimozione, fino alla completa sostituzione degli apparecchi esistenti con corpi che rispettino le normative vigenti sia in termini di prestazioni che di contenimento dell'inquinamento luminoso.



Curva fotometrica:  
rosso: 0° ÷ 90°  
blu: 180° ÷ 270°

## ARMATURE STRADALI CON OTTICA CHIUSA DA COPPA LISCIA BOMBATA O PRISMATICA

### Descrizione

Le armature stradali con ottica chiusa da coppa liscia o prismatica più o meno bombata, assicurano la protezione della lampada e, quindi, del vano ottico dalla polvere e dall'acqua. In questi apparecchi il corpo funge da protezione e da riflettore per tutta la sorgente luminosa. Adatte alla posa su palo in configurazione testa-palo o sbraccio (varie lunghezze e anche multipli) oppure a parete su mensole/sbracci (varie lunghezze). Esistono anche apparecchi idonei ad essere sospesi attraverso delle funi d'acciaio ("gonnelle" - "campane") ma sono in disuso e riguardano ambiti particolari (centri storici - rurali). I principali materiali utilizzati per la costruzione del corpo sono fondamentalmente plastica e alluminio con tipologie e sistemi di lavorazione e produzione diversi in base al modello, policarbonato o vetro per la coppa e alluminio stampato ossidato anodicamente per il riflettore.

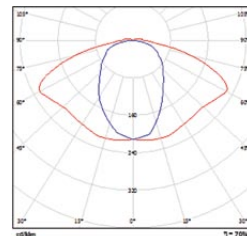
### Consigli e buone pratiche

I principali vantaggi delle armature chiuse da coppa sono: emettere luce in direzione quasi radente senza superare i limiti normativi sull'Indice di abbagliamento debilitante (TI) grazie all'ausilio delle particolari conformazioni delle coppe. Inoltre sono dotate di ottiche specifiche in base all'effettivo utilizzo (stradale, piste ciclabili o arredo urbano) e c'è la possibilità di equipaggiarle con diverse sorgenti luminose ottenendo ottimi rendimenti. Consentono l'accesso facilitato al vano ottico e ai dispositivi di alimentazione per un'agevole manutenzione viste le difficili condizioni in cui avviene (grandi altezze e traffico).

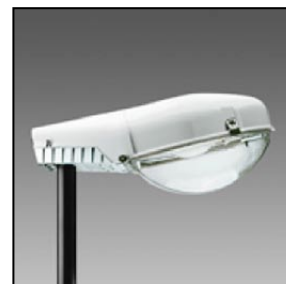
Gli svantaggi principali sono: corpi illuminanti che non rispettano le normative vigenti in termini di contenimento dell'inquinamento luminoso e hanno una scarsa utilanza.

Si consiglia la graduale sostituzione, fino alla completa rimozione degli apparecchi esistenti con corpi che rispettino le normative vigenti sia in termini di prestazioni che di contenimento dell'inquinamento luminoso.

### Coppa liscia bombata o prismatica equipaggiata con lampada MBF 125W



Emissione luminosa

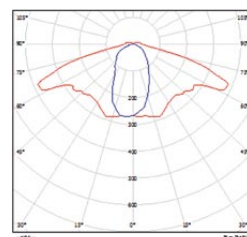


Uso prevalente:  
illuminazione stradale generale

Classificazione lampade secondo CIE:  
98 CIE

Flux Code: 40 70 93 98 70

### Ottica chiusa da coppa liscia bombata o prismatica equipaggiata con lampada SAP-T 100W



Emissione luminosa

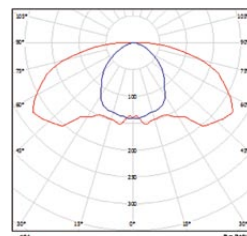


Uso prevalente:  
illuminazione stradale generale

Classificazione lampade secondo CIE:  
98 CIE

Flux Code: 45 74 96 98 71

### Ottica chiusa da coppa liscia bombata o prismatica equipaggiata con lampada TC-L (fluorescente) 55W



Emissione luminosa



Uso prevalente:  
illuminazione stradale generale

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 31 63 89 100 71

## ARMATURE STRADALI E PER ARREDO URBANO CON OTTICA CHIUSA DA VETRO PIANO (TIPO CUT-OFF)

### Descrizione

Le armature stradali con ottica chiusa da vetro piano, assicurano la protezione della lampada e, quindi, del vano ottico dalla polvere e dall'acqua. In questi apparecchi il corpo funge da protezione e da riflettore per tutta la sorgente luminosa. Adatte alla posa su palo in configurazione testa-palo o sbraccio (varie lunghezze e anche multipli) oppure a parete su mensole/sbracci (varie lunghezze). Inoltre sono dotate di ottiche specifiche in base all'effettivo utilizzo (stradale, piste ciclabili o arredo urbano) e c'è la possibilità di equipaggiarle con diverse sorgenti luminose ottenendo ottimi rendimenti. Nel caso in cui la sorgente luminosa siano i LED in alcune armature sono previste delle micro ottiche per ogni singolo punto di emissione in grado di ottimizzare il flusso luminoso di ciascun LED e di ridurre gli effetti di abbagliamento. Esistono anche apparecchi idonei ad essere sospesi attraverso delle funi d'acciaio ("gonnelle" - "campane") ma sono in disuso e riguardano ambiti particolari (centri storici - rurali). I principali materiali utilizzati per la costruzione del corpo sono fondamentalmente plastica e alluminio con tipologie e sistemi di lavorazione e produzione diversi in base al modello, policarbonato o vetro per la coppa e alluminio stampato ossidato anodicamente per il riflettore.

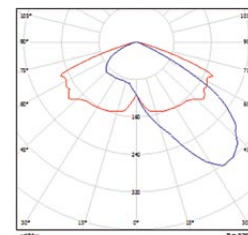
### Consigli e buone pratiche

I principali vantaggi delle armature chiuse da vetro piano sono: buona utilanza, rispetto delle normative vigenti sia in termini di prestazioni che contenimento dell'inquinamento luminoso. Inoltre sono dotate di ottiche specifiche in base all'effettivo utilizzo (stradale, piste ciclabili o arredo urbano) e c'è la possibilità di equipaggiarle con diverse sorgenti luminose ottenendo buoni rendimenti. Consentono l'accesso facilitato al vano ottico e ai dispositivi di alimentazione per un'agevole manutenzione viste le difficili condizioni in cui avviene (grandi altezze e traffico).

Gli svantaggi principali sono: riflessione del flusso luminoso all'interno del vano ottico con surriscaldamento della sorgente e riduzione del rendimento e della durata della lampada.

Si consiglia l'installazione di questi apparecchi in ogni ambito dell'illuminazione per esterni e in particolare nell'illuminazione stradale per l'ottimo compromesso in termini di efficienza, funzionalità, estetica e rispetto della normativa vigente anche in ambito di contenimento dell'inquinamento luminoso.

### Ottica chiusa da vetro piano equipaggiata con lampada SON-TPP 100W



Emissione luminosa

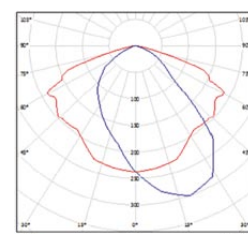


Uso prevalente:  
illuminazione stradale generale

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 36 79 99 100 81

### Ottica chiusa da vetro piano equipaggiata con lampada SAPT 250W



Emissione luminosa

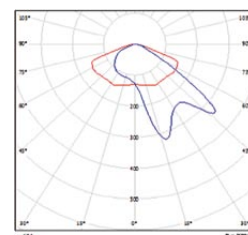


Uso prevalente:  
illuminazione strade principali-incroci

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 47 83 100 96 74

### Ottica chiusa da vetro piano equipaggiata con lampada CPOTW 90W



Emissione luminosa

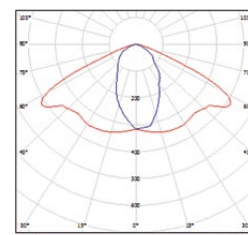


Uso prevalente:  
illuminazione strade di ingresso-centro

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 39 78 98 100 78

### Armatura stradale per posa a sospensione equipaggiata con lampada SAP-T 150W



Emissione luminosa

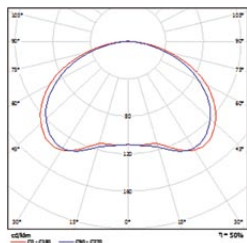


Uso prevalente:  
strade principali e grandi incroci

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 53 87 100 99 71

### Apparecchio per illuminazione di arredo equipaggiato con lampada fluorescente circolare 55W



Emissione luminosa

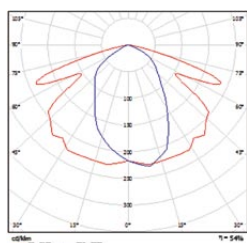


Uso prevalente:  
arredo urbano e pedonale

Classificazione lampade secondo CIE:  
99 CIE

Flux Code: 40 75 95 99 51

### Apparecchio per illuminazione di arredo urbano equipaggiato con lampada CPO-T 100W



Emissione luminosa



Uso prevalente:  
arredo urbano e centri di pregio

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 54 87 100 96 53

## ARMATURE STRADALI EQUIPAGGIATE CON PIASTRA A LED

### Descrizione generale

Le armature stradali più datate utilizzano corpi tradizionali adattati, dotati del vetro piano con funzione di schermo, equipaggiate con piastre/piattaforme a LED. Ciò assicura la protezione della lampada e, quindi, del vano ottico dalla polvere e dall'acqua. Tuttavia le prestazioni non sono buone e il diagramma fotometrico è insufficiente.

Per questo motivo sono state realizzate armature dedicate e più evolute. Sono previste delle micro ottiche per ogni singolo punto di emissione di ciascun LED, in grado di ottimizzare il flusso luminoso e poterlo indirizzare nella direzione voluta dando la possibilità di ridurre gli effetti di abbagliamento e migliorare l'uniformità generale sulla superficie da illuminare. Inoltre le piattaforme di ultima generazione sono in grado di compensare lo spegnimento di alcuni LED senza pregiudicare il rendimento complessivo dell'apparecchio ed eventualmente con la possibilità di sostituire solo la piastra o l'alimentatore (driver).

L'affidabilità e le prestazioni di un corpo illuminante a LED sono strettamente legate alla bontà del suo sistema di dissipazione termica.

Nella scelta dell'apparecchio si deve, quindi, prestare particolare attenzione e optare per quelli che sono dotati di alette di raffreddamento interne, che consentono di evitare l'accumulo di sporcizia e polveri, che porterebbero al degrado dell'efficienza del radiatore con conseguente calo delle prestazioni.

Inoltre sono dotati di sensori di temperatura che, in caso di innalzamento anomalo del calore dovuto a particolari condizioni ambientali o a funzionamento non ottimale dei LED, agiscono sul driver riducendo il flusso luminoso e ripristinando la corretta temperatura di esercizio.

I driver sono accessoriabili con vari dispositivi che consentono il controllo e la parzializzazione del flusso luminoso anche in presenza di regolatori di potenza centralizzati, e si può effettuare la gestione e la diagnosi da remoto con sistemi in cavo, a onde convogliate o Wi-Fi.

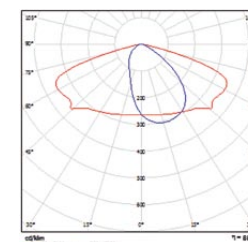
Le forme particolarmente sottili delle piastre consentono ai progettisti delle case produttrici di avere molta libertà nel disegno della struttura dei corpi illuminanti, giungendo a dei risultati piacevoli sia dal punto di vista estetico che del minore impatto visivo durante le ore diurne. I principali materiali utilizzati per la costruzione del corpo sono fondamentalmente plastica e alluminio con tipologie e sistemi di lavorazione e produzione diversi in base al modello, vetro per lo schermo e policarbonato o PMMA per le ottiche.

### Consigli e buone pratiche

Si consiglia l'installazione di questi apparecchi in ogni ambito dell'illuminazione per esterni e in particolare nell'illuminazione stradale, dove gli interventi manutentivi sono complessi e onerosi, come nel caso di gallerie o grandi incroci o rotatorie. In generale offrono un buon compromesso in termini di efficienza, funzionalità, estetica e rispetto della normativa vigente anche in ambito di contenimento dell'inquinamento luminoso.

Vantaggi	Svantaggi
lunga vita utile	alto costo iniziale
ottima utilanza, maggiore direzionalità della luce permette di illuminare in modo più puntuale e mirato	bassa efficienza luminosa nel caso di luce calda
accensione istantanea anche a basse temperature	difficoltà nel controllo della temperatura
assenza di sostanze pericolose	driver con durata a volte inferiore alla vita media delle lampade
dimensioni ridotte	
possibilità di parzializzare il flusso	
sono dotate di ottiche specifiche in base all'effettivo utilizzo (stradale, piste ciclabili o arredo urbano)	

### Armatura stradale equipaggiata con lampada LED Bianco caldo TC 3000 K (Comfortline) 85W



Emissione luminosa

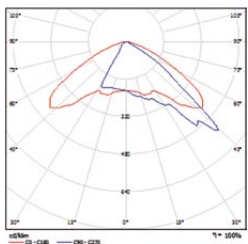


Uso prevalente:  
illuminazione strade di ingresso-centro

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 44 82 100 97 87

### Armatura stradale equipaggiata con lampada POWER LED 143W TC 4000 K



Emissione luminosa

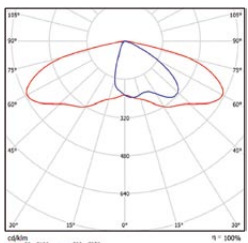


Uso prevalente:  
strade principali e incroci

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 39 85 99 100 99

### Armatura stradale equipaggiata con lampada LED 60W 4000 K



Emissione luminosa



Uso prevalente:  
arredo urbano e centri di pregio

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 35 71 96 100 100

## LANTERNE - GLOBI - SFERE

### Descrizione

Apparecchi di questo tipo di vengono ancora utilizzati soprattutto come elementi di arredo urbano ma hanno anche il compito di illuminare la sede stradale e pedonale. La sorgente luminosa è contenuta all'interno dell'involucro trasparente con finiture diverse a seconda dei modelli, che è al tempo stesso anche il riflettore e la luce viene emessa senza essere direzionata da un'ottica specifica. Inoltre il corpo ha funzioni di protezione della lampada e, quindi, del vano ottico dalla polvere e dall'acqua. In questi apparecchi il corpo funge da protezione e da riflettore per tutta la sorgente luminosa. Adatte alla posa su palo in configurazione testa-palo o sbraccio generalmente di tipo artistico (varie lunghezze e anche multipli) oppure a parete su mensole/sbracci (varie lunghezze) e c'è la possibilità di equipaggiarle con diverse sorgenti luminose. I principali materiali utilizzati per la costruzione del corpo sono fondamentalmente plastica (policarbonato), alluminio, acciaio, ghisa e vetro con tipologie e sistemi di lavorazione e produzione diversi in base al modello.

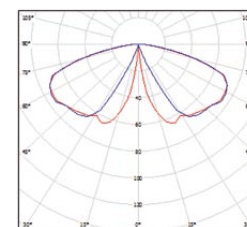
### Consigli e buone pratiche

Questi corpi illuminanti non hanno particolari vantaggi ad esclusione di quello di poter soddisfare esigenze estetiche nell'ambito dell'illuminazione di arredo urbano/artistica.

Gli svantaggi dal punto di vista illuminotecnico sono molti, non rispondendo in termini di efficienza e rendimento ai principali requisiti previsti dalle normative di settore, con particolare riferimento alle norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso. Per rendere compatibili e poco inquinanti gli apparecchi si possono dotare le sfere (globi) di opportuni accessori frangiluce che però influiscono sul rendimento del corpo stesso, mentre le lanterne vengono prodotte con uno schermo interno nella parte superiore e prive dei vetri sui quattro lati esterni.

Si sconsiglia l'installazione in ogni ambito tranne in alcuni casi particolari e in aree, come i centri storici, di particolare pregio artistico.

### Globo per illuminazione di arredo urbano equipaggiato con lampada SAP E 100W



Emissione luminosa

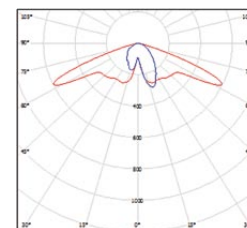


Uso prevalente:  
arredo urbano, centri storici

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 24 59 92 100 33

### Lanterna per illuminazione artistica/classica (tipo cut-off) equipaggiata con lampada SAP-T 100W



Emissione luminosa

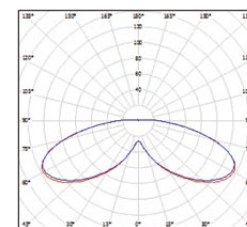


Uso prevalente:  
arredo urbano, centri storici

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 43 76 100 97 78

### Lanterna per illuminazione artistica/classica equipaggiata con lampada JM-E 150W



Emissione luminosa



Uso prevalente:  
arredo urbano, centri storici

Classificazione lampade secondo CIE:  
95 CIE

Flux Code: 18 50 84 95 57



## PROIETTORI

### Descrizione

Apparecchi di questo tipo di vengono utilizzati prevalentemente nell'illuminazione di grandi aree come: impianti sportivi, piazzali, svincoli, incroci e rotonde, caselli autostradali ecc., dove c'è la necessità di avere pochi ma potenti punti di emissione, eventualmente riuniti in gruppi di proiettori a riflettore asimmetrico orizzontale (es. torre faro). Un altro impiego di questo tipo di corpi illuminanti, configurati in modo diverso rispetto ai precedenti in termini di forma, tipo di posa, potenza, ottiche ed equipaggiamenti di sorgenti luminose, è l'illuminazione d'accento in contesti artistici, di arredo urbano, edifici di culto e in generale nei centri storici di particolare pregio. Tra queste possibilità di utilizzo un caso particolare da segnalare, che va curato con attenzione, sono le apparecchiature incassate a pavimento per l'illuminazione radente degli edifici o di specifici particolari architettonici. Altro settore in cui si deve prestare particolare riguardo in fase progettuale, sono gli impianti sportivi, dove si usano generalmente lampade a largo spettro (ioduri metallici, ecc.) che rendono estremamente inquinante la luce dispersa. Trattandosi di impianti con potenze installate notevoli e dovendo rispondere a parametri illuminotecnici prestazionali molto elevati (normative di riferimento delle federazioni sportive e dei vari comitati olimpici nazionali anche per le riprese televisive), diventa determinante il puntamento di ogni singolo apparecchio, la scelta del proiettore specifico e l'impiego di ottiche asimmetriche.

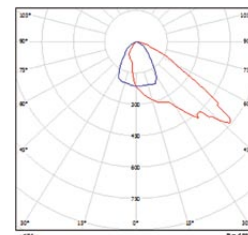
Possono essere equipaggiati con diverse sorgenti luminose e posati in svariati modi (pali, torri faro, sbracci, parete, mensole, incassati, ecc.) a seconda del loro impiego. I principali materiali utilizzati per la costruzione del corpo sono fondamentalmente plastica e alluminio con tipologie e sistemi di lavorazione e produzione diversi in base al modello, policarbonato o vetro per la coppa e alluminio stampato ossidato anodicamente per il riflettore.

### Consigli e buone pratiche

I principali vantaggi dei proiettori negli ambiti particolari in cui vengono utilizzati sono: alte prestazioni, ottima efficienza e alti rendimenti illuminotecnici. Gli svantaggi dal punto di vista illuminotecnico, nell'illuminazione d'accento e nei grandi impianti sportivi e nelle grandi aree sono: consumi elevati e difficoltà a rispettare la normativa vigente in ambito di contenimento dell'inquinamento luminoso.

Si consiglia l'installazione dove ci sia bisogno di elevate prestazioni e la copertura di superfici rilevanti.

### Proiettore asimmetrico per grandi aree equipaggiato con lampada SAP-T 250W



Emissione luminosa

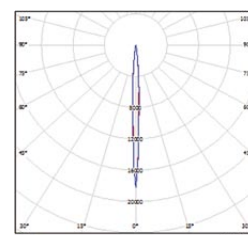


Uso prevalente:  
grandi aree, incroci e rotonde

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 47 88 99 100 68

### Proiettore concentrante per illuminazione d'accento equipaggiato con lampada CDM-T 150W



Emissione luminosa

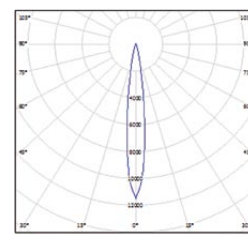


Uso prevalente:  
illuminazione d'accento su facciate

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 100 100 100 100 45

### Proiettore concentrante per illuminazione d'accento equipaggiato con lampada LED 8W



Emissione luminosa

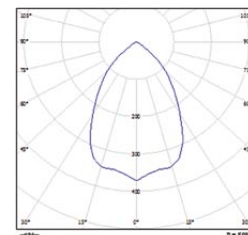


Uso prevalente:  
illuminazione d'accento su facciate

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 94 98 100 100 100

### Proiettore incassato a pavimento equipaggiato con lampada CDM-T 35W



Emissione luminosa

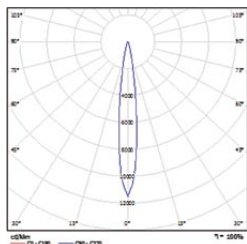


Uso prevalente:  
illuminazione d'accento e radente

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 79 98 100 100 50

### Proiettore incassato a pavimento equipaggiato con lampada LED 8W



Emissione luminosa

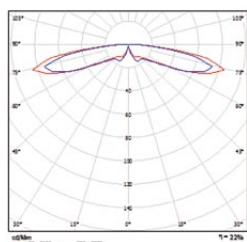


Uso prevalente:  
illuminazione d'accento e radente

Classificazione lampade secondo CIE:  
100 CIE

Flux Code: 94 98 99 100 115

### Proiettore su colonnina a terra equipaggiato con lampada CDM-Tm Mini 20W



Emissione luminosa



Uso prevalente:  
illuminazione d'accento e radente

Classificazione lampade secondo CIE:  
99 CIE

Flux Code: 09 24 76 99 22

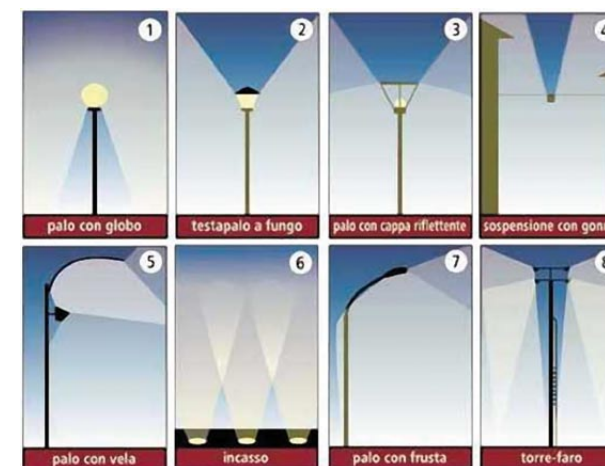
### SCHEDE DEI SOSTEGNI, PALI E SBRACCI

#### Norme di riferimento

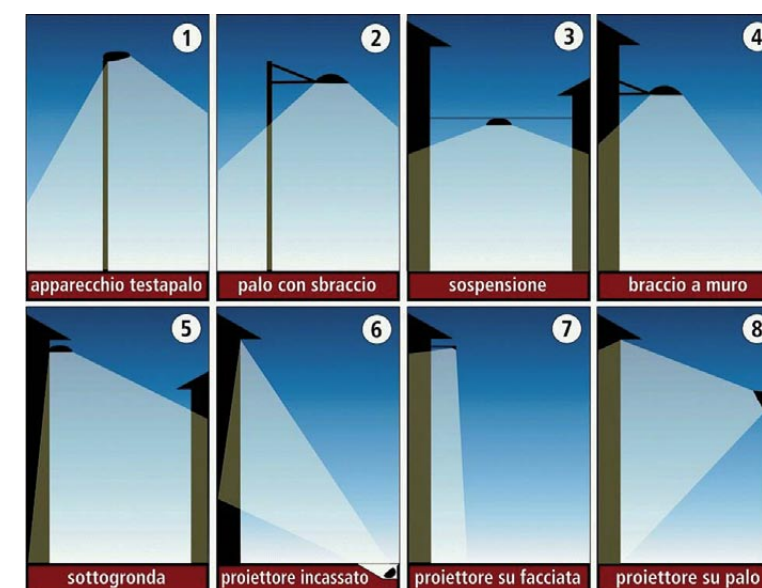
EN 40-1:1992 – EN 40-2:2004 – EN 40-3-1:2001 – EN 40-3-2:2001 –  
EN 40-3-3:2004 – EN 40-4:2006 – EN 40-5:2003 – EN 1991-1-4:2010 –  
EN 10219: 2006 – EN 10025: 2006 – EN ISO 1461: 2009 – EN 1561: 2011 –  
EN 1706: 2010 – D.M. 14 gennaio 2008.

#### Indicazioni generali dei sistemi di posa più comuni

Installazioni di corpi illuminanti non conformi alle vigenti normative sul contenimento dell'inquinamento luminoso:



Installazioni di corpi illuminanti conformi alle vigenti normative sul contenimento dell'inquinamento luminoso:



Fonte delle illustrazioni:  
Cielobuio

Nota: tipologie dei casi 6 e 8  
ammesse esclusivamente  
per l'illuminazione  
di edifici storici o di particolare  
pregio artistico.

## SCHEDE DELLE TIPOLOGIE DI SUPPORTO PER I CORPI ILLUMINANTI

### In sintesi

Si applicano le norme UNI EN 1991-1-4:2010 e UNI EN 40 che riportano materiali, geometrie e modalità di calcolo.

È necessario rivolgersi a progettisti abilitati per effettuare i calcoli e verificare le situazioni esistenti.

In generale va segnalato:

- vi sono varie tipologie di zone più o meno esposte al vento e c'è un'ulteriore classificazione in base alla "rugosità del terreno" e presenza di edifici;
- i sostegni più ingombranti, alti, con sbracci notevoli sono più sensibili all'azione del vento;
- anche i corpi illuminanti hanno una superficie di esposizione, riportata nei cataloghi, che genera forze dovute al vento, le quali si ripercuotono sulla struttura (palo);
- plinti di fondazione, spessori e materiali dei pali devono essere perciò attentamente progettati.

### Principali tipologie di supporto per i corpi illuminanti

Il materiale più utilizzato per la costruzione è l'acciaio con varie forme, tipologie di lavorazione e trattamenti superficiali (zincatura e/o verniciatura a polveri) per resistere alla corrosione e garantire una durata superiore. Le forme e le caratteristiche costruttive per la fabbricazione dei sostegni in acciaio, previste dalla normativa e più diffuse sul mercato sono: pali conici, rastremati e poligonali. Per quanto riguarda i sostegni conici e rastremati esistono due tipi di lavorazione, la trafilatura a caldo da tubo o la saldatura di fogli di lamiera d'acciaio trapezoidali pressopiegati. La lavorazione ad alta temperatura della trafilatura a caldo conferisce al prodotto una qualità superiore rispetto alla saldatura. I pali poligonali, nonostante vengano prodotti con un processo di saldatura, garantiscono una resistenza meccanica superiore.

Nelle applicazioni artistiche/classiche si usano anche l'alluminio e la ghisa opportunamente sagomati e con finiture peculiari. L'alluminio consente un'alta lavorabilità e la creazione di svariate forme, soprattutto in ambito di arredo urbano. Per l'illuminazione stradale, nonostante fornisca ottime garanzie di durata nel tempo, non è molto diffuso in quanto presenta costi troppo elevati. In passato venivano fabbricati supporti anche in cemento con armatura in ferro ma sono in disuso e si possono trovare ancora posati solo in alcuni vecchi impianti. In alcuni casi particolari si può usare anche la vetroresina e il legno. La vetroresina consente di avere dei sostegni più leggeri e meno pericolosi in caso di incidente stradale e di urto, ma per rientrare nei parametri dei calcoli statici hanno generalmente dei diametri elevati e quindi una forma molto tozza ed ingombrante. Il legno veniva usato in passato, al pari del cemento, nelle applicazioni stradali, ma, seppur trattato, ha una durata

limitata e costi elevati ed attualmente è impiegato solo in alcune realizzazioni particolari in aree verdi e comunque in ambiti di alto valore ambientale.

I pali hanno altezze che variano a seconda del tipo di utilizzo (stradale, piste ciclabili, arredo urbano; grandi aree, ecc.) e possono andare da 4/5 m fino a 25/35 m nel caso delle torri faro. I principali tipi di supporti e sostegni per l'installazione di apparecchi illuminanti si possono sostanzialmente dividere in:

- a palo nelle configurazioni:
  - testa-palo singolo o multiplo
  - braccio curvo singolo o multiplo
  - braccio a squadro singolo o multiplo
  - pali curvati
  - pali artistici e/o arredo urbano
  - staffa porta proiettori
  - torre faro
- a muro con braccio/mensole
- a sospensione con funi d'acciaio
- a plafone

### Descrizione

Apparecchi installati a testa-palo: in cui il corpo è posato all'estremità del palo e fissato allo stesso attraverso degli accessori chiamati tronchetti di proiezione o pipe.

Apparecchi installati con braccio: in cui il corpo illuminante è posato all'estremità di un braccio che a sua volta può essere installato alla sommità di un palo o direttamente a muro.

Apparecchi a sospensione ("a tesata"): in cui il corpo illuminante è posato al centro e sopra l'area da illuminare attraverso delle funi d'acciaio agganciate agli edifici o a strutture dedicate con opportuni accessori. In passato veniva usata con più frequenza e in particolare nei centri urbani dove non c'era la possibilità di creare infrastrutture ad hoc per l'illuminazione pubblica o non si riusciva a raggiungere la zona da illuminare (grandi piazze, grandi incroci, ecc.) con i pali o le mensole. Oggi è adottata solo in presenza di vincoli tecnici o architettonici.

Apparecchi installati su torre faro: in cui i proiettori, generalmente a riflettore asimmetrico orizzontale, vengono riuniti e posati all'estremità di un sostegno di notevole altezza e con una disposizione lineare o circolare ed un orientamento peculiare per ogni singolo corpo illuminante. Il gruppo di apparecchi può anche essere coperto da una cupola, generalmente in lamiera, che oltre ad assicurare una protezione meccanica aggiuntiva, consente una riduzione delle dispersioni di flusso verso l'alto nel rispetto delle norme sul contenimento dell'inquinamento luminoso. In alcuni casi, considerando le grandi altezze, per facilitare le operazioni in fase di manutenzione gli apparecchi vengono montati su una struttura chiamata "corona mobile" che permette di

portare a terra il gruppo di proiettori e poi di riposizionarli alla sommità della torre attraverso un sistema di carrucole/paranchi e di funi manovrate da una manovella o da un motore elettrico. Per la loro semplicità strutturale rispetto alle torri con “corona mobile”, nelle applicazioni per impianti sportivi e aree industriali, si dotano le torri di piattaforme fisse dotate di staffe porta proiettori alla sommità e nel caso di grandi altezze anche a quote intermedie (terrazzini di riposo), raggiungibili dai manutentori con scale “alla marinara” (protette con guardiacorpo metallico).

Apparecchi a plafone: in cui il corpo illuminante è posato a soffitto con impianto sottotraccia o a vista come per esempio nei sottoportici dei centri cittadini oppure su strutture ad hoc (gallerie stradali).

### Sistemi di infissione dei pali e fondazioni

I pali per illuminazione pubblica vengono generalmente posati e fissati al terreno attraverso dei plinti di fondazione in cemento prefabbricati o gettati in opera, con pozzetto di derivazione, compresa la formazione del foro centrale (eseguito mediante stampo o tubo di diametro adeguato al sostegno) per l'alloggiamento del palo, la formazione dei fori per il passaggio dei cavi elettrici e la tubazione per scarico delle acque piovane in tubo di plastica di diametro adeguato sotto il fondo perdente. Per prevenire i fenomeni di logoramento alla base si colloca una guaina anticorrosione termorestringente nella zona d'incastro da applicare per i primi 200 mm di parte emergente dalla fondazione e per i primi 200 mm di parte infissa. Le torri faro sono dotate alla base, in aggiunta, di una piastra d'acciaio con tirafondi sul plinto o basamento in cemento.

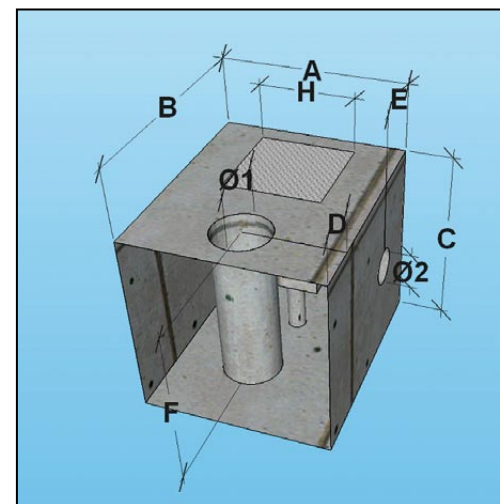
### Parametri per i calcoli meccanici strutturali

La progettazione dei sostegni deve essere affidata a professionisti abilitati. Queste le linee di principio:

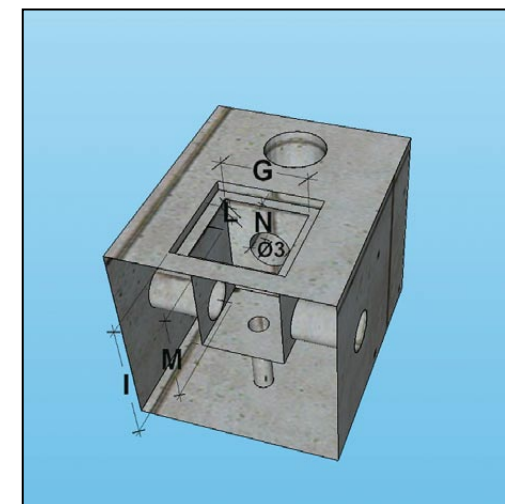
La norma UNI EN 40 stabilisce le caratteristiche costruttive in base al materiale usato (per pali fino a 20 m di altezza) ed in particolare nella parte della norma UNI-EN 40-3-1 (legno, plastica e ghisa esclusi) definisce i parametri per il calcolo meccanico statico dei pali per l'illuminazione pubblica specificando le prestazioni per i requisiti essenziali di resistenza ai carichi orizzontali (vento) e le prestazioni in caso di impatto con un veicolo (sicurezza passiva). Per la resistenza ai carichi orizzontali (vento) e comunque per le strutture superiori ai 20 m di altezza, si fa riferimento alla norma EN 1991-1-4:2010.

In base alla zona e seguendo le indicazioni delle norme si potranno scegliere e verificare i plinti di fondazione, i supporti ed i corpi illuminanti più adatti, facendo attenzione a non prevedere dei corpi molto voluminosi e/o sbracci di lunghezza considerevole in zone molto ventose.

A questo proposito nei cataloghi viene indicata la superficie di esposizione al vento degli apparecchi per l'illuminazione. Inoltre le norme consigliano un certo numero di configurazioni possibili per gli sbracci soprattutto in termini di lunghezza e di sporgenza rispetto alla base del palo, per evitare strutture di sostegno imponenti e creare uno standard anche dal punto di vista prettamente estetico.



particolare plinto di fondazione  
vista lato foro per alloggiamento palo



particolare plinto di fondazione  
vista lato pozzetto

A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	peso
600	850	600	215	265	500	330	405	420	65	230	90	170	150	80	80	582
												190		170	130	
810	1170	900	440	280	850	390	520	550	50	400	150	240	130	60	100	1725
												260		150		
1000	1000	1000	340	260	780	360	500	600	20	380	120	240	150	100	140	2070
						380						280		230	160	

Dimensioni in mm - peso in kg

## PALI (ESECUZIONI STANDARD)

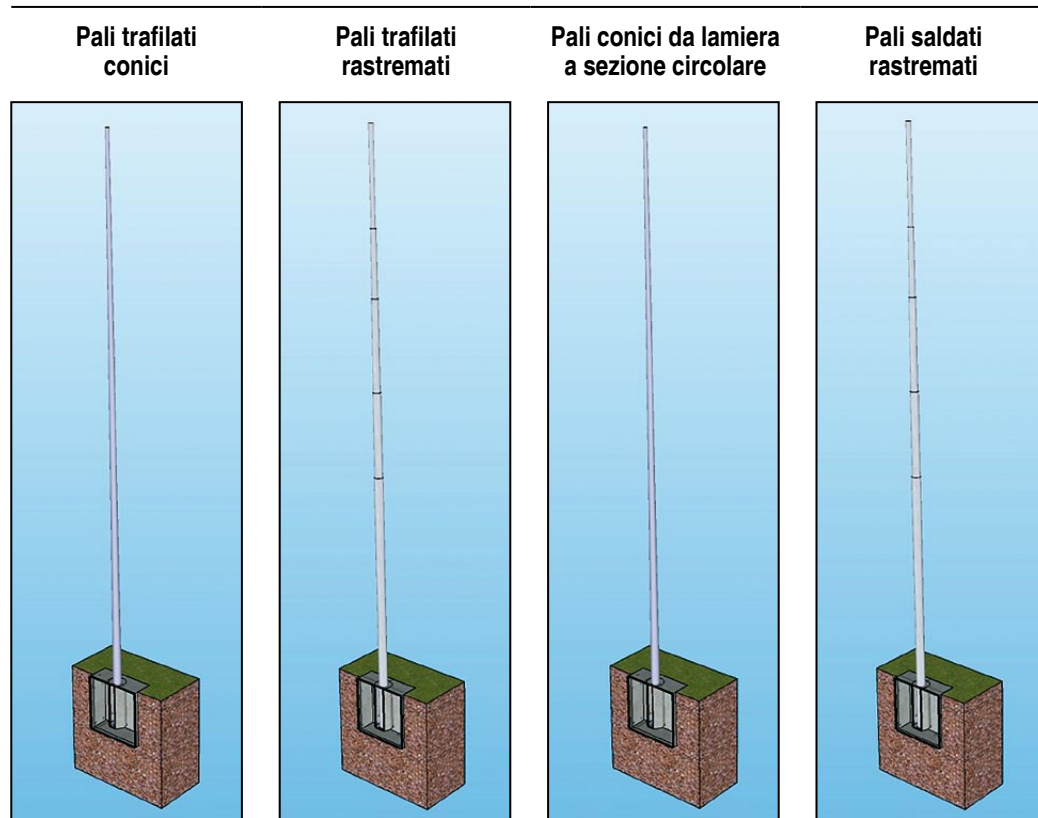
### Materiale

Acciaio calmato del tipo S275 JR UNI EN 10219 zincabile a caldo con caratteristiche minime:

Carico unitario di resistenza a trazione	$R \geq 410 \text{ N/mm}^2$
Carico unitario di snervamento	$S \geq 275 \text{ N/mm}^2$
Allungamento	$A \geq 21\%$

### Protezione

Zincatura a caldo per immersione in bagno di zinco fuso secondo UNI EN ISO 1461.



*Pali conici, ricavati mediante un processo di trafilatura a caldo alla temperatura di 700°C, da tubo in acciaio ERW.*

*Pali conici, ricavati mediante un processo di trafilatura a caldo alla temperatura di 700°C, da tubo in acciaio ERW.*

*Pali di forma conica in lamiera, fabbricati mediante pressopiegatura di fogli trapezoidali in lamiera d'acciaio e successivamente saldati longitudinalmente con conicità di 10 mm/m.*

*Pali rastremati ottenuti mediante saldatura circonferenziale di tronchi di tubo in acciaio ERW di diverso diametro.*

## TORRI FARO CON PIATTAFORMA FISSA PER ALTEZZE DA 16 A 30 M



### Descrizione

La struttura di sostegno è realizzata con elementi tubolari tronco piramidali in lamiera di acciaio (qualità S355JR UNI EN 10025) pressopiegati e saldati longitudinalmente e posati in opera con innesto forzato. La scala e gli accessori sono realizzati con profilati d'acciaio composti e/o sagomati a freddo (qualità S235JR).

### Protezione

Zincatura a caldo per immersione in bagno di zinco fuso di tutti gli elementi secondo UNI EN ISO 1461.

*Fonte delle illustrazioni di questa pagina: cataloghi Carpal pali e CML pali.*

## TORRI FARO CON CORONA MOBILE PER ALTEZZE DA 20 A 35 M



*Particolare della struttura porta apparecchi con cupola protettiva.*



*Particolare della corona mobile in posizione abbassata in fase di manutenzione.*

### Descrizione

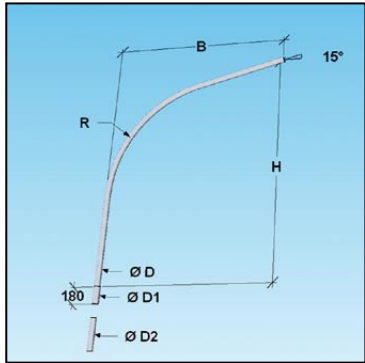
La struttura di sostegno è realizzata con elementi tubolari tronco piramidali in lamiera di acciaio (qualità S355JR UNI EN 10025) pressopiegati e saldati longitudinalmente e posati in opera con innesto forzato. La corona mobile è una struttura di forma circolare composta da elementi saldati ed è realizzata con profilati d'acciaio composti e/o sagomati a freddo (qualità S235JR) mentre le funi sono in acciaio zincato rivestito in polipropilene o in acciaio inox AISI 304. La copertura a cupola è costruita in lamiera d'acciaio (qualità S235JR) o vetroresina rinforzata con inserti metallici.

### Protezione

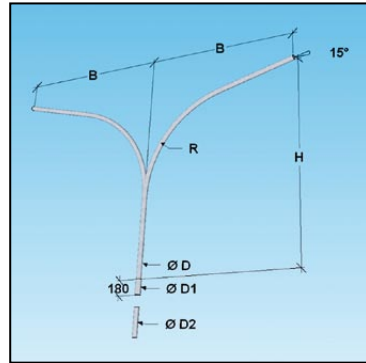
Zincatura a caldo per immersione in bagno di zinco fuso di tutti gli elementi secondo UNI EN ISO 1461.

## ACCESSORI PER I SOSTEGNI

### Sbracci curvati

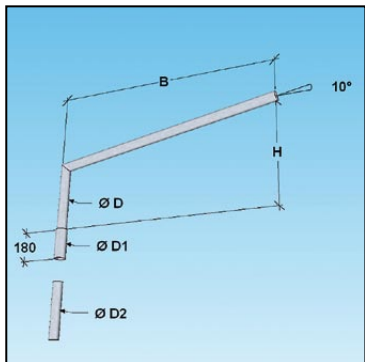


Sbracci semplici curvati.

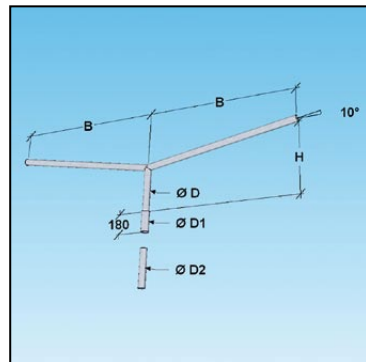


Sbracci doppi curvati.

### Sbracci a squadro

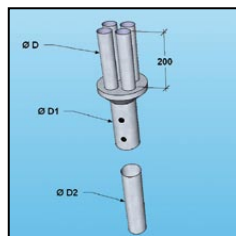
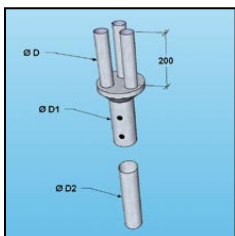
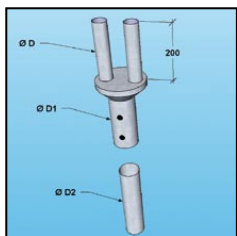


Sbracci semplici a squadro.

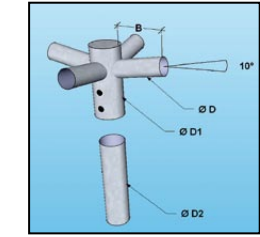
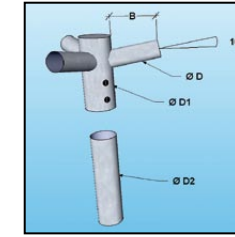
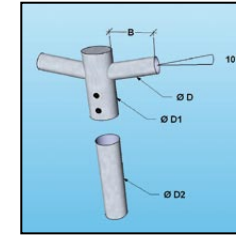
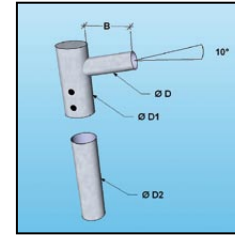


Sbracci doppi a squadro.

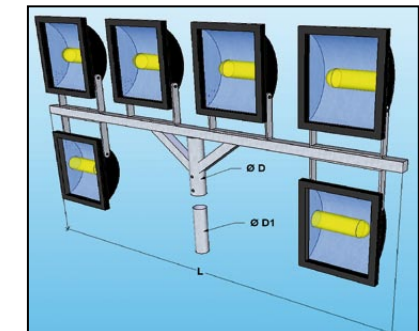
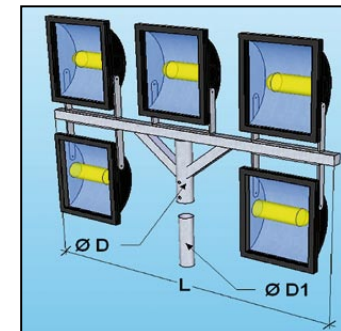
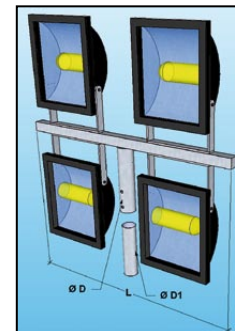
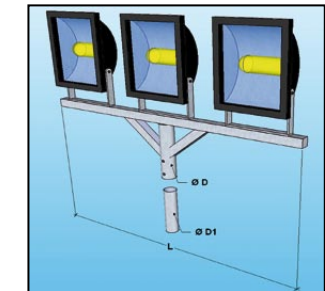
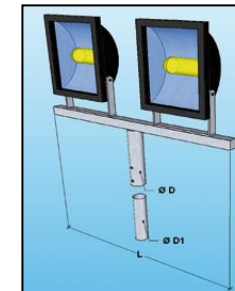
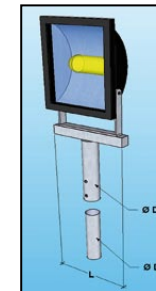
### Accoppiatori per sbracci



### Tronchetti di proiezione per testa-palo

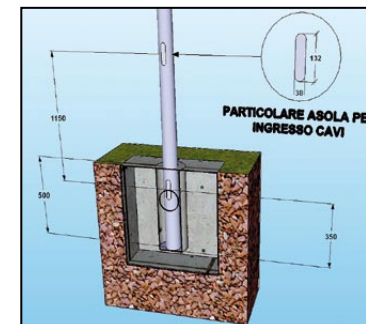


### Staffa porta proiettori

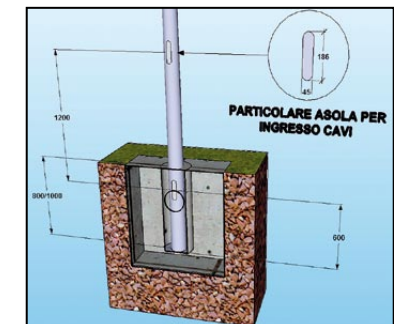


### Lavorazioni standard alla base dei pali

(asole per ingresso cavi e per morsettiere di derivazione)



Per pali di altezza inferiore a 5500 mm.

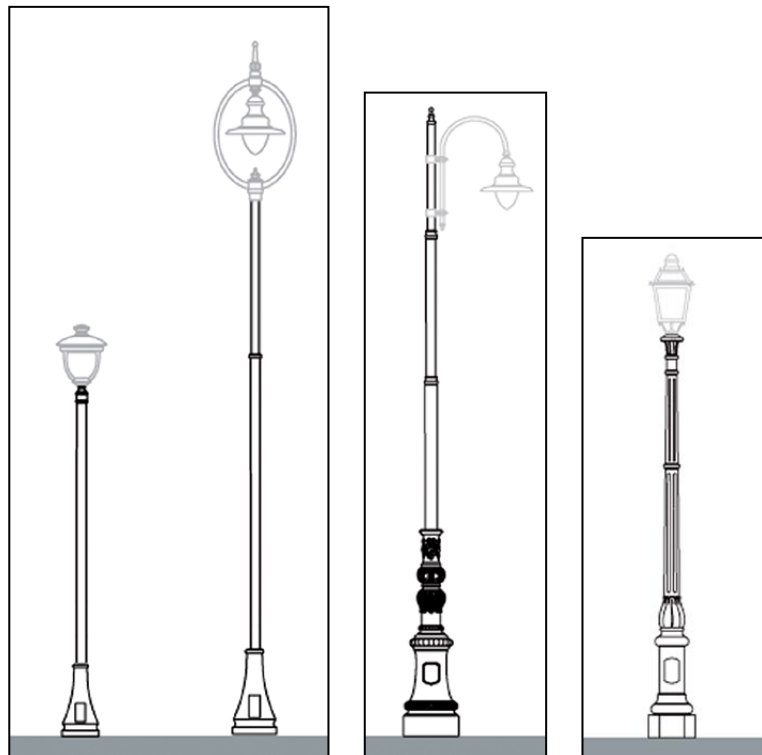


Per pali di altezza superiore a 5500 mm.

## PALI ARTISTICI

### Descrizione

Pali in ghisa e acciaio composti da base in fusione di ghisa UNI EN 1561 / palo in acciaio zincato a caldo UNI EN ISO 1461:1999 / collare e cima in pressofusione di alluminio UNI EN 1706. Fissaggio mediante plinto di fondazione.



Altezze da 3.000 a 4.000 mm  
(1 rastr. Ø102 mm)

Altezze da 4.500 a 6.000 mm  
(2 rastr. Ø102/Ø89 mm)

Altezze da 6.500 a 9.000 mm  
(3 rastr. Ø127/Ø102/Ø89 mm)

Altezza base 660/810 mm

Larghezza base Ø350/400 mm

Altezza 6.910 mm

Larghezza base  
Ø790 mm

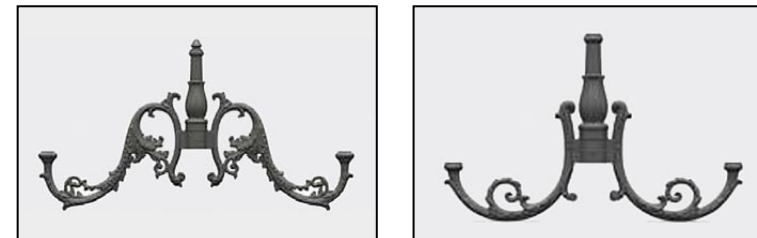
Altezza 3.840 mm

Larghezza base  
405 mm

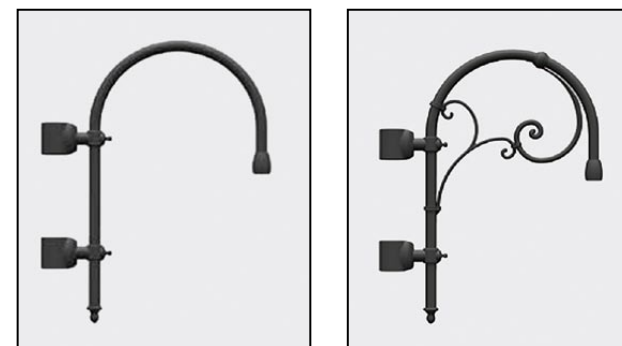
Fonte delle illustrazioni di queste pagine: catalogo Ghisamestieri.

## ACCESSORI PER PALI ARTISTICI

### Mensole e pastorali

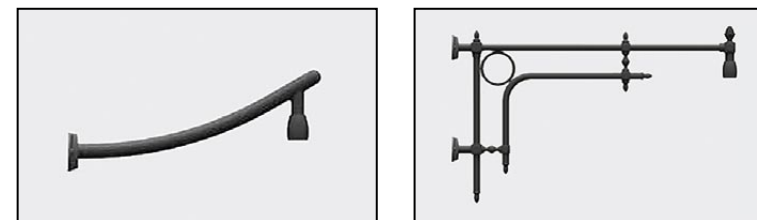


Mensole cimapalo realizzate in pressofusione di alluminio e ghisa con attacco portato. Disponibili nelle versioni per pali piccoli e medi.

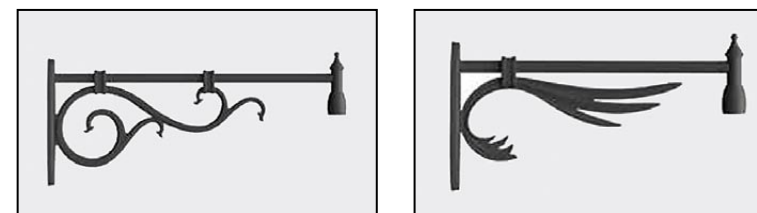


Pastorali realizzati in acciaio con decori in pressofusione di alluminio. Attacco a sospensione. Disponibili nelle versioni per pali piccoli (a due colonne) medi e speciali.

### Mensole a muro



Mensole realizzate in acciaio e pressofusione di alluminio con attacco a sospensione. Placca a muro in acciaio.



Mensole realizzate in acciaio e pressofusione di alluminio con decoro in fusione di ghisa. Placca a muro in acciaio. Disponibili con attacco portato o a sospensione.

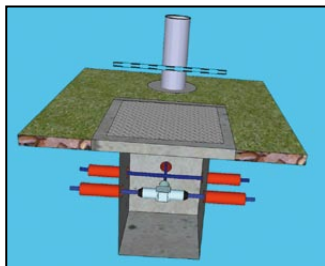
## SCHEDE DI SISTEMI DI ALIMENTAZIONE E MORSETTIERE

L'alimentazione dei punti luce avviene con cavi elettrici opportunamente scelti e dimensionati in base alle potenze elettriche ed al sistema di posa scelti, in derivazione da un quadro elettrico di distribuzione con relative protezioni e dispositivi di manovra, posto subito a valle del gruppo di misura dell'ente distributore.

I cavi elettrici vengono distribuiti attraverso delle vie cavo (cavidotti) interrati e generalmente formate da tubazioni di polietilene corrugate ad alta densità e a doppio strato posate all'interno di scavi opportunamente predisposti che vengono successivamente ricoperti con adeguato ripristino della pavimentazione. Per la distribuzione, negli impianti più datati, venivano usate linee aeree in rame nudo con isolatori passanti oppure isolate e fascettate a funi d'acciaio di sostegno. Questi tipi di impianti sono in disuso e si trovano ancora installati in zone rurali, piccoli borghi o centri storici dove è complesso, per vincoli tecnici e architettonici, ricavare cavidotti interrati.

Le derivazioni degli impianti di illuminazione pubblica interrati, vengono effettuate all'interno dei pozzetti di derivazione e/o rompi tratta con opportune scatole o giunti di derivazione con l'aggiunta di resine/gel isolanti ("muffole") oppure con morsettiere, complete di portafusibili, installate ed incassate entro idonee feritoie (asole) direttamente sul sostegno. In alternativa si possono utilizzare scatole di derivazione da palo o da parete fissate con idonei accessori e dotate anch'esse di portafusibili. Nell'ambito dell'illuminazione di arredo urbano, in alcuni casi, si possono avere anche degli impianti con condutture collocate sugli edifici con tubazioni flessibili sottotraccia o con tubazione rigida da esterno.

### Derivazione all'interno del pozzetto



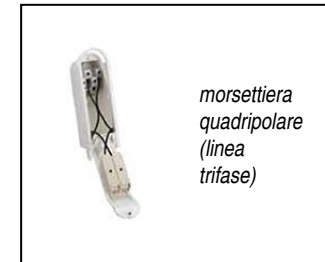
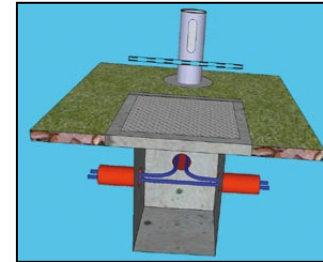
giunto di derivazione a resina poliuretanicola colata



giunto di derivazione con isolamento in gel silconico

Fonte delle illustrazioni di queste pagine: cataloghi Conchiglia e DNT S.r.l.

### Derivazione con morsettiere



morsettiere quadripolare (linea trifase)



morsettiere bipolare (linea monofase)



posa ad incasso nel palo



portello sporgente



portello filo palo

### Cassette di derivazione



cassetta di derivazione da parete o da palo in lega di alluminio



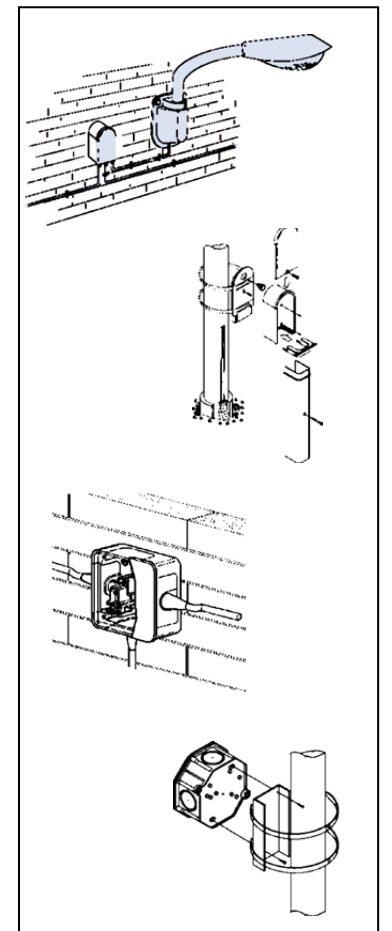
cassetta di derivazione da palo in vetroresina con tegolo



cassetta di derivazione da palo o parete in vetroresina



cassetta di derivazione da palo o parete in materiale plastico

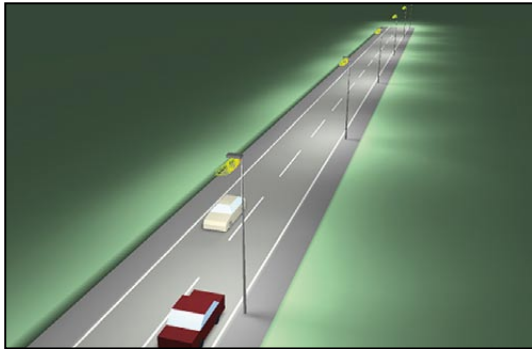




## SCHEDE DELLE DISPOSIZIONI DELLE SORGENTI LUMINOSE

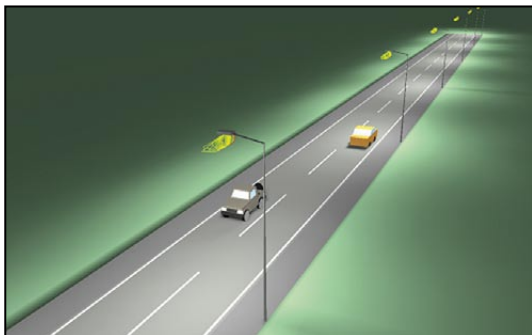
Nel seguito si riportano alcuni casi molto frequenti di disposizione dei punti luce sulle strade.

### Disposizione dei pali su un lato della carreggiata con soluzione "TESTA-PALO"



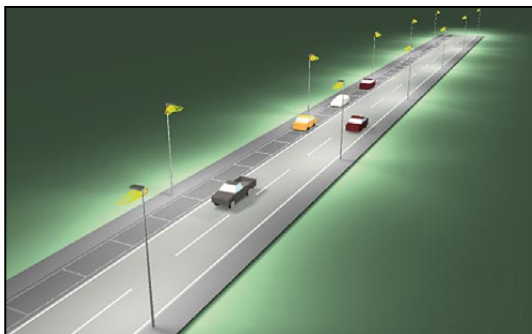
*Caso più frequente con soluzione TESTA-PALO e posizione adiacente al ciglio strada.*

### Disposizione dei pali su un lato della carreggiata con soluzione "con SBRACCIO"



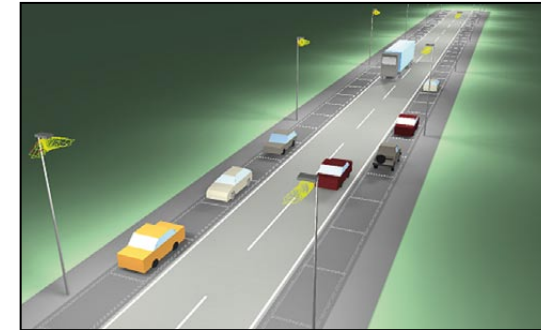
*Caso più frequente con SBRACCIO e posizione arretrata rispetto al ciglio strada.*

### Disposizione dei pali alternati (quinconce) sui due lati della carreggiata



*Strade di maggiore larghezza.*

### Disposizione dei pali contrapposti sui due lati della carreggiata



*Strade di larghezza rilevante.*

### Disposizione dei pali al centro delle carreggiate



*Strade di larghezza molto rilevante, tipicamente con doppia carreggiata.*



*Strade con doppia carreggiata, soluzione con SBRACCIO.*

**Disposizione dei pali sulla rotatoria e sulle strade di accesso**



*Rotatorie in ambito urbano.*

**Disposizione della torre faro al centro di una rotatoria**



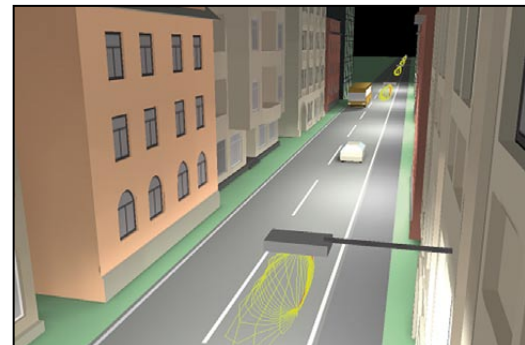
*Rotatorie in ambito extra urbano.*

**Disposizione mista con torre faro al centro di una rotatoria e pali sulle strade di accesso**



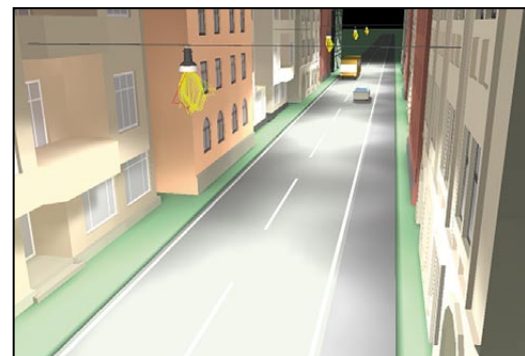
*Rotatorie con disposizione mista in ambito urbano.*

**Disposizione dei corpi illuminanti con sbraccio a parete**



*Strade e piazze cittadine, borghi e centri storici.*

**Disposizione dei corpi illuminanti sospesi al centro della carreggiata con funi d'acciaio (tesate) tra gli edifici**



*Strade e piazze cittadine.*

**Edito da:**

Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia

**Progetto e coordinamento:**

Matteo Mazzolini

**Contenuti:**

Roberto Bonanni, Michele D'Aronco, Matteo Mazzolini, Massimiliano Zampieri

**Grafica e layout:**

Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia

**Fonti di dati e prodotti:**

Elaborazioni illuminotecniche prodotte da APE con l'ausilio di software freeware

DIALux™ 4.11, OxyTech LITESTAR™ 10, RoadWizard™ Philips.

Rappresentazione dei dati geografici con l'ausilio del software open source Quantum GIS.

Corpi illuminanti, curve fotometriche e spettri del colore tratti dai cataloghi: Disano illuminazione, GEWISS, Gruppo Schröder; i Guzzini, Royal Philips Electronics, SBP Urban Lighting, Thorn Lighting.

Sostegni e torri faro tratti dai cataloghi: Carpal pali, CML pali, Ghisamestieri, PetrucciPali.

Morsettiere e accessori tratti dai cataloghi: Conchiglia, DNT S.r.l.

Regolatori di flusso luminoso ed alimentatori tratti dai cataloghi: ALINTEL, APF S.r.l.,

CEMEL, IREM, OTTOTECNICA, Reverberi Enetec, TRIDONIC, Umpi Elettronica.

Altre fonti: Cielobuio, Journal of the Illuminating Engineering Society, Light Research Center, Temno nebo.

Questo documento trae spunto da istanze emerse operando con le P.A. nell'ambito dei progetti FutureLights e CARSO-KRAS, finalizzati all'individuazione di strategie per il risparmio energetico dell'illuminazione pubblica e dotati di finanziamenti dal fondo europeo di sviluppo regionale e dai fondi nazionali nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Slovenia 2007-2013.

Settembre 2014

**Agenzia per l'energia del Friuli Venezia Giulia**

via Santa Lucia, 19 - 33013 Gemona del Friuli (UD)

tel. 0432 980 322 - [www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)



**APE**

**Agenzia Per l'Energia  
del Friuli Venezia Giulia**  
[www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)