

# ILLUMINOTECNICA E RISPARMIO ENERGETICO

## APPLICAZIONE AGLI AMBIENTI INTERNI

### **DIRETTIVA EUROPEA 2002/91/CE** **sul rendimento energetico in edilizia**

- ↳ miglioramento dell'efficienza energetica del sistema edificio – impianto
- ↳ introduzione dell'obbligo della certificazione energetica degli edifici

### **DIRETTIVA EUROPEA 2010/31/CE** **sulla prestazione energetica dell'edificio** **(rifusione della direttiva 2002/91/CE)**

- ↳ obiettivo 20-20-20 → entro il 2020:
  - ridurre i consumi energetici del 20%
  - ridurre emissioni di gas serra del 20%
  - aumentare la quota di energie rinnovabili del 20%
- ↳ tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno avere un consumo di “energia quasi zero”

## DPR 59/2009

**Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59**  
**Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del**  
**Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della**  
**direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia**

- ↳ nuovi valori limite rispetto al D.Lgs. 192:2005
- ↳ indice di prestazione energetica per riscaldamento
- ↳ limiti di legge per il raffrescamento (considerando esclusivamente l'involucro edilizio)
- ↳ norme UNI-TS 11300 come metodo di calcolo

## Leggi Regionali

- Lombardia (prima regione a rendere obbligatoria la certificazione energetica)
- Piemonte
- Emilia Romagna
- ....

## LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

DM 26 giugno 2009, pubblicato su GU n. 158 del 10-7-2009

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

[kWh/m<sup>2</sup>anno] *edifici residenziali*

[kWh/m<sup>3</sup>anno] *altri edifici*

EP<sub>gl</sub> = indice di prestazione energetica globale di un edificio

EP<sub>i</sub> = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

EP<sub>acs</sub> = indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria

EP<sub>e</sub> = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva

EP<sub>ill</sub> = indice di prestazione energetica per l'illuminazione



**non ancora definita la procedura di calcolo**

## **obiettivo: ridurre i consumi elettrici per illuminazione di ambienti interni**

- consumo elettrico annuale: **20-50 kWh/m<sup>2</sup>anno**

obiettivo: scendere sotto i **10 kWh/m<sup>2</sup>anno** (IEA/ECBCS Annex 45:2010)

### strategie:

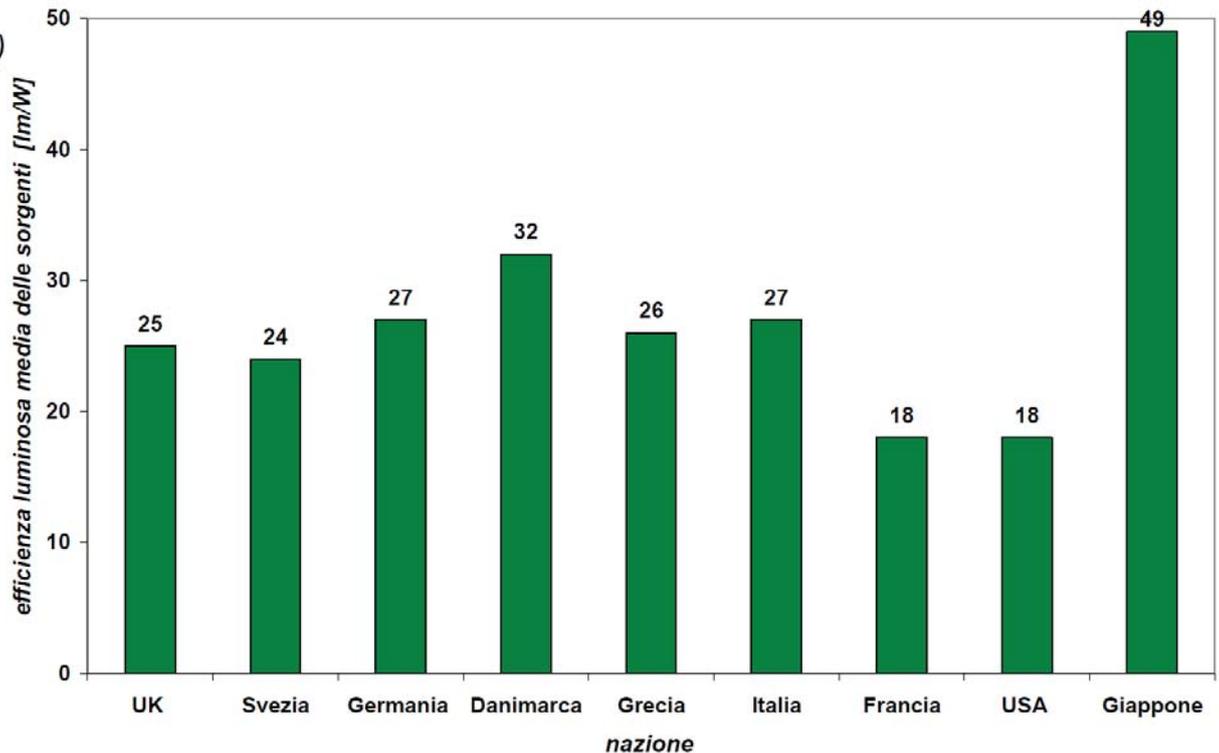
- massimizzare l'uso di **luce naturale**
- minimizzare la **potenza elettrica** installata
- utilizzare sistemi di illuminazione ad **elevata efficienza**
- utilizzare **sistemi di controllo** della luce naturale e artificiale
  - sistemi on/off
  - sistemi a dimmerazione in funzione della luce naturale presente in ambiente (fotosensori)
  - sensori di presenza/temporizzati

## **Illuminazione artificiale → consumi elettrici dipendono da vari fattori**

- Efficienza luminosa delle sorgenti luminose
- Rendimento degli apparecchi di illuminazione
- Consumo degli ausiliari per l'alimentazione delle sorgenti
- Tempo e modalità di utilizzo degli impianti
  - Sistemi di controllo degli impianti di illuminazione artificiale e/o delle schermature solari
  - Profilo d'uso e comportamento dell'utenza

## Efficienza luminosa media delle sorgenti in diverse nazioni

(IEA/ECBCS  
Annex 45:2010)



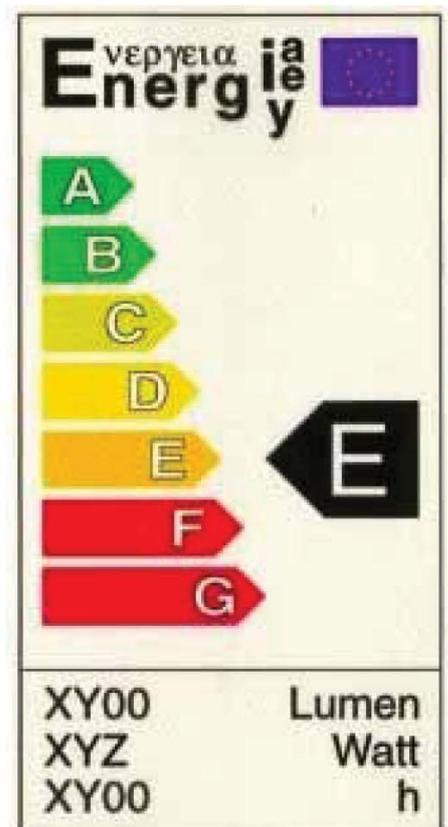
## ENERGY LABEL

Classificazione delle sorgenti luminose ad uso domestico in base all'efficienza luminosa

↳ **Direttiva Europea 98/11/CE**

Sorgenti luminose ad uso domestico devono essere "etichettate". Ad esempio:

- sorgenti fluorescenti e a risparmio di energia  
→ classi A, B
- sorgenti alogene → classe D (prevalentemente)
- sorgenti ad incandescenza → classi E, F



## SORGENTI FLUORESCENTI LINEARI: Sintesi delle prestazioni

**FLUSSO LUMINOSO** da 750 lm a 6200 lm

**DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO** da 70% a 90%

**INDICE DI RESA CROMATICA** Ra = Da 50 a 98

**TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA** TCC da 2700 K a 6800 K

---

**EFFICIENZA LUMINOSA** Da 40 lm/W a 104 lm/W

**DURATA MEDIA** Circa 10000 ore

---

**TEMPO DI ACCENSIONE E RIACCENSIONE** Alcuni secondi

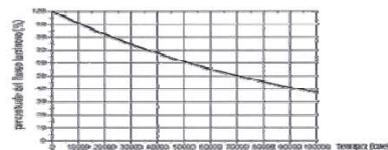
## SORGENTI LED (luce bianca): Sintesi delle prestazioni

### POWER led

**FLUSSO LUMINOSO [lm]**

da 66 lm a 500 lm

**DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO**



**INDICE DI RESA CROMATICA (Ra)**

R<sub>a</sub> > 70

**TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA [K]**

da 2700 K a 8300 K

---

**EFFICIENZA LUMINOSA [lm/W]**

da 50 a 100 lm/W

**DURATA MEDIA [ore]**

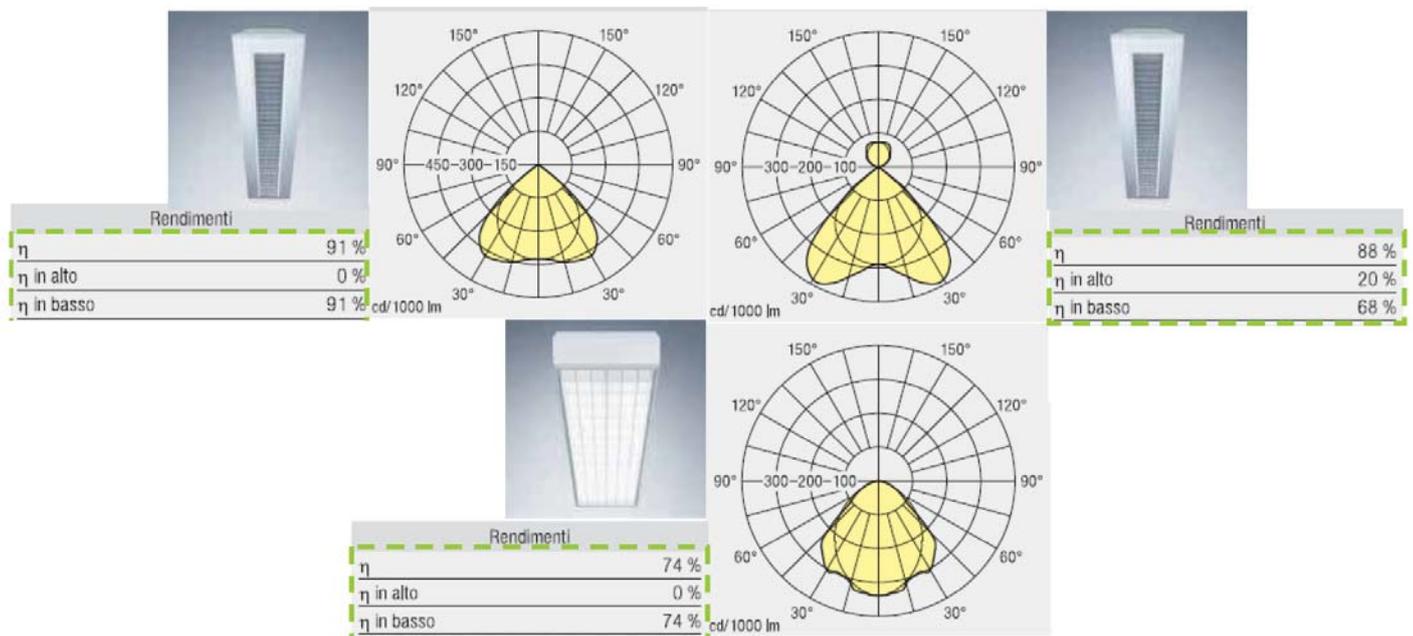
Da 20000 a 50000 ore

---

**TEMPO DI ACCENSIONE E RIACCENSIONE**

Immediato

# RENDIMENTO LUMINOSO DEGLI APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE



## METODO DI VALUTAZIONE

### UNI EN 15193/ 2008: ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS – ENERGY REQUIREMENTS FOR LIGHTING

- definisce un **indicatore annuale** per quantificare il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione artificiale per l'intero **edificio**

#### **INDICE LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)**

- fornisce un metodo di valutazione
- fornisce valori numerici di riferimento relativi ai requisiti energetici (edifici esistenti, nuovi e in ristrutturazione)

*in corso di revisione da parte del CEN e della CIE (CIE TC 3-52 “Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting”)*

**LENI**



$W / A$  [kWh/(m<sup>2</sup>year)]

- $W$  [kWh/ year]: energia totale, su base annua, consumata per l'illuminazione artificiale dell'edificio;
- $A$  [m<sup>2</sup>]: area totale dell'edificio.

**ENERGIA TOTALE  
SU BASE ANNUA**



$W = W_L + W_P$  [kWh/ year]

- $W_L$  [kWh/year]: **energia totale** annua, consumata per rispettare i requisiti illuminotecnici degli ambienti;
- $W_P$  [kWh/year]: **energia parassita**, su base annua, consumata per l'illuminazione di emergenza e per la condizione di standby dei sistemi di controllo.

## LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

DM 26 giugno 2009, pubblicato su GU n. 158 del 10-7-2009

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

[kWh/m<sup>2</sup>anno] *edifici residenziali*

[kWh/m<sup>3</sup>anno] *altri edifici*

$EP_{gl}$  = indice di prestazione energetica globale di un edificio

$EP_i$  = l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

$EP_{acs}$  = l'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria

$EP_e$  = l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva

$EP_{ill}$  = l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione

**ipotesi:**

$$EP_{ill} = LENI / \eta_{el} \text{ [LEED Italia 2009]}$$

con  $\eta_{el}$  = rendimento medio del sistema elettrico nazionale

# APPLICAZIONE AGLI AMBIENTI ESTERNI

**obiettivo: ridurre i consumi elettrici per illuminazione di ambienti esterni**

consumo elettrico annuale in Italia: 5% dei consumi di energie elettrica

## Strategie:

- ridurre la **potenza elettrica** installata riducendo i livelli di illuminamento in accordo con la norma *UNI 11248/2007*
- utilizzare sorgenti luminose ad **elevata efficienza** (a scarica, a LED)
- impiegare apparecchi di illuminazione ad **elevato rendimento** e migliorare il **fattore di utilizzazione**
- utilizzare **sistemi di controllo e gestione dell'impianto**
  - regolazione del flusso luminoso
  - accensione/spegnimento temporizzati
  - stabilizzazione della tensione di alimentazione
- applicare **Piani di Manutenzione Programmati**

## UNI 11248/2007: ILLUMINAZIONE STRADALE – SELEZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

Codice strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di riferimento	Codice strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di riferimento
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1	F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 del DM 6792/01)	70 - 90	ME3a
	Autostrade urbane	130			50	ME4b	
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME3a		Strade locali extraurbane	30	S3
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50			Strade locali urbane (tipi F1 e F2 del DM 6792/01)	50	ME4b
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a		Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE4
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	ME4a		Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE5/S3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 del DM 6792/01)	70 - 90	ME3a		Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE5/S3
	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b		Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni; ammessi gli altri utenti)	5	CE5/S3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME3a		Strade locali interzonali	50 30	
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a		Piste ciclabili D.M. 557/99	Non dichiarato	S3
		50			Strade art. 3.5 del D.M. 6792/01: strade a destinazione particolare	30	
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c				
	Strade urbane di quartiere						

## UNI 11248/2007: ILLUMINAZIONE STRADALE – SELEZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

### Parametri di influenza categorie di riferimento

Tipo di strada	Parametro di influenza							
	Flusso di traffico	Complessità del campo visivo	Zona di conflitto	Dispositivi rallentatori	Indice di rischio di aggressione	Pendenza media	Indice del livello luminoso dell'ambiente	Pedoni
A <sub>1</sub>	Massimo	Elevata	-	-	-	-	-	-
A <sub>2</sub>		Normale						
B								
C		-	Assente					
D								
E								
F		Normale	Assenti					
Piste ciclabili	-	-	-	-	-	<= 2%	Ambiente urbano	Non ammessi

## UNI 11248/2007: ILLUMINAZIONE STRADALE – SELEZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

### Variazione della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza

Parametro di influenza		Variazione categoria illuminotecnica	Non si applica a
Complito visivo normale		-1	A <sub>1</sub>
Condizioni non conflittuali			
Flusso di traffico <50% rispetto al massimo			
Flusso di traffico <25% rispetto al massimo		-2	
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali		-1	
Colore della luce	con indice di resa dei colori maggiore o uguale a 60 si può ridurre la categoria illuminotecnica	-1 <sup>*)</sup>	-
	con indice di resa dei colori minore di 30 si deve incrementare la categoria illuminotecnica	1	
Pericolo di aggressione		1	
Presenza di svincoli e/o intersezioni a raso			
Prossimità di passaggi pedonali			
Prossimità di dispositivi rallentatori			

\*) In relazione a esigenze di visione periferica verificate nell'analisi dei rischi.

# UNI EN 13201-2/2004: ILLUMINAZIONE STRADALE – PARTE 2: PRESCRIZIONI PRESTAZIONALI

## CLASSI DESTINATE AI CONDUCENTI DI VEICOLI MOTORIZZATI

### Categorie illuminotecniche serie ME

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L in cd/m <sup>2</sup> [minima mantenuta]	U <sub>0</sub> [minima]	U <sub>1</sub> [minima]	TI in %a) [massimo]	SR 2b) [minima]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	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

a) Un aumento del 5% del TI può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).  
b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

## SORGENTI VAPORI DI SODIO ALTA PRESSIONE: Sintesi delle prestazioni

**FLUSSO LUMINOSO** da 3400 lm a 13000 lm

**DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO** 70 %

**INDICE DI RESA CROMATICA** Ra = da 25 a 85

**TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA** TCC da 2000 K a 2500 K

**EFFICIENZA LUMINOSA** Da 68 lm/W a 130 lm/W (Ra=25)  
Da 37 lm/W a 50 lm/W (Ra >80)

**DURATA MEDIA** Da 10000 ore a 32000 ore

**TEMPO DI ACCENSIONE E RIACCENSIONE** Alcuni minuti (5 – 1)

## SORGENTI IODURI METALLICI: Sintesi delle prestazioni

**FLUSSO LUMINOSO** da 10000 lm a 200000 lm

**DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO** 60%

**INDICE DI RESA CROMATICA** Ra = da 60 a 95

**TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA** TCC da 2700 K a 6700 K

---

**EFFICIENZA LUMINOSA** Da 80 lm/W a 100 lm/W

**DURATA MEDIA** Da 4500 ore a 20000 ore

---

**TEMPO DI ACCENSIONE E RIACCENSIONE** Alcuni minuti (4 -10)

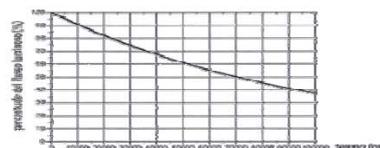
## SORGENTI LED (luce bianca): Sintesi delle prestazioni

### POWER led

**FLUSSO LUMINOSO [lm]**

da 66 lm a 500 lm

**DECADIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO**



**INDICE DI RESA CROMATICA (R<sub>a</sub>)**

R<sub>a</sub>>70

**TEMPERATURA DI COLORE CORRELATA [K]**

da 2700 K a 8300 K

---

**EFFICIENZA LUMINOSA [lm/W]**

da 50 a 100 lm/W

**DURATA MEDIA [ore]**

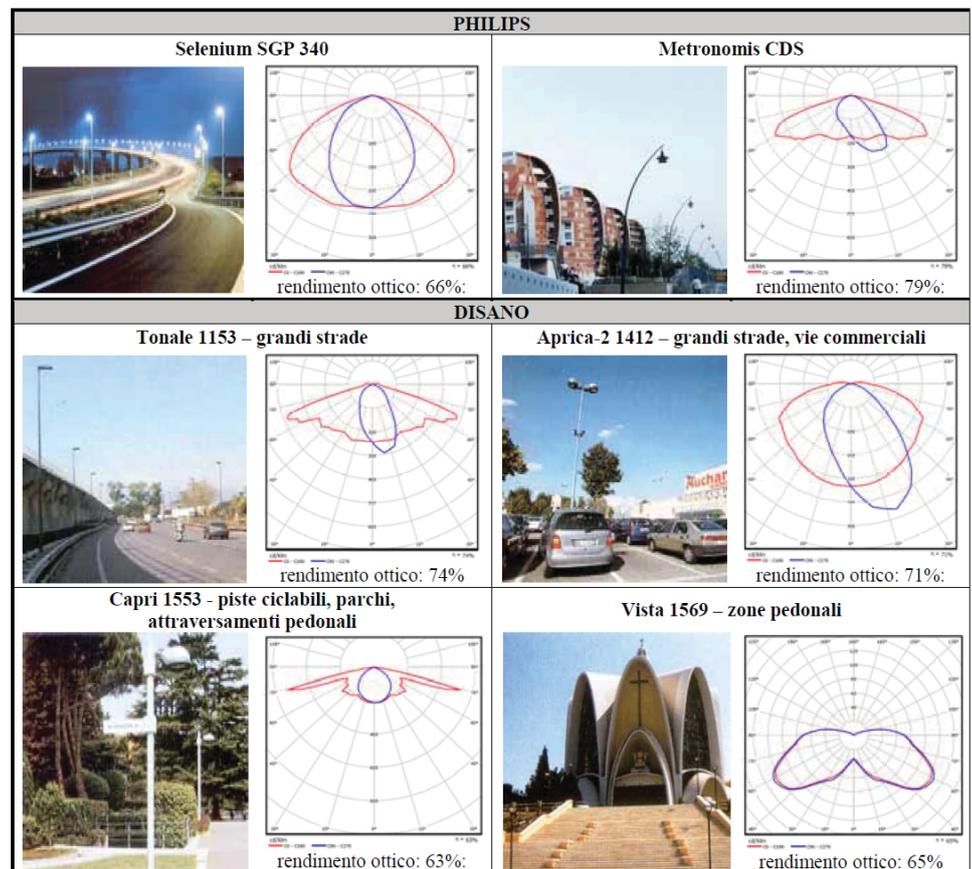
Da 20000 a 50000 ore

---

**TEMPO DI ACCENSIONE E RIACCENSIONE**

Immediato

# RENDIMENTO LUMINOSO DEGLI APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE



## CONTROLLO E GESTIONE DELL'IMPIANTO

- Programmazione **accensioni e spegnimenti** in base a orologio astronomico o in risposta al sensore crepuscolare
- **Regolazione del flusso luminoso** per singola sorgente o gruppi di sorgenti al fine di modificare le condizioni di esercizio dell'impianto in funzione delle esigenze
- **Stabilizzazione della tensione** di alimentazione per evitare sovratensioni e allungare la vita media delle sorgenti
- **Monitoraggio** in remoto attraverso **telecontrollo** per verificare in tempo reale lo stato di funzionamento dei singoli apparecchi di illuminazione → ottimizzazione dei *piani di manutenzione*

## **D.G.R. n. 1688 del 18/11/2013**

### **«Norme in materia di riduzione di inquinamento luminoso e di risparmio energetico»**

Si applica a tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica e privata e detta requisiti tecnici per sorgenti, apparecchi e impianti

**Definizione di Inquinamento luminoso:** ogni forma di luce artificiale che si disperde al di fuori delle zone a cui è funzionalmente dedicata e se orientata oltre la linea di orizzonte e/o induce effetti negativi conclamati sull'uomo o sull'ambiente.

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2014/inquinamento-luminoso-e-risparmio-energetico-ecco-la-nuova-direttiva-regionale>