

Regione Toscana – Giunta Regionale

Linee Guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna



*Attuazione D. G. R. T. n. 815 del 27/08/2004
"Delibera Consiglio Regionale n. 29/04-Scheda n. 17-
Programma per il finanziamento progetti in tema di
ecoefficienza energetica"*

Introduzione

La presente pubblicazione vuole essere una guida per gli Uffici Tecnici degli enti pubblici, le associazioni di categoria, le industrie, i progettisti di impianti di illuminazione esterna, gli installatori, le ditte che producono materiale illuminotecnico e, più in generale, per tutti quei soggetti che, a qualsiasi titolo e per qualsiasi motivo, abbiano la necessità o l'obbligo di realizzare o adeguare impianti di illuminazione esterna (ivi comprese eventuali insegne pubblicitarie).

La Regione Toscana ha inteso mettere a punto questo strumento informativo per promuovere i contenuti della Legge Regionale 21 marzo 2000, n°37 in modo da rendere evidente come sia possibile illuminare aree, spazi e manufatti esterni limitando al massimo il fenomeno dell'inquinamento luminoso e, nel contempo, contenere i consumi energetici e l'inquinamento ambientale, derivanti da un uso non razionale dell'illuminazione esterna, sia pubblica che privata.

La Regione Toscana ritiene infatti possibile illuminare correttamente, dove è necessario, favorendo al contempo:

- la realizzazione di buoni impianti che non disperdano luce verso il cielo (con spreco di energia);
- la scelta dei migliori sistemi per ridurre i consumi energetici;
- il mantenimento e la salvaguardia dell'oscurità del cielo notturno, in linea con le indicazioni contenute nella risoluzione approvata dall'Assemblea Generale dell'Unione Astronomica Internazionale (IAU), durante il meeting svoltosi nel 1997 a Kyoto (Giappone).

Obiettivi questi pienamente compatibili tra loro.

Il problema dell'inquinamento luminoso

Inquinamento luminoso

L'*International Commission on Illumination* (CIE) definisce inquinamento luminoso una generale luminescenza del cielo causata dalla dispersione di luce artificiale nell'atmosfera [1]. Di recente, la stessa CIE ha proposto una nuova definizione: inquinamento luminoso è un termine generico che indica la sommatoria di tutti gli effetti sfavorevoli dovuti alla luce artificiale [2].

La *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA) considera inquinamento luminoso qualsiasi effetto indesiderato dovuto alla luce prodotta dalle attività umane [3].

L'*International Dark Sky Association* (IDA) ritiene inquinamento luminoso qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno, al di fuori dagli spazi che è necessario illuminare, dovuta ad immissione di luce di cui l'uomo è responsabile [4].

In generale, l'inquinamento luminoso è una sorta di disturbo della percezione visiva dovuto alla dispersione di parte del **flusso luminoso**, emesso da una sorgente artificiale, il quale non raggiunge (o oltrepassa) l'area da illuminare assegnata al sistema (funzionalità) [3, 5].

Il flusso luminoso disperso è rappresentato da quella percentuale di luce diffusa a causa di un'inadeguata scelta delle ottiche o di un errato posizionamento delle apparecchiature di illuminazione.

L'inquinamento luminoso, essenzialmente dovuto ad un'eccessiva e/o inadeguata illuminazione notturna delle aree ad alta densità di popolazione, può anche dipendere: dall'uso di lampade con caratteristiche fotometriche inadeguate; dal flusso luminoso riflesso dalla superficie della strade verso la volta celeste; dai segnali luminosi intrusivi; dal non corretto controllo e manutenzione dei sistemi di illuminazione [6].

La luce artificiale, inquinando il cielo, contribuisce ad incrementare la sua naturale brillantezza per effetto dei fenomeni di dispersione (*scattering*) provocati dalle particelle sospese nell'atmosfera terrestre, ostacolando così l'osservazione dei corpi celesti.

Inquinamento luminoso: un problema serio ...

L'inquinamento luminoso ha molteplici effetti negativi sulla salute dell'uomo (disturbi del sonno, irritabilità, alterazione dei cicli circadiani, sicurezza stradale), sull'ambiente (alterazione della fotosintesi clorofilliana, comportamento animale e vegetale, depauperamento delle risorse energetiche) e sugli aspetti culturali e scientifici [7, 8, 9].

Il problema è serio anche se, fino a non molto tempo fa, difficilmente percepibile; non a caso i primi ad accorgersi degli effetti negativi sono stati gli astronomi e gli astrofili. La figura 1 mostra la crescita dell'inquinamento luminoso presso l'Osservatorio Astronomico di Asiago (VI) dal 1960 al 1995. La curva a tratti è di tipo esponenziale con un tasso di crescita del 10% [10].

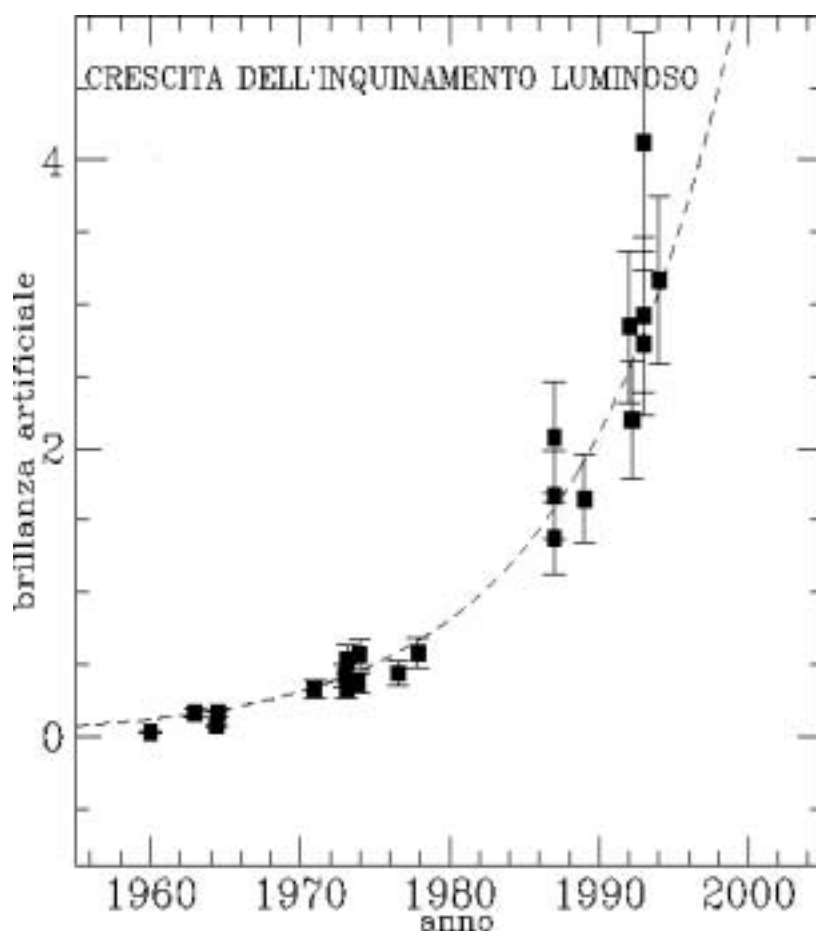


Figura 1 - Andamento della brillantezza artificiale del cielo notturno presso l'Osservatorio Astronomico di Asiago (VI) dal 1960 al 1995.

Il *Rapporto ISTIL 2001* [11] rivela che 2/3 della popolazione italiana ha perso la visione notturna della Via Lattea a causa dell'inquinamento luminoso. Mantenendosi l'attuale tasso medio di crescita dell'inquinamento luminoso, questa diventerà invisibile in tutto il territorio nazionale, a livello del mare, entro il 2025 (fig. 2).

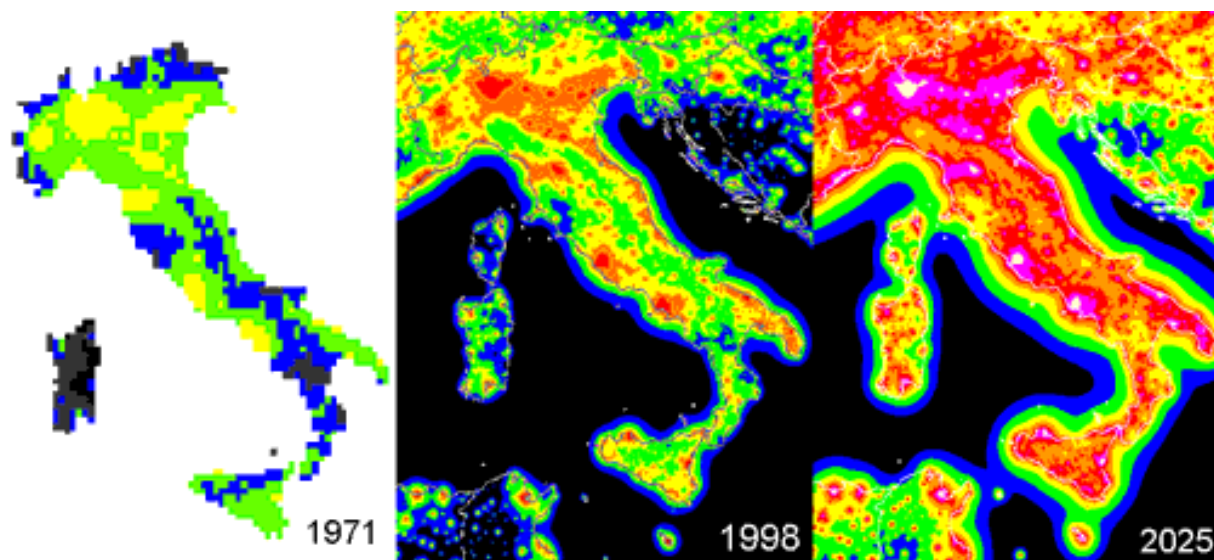


Figura 2 - Andamento della brillantezza artificiale del cielo notturno in Italia.

Non esistendo una legge nazionale che regola il settore della illuminazione esterna, pubblica e privata, si è assistito nel tempo ad una irrazionale e incontrollata crescita dell'illuminazione con la conseguente degenerazione in sistemi quali, ad esempio, i fari rotanti dei locali notturni (vietati dall'art. 23 del nuovo codice della strada, in quanto estremamente pericolosi per la viabilità), gli aerostati pubblicitari illuminati a giorno e i messaggi pubblicitari proiettati sul cielo.

La Toscana si è distinta fra le regioni italiane nel voler seriamente affrontare e regolamentare il problema dell'inquinamento luminoso anche dal punto di vista del risparmio energetico allo scopo di fornire regole al settore dell'illuminazione pubblica e privata e favorire, soprattutto, un risparmio sensibile da parte dei Comuni sulla tariffa energetica.

Recenti esperienze condotte a livello nazionale e regionale hanno infatti evidenziato, in modo inequivocabile, i riscontri positivi, in termini economici ed ambientali, derivanti dall'applicazione di adeguate norme per la prevenzione e la riduzione dei livelli di inquinamento luminoso [12, 13, 14].

Legge Regionale 21 marzo 2000, n° 37

Con la Legge Regionale 21 marzo 2000, n°37 "*Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*", la Regione Toscana ha inteso adottare norme finalizzate, non solo alla salvaguardia di una risorsa naturale e culturale, quale è il cielo notturno, ma anche promuovere forme di risparmio energetico derivanti dall'uso razionale degli impianti di illuminazione esterna, sia pubblici che privati.

La Legge è orientata alla predisposizione di adeguati strumenti di pianificazione e di regolazione, nonché di efficaci procedure, attraverso le quali perseguire gli obiettivi di prevenzione e riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico.

Di qui la scelta di incentrare le politiche regionali sul *Piano Regionale per la Prevenzione dell'Inquinamento Luminoso - P.R.P.I.L.* (art.5), che dovrà prevedere, tra l'altro, le norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e la gestione degli impianti di illuminazione esterna (in parte anticipate dalle presenti linee guida); i criteri definitivi per la individuazione delle aree di particolare protezione da applicare nelle zone di rispetto degli Osservatori e delle Stazioni astronomiche e nelle aree naturali protette ai sensi della Legge n°394/1991.

E' altresì previsto che il Piano regionale abbia efficacia di piano di settore: la sua approvazione comporta quindi, laddove siano previste prescrizioni e vincoli, l'automatica variazione degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, in corrispondenza alle prescrizioni e ai vincoli approvati.

Il secondo strumento individuato dalla legge è il *Piano Comunale della Illuminazione Pubblica* (art.6), cui è demandata la programmazione della realizzazione e della gestione degli impianti pubblici di illuminazione esterna, nel rispetto delle norme contenute nel P.R.P.I.L..

La legge prevede, tuttavia, misure minime e misure transitorie atte a ridurre l'inquinamento luminoso e lo spreco energetico anche nella fase intercorrente tra l'entrata in vigore della legge stessa e quella del piano regionale di settore.

Per tutti i Comuni sono stati stabiliti criteri tecnici provvisori per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti di illuminazione esterna riportati nell'Allegato C alla legge (art.11, comma 1).

In attesa che il P.R.P.I.L. definisca i criteri definitivi per la individuazione delle zone di protezione da applicare attorno alle Stazioni astronomiche, con deliberazione Giunta Regionale 2 aprile 2001, n°339, la Regione Toscana ha approvato la cartografia relativa alla perimetrazione delle zone di protezione attorno alle suddette strutture osservative, ai sensi della Legge Regionale n°37/2000 (art.9, comma 2).

In figura 3 si riporta la cartografia generale relativa alle zone di protezione previste dalla normativa regionale.

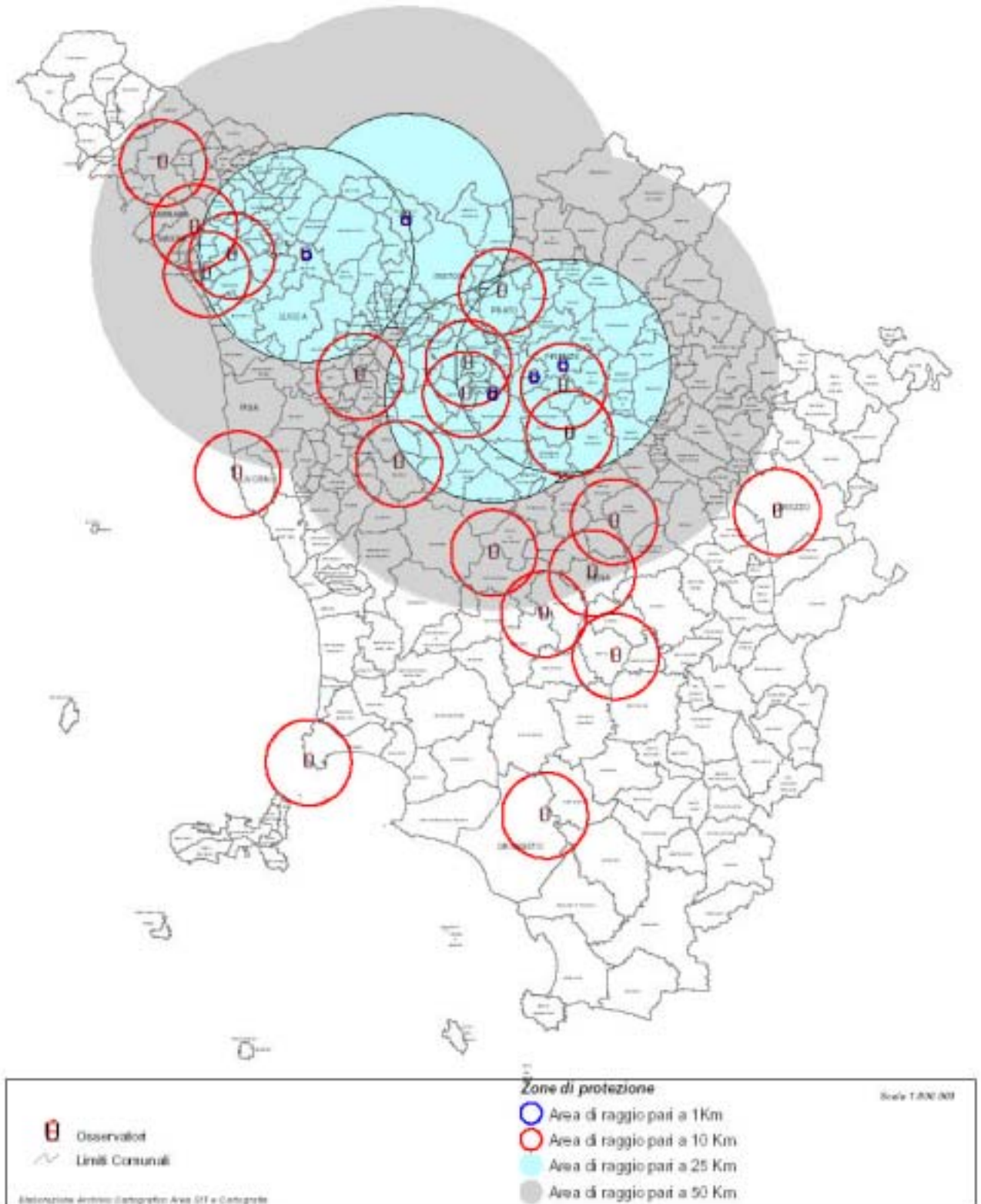


Figura 3 - Zone di protezione intorno alle stazioni astronomiche.

Riduzione dell'inquinamento luminoso: valorizzazione del territorio regionale e risparmio energetico

La Legge Regionale 21 marzo 2000 n°37 "*Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*" rappresenta il primo passo di un lungo percorso che consentirà di raggiungere, in tempi medio - lunghi, obiettivi di risparmio energetico, di razionalizzazione dei sistemi di illuminazione esterna, pubblica e privata, di prevenzione e riduzione dell'inquinamento luminoso.

Il passo successivo è rappresentato dal *Piano Regionale di Prevenzione dell'Inquinamento Luminoso* (P.R.P.I.L.), previsto dalla stessa Legge Regionale, con il quale si dovranno orientare e promuovere azioni finalizzate alla:

- a) riduzione dei consumi energetici, nonché l'innalzamento dei livelli di razionalizzazione di efficienza energetica degli impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati;
- b) riduzione dell'inquinamento luminoso sul territorio regionale e conseguentemente alla salvaguardia degli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno dei parchi e delle aree naturali protette;
- c) protezione delle stazioni astronomiche, in quanto patrimonio regionale, per tutelarne le attività di ricerca scientifica e divulgativa;
- d) valorizzazione, fatti salvi il diritto all'energia ed all'illuminazione, delle "zone buie", cioè delle aree del territorio regionale che mostrano attualmente bassi livelli di inquinamento luminoso, esaltandone il valore culturale, ambientale ed economico in rapporto anche al turismo di qualità.

L'importanza di sottoporre a disciplina normativa gli usi energetici da fonti di illuminazione esterna, pubblica e privata, emerge dalla lettura dei dati contenuti nell'annuale *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Toscana* [15], riportati in tab. 1, dai quali si evince come l'energia consumata per l'illuminazione pubblica sia aumentata, nel periodo 1995 - 2000, del 12,2%.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
EE Illuminazione pubblica (kTep)	23,7	24,5	25,1	25,6	26,2	26,6
Energia sprecata (kTep)	7,1	7,4	7,5	7,7	7,9	8,0
Energia sprecata (GWh)	82,5	85,8	87,6	89,4	91,5	92,8

Tabella 1 - Energia consumata per illuminazione pubblica ed energia sprecata verso l'alto (Toscana) (Fonte: ENEL, GRTN)

Anche la relazione allegata all' *"Accordo Volontario per la riduzione delle inefficienze energetiche tramite ESCO"*, accordo approvato dalla Giunta Regionale con atto n°1347 del 10 dicembre 2001, mostra l'importanza di questo specifico settore all'interno della struttura energetica regionale, rappresentando:

- uno dei settori più energivori: 305 milioni di KWh/a;
- il settore dove si prevede la più alta percentuale di risparmio sui consumi nei tempi di contratto stimati: 30% in 10 anni;
- il settore in cui si ottiene il più alto risparmio in termini economici: 8,5 milioni di € all'anno;
- il settore dove si ha il maggior "valore aggiunto" in termini ambientali: una riduzione di circa 66 mila t/a di anidride carbonica (circa il 34% del risparmio complessivo regionale valutato in circa 195 mila t/a).

Il P.R.P.I.L. si inserisce quindi all'interno di un quadro normativo e di mercato in continua evoluzione che vede nelle leggi quadro in materia di energia, nazionale e regionale, attualmente in fase di predisposizione, i suoi punti fondamentali.

La Regione Toscana, attraverso il Settore Energia della Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali, ha attivato le procedure per la stesura della Legge Regionale in materia di energia, all'interno della quale il P.R.P.I.L., configurandosi quale piano speciale orientato al raggiungimento di specifici obiettivi, entrerà a fare parte integrante del Documento di Indirizzo Programmatico in materia di Energia [16].

Indirizzi di carattere generale

La normativa regionale ha introdotto particolari restrizioni alle tipologie di lampade ed apparecchi da utilizzare per l'illuminazione di esterni. L'Allegato C alla L.R. n°37/2000 prescrive di *"impiegare preferibilmente sorgenti luminose a vapori di sodio ad alta pressione"* e di *"evitare sistemi di illuminazione a diffusione libera o che comunque emettano un flusso luminoso nell'emisfero superiore eccedente il 3% del flusso totale emesso"*, in tutti i casi di realizzazione di nuovi impianti di illuminazione.

Lampade ad alta efficienza (L.R. n° 37/2000 - Allegato C, punto 1)

Gli impianti devono essere equipaggiati con lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza, quali al sodio ad alta pressione, fatta eccezione per tutti i casi in cui risulti indispensabile un'elevata resa cromatica, in qual caso è possibile utilizzare lampade ad alogenuri metallici, fluorescenti compatte e al sodio a luce bianca purché risultino funzionali in termini di massima efficienza e minore potenza installata.

Lampade con la più elevata efficienza ed emissione, preferibilmente monocromatica (lampade al sodio ad alta e bassa pressione), sono vincolanti nelle zone tutelate.

Un fattore indicativo in questa scelta è rappresentato dal parametro **"efficienza luminosa"**, definito dal rapporto fra flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa (in lumen, lm) e potenza elettrica assorbita (in watt, W).

L'importanza di tale parametro è evidenziata in tab. 2, dove sono riportate le caratteristiche tecniche di alcune lampade ad alta efficienza (ST - MT) messe a confronto con una sorgente luminosa a ridotta efficienza, quale quella a vapori di mercurio.

IEC 1231 ILCOS L Code	ST - 70 (Sodio Alta Pressione)	MT - 70 (Alogenuri Metallici)	QE - 125 (Vapori di Mercurio)
Flusso luminoso (lm)	6500	6300	6300
Efficienza luminosa (lm/W)	93	88	50
Luminanza (cd/cm ²)	500	1350	10
Temperatura di colore Tc (°K)	2000	3000	3000
Indice di colore Ra	25	-	-

Tabella 2 - Caratteristiche lampade ad alta efficienza (ST - MT) a confronto con lampada a ridotta efficienza (QE)

I dati mostrano come l'efficienza luminosa delle lampade al sodio e agli alogenuri metallici sia più elevata, addirittura doppia, delle lampade al mercurio, cioè a parità di lumen emessi lampade al sodio e alogenuri metallici e consumano metà dell'energia.

Le lampade agli alogenuri metallici hanno inoltre la più elevata **intensità luminosa** per unità di superficie emittente; quindi, al fine di salvaguardare il paesaggio notturno, devono essere alloggiare in corpi illuminanti perfettamente schermati, installati con la corretta posizione di montaggio.

La sostituzione di sorgenti al mercurio in vecchi impianti con lampade al sodio ad alta pressione, di potenza adeguata, permette notevoli risparmi.

In tab. 3 sono riportati alcuni possibili casi di sostituzione.

Vecchia lampada	Nuova lampada	Incremento del flusso luminoso	Risparmio indicativo (W)
QE - 80W	ST - 50W	-6% (da 3600 a 3400 lm)	60%
QE - 80W	ST - 70W	+80% (da 3600 a 6500 lm)	14%
QE - 125W	ST - 70W	+5% (da 6200 a 6500 lm)	70%
QE - 125W	ST - 100W	+61% (da 6200 a 10000 lm)	25%

Tabella 3 - Sostituzione di lampade a ridotta efficienza (QE - Vapori di Mercurio) con lampade ad alta efficienza (ST - Sodio ad alta pressione).

Sistemi di illuminazione a diffusione libera o diffondenti o che emettono un flusso luminoso nell'emisfero superiore eccedente il 3% del flusso totale emesso (L.R. n° 37/2000 - Allegato C, punto 3)

L'arredo funzionale dei luoghi di illuminazione costituisce un altro punto fondamentale riguardo all'ottimizzazione dell'emissione luminosa. Quest'ultima si realizza studiando ed armonizzando i seguenti fattori:

- luogo da illuminare;
- tipo, altezza e distanza dei pali;
- tipo, potenza e numero delle lampade;
- tipo di apparecchi illuminanti;
- curve fotometriche;
- intensità luminosa necessaria sulla superficie ricevente.

Elemento discriminante è, in questo caso, il "coefficiente medio di emissione superiore Rn%", introdotto dalla norma UNI 10819 [17], definito come la sommatoria dei flussi luminosi dispersi dei singoli corpi illuminanti e la sommatoria dei flussi luminosi emessi:

$$Rn\% = [\sum(i:n) \Phi_i / \sum(i:n) \Phi_{it}]/100$$

dove:

n = numero dei corpi illuminanti;

Φ_i = flusso disperso dal singolo corpo illuminante;

Φ_{it} = flusso emesso dal singolo corpo illuminante.

Il coefficiente medio di emissione superiore è importante riguardo alle caratteristiche inquinanti ed energetiche dell'apparecchio illuminante: tanto più questo è elevato, tanto maggiore è l'energia dispersa verso l'alto.

Relativamente alle tipologie di apparecchi illuminanti in commercio, essenzialmente globi luminosi e lampioni, i valori medi stimati di R% sono stabiliti in:

Globi luminosi:

- rivolti verso l'alto 50 – 60%
- con alette frangiflusso rivolti verso l'alto 10 – 15%
- rivolti verso terra 10 – 15%
- con alette frangiflusso rivolti verso terra 10 – 15%
- schermati 3 – 5%

Lanterne:

- con vetro superiore e lampada in evidenza 35%
- con lampada in evidenza 10 – 15%
- schermate con lampada incassata (cut-off) < 1%

Lampioni:

- schermati paralleli al terreno su palo diritto con vetro di protezione piano (cut-off) 0,1 – 0,3%
- schermati inclinati di 5/10° su palo diritto con vetro di protezione piano 3%
- a coppa sporgente paralleli al terreno su pali diritti 2 – 6%
- con parabola a coppa sporgente su palo curvo 10 – 15%

Esistono in commercio globi schermati, ad esempio con una cupola superiore in rame, la cui particolare costruzione riduce l'inquinamento luminoso, migliora l'illuminazione e permette risparmi di energia elettrica (si può infatti utilizzare una lampada con potenza ridotta del 30 – 40%).

Se un globo con lampada al mercurio viene sostituito con un globo schermato e lampada al sodio, allora si raggiunge una riduzione della potenza pari al 60 – 70%.

Tuttavia, per le nuove installazioni, a causa dei valori di emissione, generalmente non conformi con quanto indicato per le "ottiche ornamentali", sono da evitare i sistemi a globo tradizionale, anche se di tipo schermato. Per eventuali adeguamenti di quelli esistenti si rimanda all'apposito paragrafo.

I classici lampioni a coppa sporgente in vetro o policarbonato disperdono il 2 – 6% della luce verso l'alto; la dispersione si accentua

quando il lampione è inclinato rispetto al piano di calpestio, raggiungendo punte del 10 - 15%.

I lampioni schermati (*cut-off* in lingua inglese) hanno l'ottica piana incassata, inoltre sono montati con una inclinazione, rispetto al piano di calpestio, di zero o pochi gradi. Le due soluzioni fanno sì che la dispersione di luce verso l'alto sia minore dell'1%.

Per quanto riguarda le ottiche *full cut-off* si noti che a livello internazionale le raccomandazioni CIE definiscono completamente schermati quegli apparecchi caratterizzati da valori massimi della intensità luminosa nell'emisfero superiore non superiori a 10 cd/klm, ammettono fino all'1% di flusso diretto verso l'alto (oltre i 90° rispetto alla verticale) del flusso totale emesso ed un valore non superiore al 3% per angoli compresi tra 80° e 90° [2].

La IESNA definisce, invece, ottica *fully shielded* quella di un apparecchio caratterizzato da valori massimi della intensità luminosa nell'emisfero superiore non superiori a 0 cd/klm (oltre i 90° rispetto alla verticale) e con un valore di flusso, per angoli compresi tra 80° e 90°, non superiori al 10% del flusso totale emesso [18].

Studi recenti del Department of Transportation hanno proposto una unificazione della definizione di ottica *full cut-off* che prevede un emissione di flusso luminoso diretto verso l'alto non superiore allo 0,1% ed una emissione per angoli compresi tra 75° e 90° non superiore al 4% [19].

Un requisito utilizzabile nella scelta del sistema di illuminazione è fornito dalla curva fotometrica.

Le curve fotometriche si ottengono intersecando la superficie fotometrica caratteristica di una sorgente luminosa con piani opportunamente scelti e, generalmente, sono espresse in candele per 1000 lumen (cd/klm).

Le curve fotometriche di un apparecchio di illuminazione sono misurate in laboratori accreditati e fornite, a richiesta, dal produttore che deve anche dichiarare le condizioni di installazione durante le operazioni di rilevazione (vale a dire, in particolare, inclinazione dell'apparecchio rispetto all'orizzontale, tipo e posizione della lampada, tipo e caratteristiche dell'eventuale ottica, tipo e caratteristiche del vetro di chiusura o altro materiale).

In genere nei cataloghi o nelle schede tecniche che accompagnano gli apparecchi di illuminazione sono presentate le curve fotometriche che si riferiscono a piani opportunamente scelti, assai diffuse sono le raffigurazioni relativi ai piani C-0/180 e C-90/270 secondo le notazioni CIE del sistema C-gamma (fig.4).

In figura 5 si riportano due esempi di figure fotometriche relative a diverse tipologie di apparecchi di illuminazione: una altamente inquinante con la tradizionale forma a globo (a sinistra), l'altra anti-inquinamento luminoso cut-off (a destra).

In entrambi i casi è sufficiente indicare una sola curva fotometrica poiché gli apparecchi mostrati presentano la stessa emissione luminosa in tutti i piani C-gamma (in questo caso il solido fotometrico è un solido di rotazione).

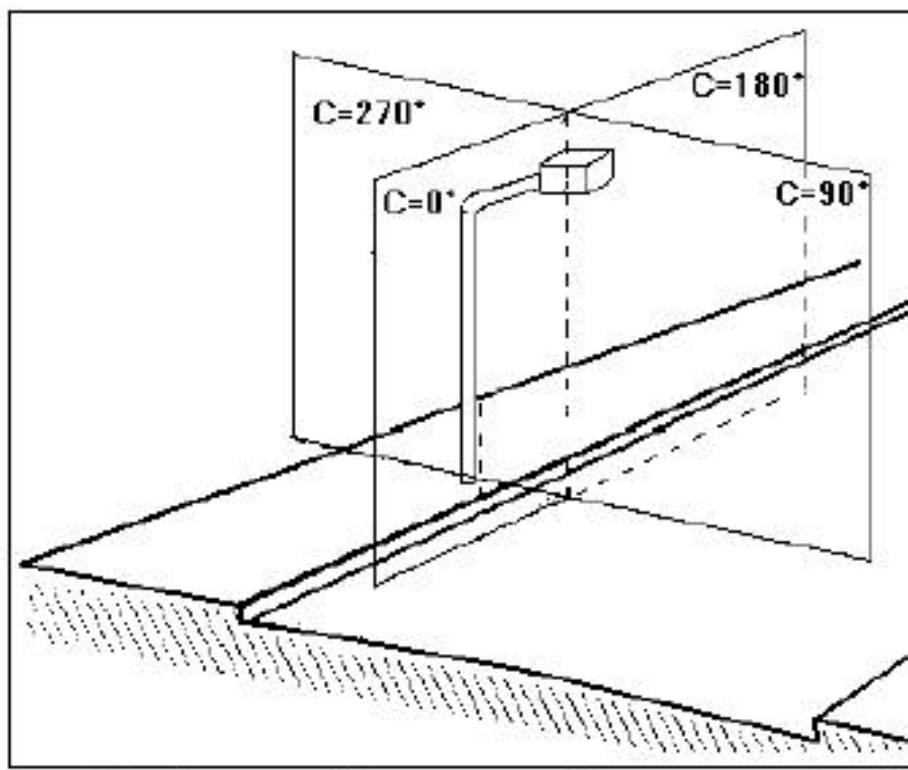


Figura 4 - Piani fondamentali utilizzati per le misurazioni di un apparecchio d'illuminazione.

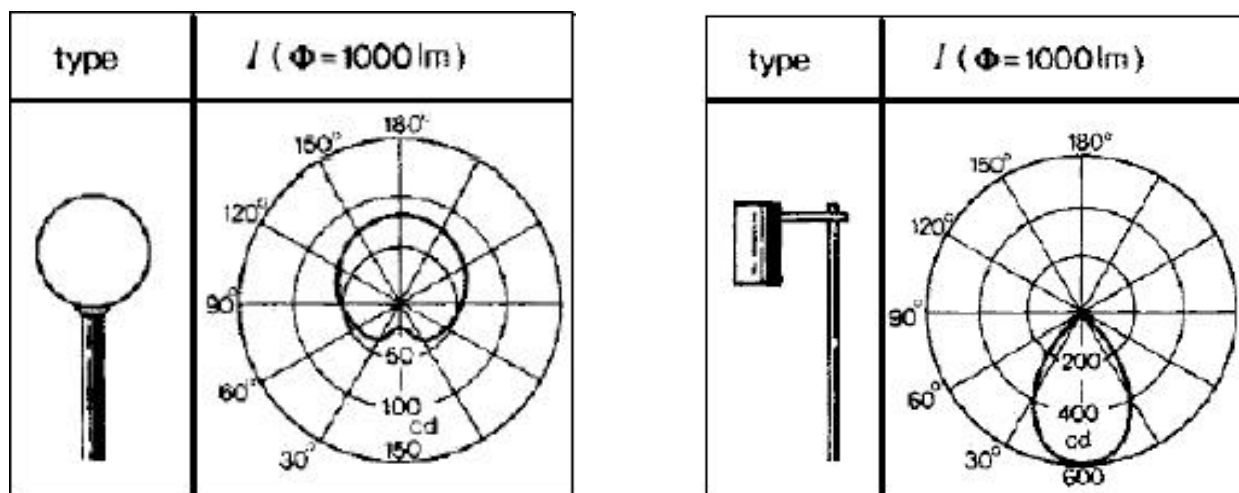


Figura 5 – Curve fotometriche di due tipologie di sistemi di illuminazione: globo luminoso (a sinistra) e lampione schermato (a destra).

In genere, per esempio nei casi di proiettori stradali o comunque quando gli apparecchi sono dotati di ottiche per emissione del flusso luminoso di tipo asimmetrico, è importante poter disporre delle curve fotometriche per ciascuno dei piani principali C-gamma per valutare nel dettaglio l'eventuale impatto che un dato apparecchio può avere sull'ambiente circostante.

Per rendere la misura più precisa, la curva fotometrica viene sempre accompagnata da una tabella che indica i valori esatti di intensità luminosa in funzione dell'angolo di emissione.

Per verificare la conformità di un apparecchio a quanto previsto dalla L.R. n°37/2000 è indispensabile possedere e verificare la tabella dei valori di **luminanza** relativi alla curva che si sta analizzando, in quanto spesso, livelli di luminanza bassi, possono non essere individuabili nella sola rappresentazione grafica della curva fotometrica.

Maggiore sicurezza si può avere richiedendo dati fotometrici certificati da enti terzi, come prescritto dalla normativa tecnica in materia [20], quale ad esempio per il marchio "Performance" dell'Istituto Marchio di Qualità Italiano (IMQ), che, come si può vedere dalla tab. 4, può essere utilizzato per verificare per valori di $\gamma > 90^\circ$ se l'apparecchio è conforme alla L.R. n°37/2000 .

C	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90
γ																											
0	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
10	186	186	187	188	190	190	190	190	191	190	191	192	192	193	193	193	195	195	195	194	194	194	193	193	193	193	188
20	177	177	179	182	184	187	188	191	191	192	194	197	198	200	200	199	202	203	203	194	195	194	192	190	185	184	182
30	160	163	168	173	176	181	185	186	190	194	200	204	206	214	214	212	214	211	207	206	196	192	180	184	173	169	173
35	150	154	160	167	171	176	180	183	187	195	201	209	212	215	215	215	215	211	207	200	196	186	180	178	165	160	167
40	130	144	152	158	164	170	176	180	178	193	194	204	207	210	210	223	227	227	210	196	185	177	173	169	155	150	158
45	125	134	146	155	157	160	165	171	178	186	193	200	210	225	225	230	236	236	219	201	186	174	168	162	150	142	155
47.5	116	123	134	145	151	159	163	169	178	191	196	201	215	230	230	240	257	257	237	205	186	169	163	157	142	135	145
50	106	114	127	136	142	140	157	166	176	188	198	210	221	235	235	256	284	284	284	211	182	162	152	147	133	126	136
52.5	96	104	120	128	135	142	151	162	173	187	200	215	231	240	240	279	309	309	282	217	173	157	146	140	128	120	128
55	90	99	113	121	126	135	143	155	166	180	197	215	235	245	245	303	334	334	285	223	173	150	142	136	121	114	121
57.5	82	83	104	114	120	128	133	139	153	165	184	210	241	255	255	325	352	352	282	225	163	142	134	130	112	106	114
60	76	84	96	106	110	117	120	126	140	155	175	207	250	263	263	340	364	364	284	225	161	138	128	122	104	95	106
62.5	68	76	86	97	101	107	110	114	128	145	168	199	254	267	267	346	341	341	277	223	161	134	122	105	97	85	97
65	62	68	80	90	94	99	104	110	121	138	156	190	218	257	257	359	393	393	263	222	159	127	114	100	91	77	90
67.5	53	63	73	83	87	92	96	102	115	134	152	179	210	247	247	346	350	340	231	227	150	117	106	93	85	71	83
70	36	47	67	74	78	82	85	91	104	126	150	177	204	241	241	324	343	333	200	215	134	101	87	84	76	65	74
72.5	10	29	50	59	65	71	74	77	93	115	142	168	190	219	219	312	320	270	164	188	111	80	52	60	51	51	59
75	5	8	19	29	35	43	47	65	66	97	120	151	160	168	168	279	275	185	51	144	59	33	41	34	22	27	29
77.5	2	4	6	7	9	11	12	12	20	38	60	82	80	77	110	188	124	44	8	86	17	7	8	8	5	14	7
80	0	1	3	4	4	5	8	6	7	7	8	11	12	13	20	85	13	6	4	27	9	3	7	2	1	2	4
82.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	4	13	5	3	1	5	2	1	1	1	1	1	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
90-180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 4 - Intensità luminosa (cd/klm) di apparecchio d'illuminazione tratto dai certificati "performance" dell'IMO.

La scelta di un particolare tipo di lampada e di un apparecchio di illuminazione con un'ottica interna, che distribuisca opportunamente il flusso luminoso emesso, può condizionare la geometria di installazione degli apparecchi influenzando il rapporto r definito da:

$$r = i/H$$

dove con i (m) è indicata la interdistanza tra due apparecchi successivi e con H (m) è indicata l'altezza del centro luminoso.

In tab. 5 sono riportati i valori di r generalmente adottati nella pratica in fase di progettazione preliminare per alcune disposizioni planimetriche degli apparecchi ed in tratti di strada rettilinei [21, 22].

Tali rapporti sono validi nel caso di disposizione unilaterale o a centri opposti in tratti rettilinei, per disposizione bilaterale alternata (a quinconce) si può assumere un fattore correttivo $\Delta = -0,3$.

Nei tratti in curva il rapporto i/H deve essere pari a 0,50 - 0,75 volte i valori indicati per i tratti rettilinei.

Tipo di lampada	r			
	Tipo di ottica			Proiettori asimmetrici
	Cut-off	Semi cut-off	Non cut-off	
Vapori di sodio a bassa pressione (lampada tubolare)	3	3,5	4	2,5
Vapori di sodio ad alta pressione (bulbo diffondente)				
Vapori di mercurio (bulbo diffondente)				
Vapori di sodio ad alta pressione (bulbo trasparente)	3,5	4	4,5	
Vapori di alogenuri metallici				

Tabella 5 - Valori di r in relazione al tipo di lampada ed al tipo di ottica adottata.

Il recente sviluppo della tecnologia nel settore dei corpi illuminanti ha permesso a taluni prodotti utilizzati nell'illuminazione stradale di tipo cut-off (conformi, quindi alle presenti Linee Guida) di raggiungere e superare il valore di interdistanza di 4.

Sistemi automatici di controllo e riduzione del flusso luminoso (L.R. n° 37/2000 - Allegato C, punto 5)

Nell'illuminazione di strade pubbliche o private o di piazzali o, comunque, di impianti che impegnino almeno 4 - 5 KWh è possibile l'impiego di riduttori di flusso i quali, consentendo la riduzione della tensione e la sua stabilizzazione, diminuiscono i consumi fino al 40 - 50% l'anno, con possibilità di raddoppiare la vita delle lampade e, quindi, con minori spese per la manutenzione ordinaria.

Detti dispositivi hanno un costo iniziale elevato (non sono quindi consigliati per le piccole utenze private), ma vengono ammortizzati in 2 - 3 anni a seconda dell'uso, risultando pertanto molto vantaggiosi per i comuni e per tutti i soggetti (pubblici e privati) che utilizzano impianti medio - grandi per tutta la notte.

In alternativa, per tutti i tipi di impianti, anche di potenza non elevata, se predisposti, si può procedere alla parzializzazione con spegnimento del 50% dei punti luce (alternandone il funzionamento) grazie all'uso di un timer dal costo irrisorio. In altri casi, può risultare utile impiegare impianti con cablaggio bi-potenza; in questo modo le lampade rimangono tutte accese ma, grazie al comando di un timer, dopo determinati orari lavorano a potenza ridotta.

Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna

Criteri tecnici comuni

Tutti gli impianti di illuminazione esterna, in fase di progettazione, appalto o installazione sono eseguiti secondo criteri "antiquamento luminoso con basso fattore di abbagliamento e a ridotto consumo energetico"

Ai fini delle presenti linee guida, sono considerate "antiquamento luminoso con basso fattore di abbagliamento e a ridotto consumo energetico" solo gli impianti che presentano le caratteristiche di emissione, espresse in cd/klm, di seguito riportate in base alle singole tipologie di utilizzazione ed equipaggiati con lampade al sodio ad alta e bassa pressione o, comunque, con rapporto lumen/watt non inferiore a 90.

In fig. 6 sono riportati alcuni esempi di prodotti che rispondono ai requisiti "antiquamento luminoso con basso fattore di abbagliamento e a ridotto consumo energetico", da utilizzare per la illuminazione di strade, vie secondarie, parcheggi, piazzali, zone residenziali.

In fig.7 sono riportati alcuni esempi di corpi illuminanti non rispondenti ai requisiti indicati nelle presenti linee guida e non a norma di Legge Regionale n°37/2000. Questa tipologia di prodotti non può essere utilizzata nel caso di nuove installazioni.

Al fine di ridurre ulteriormente il consumo energetico e l'inquinamento luminoso, gli impianti utilizzatori tali ottiche sono equipaggiati con i seguenti dispositivi in grado di ridurre la quantità di luce emessa, in misura non inferiore al 30%, dopo le ore 22,00 nel periodo di ora solare e dopo le ore 23,00 nel periodo di ora legale:

- a) riduttori di flusso luminoso;
- b) cablaggi bi-potenza ;
- c) orologi o dispositivi notte - mezzanotte.

Inoltre gli impianti esibiscono una luminanza media mantenuta delle superfici da illuminare non superiore ai livelli minimi previsti dalle normative di sicurezza, ovvero alle presenti linee guida, nel rispetto dei seguenti elementi di riferimento:

- a) calcolo della luminanza in funzione del tipo e colore della superficie;
- b) impiego, a parità di luminanza di apparecchi che conseguano impegni di ridotta potenza elettrica e condizioni ottimali di interasse dei punti luce;
- c) mantenimento su tutte le superfici illuminate, fatte salve diverse disposizioni connesse con la sicurezza, valori di luminanza omogenea non superiore a 1 cd/mq;
- d) orientamento su impianti a maggior coefficiente di utilizzazione;
- e) realizzazione di impianti a regola d'arte, così come disposto dalle Direttive CEE, normative nazionali e norme DIN - UNI - NF - ecc. assumendo a parità di condizioni i riferimenti normativi che concorrono al livello minimo di luminanza mantenuta.



Figura 6 - Esempi di prodotti cut - off da utilizzare per illuminare strade, vie secondarie, parcheggi e zone residenziali



Figura 7 - Esempi di corpi illuminanti non rispondenti ai requisiti delle presenti linee guida e non a norma di Legge Regionale n°37/2000. Non utilizzare questi prodotti per le nuove installazioni

Criteri per impianti specifici

Inclinazione di installazione

Le ottiche usate negli impianti stradali, parcheggi, ovvero nell'illuminazione di piazzali, grandi aree, zone industriali e commerciali, sono montate preferibilmente su pali dritti parallelamente alle superfici da illuminare o con inclinazione tale da non superare un'emissione di 5 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a 95° e oltre. Tali valori si riducono a 0 cd/klm a 90° e oltre nelle zone tutelate.

Le ottiche preesistenti sono adeguate ai criteri esposti mediante la sola variazione di inclinazione. come previsto nelle disposizioni per l'adeguamento degli impianti esistenti.

Apparecchi ad alte prestazioni oltre a permettere elevate interdistanze fra un apparecchio e l'altro, rispetto a quelle indicate in tab. 5, riescono inoltre a "spingere" adeguatamente il flusso luminoso

anche in direzione trasversale lungo il piano $C = 90^\circ$ tale da permettere di illuminare adeguatamente l'intera larghezza della carreggiata.

In figura 8 è riportato un apparecchio dotato di vetro piano orizzontale e fascio luminoso asimmetrico inclinato mediamente di $25^\circ - 30^\circ$.

Se l'apparecchio d'illuminazione ha una fotometria corretta e studiata ad alte prestazioni, è possibile soddisfare i requisiti minimi di sicurezza richiesti dalle norme tecniche e rispettare la L.R. n°37/2000, con interdistanze superiori a 4 volte l'altezza del sostegno.

Se invece il corpo illuminante è stato progettato con inclinazione del fascio (rispetto alla verticale) di pochi gradi, in figura 9 pari a 5° , e viene installato nelle stesse condizioni dell'apparecchio precedente, con vetro piano orizzontale, l'estensione trasversale del suo fascio luminoso non permetterà di illuminare la parte opposta della carreggiata con il conseguente mancato rispetto delle norme tecniche di sicurezza.

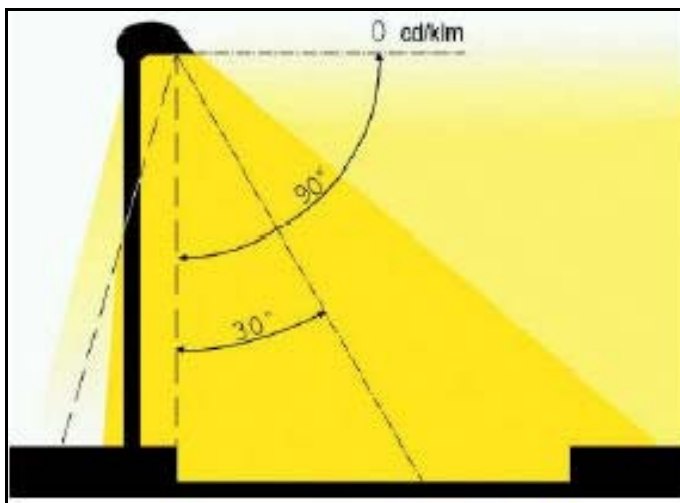


Figura 8 - Installazione conforme LR n°37/2000

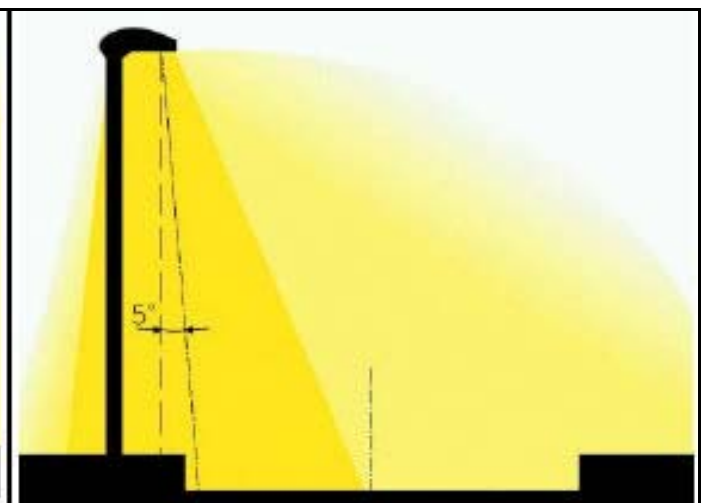
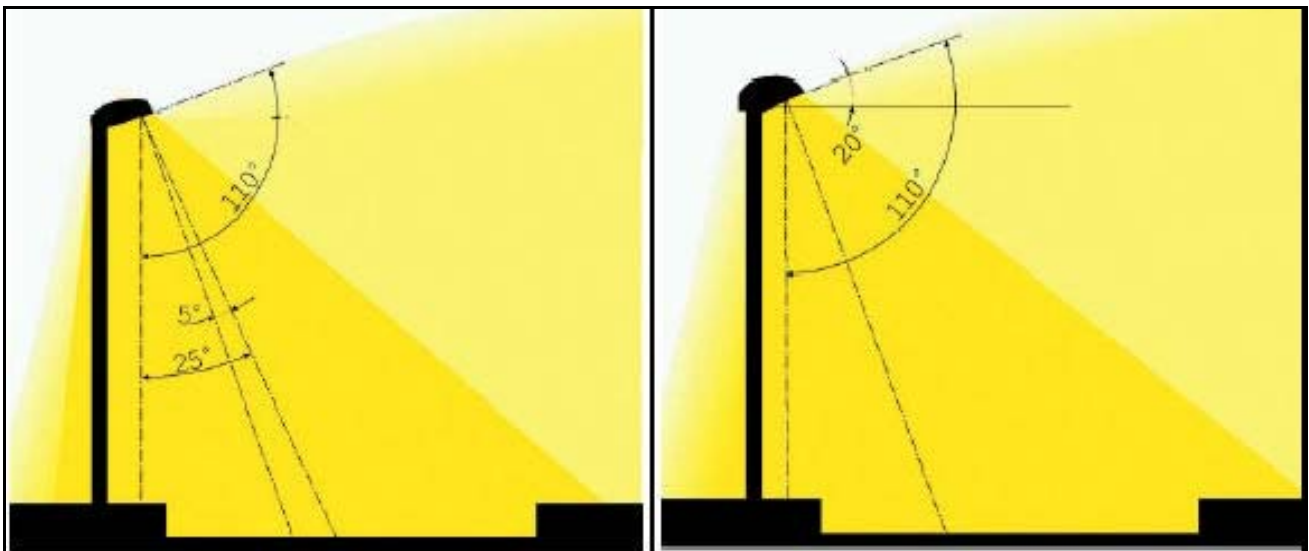


Figura 9 - Installazione non conforme LR n°37/2000

Per sopperire a questi inconvenienti spesso si varia l'inclinazione dell'apparecchio di illuminazione di valori sino a $25^\circ - 30^\circ$ ed oltre, per compensare la mancata inclinazione del fascio lungo la direzione trasversale. In questo modo il fascio di luce viene in parte inviato verso la volta celeste contravvenendo alle disposizioni previste all'Allegato C alla L.R. n°37/2000 (fig. 10).

Per inclinare un fascio luminoso poco inclinato, taluni apparecchi sono già dotati di vetri di protezione piani inclinati rispetto al corpo illuminante se quest'ultimo è posto in posizione orizzontale (fig.11).

Questa situazione si verifica quando la curva fotometrica non è corretta. Anche in questo caso l'intensità luminosa a 90° ed oltre diventa superiore a quella ammessa dalle presenti linee guida (5 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a 95° e oltre; 0 cd/klm a 90° e oltre nelle zone tutelate).



*Figura 10 - Installazione non conforme
LR n°37/2000*

*Figura 11 - Installazione non conforme
LR n°37/2000*

La situazione peggiora ulteriormente quando anche il sostegno o lo stesso corpo illuminante è inclinato. In tale situazione l'inclinazione del vetro piano si somma a quella del sostegno per incrementare l'angolo globale, con conseguente dispersione di luce verso il cielo (fig. 12).

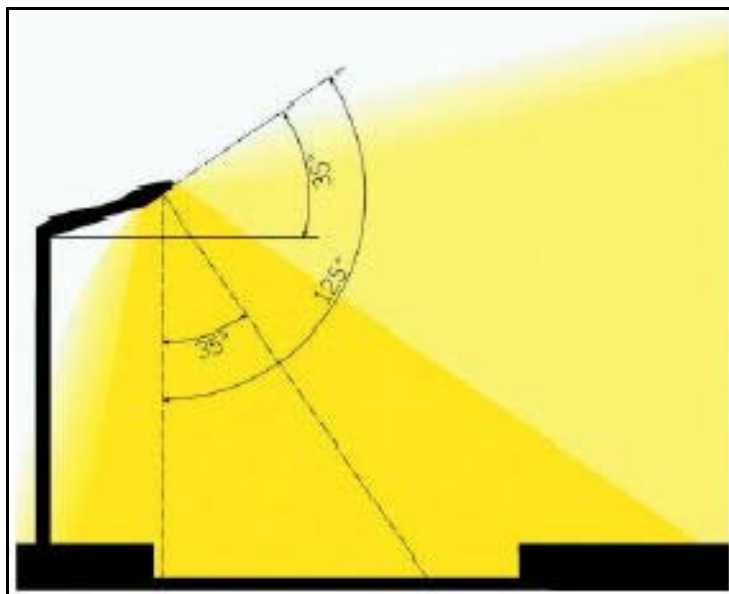


Figura 12 - Installazione non conforme LR n°37/2000

Illuminazione di strade a traffico motorizzato

In riferimento a quanto indicato al punto 2) dell'Allegato C alla L.R. n°37/2000, nell'illuminazione di strade a traffico motorizzato la luminanza media mantenuta non deve superare il livello minimo raccomandato dalla norme di sicurezza.

A livello nazionale la normativa tecnica di settore è limitata alla UNI 10439 sull'illuminazione di strade a traffico veicolare motorizzato [23]; la norma è stata recentemente aggiornata (luglio 2001) per l'armonizzazione con il nuovo Codice della Strada e le direttive relative ai Piani Urbani del Traffico [24, 25].

La norma UNI 10439 suggerisce parametri illuminotecnici di tipo quantitativo quali la luminanza media orizzontale del manto stradale L_m (cd/mq) e parametri di tipo qualitativo.

In tab. 6 sono riportati i valori minimi di L_m in funzione della classificazione delle strade e del tipo di traffico.

Classe	Tipo di strada ed ambito territoriale	Indice della categoria illuminotecnica	L_m (cd/m ²)	U_0	U_1	Tl (%)
A	Autostrade extraurbane	6	2	0.4	0.7	10
	Autostrade urbane					
B	Strade extraurbane principali	5	1.5	0.4	0.5	10
C	Strade extraurbane secondarie					
D	Strade urbane di scorrimento veloce	6	2	0.4	0.7	10
	Strade urbane di scorrimento					
E	Strade urbane interquartiere	5	1.5	0.4	0.7	10
	Strade urbane di quartiere					
F	Strade extraurbane locali	4	1	0.4	0.5	10
	Strade urbane locali interzonali	3	0.75	0.4	0.5	15
	Strade urbane locali	2	0.5	0.35	0.4	15
---	---	1	0.3	0.35	0.4	15

Tabella 6 - Prescrizioni illuminotecniche per strade con traffico veicolare motorizzato.

NB: nel caso di flussi orari di traffico inferiori al flusso massimo previsto per la classe di strada durante le ore notturne, ferme restando le condizioni di sicurezza generale, è possibile ridurre il valore L_m riducendo la categoria illuminotecnica come indicato dalla norma.

Tuttavia, in base all'art.1 della Legge n°186/1968, tutti gli impianti elettrici devono essere realizzati e costruiti a "regola d'arte".

Ai fini della definizione della "regola d'arte" è possibile fare riferimento alla Direttiva 83/189/CEE e al D.P.R. n°447/91, art.5.

Tali provvedimenti di legge specificano che devono considerarsi realizzati in conformità alla "regola d'arte" tutti gli impianti realizzati e costruiti secondo le norme UNI, DIN, NF, ecc.

E' possibile pertanto fare riferimento alla norma tedesca DIN 5044, quale valido strumento alternativo laddove la norma nazionale non fornisce adeguate indicazioni o non definisce il problema nella sua completezza.

In tab. 7 e in Tab. 8 si riportano i requisiti illuminotecnici delle strade a traffico motorizzato secondo la norma DIN 5044.

La classificazione delle strade risulta più facile ed intuitiva nelle descrizioni della norma tedesca, peraltro già adottata come riferimento in molti paesi europei e in alcune normative regionali italiane [26].

Spesso, infatti, l'incertezza di attribuzione di una strada ad una certa classe, secondo la norma UNI 10439, ha determinato la scelta del valore di luminanza di 2 cd/mq; nella DIN 5044 questa incertezza viene a

cadere, permettendo di utilizzare il livello di luminanza più adatto al tipo di strada.

Classificazione strada urbana DIN 5044	Intensità del traffico (veicoli/ora)			
	900	600	200	200
	Durata di superamento (ore/anno)			
	≥200	≥300	≥300	<300
Con spartitraffico con costruzioni ai lati, con traffico in sosta ai lati della/sulla carreggiata	2	2	1,5	1
Con spartitraffico con costruzioni ai lati, senza traffico in sosta ai lati	1,5	1,5	1	0,5
Con spartitraffico senza costruzioni ai lati, senza traffico in sosta ai lati	1	1	0,5	0,5
Con spartitraffico, strade principali con traffico pesante (velocità consentita >70km/h)	1,5	1	0,5	0,5
Con spartitraffico, strade principali (velocità consentita ≤70 km/h)	1	0,5	0,5	0,5
Classificazione strada urbana DIN 5044	Intensità del traffico (veicoli/ora)			
	600	300	100	100
	Durata di superamento (ore/anno)			
	≥200	≥300	≥300	<300
Senza spartitraffico con costruzioni ai lati, con traffico in sosta ai lati della/sulla carreggiata	2	2	1,5	0,5
Senza spartitraffico con costruzioni ai lati, senza traffico in sosta ai lati	2	1,5	1	0,5
Senza spartitraffico senza costruzioni ai lati, senza traffico in sosta ai lati	1,5	1,5	1	0,5
Senza spartitraffico, strade principali con traffico pesante (velocità consentita >70km/h)	1,5	1	0,5	0,5
senza spartitraffico, strade principali (velocità consentita ≤70 km/h)	1	1	0,5	0,5

Tabella 7 - Luminanza media mantenuta nelle strade urbane secondo la norma DIN 5044 (valori in cd/mq).

Classificazione strada Extraurbana	Intensità del traffico (veicoli/ora)		
	900	600	600
DIN 5044	Durata di superamento (ore/anno)		
	≥200	≥300	<300
Con spartitraffico, strade principali (velocità consentita >70km/h)	1,5	1	0,5
Con spartitraffico, strade principali (velocità consentita ≤70 km/h)	1	0,5	0,5
Con spartitraffico, autostrade (velocità consentita >110 km/h)	1	1	1
Con spartitraffico, autostrade (velocità consentita ≤110 km/h)	1	0,5	0,5
Classificazione strada Extraurbana	Intensità del traffico (veicoli/ora)		
DIN 5044	600	300	300
	Durata di superamento (ore/anno)		
	≥200	≥300	<300
Senza spartitraffico, fasce laterali, marciapiedi e piste ciclabili	1	0,5	0,5
Senza spartitraffico, con delimitazione della carreggiata, con marciapiedi e/o piste ciclabili	0,5	0,5	0,5
Senza spartitraffico strade principali con traffico pesante (velocità consentita >70km/h)	1	1	0,5
senza spartitraffico, strade principali con traffico pesante (velocità consentita ≤70 km/h)	1	0,5	0,5

Tabella 8 - Luminanza media mantenuta nelle strade extraurbane secondo la norma DIN 5044 (valori in cd/mq).

Impianti extraurbani

L'illuminazione di autostrade tangenziali, circonvallazioni è garantita con l'impiego, preferibilmente di lampade al sodio alta pressione; sono ammesse, ove possibile analoghe lampade al sodio a bassa pressione.

Ottiche ornamentali

Le sorgenti di luce altamente inquinanti come sfere, lanterne e similari, sono munite, da parte delle ditte fornitrici o dagli utilizzatori, di un'ottica adeguata in grado di schermare tutti i tipi di lampade esistenti sul mercato ed in grado di assicurare un'emissione massima non superiore a 10cd/klm a 90°, a 0,5 cd/klm a 120° e 0 cd/klm a 130° e oltre.

In ogni caso, dette ottiche non eccedono mai il valore massimo di dispersione nell'emisfero superiore del 3% del flusso totale emesso, nel caso di impianti preesistenti adeguati alle presenti disposizioni.

E' ammesso l'uso di lampade elettroniche a basso consumo purché rispondenti ai criteri e requisiti sopra indicati.

Nell'illuminazione residenziale di percorsi interni, vialetti di accesso, parcheggi interni, è possibile utilizzare segna passo e/o altri dispositivi di tipo totalmente schermato verso l'alto, preferendo l'utilizzo dopo le ore 22,00 e 23,00 nel periodo di ora legale, di sensori di prossimità in luogo degli interruttori crepuscolari (fig. 13).



Figura 13 - Apparecchi da utilizzare per percorsi interni, segna passo ed illuminazione residenziale in genere.

Illuminazione di grandi aree

L'illuminazione di parcheggi, piazze, zone industriali, piazzali ed altre superfici è garantita con l'impiego preferibilmente di lampade al sodio ad alta o bassa pressione.

Gli impianti sono dotati di appositi sistemi di spegnimento o di riduzione della luminanza nei periodi di non utilizzazione o comunque, in ogni caso, dalle ore 22,00 e dalle ore 23,00 nel periodo di ora legale.

Nell'installazione di torri faro si deve prevedere una potenza installata inferiore, a parità di luminanza delle superfici illuminate, a quella di un impianto con apparecchi tradizionali, ovvero se il fattore di utilizzazione riferito alla sola superficie stradale superi il valore di 0,5.

Dette ottiche dovranno obbligatoriamente avere un'emissione non superiore a 5 cd/klm a 90° e comunque non superiore a 0 cd/klm a 100° e oltre. Nelle zone tutelate il limite è di 0 cd/klm a 90° e oltre.

In ogni caso non sarà inviata luce al di fuori delle aree da illuminare.

Nelle figg. 14, 15 e 16 si riportano lo schema di funzionamento di proiettori simmetrici (a destra) e asimmetrici (a sinistra), un semplice metodo per schermare proiettori simmetrici e alcuni esempi di proiettori asimmetrici utilizzabili per illuminare grandi aree.

Nelle figg. 17 e 18 si riportano alcuni esempi di torri faro non schermate, quindi non conformi alla L.R. n°37/2000 e torri faro perfettamente schermate.

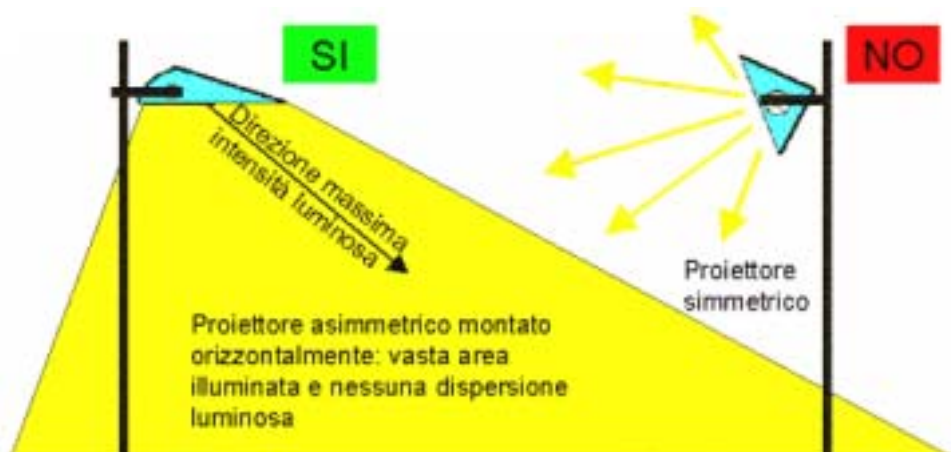


Figura 14 - Schema di funzionamento dei proiettori. La posizione di montaggio ottimale è a 0° rispetto al piano orizzontale, in questo modo non si ha dispersione di luce verso l'alto e si sfrutta la massima funzionalità del corpo illuminante.

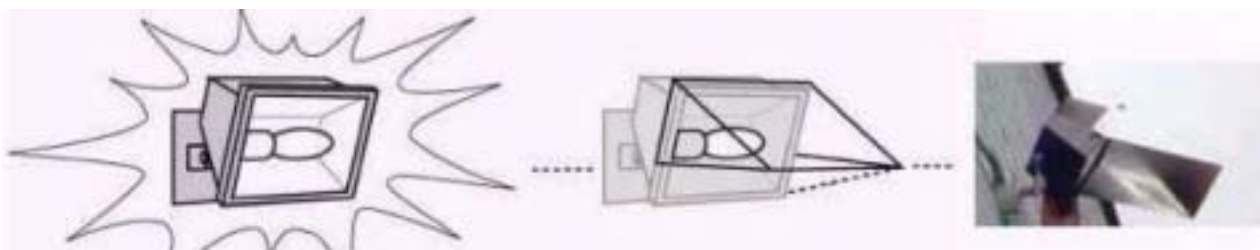


Figura 15 - Esempio di schermo facilmente realizzabile per proiettore di tipo simmetrico, con questo semplice metodo la dispersione verso l'alto e l'abbagliamento sono praticamente assenti.



Figura 16 - Esempi di proiettori asimmetrici per illuminare grandi aree.



Figura 17 - Torri faro non schermate, quindi non conforme alla L.R. n°37/2000.



Figura 18 - Esempi di torri faro perfettamente schermate, in questo caso la luce è diretta esclusivamente verso il basso, dove realmente serve.

Illuminazione di edifici e monumenti

Per l'illuminazione di edifici sarà utilizzata la tecnica "radente dall'alto", dando preferenza agli apparecchi posizionati sotto gronda o direttamente a parete.

In fig.19 sono riportati alcuni prodotti utilizzabili per tali generi di illuminazione.

E' prevista deroga nei casi di assoluta impossibilità di attuazione della stessa e, per soggetti di particolare e comprovato pregio architettonico.

In tal caso i fasci di luce rimarranno almeno un metro al di sotto del bordo superiore della superficie da illuminare e, in ogni caso, entro il perimetro della stessa, provvedendo allo spegnimento parziale o totale, o alla diminuzione della potenza entro le ore 22,00 nel periodo di ora solare e entro le ore 23,00 nel periodo di ora legale.

In fig. 20 sono riportati alcuni esempi di errata illuminazione di edifici, l'emissione deve essere rigorosamente controllata e indirizzata dall'alto verso il basso.

L'impianto utilizzerà ottiche in grado di collimare il fascio luminoso anche attraverso proiettori tipo spot o sagomatori di luce ed essere corredato di eventuali schermi anti dispersione.

La luminanza media mantenuta non supera quella delle superfici illuminate nelle aree circostanti, quali strade, edifici o altro e, in ogni caso, essere mantenuta entro il valore medio di 1 cd/mq.

Per gli edifici privi di valore storico e per i capannoni industriali sono da preferire le lampade ad alta efficienza, quali quelle al sodio ad alta e bassa pressione; in alternativa possono essere utilizzati impianti dotati di sensori di movimento per l'accensione degli apparecchi per l'illuminazione di protezione. Sono da prevedere, altresì, sistemi di controllo che provvedano allo spegnimento parziale o totale, o alla diminuzione di potenza impiegata, entro le ore 22,00 nel periodo di ora solare e entro le ore 23,00 nel periodo di ora legale.

Non è compatibile con quanto previsto dalla Legge regionale n°37/2000 l'illuminazione (per fini ornamentali, pubblicitari e di qualsiasi altro genere) di ogni elemento naturale del paesaggio.

Non è altresì compatibile l'utilizzo di corpi illuminanti che per dimensioni, emissione luminosa, numero ed uso improprio degli stessi, possono originare un visibile impatto sul territorio particolarmente dissonante con i livelli ed il genere di illuminazione presente nell'area.

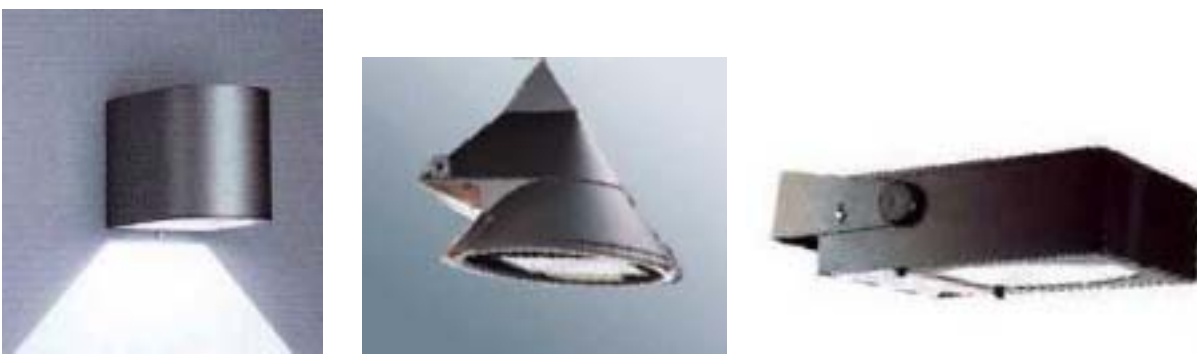


Figura 19 - Esempi di prodotti utilizzabili per illuminazione a parete o sotto gronda.

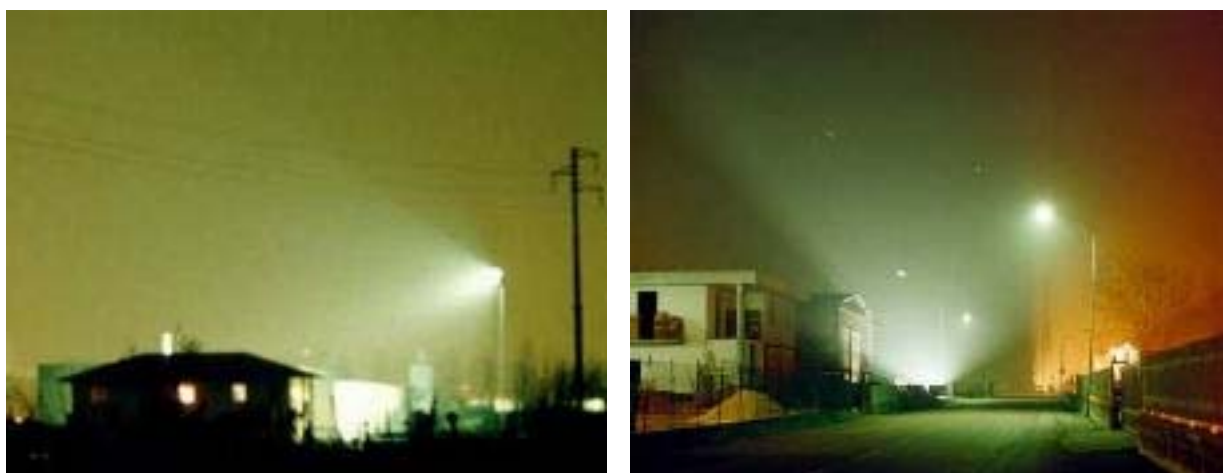


Figura 20 - Esempi di errata illuminazione di edifici, l'emissione deve essere rigorosamente controllata e indirizzata dall'alto verso il basso.

Illuminazione impianti sportivi all'aperto

L'illuminazione di impianti sportivi all'aperto, operata con fari, torri - faro e proiettori, è realizzata nel rispetto delle indicazioni generali di cui ai ***Criteria tecnici comuni*** e ***Criteria per impianti specifici***, paragrafo relativo alla ***"Illuminazione di grandi aree"***.

La stessa deve essere garantita con l'impiego, preferibilmente, di lampade ad alta efficienza; ove ricorra la necessità di garantire un'alta resa cromatica, è possibile l'impiego di lampade agli alogenuri metallici.

Gli impianti sono dotati di appositi sistemi di variazione della luminanza in relazione alle attività effettuate quali: allenamenti, gare, riprese televisive ed altri. I proiettori sono di tipo asimmetrico, con inclinazione tale da contenere la dispersione di luce all'interno dell'area destinata all'attività sportiva.

Per gli impianti sportivi di grandi dimensioni, nel caso di riprese televisive, è possibile utilizzare oltre ai proiettori asimmetrici, proiettori a fasci concentranti comunque dotati di schermature per evitare la dispersione di luce al di fuori delle aree designate oltre angoli di 90°, comunque non oltre il 5% il flusso luminoso emesso dai corpi illuminanti.

Per le piste da sci, in riferimento a quanto contenuto nella Legge Regionale n°37/2000, è fatto divieto la loro illuminazione entro un raggio di 10 Km da un osservatori e stazioni astronomiche professionali; in ogni caso, deve essere limitata al massimo la dispersione di luce oltre la pista medesima; il calcolo della luminanza deve essere correlato all'elevato

indice di riflessione del manto nevoso. Gli impianti devono essere spenti entro le ore 21,00.

In fig. 21 si riportano alcuni esempi di illuminazione di impianti sportivi di piccole e medie dimensioni.



Figura 21 - Esempi di corretta illuminazione di impianti sportivi di piccole e medie dimensioni

Illuminazione insegne commerciali

Le insegne commerciali non dotate di luce propria sono illuminate dall'alto verso il basso e la luminanza massima ammessa, per tutti i tipi, non deve superare le 5 cd/mq (fig. 22).

Le insegne dotate di luce propria sono incassate o protette da appositi dispositivi atti a limitare la dispersione di luce verso l'alto. Per ambedue i tipi di insegna l'orario di spegnimento sarà alle ore 22,00 nel periodo di ora solare e alle ore 23,00 nel periodo di ora legale, fatto salvo per quelle di indispensabile e obbligatorio uso notturno.

Per gli esercizi che svolgono attività dopo gli orari indicati lo spegnimento sarà fatto coincidere con quello di chiusura al pubblico.

In alternativa, le insegne commerciali ovvero segnali indicatori, elementi di richiamo pubblicitario, ecc... non dotate di luce propria possono essere illuminate con barre al neon di bassa potenza, ovvero con barre luminose a led.

Tali dispositivi possono essere collocati nella parte retrostante nel caso di insegne e rilievo, oppure incassati ai bordi dell'elemento da illuminare. Detti sistemi, se correttamente utilizzati, consentono un controllo ottimale dell'inquinamento luminoso ed un notevole risparmio energetico rispetto all'utilizzo tradizionale di fari e possono essere impiegati anche

per porre in evidenza elementi di decoro nell'illuminazione di monumenti e di edifici.



Figura 22 - Esempi di insegne commerciali correttamente illuminate

Divieti

In riferimento a quanto previsto dalla Legge Regionale n°37/2000, è vietato in tutto il territorio regionale l'uso di fari fissi o roteanti e di qualsiasi altra struttura di richiamo luminoso (quali ad esempio i palloni aerostatici luminosi) e che disperdono la luce verso la volta celeste, per meri fini pubblicitari o di altro genere (vedi fig. 24).



Figura 24 - Esempi di proiettori e fari roteanti vietati dalla Legge Regionale n°37/2000 in tutto il territorio regionale

Disposizioni generali per l'adeguamento degli impianti esistenti

Per gli impianti di illuminazione pubblica e privata posti sul territorio regionale e non rispondenti ai requisiti previsti nelle presenti linee guida, ovvero alle disposizioni transitorie previste all'Allegato C alla Legge Regionale n°37/2000, è richiesto l'adeguamento da attuarsi anche con la sola installazione di appositi schermi sulle armature, alla sostituzione dei vetri di protezione, dei cablaggi elettrici e delle lampade, alla schermatura dell'emisfero superiore del corpo illuminante, alla modifica di inclinazione delle sorgenti, ovvero ancora alla semplice rimozione dei vetri protettivi, purché si assicurino caratteristiche finali analoghe a quanto disposto e ne venga certificata la conformità alle norme di settore.

Ai fini dell'adeguamento, i Comuni dovranno predisporre piani triennali di spesa nei quali siano previste quote significative di ammodernamento degli impianti per l'adeguamento a quanto previsto nelle presenti linee guida.

Adeguamento di impianti esistenti

La normale procedura di adeguamento consiste nella totale sostituzione del corpo illuminante non conforme alle misure tecniche previste nelle presenti linee guida, con altro corpo illuminante in possesso dei requisiti

tecnici, indicati al paragrafo sui ***Criteri comuni*** e paragrafo sui ***Criteri per impianti specifici***.

In alternativa, nel caso di impianti non conformi, ma di recente installazione, si possono prevedere (nel rispetto delle norme di sicurezza elettriche) adeguate procedure di normalizzazione, previa verifica delle prestazioni illuminotecniche. A titolo esemplificativo, e non esaustivo riportiamo quelle maggiormente ricorrenti:

- a) ***Sostituzione cablaggio e lampada*** - La suddetta procedura é richiesta per variare il tipo di illuminazione, in modo da accrescerne l'efficienza e la compatibilità con i criteri antinquinamento luminoso, ovvero in modo da diminuirne anche la sola potenza, nei casi in cui si rileva un cospicuo spreco energetico.

- b) ***Modifica inclinazione sorgenti*** - La suddetta procedura é richiesta in tutti i casi in cui l'inclinazione anomala favorisce l'emissione di luce verso l'alto e al di fuori degli spazi dedicati; può essere effettuata manualmente negli impianti dotati di sistema di aggancio regolabile oppure con l'impiego di appositi accessori quali raccordi o snodi angolari, preventivamente certificati.

- c) ***Sostituzione vetri di protezione*** - Tale procedura é richiesta nei casi in cui il tipo di chiusura impiegata comporta un aumento ingiustificato dell'emissione di luce verso l'alto e al di fuori degli spazi dedicati.

- d) ***Schermatura emisfero superiore*** - Tale procedura è riservata, in modo particolare alle ottiche aperte ornamentali quali globi, sfere e lanterne particolarmente inquinanti. Può essere effettuata con l'apposizione di schermi nell'emisfero superiore del corpo illuminante, ovvero con la sola verniciatura, purché in grado di trattenere la luce ed evidenziare caratteristiche tecniche finali analoghe a quelle previste per tali genere di ottiche.

e) **Riduzione dell'intensità luminosa** - Con tale procedura si rispetta il punto 4 dell'allegato C della L.R. 37/2000 il quale prevede la riduzione dell'intensità luminosa nelle ore di minor utilizzo degli impianti.

Sostituzione cablaggio

Questa operazione è generalmente consigliata per la variazione dell'illuminazione con lampade ai vapori di mercurio a quella con lampade al sodio ad alta pressione. Con questa modalità, dato che le lampade al sodio presentano un'efficienza assai superiore, rispetto alle lampade al mercurio, otteniamo un risparmio energetico medio valutabile nell'ordine del 40%.

In tale procedura, al fine di evitare inutili sprechi energetici ed incrementare l'inquinamento luminoso, occorre considerare la maggiore efficienza delle lampade al sodio rispetto a quelle al mercurio.

Pertanto, a titolo esemplificativo, si consiglia la sostituzione dei cablaggi 125 W mercurio con quelli a 70 W sodio alta pressione e la sostituzione dei cablaggi 250 W mercurio con quelli a 100 e 150 W sodio alta pressione.

Per effettuare l'operazione suddetta è necessaria la sostituzione dell'alimentatore, dell'accenditore e, ovviamente, della lampada.

La procedura di sostituzione degli elementi del cablaggio può essere validamente utilizzata anche per ridurre la potenza, laddove si riscontrano impianti palesemente sovra dimensionati, che producono marcati fenomeni di inquinamento luminoso e conseguente spreco energetico.

Nella procedura di sostituzione delle lampade ai vapori di mercurio con quelle al sodio si consiglia di non utilizzare le lampade al sodio alta pressione con accenditore interno, in quanto, sebbene sia quasi praticamente assente la manodopera, il risparmio energetico conseguibile medio è solo del 10% ed, in molti casi si avrebbe un aumento ingiustificato della potenza e dei lumen emessi con conseguente incremento dell'inquinamento luminoso.

In più le lampade al sodio con accenditore interno sono costose e di difficile reperibilità e, generalmente, non sono compatibili con i riduttori di flusso.



Figura 25 - Elementi di cablaggio elettrico.

Sostituzione vetro di chiusura

L'elemento di chiusura, specie nelle armature stradali é determinante al fine di controllare la dispersione di luce verso l'alto e, quindi, l'inquinamento luminoso.

A tale scopo sono da preferire le chiusure realizzate in vetro piano temperato. Con l'utilizzo dei vetri piani viene minimizzato l'abbagliamento, pericoloso per la circolazione stradale, che é invece massimo nei lampioni con vetri sporgenti prismati.

Le chiusure sporgenti possono essere facilmente sostituite, dato che alcune case produttrici forniscono direttamente i vetri piani in alternativa a quelli curvi.

L'operazione di sostituzione consente, in molti casi, il recupero dell'efficienza in termini di flusso luminoso diretto a terra. Infatti, occorre considerare che le coppe sporgenti realizzate in materiali plastici quali policarbonato e simili, già dopo un anno di esercizio subiscono un processo di opacizzazione ed annerimento irreversibile, dovuto all'azione combinata di agenti atmosferici e smog, appunto responsabili di tale perdita di efficienza.



Figura 26 - Lampione stradale originariamente con coppa sporgente prismata sostituita con chiusura in vetro piano temperato.

I vetri piani, al contrario, non vanno incontro a nessun processo di invecchiamento molecolare e, in ogni caso, possono essere facilmente puliti.

Tale intervento può essere effettuato nei casi in cui l'interdistanza tra i punti luce è tale da consentire valori di luminanza conformi alle presenti Linee Guida ed alle norme tecniche di riferimento.

Recupero inclinazione ottimale

Un fattore fondamentale che determina l'aumento dell'inquinamento luminoso è l'inclinazione delle sorgenti.

In molti impianti vengono utilizzati pali a sbraccio curvi con angoli fino a 20° e anche più rispetto al piano orizzontale della strada. Tale caratteristica tecnica accentua gli effetti abbagliamento, pericolosi per la circolazione stradale e contribuisce ad inviare parte della luce anche all'interno delle abitazioni poste lungo le strade.

Nel caso di armature stradali obsolete non dotate di aggancio palo regolabile in altezza, ma ancora perfettamente funzionanti è possibile installare sul palo curvo preesistente appositi raccordi in tubo zincato con diametro finale di 60 mm., preventivamente certificati, riportando

l'inclinazione della sorgente luminosa a valori prossimi a 0° rispetto al piano orizzontale stradale.

Tale procedura di adeguamento é riservata ai lampioni stradali, tuttavia ricordiamo che può essere facilmente controllata e normalizzata, anche solo manualmente, l'inclinazione relativa a fari, torri faro, sorgenti luminose pertinenti impianti sportivi, grandi aree e monumenti.

Schermatura emisfero superiore

I globi e le sfere a diffusione libera e anche quelle in versione semi schermata (con alette frangiluce o differenziale interno) sono tra i peggiori sistemi per quanto riguarda l'efficienza luminosa per la percentuale di luce che rimandano verso l'alto (in alcuni casi fino al 60%) ben oltre il 3% previsto dalle attuali norme transitorie (Allegato C) della L.R. n°37/2000 - "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso". Sono molto diffusi, sia nell'illuminazione pubblica e, soprattutto in quella residenziale e privata.

La procedura di adeguamento consiste nella verniciatura dell'emisfero superiore del corpo illuminante ed é particolarmente efficace nel caso di sfere e globi realizzati in materiale trasparente o fumé, specialmente se equipaggiate con lampade di bassa potenza.

Occorre intervenire sul corpo illuminante in modo che la parte schermata sia almeno il 50% dello stesso, con una prima mano di colore chiaro metallizzato, al fine di dissipare eventuali accumuli di calore all'interno dell'ampolla e per accrescerne la funzionalità, in quanto tale processo aumenterà notevolmente la resa luminosa verso il basso. Successivamente, viene applicato un secondo strato di vernice nera, resistente per esterno, in modo da bloccare la dispersione luminosa verso l'alto.

La procedura é economica e, se realizzata a regola d'arte consente di limitare la dispersione luminosa entro valori del 3-4%, che possiamo definire ottimali, in raffronto ai valori originari di inquinamento luminoso prodotto da tali sistemi.

La medesima procedura, opportunamente adattata può dare ottimi risultati anche sulle lanterne a sospensione.



Figura 28 - Impianto con diffusori a sfere prima e dopo l'intervento di adeguamento. E' comunque vietato utilizzare questo tipo di corpi illuminanti per la realizzazione di un nuovo impianto.

Riduzione dell'intensità luminosa

La Legge Regionale n° 37/2000 impone la realizzazione di nuovi impianti capaci di limitare dopo le ore 22,00 e le ore 23,00 nel periodo di ora legale, l'intensità luminosa di almeno il 30%, consentendo così di ottimizzare i consumi in relazione all'effettivo utilizzo degli impianti.

Con tale procedura operiamo anche un'efficace riduzione dell'inquinamento luminoso dato che una buona parte di esso è determinata dalla riflessione delle superfici illuminate e che quindi, tale percentuale sarebbe inevitabile anche nel caso di realizzazione di impianti con dispersione 0% verso l'alto.

Tale riduzione può essere realizzata con vari sistemi quali la parzializzazione (spegnimento alternato al 50% dei punti luce) oppure la realizzazione di cablaggi con doppia potenza che necessitano di appositi alimentatori per lampade a scarica ed infine l'utilizzazione dei riduttori di flusso.

La parzializzazione dell'impianto può essere validamente utilizzata dove non sussistono particolari problemi connessi con l'intensità del traffico veicolare, mentre dove abbiamo la necessità di garantire la massima uniformità di illuminazione è preferibile utilizzare i cablaggi con doppia potenza oppure i riduttori di flusso.

Le ultime generazioni tecniche di tali apparati ne permettono l'installazione anche su impianti preesistenti ed ne esistono di vari generi e potenze. Possono ridurre linee trifase e monofase, possono ridurre linee con tutti i tipi di lampade ed, in alcuni casi anche con illuminazione mista (esempio linea con lampade sodio e lampade mercurio).

Tali dispositivi inoltre, possono funzionare su impianti collegati ma anche, nel caso di riduttori più economici anche a monte di singole linee.

In genere, il costo di acquisto può essere ammortizzato nel giro di 2 o 3 anni dal risparmio energetico conseguito con la riduzione dei consumi elettrici.

Glossario

Flusso luminoso

Il flusso luminoso rappresenta la quantità di luce od energia raggiante emessa da una sorgente nell'unità di tempo:

$$F = Q / t = \text{quantità di luce/tempo}$$

da cui si deduce che il flusso luminoso è una potenza (energia diviso tempo). L'unità di misura del flusso luminoso è il **lumen** (lm) che corrisponde al flusso luminoso emesso da una sorgente di luce puntiforme di intensità (I) pari ad una candela (cd) ed uscente dalla superficie di un metro quadrato di superficie sferica con raggio pari a un metro (steradiante).

Efficienza luminosa (delle lampade)

L'efficienza luminosa è pari al rapporto fra il flusso luminoso (lm) emesso da una sorgente luminosa e la potenza elettrica assorbita (*watt*, W):

$$E = F/P$$

L'efficienza luminosa si misura in lm/W; essa è una funzione variabile con il tipo di lampada.

Temperatura di colore

La temperatura di colore, la cui unità di misura è il **grado Kelvin** (K), ha come riferimento l'emissione del corpo nero o la curva di *Plank*.

La parte della radiazione visibile preponderante è funzione diretta della temperatura di colore "Tc", cioè tanto più grande è Tc tanto più si accentua la parte azzurra della radiazione, mentre per valori piccoli di Tc si accentua la parte rossa della radiazione visibile.

Ad esempio, la luce emessa da una lampada ad incandescenza ha T_c pari a circa 2.700 K, mentre la luce diurna a mezzogiorno presenta un valore di T_c pari a 6.000 K.

Indice di colore

La resa dei colori o resa cromatica è una valutazione qualitativa sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati ed è pari a:

- 1- ottimo
- 2- buono
- 3- soddisfacente

L'indice di colore "Ra" permette di ottenere una valutazione oggettiva riguardo alla resa di colore della sorgente luminosa emittente.

L'indice Ra è posto pari a 100 quando la sorgente emittente la luce ha lo stesso effetto della sorgente luminosa di riferimento.

L'indice di resa cromatica è funzione indiretta della differenza di resa dei colori, cioè tanto minori sono i valori di Ra tanto più grande è la differenza nella resa dei colori.

Un indice sui 50 può essere accettato in zone industriali ma l'indice deve essere ben maggiore laddove si debbono distinguere od individuare degli oggetti o loro particolari.

Intensità luminosa

L'intensità luminosa si calcola con la formula:

$$I = dF/dw$$

dove dF è il flusso luminoso in una direzione, emesso dalla sorgente luminosa all'interno di un piccolo cono e dw è l'angolo solido del cono stesso. In pratica l'intensità luminosa non è altro che la densità di flusso in una certa direzione. L'unità di misura dell'intensità luminosa è la **candela** (cd) e corrisponde all'intensità luminosa emessa da un corpo nero ad una temperatura di 1766 gradi centigradi (fusione del platino), alla frequenza di 540×10^{12} Hz, in direzione perpendicolare ad un foro di uscita con un'area pari a $1/600\,000$ metri quadrati sotto la pressione di 101,325 Pascal (1 Pascal è uguale ad 1 Newton diviso 1 metro quadrato).

Per semplificare la formula dell'intensità luminosa di cui sopra si può definire l'intensità luminosa media sferica (sfera di raggio pari a 1 metro) I_m di una sorgente ideale emettente lo stesso flusso della sorgente considerata, con una intensità identica in tutte le direzioni (isotropa):

$$I_m = F/4\pi$$

infatti la superficie di una sfera è data dalla formula $4\pi R^2$, da cui si può desumere che se I_m è pari ad 1 candela, il flusso luminoso emesso è pari a 12,56 lm. L'intensità luminosa è importante in quanto costituisce la parte fondamentale della curva fotometrica.

Luminanza

La luminanza è pari al rapporto fra l'intensità luminosa emessa in una certa direzione e l'area della superficie emittente perpendicolare alla direzione:

$$U = dI/dA$$

La luminanza si misura in cd/m^2 ; $1 cd/m^2$ equivale al flusso luminoso emesso per unità di angolo solido (intensità luminosa di 1 candela) entro un'area unitaria perpendicolare alla direzione del flusso luminoso. Nel caso che il flusso luminoso non sia perpendicolare alla superficie, allora bisogna dividere U per $\cos \gamma$, dove γ è l'angolo fra flusso ed ortogonale alla superficie.

La luminanza è importante in quanto deve essere sufficiente ed uniforme al fine di riconoscere il percorso, i pedoni ed eventuali ostacoli. Valori troppo elevati di luminanza delle sorgenti portano a abbassare il contrasto e quindi ad uno scarso riconoscimento dei pedoni od ostacoli. In pratica, la sensazione visiva dell'occhio umano, quando percepisce la luce direttamente emessa da una sorgente o riflessa da una superficie, è funzione della luminanza.