

PROVINCIA di TRENTO
COMUNE di SOVER



PRIC
PIANO REGOLATORE
ILLUMINAZIONE COMUNALE

Titolo Tavola

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Tavola N°

R2



etich-PRIC-sover.dwg

Aggiornamenti

-

Data

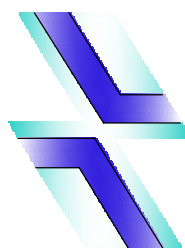
-

Scala

-

Il committente:

l'impresa:



**WALDHAUS
ENGINEERING**

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

—
dott. ing. CIRO ANGELO LEONARDELLI
ISCRIZIONE ALBO N° 1149

INGEGNERIA, ARCHITETTURA, URBANISTICA

Loc. Valt, 32 - fraz. Montagnaga - 38042 Baselga di Piné (TN)

Via Valmoena, 12 - 38033 Cavalese (TN) e-mail: ciroleonardelli@alice.it ciroleonardelli@simail.it tel./fax.: 0461 557884 - 3386687580

**PIANO DI INTERVENTO PER LA
RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO
LUMINOSO COMUNALE
del Comune di Sover**

1 - Premessa

Gli interventi proposti per gli impianti di illuminazione pubblica saranno tesi a una generale riqualificazione energetica in accordo con le linee guida richieste ed espresse nel protocollo di Kyoto per la riduzione di emissioni di gas serra, nonché con la politica espressa dalla Comunità Europea per promuovere l'illuminazione efficiente.

Il presente piano di intervento si basa sulla nuova normativa provinciale in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e fa riferimento alle più recenti tecnologie in ambito illuminotecnico.

La normativa vigente per la riduzione dell'inquinamento luminoso

Con l'approvazione della deliberazione della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009 e l'entrata in vigore del decreto del Presidente della Provincia del 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg. è stato definito il quadro normativo per l'attuazione della legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).

Si fa presente che sono entrati in vigore sia il Regolamento di attuazione della legge, sia il Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso. Quest'ultimo contiene le linee guida tecniche per la redazione dei piani comunali di intervento e per la progettazione dei nuovi impianti di illuminazione esterna e degli interventi di adeguamento degli impianti esistenti.

Il presente "Piano di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso comunale" (PRIC) viene redatto secondo le suddette linee guida e in conformità con la normativa vigente in Provincia di Trento.

Per inquinamento luminoso si intende ogni alterazione del livello di illuminazione naturale e, in particolare, ogni forma di dispersione di luce artificiale al di fuori delle aree a cui essa è destinata, soprattutto se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte.

La riduzione di tale forma di inquinamento può produrre benefici di tipo economico, limitando lo spreco di energia elettrica dovuto alla dispersione luminosa verso la volta celeste, ma anche ambientale andando a salvaguardare l'alternanza del giorno e della notte, fondamentale per uomini e animali (la produzione della melatonina, l'ormone che regola il meccanismo sonno-veglia, viene bloccata già con bassissimi livelli di luce). Non va, infine, sottovalutato un aspetto di tipo culturale, legato alla possibilità di osservare e studiare gli astri e la volta celeste, spesso impedita dall'eccessivo livello di illuminamento verso l'alto.

La progettazione di ogni tipo di impianto d'illuminazione deve, quindi, essere frutto di un progetto illuminotecnico accurato, atto a minimizzare le potenze impegnate e ad ottimizzare il numero di punti luce, limitando al massimo la dispersione dei fasci luminosi verso l'alto e verso zone che non hanno bisogno di essere illuminate.

La legge provinciale 3 ottobre 2007 - n. 16

La Legge provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007 contiene disposizioni per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici dovuti agli impianti di illuminazione esterna. Gli obiettivi sono la salvaguardia del cielo notturno e stellato quale patrimonio di tutta la popolazione ed il miglioramento dell'efficienza luminosa degli impianti, ivi compresi quelli di carattere pubblicitario. Vengono inoltre stabiliti dei criteri di progettazione e promosso lo sviluppo di azioni di formazione e sensibilizzazione in quest'ambito.

La Legge assegna alla Provincia un ruolo di coordinamento e stabilisce l'adozione di un piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso, entrato in vigore il 14 aprile 2010 e pubblicato come allegato della Legge n. 16 del 2007. Quest'ultimo contiene le linee guida per la predisposizione di piani comunali o sovracomunali per la progettazione e la realizzazione degli impianti di illuminazione esterna, nonché i criteri da seguire per il graduale adeguamento degli impianti esistenti a partire dai più inquinanti.

Le indicazioni contenute nel piano provinciale interesseranno gli impianti di illuminazione di qualsiasi tipologia (stradali, destinati all'arredo urbano, residenziali, eCc.), e si basano sui seguenti principi:

- l'illuminazione stradale e di arredo urbano deve essere effettuata con fonti luminose rivolte verso il basso;
- i livelli di luminanza devono essere conformi all'indice previsto dalle norme vigenti in funzione della tipologia di strada;

- negli impianti di illuminazione pubblica esterna devono essere utilizzate lampade ad alta efficienza;
- l'illuminazione di strutture pubbliche o di interesse pubblico va limitata temporalmente e quantitativamente all'effettiva necessità;
- deve essere vietato l'utilizzo di fari o fasci luminosi, fissi o semoventi, rivolti verso l'alto, fatti salvi motivi di interesse pubblico o casi previsti dalle norme vigenti.

Ai Comuni compete in particolare:

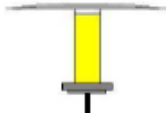
- l'adozione del piano comunale di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso entro un anno dalla data di approvazione del piano provinciale;
- l'adeguamento del regolamento edilizio con particolare riguardo alle modalità di installazione degli impianti luminosi;
- la promozione di campagne di sensibilizzazione sull'inquinamento luminoso;
- il censimento dei siti e delle sorgenti di rilevante inquinamento luminoso;
- la vigilanza, tramite controlli periodici, sul rispetto delle misure stabilite per gli impianti di illuminazione esterna dalla legge provinciale e dal regolamento edilizio.

La classificazione degli apparecchi luminosi e le caratteristiche richieste

Gli apparecchi di illuminazione vengono suddivisi in 5 classi a seconda del flusso disperso sopra il piano dell'orizzonte (vedi tabella 1). Gli apparecchi di classe A sono sempre ammessi, previa verifica effettuata mediante l'Allegato A del piano d'attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 – Soluzione conforme. Gli apparecchi di classe B sono invece ammessi solo previa verifica eseguita utilizzando l'Allegato B del piano stesso – Soluzione calcolata. Gli apparecchi di classe C e D sono sconsigliati e utilizzabili solo in casi particolari, sempre previa verifica effettuata per mezzo dell'Allegato B. Infine, gli apparecchi di classe E, ovvero quelli che presentano un flusso luminoso sopra l'orizzonte superiore al 30% del totale, sono sempre vietati. In generale, per quanto riguarda le caratteristiche delle fonti luminose per l'illuminazione stradale e l'arredo urbano, si precisa che:

- è preferibile presentino un'intensità luminosa al di sopra dell'orizzonte trascurabile (non superiore a 0,49 candele per 1.000 lumen);

- devono verificare i parametri presenti negli Allegati A e B della Legge Provinciale 16/07, ovvero l'indice di illuminazione disperso KILL e il coefficiente di efficienza normalizzato η ;
- devono garantire un livello minimo di luminanza media della carreggiata o del marciapiede che rispetti parametri di uniformità nella distribuzione della luce, (al fine di evitare l'alternarsi di zone eccessivamente illuminate e di zone buie).

1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso; tipicamente armature stradali con lampada recessa nel vano ottico superiore dell'apparecchio, proiettori asimmetrici.	 Classe A
	Apparecchi conformi e ammessi in ogni caso (Soluzione conforme – Allegato A)
2. <u>Apparecchi di classe B</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%; tipicamente le armature stradali con vetro ricurvo e coppa prismatica.	 Classe B
4. <u>Apparecchi di classe D</u>: comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.).	 Classe D
	Apparecchi ammessi solo per gli impianti non soggetti di cui al punto VIII o per alcuni impianti particolari (numeri 1 e 2 del punto VI)
	 Classe E Apparecchi vietati
3. <u>Apparecchi di classe C</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a 90° un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell' 1% e minore del 30%; tipicamente armature da arredo urbano con schermatura superiore, ottiche secondarie, frangiluce.	 Classe C
	Apparecchi sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)

Tab. 1 – Classificazione degli apparecchi di illuminazione

Gli incentivi provinciali in materia di illuminazione pubblica

La delibera della Giunta provinciale n. 1190 del 19 maggio 2010 riguardante gli incentivi per interventi di risparmio energetico e di produzione di energia da fonte rinnovabile prevedeva anche contributi per interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso e al miglioramento dell'efficienza degli impianti.

A titolo di esempio si riportano le schede del Bando 2011.

Sono in particolare ammessi a contributo gli interventi realizzati da privati e aziende e finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso ed al risparmio energetico in conformità alla Legge Provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007, al relativo regolamento di attuazione e alle linee guida indicate nel Piano Provinciale di intervento. Rientrano pertanto le spese per la sostituzione, il rifacimento, l'adattamento di lampade, corpi illuminanti, ottiche, regolatori di flusso luminoso, sistemi elettronici di controllo dell'accensione e dello spegnimento.

Viene altresì sovvenzionata la redazione di piani di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso, come previsti dalla stessa Legge Provinciale n. 16 del 2007, da parte dei Comuni. Per gli anni a venire si prevede che gli interventi individuati come critici dai piani vengano anch'essi ammessi a contributo.

Le schede tecniche seguenti sono relative ai contributi previsti rispettivamente per la redazione di piani di intervento e per la realizzazione di interventi, allegate alla delibera n. 876 del 6 maggio 2011.

SCHEDA N. 22			
TIPOLOGIA TECNOLOGIA: PIANI COMUNALI/SOVRACOMUNALI DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E PER L'ADEGUAMENTO DEGLI IMPIANTI PUBBLICI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA AI CRITERI TECNICI PREVISTI DALLA L.P n. 16/2007			
Sono ammesse a contributo le spese per studi relativi alla realizzazione dei Piani regolatori di illuminazione comunali o sovracomunali (di seguito PRIC) di cui alla legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16. I PRIC dovranno essere redatti tenendo conto delle prescrizioni della stessa l.p. n. 16/07, del relativo regolamento di attuazione (decreto del Presidente della provincia 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg.) e delle linee guida indicate nel Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso. In particolare, si ricorda che i PRIC devono comprendere gli impianti di illuminazione esterna sia pubblici che privati, inclusi quelli di illuminazione di impianti ed attività sportive all'aperto, di edifici storici e monumenti, nonché le insegne luminose con superficie illuminata superiore a 10 m ² .			
	SOGGETTI BENEFICIARI	PRIVATI	IMPRESE ENTI PUBBLICI (solo Enti locali)
1	AMMISSIBILITÀ	NO	NO SI
2	CUMULABILITÀ	Vedi punto 5.4 dei Criteri	
3	PERCENTUALE CONTRIBUTO	-	- 80%
4	CONTRIBUTO MINIMO/MASSIMO	€ 4.000,00 / € 100.000,00	

SPESA MAX AMMESSA (IVA inclusa)	
La spesa massima ammessa è calcolata con riferimento ai Punti Luce (PL) rilevati; per Punto Luce si intende il singolo corpo illuminante (su un singolo sostegno o palo possono essere installati più Punti Luce).	
≤ 250 PL →	30 €/ PL * P
250 < PL ≤ 500 →	7.500 € + 24 €/ PL * P1
500 < PL ≤ 1.000 →	13.500 € + 21€/ PL * P2
1.000 < PL ≤ 2.000 →	24.000 € + 18€/ PL * P3
2.000 < PL ≤ 5.000 →	42.000 € + 15€/ PL * P5
> 5.000 PL →	87.000 € + 12€/ PL * P6

SCHEDA N. 23				
TIPOLOGIA TECNOLOGIA: INTERVENTI E MISURE FINALIZZATE ALLA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO MEDIANTE IMPIANTI AD ALTO RENDIMENTO ENERGETICO				
Sono ammissibili gli interventi effettuati su impianti di illuminazione esterna esistenti finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso ed al risparmio energetico in modo conforme alla legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (di seguito "L.P.16/07"), al relativo regolamento di attuazione ed alle linee guida indicate nel Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso (di seguito "Piano provinciale"). Sono ammissibili unicamente le spese relative alla sostituzione, rifacimento, adattamento, inserimento delle seguenti tipologie di componenti: lampade, corpi illuminanti, ottiche, regolatori di flusso luminoso, sistemi elettronici di controllo accensione e spegnimento.				
	SOGGETTI BENEFICIARI	PRIVATI	IMPRESE	ENTI PUBBLICI
1	AMMISSIBILITÀ	SI	SI	NO
2	CUMULABILITÀ	Vedi punto 5.4 dei Criteri		
3	PERCENTUALE	30%	30%	-
4	CONTRIBUTO MINIMO	€ 1.000,00	€ 2.500,00	-
5	CONTRIBUTO MASSIMO	€ 20.000,00	€ 50.000,00	-
6	REGIME CONTRIBUTO	-	"De minimis" o Reg. CE 800/2008	-

CALCOLO SPESA AMMESSA: valore inferiore tra VALORE CALCOLO 1 e VALORE CALCOLO 2:	
VALORE CALCOLO 1 € per kWh di energia annua risparmiata (*)	€/kWh 1,65
VALORE CALCOLO 2 importo max per ogni Punto Luce (PL) di progetto (**)	€ 660,00

(*) Il valore di € 1,65 per singolo kWh deve essere moltiplicato per la differenza tra i kWh consumati dall'impianto prima del rifacimento ed i kWh consumati dal nuovo impianto. Detta differenza deve essere calcolata secondo le modalità previste dal Piano provinciale approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009.

(**) Il valore di € 660,00 per singolo PL di progetto deve essere moltiplicato per il numero di PL del nuovo impianto. Per Punto Luce si intende il singolo corpo illuminante (su un singolo sostegno o palo possono essere installati più Punti Luce).

Tab. 3 - Scheda tecnica relativa ai contributi provinciali previsti per la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso

L'illuminazione stradale

Esiste un'ampia varietà di lampade utilizzate per l'illuminazione stradale, alcune delle quali ormai superate per efficienza e qualità.

I parametri normalmente utilizzati per valutare una sorgente luminosa sono il flusso luminoso, l'efficienza luminosa e l'indice di resa cromatica:

- Il flusso luminoso è una misura della potenza emessa da una sorgente luminosa nello spettro di sensibilità dell'occhio umano (si misura in lumen).
- L'efficienza luminosa corrisponde al flusso luminoso irradiato in funzione della potenza elettrica assorbita (si misura in lumen/watt). Una lampada con una buona efficienza luminosa assorbe meno energia a parità di flusso luminoso emesso.
- L'indice di resa cromatica (Ra) esprime, infine, la fedeltà nella restituzione delle sfumature e delle tonalità di colore di una sorgente luminosa. Tale indice può assumere valori compresi in una scala tra 0 (indice di resa nullo, tipico di una luce monocromatica) e 100 (indice di resa massimo tipico di una lampada a incandescenza). Per fare alcuni esempi l'indice di resa cromatica delle lampade al sodio è pari a 25, quello delle lampade al mercurio è di 50 e quello delle lampade a ioduri metallici è superiore a 80. La normativa per l'illuminazione stradale permette di ridurre i livelli di luminanza previsti in presenza di sorgenti luminose con una buona resa cromatica (ad esempio lampade a ioduri metallici o LED).

Tipologie di lampade per l'illuminazione stradale

Di seguito vengono presentate le principali tipologie di lampade adatte all'illuminazione stradale.

Lampade a scarica ai vapori di mercurio

Comparse negli anni '60, presentano una discreta efficienza luminosa (circa 50 lumen/watt) e un indice di resa cromatica attorno a 50. Determinano problemi di smaltimento a fine vita data la tossicità del mercurio in esse contenuto.

Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione

La luce emessa è monocromatica gialla, una tonalità a cui l'occhio umano è particolarmente sensibile, che permette quindi di ottenere un'efficienza luminosa molto elevata pur con un indice di resa cromatica prossimo allo zero.

Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione

Commercializzate a partire dagli anni '70, presentano un'elevata efficienza luminosa, una buona durata (24.000 ore), ma bassi indici di resa cromatica (25 - 30).

Lampade agli ioduri metallici

Nonostante la durata inferiore rispetto alle lampade al sodio (16.000 ore), presentano un elevato indice di resa cromatica (compreso tra 80 e 90) ed un'ottima efficienza luminosa (80 - 90 lm/watt).

Lampade a LED

Rappresentano la nuova frontiera nel campo dell'illuminazione, essendo una tecnologia in continuo sviluppo e con ancora elevati margini di miglioramento. I LED (Light Emitting Diode) sono uno speciale tipo di diodi, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Negli ultimi anni la tecnologia dei LED ha fatto significativi passi avanti al punto che essa oggi può essere utilizzata in numerose applicazioni per sostituire le lampade a scarica o a incandescenza.

Questi i principali vantaggi dei LED:

- efficienza luminosa superiore a parità di prestazioni illuminotecniche rispetto alle sorgenti tradizionali, grazie all'uso di potenze minori e ad una riduzione dei punti luce installati;
- alta resa cromatica (Ra di 75 - 80) e luce bianca. Questo fattore garantisce un elevato comfort visivo per l'occhio umano e una visione nitida e uniforme in diversi contesti ambientali;
- durata di vita superiore alle 100.000 ore. L'elemento che emette il flusso luminoso è infatti un solido (non quindi un filamento o un gas) e i LED funzionano ad una temperatura di esercizio bassa, garantita da particolari sistemi di dissipazione del calore che permettono ai diodi di essere alimentati con correnti ad amperaggio maggiore e quindi di fornire maggiori emissioni luminose.

I costi di questa tipologia di lampade sono attualmente superiori rispetto a quelli delle lampade a scarica, anche a causa della necessità di sostituire l'intero corpo illuminante nel caso di intervento su tratti esistenti. Per questo motivo la loro diffusione è ancora limitata, seppur in continuo aumento. La realizzazione di un impianto a LED in tratti particolarmente visibili e significativi del territorio comunale può comunque avere

un'importante valenza dimostrativa accanto agli effettivi benefici economici, garantiti dai consumi ridotti e dalla ridottissima manutenzione.

Confronto fra le diverse tipologie

La tabella seguente riassume e confronta in forma semplificata i parametri caratteristici delle tipologie di lampade appena descritte.

PARAMETRO	LAMPADA			
	VAPORI MERCURIO	VAPORI SODIO	IODURI METALLICI	LED
Efficienza luminosa	★	★★★★★★	★★★★	★★★★★
Flusso luminoso	★	★★★★★★	★★★★	★★★★★
Tonalità	Bianco freddo	Giallo - Arancione	Bianco caldo	Tutte
Indice di Resa Cromatica	★★	★	★★★★★	★★★★★
Durata	★	★★★★	★★	★★★★★★
Costo	★★★★★★	★★★★★	★★★★	★

Caratteristiche delle lampade utilizzate per l'illuminazione stradale a confronto

Per individuare la tipologia di lampada che meglio si adatta a ciascuna situazione è comunque essenziale un adeguato studio illuminotecnico che verifichi il rispetto dei requisiti minimi richiesti in funzione della tipologia di strada illuminata o il raggiungimento di risultati specifici da un punto di vista estetico a seconda dell'importanza del luogo.

Regolatori di flusso luminoso

Un sistema in grado di ridurre ulteriormente i consumi energetici degli impianti di illuminazione e di permettere il rispetto del parametro η (coefficiente di efficienza energetica) previsto dalla normativa provinciale, consiste nella regolazione del flusso luminoso delle lampade.

La regolazione avviene attraverso l'inserimento nel quadro elettrico, a monte dei corpi illuminanti, di apparecchi in grado di abbassare la tensione di alimentazione, consentendo di ridurre il flusso luminoso di gruppi di lampade secondo cicli programmabili. Modulando la potenza delle lampade si può inoltre mantenere un flusso luminoso costante nel tempo bilanciando il decadimento luminoso (funzionalità particolarmente utile per le lampade a ioduri metallici).

L'applicazione di un regolatore consente di ridurre e attenuare il flusso luminoso durante le ore notturne almeno nelle aree con minore traffico veicolare, riducendo così l'assorbimento di energia. Vengono inoltre abbattuti i costi di manutenzione grazie ad un aumento della durata di vita delle lampade: la stabilizzazione della tensione attuata dal regolatore evita, infatti, lo stress dovuto alle sovratensioni, mentre la riduzione della tensione quando il regolatore funziona a regime parzializzato determina un surriscaldamento minore dei corpi illuminanti.

Per poter applicare apparecchi per il controllo del flusso luminoso è necessario che siano state sostituite tutte le attuali lampade ai vapori di mercurio con lampade ai vapori di sodio o agli ioduri metallici e che tutti gli ausiliari, compresi quelli delle lampade al sodio attualmente presenti, vengano sostituiti da nuovi ausiliari dotati di reattore elettronico.

Sono, inoltre, reperibili in commercio degli accenditori elettronici, da installare su ogni punto luce a sostituzione dell'apparecchiatura elettromagnetica esistente, che incorporano al loro interno un riduttore di flusso operante secondo le modalità sopra descritte.

2 - Verifica dei consumi legati all'illuminazione pubblica

Come primo passo per l'analisi dello stato attuale è stata effettuata la verifica dei consumi di energia elettrica.

I quadri a servizio dei tratti illuminati sono collegati a ventitre contatori, dei quali si allegano i consumi.

Le quote di energia prelevate dai vari punti di consegna sono state raggruppate su base annua per analizzare il consumo totale legato all'illuminazione pubblica.

Si è inoltre calcolata la spesa complessiva e conseguentemente il prezzo medio pagato per il chilowattora elettrico.

Da informazioni desunte presso gli uffici comunali si è notato un oscillamento dell'energia consumata, imputabile all'utilizzo di sorgenti luminose il cui uso non è costante, quali quelle dei campi sportivi.

L'elevato numero di punti di consegna, inoltre, comporta un'elevata spesa attribuibile ai costi fissi; all'aumentare dell'energia prelevata questi costi vanno a incidere in maniera minore sul costo unitario.

Nel 2012 il consumo complessivo si è attestato sui 145.474 kWh.

La media dei consumi negli ultimi anni verrà utilizzata per poter stimare i benefici ottenibili a seguito dell'esecuzione degli interventi di ammodernamento che saranno proposti in conclusione al presente piano d'intervento.

Ciò comporta, naturalmente, il calcolo della potenza assorbita dalla rete di illuminazione.

Tale calcolo dipende sostanzialmente dai seguenti fattori:

- somma delle potenze assorbite dalle lampade su ciascun tratto;
- potenza assorbita dagli ausiliari (reattori, accenditori e condensatori);
- perdite di rete stimate pari al 4% della potenza assorbita (a partire dalla caduta di tensione misurata per ciascun tratto);
- potenza assorbita dalle luci natalizie collegate ad alcuni lampioni, stimata pari a 15-20 kW per la durata di un mese.

Per il calcolo delle ore di accensione di ciascun tratto si è tenuto conto della presenza di sensori crepuscolari che determinano l'accensione delle lampade al calare della luce naturale. È stata considerata, inoltre, la presenza di orologi su alcuni tratti che fanno spegnere un lampione ogni due dopo la mezzanotte. Il periodo di tempo che intercorre tra l'ora del tramonto e lo scatto del sensore crepuscolare che determina l'accensione delle lampade (pari a quello che passa tra lo spegnimento dell'impianto e l'alba) è stato tarato confrontando i consumi reali con quelli stimati ed è risultato pari a 30 minuti circa.

Energia consumata da un impianto di pubblica illuminazione

L'energia elettrica consumata da un impianto di illuminazione pubblica alimentato a potenza costante è pari a:

$$W = PT \quad (1)$$

dove:

P= potenza elettrica complessiva assorbita dall'impianto (W)

T= ore di funzionamento annue dell'impianto

Si può dimostrare che P è dato dalla seguente formula:

$$P = L_m \cdot w \cdot l \cdot \frac{1}{Q_0} \cdot \frac{1}{\eta_D} \cdot \frac{1}{\eta_A} \cdot \frac{1}{\eta_L} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{1}{MF}$$

dove:

L_m = luminanza media mantenuta della superficie stradale (cd/m²)

w = larghezza della strada (m)

l = lunghezza della strada (m)

Q_o = coefficiente medio di luminanza della superficie stradale (cd/m²/lx)

η_D = rendimento elettrico dell'impianto di distribuzione dell'energia fino ai morsetti d'ingresso degli alimentatori

η_A = rendimento elettrico degli alimentatori

η_L = efficienza luminosa delle lampade

η = fattore di utilizzazione dell'impianto

MF = fattore di manutenzione

I vari fattori vengono di seguito analizzati.

Tempo di funzionamento

Nel caso delle strade, gli impianti devono funzionare per tutta la notte per ovvi motivi di sicurezza. T nel caso in esame è pari a 4.000 ore all'anno.

Luminanza media mantenuta L_m

I combinati disposti della norma EN 13201 e della norma UNI 11248 prescrivono valori minimi per L_m , a seconda del tipo di strada. È quindi compito dei progettisti concepire impianti non sovradimensionati, e tali da fornire valori di L_m più vicini possibili a quelli minimi indicati dalla norma.

Rendimento del sistema di distribuzione dell'energia elettrica η_D

Le perdite di potenza nell'impianto di distribuzione dell'energia elettrica non sono trascurabili: piccole percentuali di perdita possono sembrare poco significative, ma se le stesse vengono moltiplicate per numeri nell'ordine di milioni di chilowattora, ecco che anche 4 o 5 punti percentuali risultano essere di notevole importanza. Il rendimento η_D di un impianto di distribuzione è inversamente proporzionale all'energia consumata, ed è dato da:

$$\eta_D = 1 \cdot \frac{\Delta V}{E} \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

dove:

- V/E è la caduta di tensione, riferita al punto di consegna dell'ente distributore, fino alle sorgenti (carico);

- $\cos \varphi$ è il fattore di potenza propria del carico.
- se la caduta di tensione è, ad esempio, pari al 5% (valore massimo ammissibile dalla norma CEI 64-8 sez. 714, Impianti di Illuminazione in Esterno) e se il fattore di potenza del carico è pari a 0,9, il rendimento dell'impianto di distribuzione è di circa 0,94; vale a dire, le perdite di potenza sono pari al 6% della potenza complessiva assorbita dall'impianto.

Poiché tali perdite sono praticamente proporzionali alla resistenza dei conduttori elettrici, la scelta oculata dei percorsi dei cavi, delle loro modalità di installazione e soprattutto delle loro sezioni rispetto a quelle strettamente necessarie per esigenze di caduta di tensione consentirà di massimizzare il rendimento in questione.

In molti casi la sostituzione integrale della linea comporta risparmi nell'ordine del 5 o 6%.

Rendimento degli alimentatori η_A

Gli alimentatori induttivi (reattori), come è noto, presentano un rendimento elettrico non elevato. A semplice lettura dei cataloghi dei costruttori si deduce che mediamente il rendimento degli alimentatori delle lampade a vapori di sodio ad alta pressione, largamente utilizzate nell'illuminazione pubblica, varia da circa 0,87 per lampade da 100W a 0,9 per lampade da 400W. Rendimenti analoghi presentano gli alimentatori delle lampade a vapori di alogenuri. Ciò significa che le perdite di potenza in tali alimentatori vanno dal 15% al 10% della potenza complessiva assorbita dall'impianto. Sul mercato sono disponibili alimentatori elettronici per lampade a scarica in gas ad alta pressione di potenza nominale fino a 150W. Tali alimentatori presentano rendimenti maggiori rispetto a quelli tradizionali, nell'ordine del 95%, e offrono anche il vantaggio di stabilizzare la tensione di alimentazione con conseguenti effetti positivi anche sull'invecchiamento e sulla durata delle lampade.

Sul piano economico, il loro impiego è giustificato quando i suddetti benefici consentono di recuperare la maggiore spesa iniziale in un tempo accettabile.

Efficienza luminosa delle sorgenti η_L

Negli ultimi anni, nel settore delle lampade a scarica in gas ad alta pressione, si sono registrati sensibili miglioramenti nell'efficienza luminosa.

L'efficienza luminosa di una lampada ai vapori di mercurio è pari a circa 50lm/W, quella di una lampada al sodio ad alta pressione è fino a 130lm/W. I LED offrono efficienze luminose superiori ai 90lm/W.

Fattore di utilizzazione η

Esso è generalmente definito come il rapporto tra flusso luminoso incidente sulla superficie stradale (flusso luminoso utile) e quello installato. Tuttavia tale definizione non è appropriata perché implica che, a parità di tutti gli altri elementi, η non vari al variare della potenza di lampada. In altre parole, in base al fattore di utilizzazione così definito, la qualità energetica di un impianto con lampade, ad esempio, da 150W sarebbe la stessa se le lampade fossero da 400W, il che evidentemente non è vero.

Una definizione corretta per η è, invece, la seguente: rapporto tra il flusso luminoso utile necessario a creare sulla strada il valore minimo di luminanza media mantenuta indicato in progetto ed il flusso luminoso installato.

Si può dimostrare che l' η così definito è calcolabile con la relazione:

$$\eta = \frac{L_m}{\Phi_L \cdot Q_0} \cdot w \cdot s$$

dove:

- L_m : luminanza media mantenuta di progetto (cd/m²)
- Φ_L : flusso luminoso nominale delle lampade installate (lm)
- w : larghezza della strada (m)
- s : interdistanza tra due centri luminosi (m)
- Q_0 = coefficiente medio di luminanza della superficie stradale (cd/m²/lx)

Come si vede η è direttamente proporzionale all'interdistanza s tra due centri luminosi; a sua volta, s dipende fortemente dal tipo di apparecchio di illuminazione scelto e, per un dato apparecchio, dall'altezza di montaggio, sporgenza e angolo di inclinazione degli apparecchi di illuminazione.

Per una data strada e un dato impianto, quanto maggiore è il fattore di utilizzazione definito secondo la relazione, tanto migliore è l'impianto dal punto di vista economico ed energetico. Come mostrato nella letteratura tecnica specializzata, η può variare da valori inferiori a 0,05 a valori maggiori di 0,4; questi ultimi ottenibili solo con soluzioni impiantistiche ottimizzate. Di conseguenza, il consumo energetico ed anche il costo

complessivo di un impianto non ottimizzato potrebbe essere 8 volte maggiore rispetto a quello di un impianto ottimizzato.

Si tratta, allora, di trovare la configurazione ottimale degli apparecchi di illuminazione, cioè la configurazione che renda massimo s nel rispetto delle specifiche illuminotecniche di progetto (luminanza media mantenuta, uniformità, abbagliamento). La massimizzazione di η , oltre che sul consumo energetico, si rifletterà positivamente anche sul numero degli apparecchi da installare e, quindi, sul costo di investimento e di manutenzione.

Fattore di manutenzione (MF)

Il progressivo insudiciamento degli apparecchi di illuminazione, unitamente all'invecchiamento e alla mortalità delle lampade, provocano una graduale perdita d'illuminamento nel tempo.

La norma sull'illuminazione stradale prescrive di tener conto di tale perdita mediante la luminanza media mantenuta, il che si traduce in un sovradimensionamento dell'impianto da stabilire in sede di progetto illuminotecnico. L'entità del sovradimensionamento è uguale all'inverso del fattore di manutenzione MF.

Quest'ultimo dipende dal piano di manutenzione che si sceglie. Più frequenti sono gli interventi di manutenzione (pulizia degli apparecchi, sostituzione di gruppo delle lampade) maggiore sarà MF e quindi minore il consumo di energia. Per contro, all'aumentare della frequenza degli interventi di manutenzione aumenta il costo di manutenzione, il quale tende ad infinito quando MF tende a 1.

Di qui l'importanza di determinare già in sede di progetto il piano di manutenzione ottimale, vale a dire un programma al quale corrisponda il valore per MF che rende minimo il costo complessivo annuo (costo di installazione + costo dell'energia + costo di manutenzione) di un impianto di illuminazione.

Condizioni ottenibili dello stato di fatto

Per quanto riguarda i dati relativi allo stato di fatto, sono state definite le quantità di apparecchiature attualmente presenti sul territorio del Comune di Sover.

Pertanto, a favore di una completa progettazione degli interventi, da effettuarsi al fine di un impegno assunto ad una migliore ed effettiva gestione del parco impiantistico illuminotecnico, sono stati assunti come dati quantitativi gli apparecchi di illuminazione pari a 261 suddivisi secondo le tipologie di sorgente luminosa e potenze installate ricavate dai vari sopralluoghi.

A seguito della verifica dei dati di censimento e dalla documentazione fornita dal Comune di Sover, è stata effettuata l'analisi dei consumi energetici degli impianti di illuminazione pubblica. La stima è stata quindi definita secondo le quantità di sorgenti luminose verificate durante il censimento, in rapporto ai dati di potenza nominale delle lampade installate (fonte Comune di Sover). È bene puntualizzare come nel calcolo della potenza installata (kW), alla potenza nominale delle sorgenti luminose, ove esse siano provviste di accenditore e/o alimentatore, sia stato aggiunto un valore pari al 12% del totale dovuto all'assorbimento dei sistemi di alimentazione.

Per quanto concerne il calcolo dei consumi elettrici (kWh), il numero delle ore di funzionamento degli impianti è stato calcolato ed è riportato nelle tabelle dei quadri.

Nel calcolo dei consumi non verranno considerate le apparecchiature relative agli impianti sportivi per le quali non è possibile prevedere a priori le tempistiche di utilizzo.

Il calcolo può essere pertanto così riassunto:

$$P_{TOT} = n^{\circ} \bullet W \bullet (1 + p\%) \bullet (1 + L\%)$$

Con:

- P_{TOT} = Potenza installata Totale
- n° = numero di lampade (per ogni categoria)
- W = potenza unitaria della lampada (per ogni categoria)
- p = Perdite (percentuali) nelle apparecchiature ausiliarie = 14% (per le categorie di sorgenti che necessitano accenditore/alimentatore)
- L = Caduta di tensione (percentuale) della linea = 4%

3 - Analisi dello stato di fatto

È stata effettuata anzitutto un'analisi dello stato attuale degli impianti. Il materiale messo a disposizione dal Comune è stato integrato e controllato a seguito di una serie di sopralluoghi, durante i quali sono state anche effettuate le misure strumentali necessarie per verificare il rispetto della normativa.

Nell'ottica di predisporre adeguate proposte progettuali migliorative dal punto di vista energetico, sono state raccolte nel rilievo tutte le informazioni riguardanti lo stato di efficienza degli impianti, parallelamente a un'approfondita analisi degli spazi urbani, ovvero una ricerca di quegli elementi propri della formazione e della storia della città,

che si sono fusi in un'unica realtà, e dai quali l'elaborazione progettuale non può prescindere.

A seguito dell'analisi degli impianti di illuminazione del Comune di Sover, sono state rilevate molteplici situazioni per le quali, grazie a progetti specifici in grado di avvalersi dell'utilizzo di nuove tecnologie, sarà possibile ottenere considerevoli risparmi energetici.

A tal fine si è fatta quindi particolare attenzione alle seguenti caratteristiche dell'impianto:

- Tipologia e potenza delle sorgenti luminose;
- Caratteristiche e stato di manutenzione degli apparecchi di illuminazione;
- Stato di manutenzione dei quadri elettrici;
- Caratteristiche delle linee di alimentazione;
- Presenza di sistemi di controllo per l'accensione degli impianti;
- Presenza di sistemi di regolazione del flusso;
- Rispondenza generale dell'impianto alle eventuali normative nazionali e locali in termini di risparmio energetico.

Dalle prime ragioni di tipo funzionale legate alla sicurezza pedonale e veicolare cui assolve l'impianto di illuminazione pubblica, maturano in concatenazione esigenze di tipo ambientale, di valorizzazione monumentale, paesaggistiche, di esaltazione dei colori, di immagine urbana notturna, interpretata anche in chiave scenografica, privilegiando scorci, prospettive, vedute.

Molteplici sono gli obiettivi che la luce deve perseguire rischiando il paesaggio urbano: dal raggiungimento del massimo comfort visivo per i fruitori della città, all'identificazione di criteri di progettazione coordinata su tutto il territorio, alla riduzione dei costi e dei consumi energetici, unitamente al sapere interpretare il costruito.

Tutti gli interventi previsti per incrementare l'efficienza energetica nell'illuminazione pubblica, oltre a produrre effetti economici diretti grazie al risparmio energetico, consentono miglioramenti indiretti grazie alla riduzione degli incidenti stradali e alla riqualificazione di zone urbane poiché un'illuminazione efficace migliora il senso di sicurezza contribuendo a ridurre il tasso di criminalità e in più può valorizzare monumenti e architetture.

Inoltre, la corretta progettazione di un impianto di illuminazione non solo migliora la vivibilità degli ambienti, con notevoli benefici per i fruitori, ma riduce i consumi e

aumenta la vita media dei componenti, diminuendo il ricorso alla manutenzione degli stessi.

Una corretta pianificazione e progettazione degli interventi per l'illuminazione pubblica sarà garanzia per illuminare e direzionare la luce solo laddove essa è funzionalmente dedicata, garantendo migliori condizioni di sicurezza, grazie alla quantità e qualità di luce necessaria.

La razionalizzazione del servizio di illuminazione pubblica stradale conduce a significativi risparmi di energia, con ricadute economiche di assoluto livello: lo scopo è di ottenere contestualmente un miglioramento del servizio reso, misurabile in termini di efficienza luminosa media, verifica dei disposti normativi e diminuzione delle emissioni dannose in atmosfera dovute principalmente alle modalità di produzione di energia elettrica in Italia.

Gli interventi proposti volti al miglioramento dell'efficienza energetica e luminosa, fermi restando il rispetto per la normativa in termine di quantità di illuminazione e qualità del servizio reso, sono stati impostati considerando che la misura del risparmio deriva dalla somma dei risultati di diverse proposte di intervento ed ottimizzazioni che interesseranno i seguenti principali ambiti:

- sorgenti luminose e apparecchi di illuminazione
- interventi impiantistici (quadri elettrici e linee di alimentazione)
- sistemi di controllo (regolazione flusso, controllo accensioni e spegnimenti uniformi).

Verifica dello stato degli impianti elettrici

Il rilievo sulla rete di illuminazione stradale del Comune di Sover ha consentito di individuare tredici quadri elettrici a servizio dei vari abitati.

Gli impianti risultano essere tutti di categoria 1, poiché alimentati dalla rete pubblica in Bassa Tensione mediante forniture monofase e/o trifase a 230V, 50Hz, con masse dell'installazione collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (sistema TT).

Le linee sono state realizzate in anni diversi e poiché non è stato possibile reperire una sufficiente documentazione progettuale utile alla verifica, si è proceduto, per quanto possibile, ad un controllo generale dei requisiti minimi di sicurezza che gli impianti devono possedere per la salvaguardia delle persone e dei beni.

Considerazioni generali sullo stato degli impianti

L'analisi dello stato dei quadri e delle linee elettriche ha portato alle seguenti conclusioni:

- la protezione contro i contatti diretti sia sui quadri elettrici sia sui pali di illuminazione non sempre è garantita;
- la protezione dai contatti indiretti, causa la mancanza di idonee protezioni differenziali coordinate con i rispettivi impianti di terra, non sempre è garantita;
- la protezione delle condutture dalle sovracorrenti non sempre è garantita.

Al fine di garantire il livello di sicurezza minimo stabilito dalla vigente normativa, gli impianti di illuminazione pubblica installati nel Comune di Sover e frazioni, necessitano quindi di tempestivi interventi di adeguamento che dovranno essere progettati e installati a regola d'arte da personale qualificato.

Si riportano di seguito ulteriori osservazioni inerenti le condutture elettriche, gli impianti di terra e i supporti delle lampade.

Condutture elettriche

L'isolamento dei cavi risulta essere in gran parte ancora efficiente anche sui tratti di linea più datati realizzati in parte con conduttori rigidi. Tale affermazione ha valore generale: sono state rilevate delle situazioni in cui l'isolamento elettrico non era garantito; tali casi sono risultati comunque circoscritti a piccole parti di componentistica degli impianti stessi, facilmente sostituibili.

Impianti di terra

Non è stato possibile accertare la presenza e l'efficienza di tutti gli impianti di terra, poiché in parte non visibili e/o raggiungibili. Dove la misura è risultata possibile non sono emerse particolari problematiche.

Supporti

Gli impianti di illuminazione risultano essere realizzati con diverse tipologie di supporti, ovvero pali in acciaio (zincato e/o verniciato) e mensole a muro.

Da un primo esame non sono state riscontrate situazioni pericolose per quanto riguarda l'idoneità statica dei supporti.

Verifica degli apparecchi illuminanti

Contestualmente alle verifiche sulle linee elettriche sono state raccolte informazioni sui corpi illuminanti, per i quali è stato realizzato un inventario integrando con i dati raccolti in situ le informazioni cartacee fornite dall'ufficio tecnico comunale.

Parallelamente è stata eseguita la modellazione dei tratti tramite i software DIALUX e RELUX, a partire dai dati tecnici dei corpi illuminanti attualmente installati forniti dalle aziende produttrici. I software sono in grado di calcolare i valori puntuali di luminanza a partire dalla curva fotometrica e permettono quindi di simulare il reale comportamento del corpo illuminante, così come gli effetti ottenibili a seguito degli interventi ritenuti necessari.

Si è assunto un fattore di manutenzione pari a 0,8; tale coefficiente nel software permette di simulare lo stato di conservazione delle lampade e ne diminuisce la resa per tener conto del calo di prestazioni dovuto all'età e alla sporcizia accumulata.

Verranno di seguito presentati i risultati della modellazione dei tratti stradali analizzati.

Il comune non è stato in grado di fornire una classificazione di tutte le strade modellate, dal momento che in molti casi quest'ultima non è mai stata eseguita. La categoria illuminotecnica dei tratti modellati è stata ottenuta utilizzando la norma UNI 11248, avendo assegnato una classe a ciascuna strada sulla base del traffico presente, dei limiti di velocità e della presenza di incroci, rotonde, attraversamenti, ecc..

La modellazione permette di ottenere, in funzione della categoria illuminotecnica (tipologia di strada o di marciapiede), il valore dei seguenti parametri:

- luminanza minima media mantenuta (L_m): è il flusso luminoso emesso dalla superficie stradale nella direzione dell'osservatore per effetto della riflessione del flusso luminoso dei corpi illuminanti. E' il parametro che permette di verificare se la strada è illuminata a sufficienza per distinguere ostacoli e pericoli sulla carreggiata;
- uniformità globale minima di luminanza (U_0): è il rapporto tra luminanza minima e media su un tratto stradale significativo ed esprime l'uniformità dell'illuminamento (o luminanza) sulla carreggiata. La norma stabilisce che la luminanza minima e la media non si possono scostare di troppo cioè non devono esserci zone eccessivamente buie sul tratto stradale in esame;
- uniformità longitudinale minima di luminanza (U_l): è il rapporto fra luminanza minima e massima lungo la mezzarota di ciascuna corsia. E'

anche questo un parametro che esprime l'uniformità della luce sulla carreggiata. Stabilendone un valore minimo la norma impone che sulla mezzzeria di ciascuna corsia in senso longitudinale non ci sia un'eccessiva differenza fra l'illuminamento minimo e massimo, e vi sia quindi una distribuzione regolare e uniforme della luce;

- incremento di soglia massimo (TI): questo parametro è influenzato dal tipo di armatura e ottica del copro illuminante. E' legato al flusso luminoso emesso dal corpo illuminante che può compromettere la percezione visiva senza necessariamente provocare agli osservatori sensazioni fastidiose. Si può avere un superamento del valore limite da parte di ottiche con curve fotometriche ampie che emettono luce anche in direzione sub orizzontale;
- rapporto minimo delle intensità illuminazione dintorni (SR): si tratta di un rapporto ricavato confrontando gli illuminamenti medi presenti ai lati della strada, cioè su due fasce di opportuna larghezza all'esterno e all'interno rispetto al limite della carreggiata. La norma impone il rispetto di un valore minimo in modo tale che ai lati della strada sia consentita la visione e il conducente possa individuare con un certo anticipo un ostacolo in movimento verso la sede stradale.
- illuminamento orizzontale medio mantenuto (E_m): è il flusso luminoso medio emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede;
- illuminamento orizzontale minimo mantenuto (E_{min}): è il flusso luminoso minimo emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede.

In aggiunta ai parametri appena elencati è necessario che vengano soddisfatti quelli definiti dalla L.P. 16/07, differenti a seconda si debba utilizzare per la verifica l'Allegato A oppure l'Allegato B.

L'Allegato A, utilizzato come detto in precedenza per gli apparecchi di classe A, richiede sia rispettato il coefficiente di efficienza normalizzato η , definito come rapporto tra energia consumata annualmente dall'impianto per produrre 100 lux di illuminamento sul piano efficace durante il periodo di funzionamento di progetto, tenuto conto delle eventuali regolazioni (intensità luminosa ed energia) nel tempo, ed area efficace.

L'Allegato B, utilizzato per gli apparecchi di classe B, C e D, richiede il rispetto sia del coefficiente di efficienza normalizzato η sia dell'indice di illuminazione disperso Kill,

definito come rapporto tra l'illuminamento disperso complessivo e l'illuminamento efficace prodotto, pesato tra le rispettive aree (area di misura ed area efficace).

Criticità nell'illuminazione stradale

Le criticità maggiori riscontrate durante la modellazione dei vari tratti sono di seguito riassunte:

- presenza di ottiche che determinano inquinamento luminoso ossia apparecchi che, nelle loro posizione di installazione, presentano un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%; tali apparecchi sono vietati in base alla L.P. 16/07;
- presenza di lampade che non garantiscono il rispetto dei requisiti minimi di illuminamento delle carreggiate e/o dei marciapiedi;
- presenza di punti luce che non garantiscono uniformità nella distribuzione della luce sulla sede stradale (causando l'alternanza di zone eccessivamente illuminate e di zone buie).

4 - Aree omogenee di interesse

Verifica degli apparecchi illuminanti in aree omogenee di interesse

Si è cercato in questo capitolo di analizzare le situazioni più importanti dal punto di vista illuminotecnico, per poter stabilire quali necessitino di un intervento di sistemazione o adeguamento più urgente.

Si sono redatte delle schede specifiche, suddivise per quadri elettrici individuate dall'elaborato: R4 ALLEGATO A - AREE OMOGENEE.

Criticità nell'illuminazione delle aree omogenee di interesse analizzate

Dall'analisi delle aree omogenee individuate dall'elaborato R4 ALLEGATO A - AREE OMOGENEE sono emerse interessanti considerazioni.

5 – Proposte progettuali

Si sono valutate alcune proposte per migliorare la situazione attuale dell'illuminazione pubblica sia dal punto di vista del rispetto dei requisiti illuminotecnici, sia da quello dell'efficienza energetica, previsti dalle norme in materia.

Tali proposte sono state realizzate per le varie zone omogenee del Comune.

Si è cercato di limitare il più possibile la varietà di corpi illuminanti utilizzati aventi caratteristiche fotometriche funzionali al contesto d'installazione e in accordo con l'esigenza dell'Amministrazione comunale di una gestione ottimale degli impianti.

Le tipologie utilizzate sono presenti negli elaborati grafici allegati.

Si fa presente che tali soluzioni sono puramente esemplificative e non vogliono assolutamente vincolare la scelta dei vari prodotti.

La potenza di ciascuna sorgente luminosa viene scelta, di volta in volta, in modo da garantire il rispetto dei parametri illuminotecnici e dei criteri di efficienza energetica.

In aggiunta, si è previsto di dotare ogni corpo illuminante di regolatore di flusso, in modo da poter modulare il flusso luminoso (e regolare di conseguenza l'energia assorbita) in funzione di specifici orari, scelti in base al maggior o minor traffico veicolare sulla sede stradale secondo il profilo seguente.

Si è pensato di mantenere l'interasse esistente tra i pali, in modo da limitare gli interventi di scavo e posa tubazioni e cavi elettrici e ciò intervenendo sull'altezza del palo e/o sulla potenza della lampada.

Ove non è possibile garantire uniformità di illuminamento sulla sede stradale si rende necessario diminuire l'interasse dei punti luce.

Infine si è ritenuto opportuno procedere all'ampliamento dell'impianto in zone attualmente non illuminate.

Regolatori di flusso

Trattando di risparmio energetico, ed in particolare dei benefici relativi all'installazione di sistemi per la regolazione del flusso luminoso - sia installati all'interno dei quadri elettrici sia integrati con gli alimentatori - è fondamentale fissare alcuni aspetti che rendano scientificamente fondato quanto espresso; scopo della presente relazione è infatti fornire dati reali, scientificamente dimostrabili e dimostrati e basati quindi non solamente sull'esperienza fatta sul campo, con l'attenzione nel prendere le distanze da risultati impossibili da ottenere nella realtà, che solo sulla carta ed in particolari condizioni ambientali e climatiche si possono ottenere.

Il problema maggiore è legato infatti alla capacità di una sorgente luminosa a scarica (tipo lampade SAP, ecc.) di poter mantenere l'accensione quando la tensione venga abbassata in funzione della riduzione del flusso luminoso; solo teoricamente è infatti possibile ipotizzare risparmi nell'ordine del 50%, poiché a tali valori corrisponderebbero tensioni di alimentazione inferiori a 155V.

Ebbene solo in laboratorio ed in condizioni di stabilità assoluta, con temperatura, pressione ed umidità costanti è possibile mantenere accesa una lampada con tensioni comprese in questo range.

Per serietà ed esperienza comprovata sul campo si suggerisce, per tale tecnologia, di non scendere mai al di sotto di una tensione di alimentazione pari 165V. I calcoli effettuati, considerano riduzioni di flusso calibrati proprio su tale dato e garantiscono comunque un quadro migliorativo rispetto alla situazione in essere.

Per quanto riguarda le sorgenti a LED, si prevede invece la possibilità di aumentare la percentuale di riduzione del flusso grazie alla capacità di tali sorgenti di mantenere elevate le caratteristiche di qualità anche con consistente riduzione della tensione di esercizio.

Nei calcoli effettuati si ipotizza di comandare l'accensione e lo spegnimento degli impianti strettamente legati all'illuminazione stradale funzionale, escludendo pertanto quelli legati all'illuminazione artistica e d'accento che, come specificato precedentemente, vengono considerati funzionanti per 2200 h/anno.

In base a queste valutazioni si considerano:

- a) il periodo di utilizzo degli impianti di illuminazione funzionale pari a 4000 h/anno per quanto riguarda l'illuminazione stradale e funzionale;
- b) alimentazione delle lampade a tensione ridotta, grazie a sistemi di regolazione del flusso integrati con le unità elettriche degli apparecchi di illuminazione, pari a 155V per 2.000 ore/anno (ore notturne ridotte) per il 70% delle sorgenti LED;
- c) le perdite nelle apparecchiature ausiliarie (reattori) "p" comprese fra l'11% ed il 12%;
- d) il fattore di conversione riferito al kWh elettrico medio in Italia = 0,690 kg CO₂/kWh;
- e) il fattore di conversione riferito al kWh elettrico medio in Italia = 0,187 TEP/MWh;

Si vuole evidenziare come non siano state utilizzate soluzioni che prevedano lo spegnimento parziale o integrale degli impianti di pubblica illuminazione stradale/funzionale.

Si ritiene, infatti, che tali interventi ottengano un effetto negativo per la sicurezza sia essa veicolare o pedonale:

- nel caso di un impianto totalmente spento dopo la mezzanotte viene a mancare la pur minima possibilità di riconoscimento degli ostacoli,
- nel caso di impianti parzialmente spenti a metà notte, si ricorda come essi siano proibiti dalla normativa illuminotecnica nazionale ed europea, a causa della conseguente mancanza di uniformità delle luminanze che si verrebbe a creare sul piano stradale.

Calcolo dei risparmi secondo la L.P. n. 16 del 3 Ottobre 2007

La L.P. 3 ottobre 2007, n. 16 prevede che il calcolo dell'energia risparmiata nell'adeguamento o rifacimento dell'impianto tenga conto del miglioramento dei due fattori KILL ed η rispetto alla situazione di rilievo. In particolare il risparmio ottenuto è legato al miglioramento di η che viene pesato nel fattore KILL. In generale quindi si avrà:

$$kWh_{anno} = \bar{\eta} \times A_{eff} \times \left(\frac{E_{eff}}{100 lx} \right) \times \bar{K}$$

I parametri, desunti dai modelli di cui all'Allegato A (Soluzione conforme) o all'Allegato B (Soluzione calcolata), saranno quelli rispettivamente identificati nelle configurazioni di rilievo della situazione esistente (pedice r) ed in quella di progetto (pedice p):

$$\bar{\eta} = \eta_r - \eta_p$$

$$\bar{K} = \frac{K_r}{K_p}$$

Si vedano, a tal proposito, le tabelle allegate.

Nelle tabelle dell'allegato R3 – QUADRI ELETTRICI e nelle tabelle R8 – RISPARMI ENERGETICI sono riportati, quadro per quadro, i consumi misurati e i risparmi ottenibili.

6 – Normativa di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco della normativa e delle leggi di riferimento:

- P.A.T. - Legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).
- UNI 11248 : Illuminazione stradale: selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale - requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale - Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma CIE 154 del 2003 - Manutenzione dei sistemi di illuminazione elettrici per esterni;
- Norma CEI 64/7 - Impianti elettrici di illuminazione pubblica;
- Legge n° 186 01/03/68 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchine e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge n° 791 18/10/77 Attuazione direttiva 73/23/CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;
- D.M. 37/08 22/01/08 Norme per la sicurezza degli impianti;
- Guida CEI 0-2 fascicolo 2459G - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- Norme CEI applicabili alla tipologia di impianti elettrici e ai luoghi di installazione previsti;
- Norme UNI e UNEL per i materiali unificati.