



Progetto Lumiere

Efficienza energetica nell'Illuminazione Pubblica

La redazione dei PRIC in provincia di Trento

prof. ing. Maurizio Fauri

Facoltà di Ingegneria
Università di Trento



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria



L.p. 3 ottobre 2007 n.16

Due sono gli scopi fondamentali della l.p. n.16/2007 della Provincia Autonoma di Trento:

- **il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti**
→ **Indice di efficienza energetica (η)**
- **il contenimento del flusso luminoso disperso;**
→ **Indice di illuminamento disperso (K_{ill})**





Indice di efficienza energetica (η)

- La valutazione dell'efficienza energetica avviene mediante l'indice η (normalizzato a 100 lux), espresso in $[\text{kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2]$ e definito come il rapporto tra l'energia consumata annualmente dall'impianto e la superficie efficace illuminata:

$$\eta = \left(\frac{\text{kWh}_{\text{anno}}}{A_{\text{eff}}} \right) \left(\frac{100 \text{ lx}}{E_{\text{eff}}} \right)$$

- L'energia consumata deve tener conto del periodo di funzionamento e delle eventuali regolazioni di intensità luminosa
- Il coefficiente di efficienza energetica deve sempre essere inferiore a $15,00 [\text{kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2]$





Indice di illuminamento disperso (K_{ill})

- L'indice adimensionale K_{ILL} è definito come il rapporto tra l'illuminamento disperso complessivo e l'illuminamento efficace generato, pesato tra le rispettive aree di riferimento ed efficace:

$$K_{ILL} = \left(\frac{E_{mdis}}{E_{meff}} \right) \left(\frac{A_{rif}}{A_{eff}} \right)$$

- dove:

A_{rif} = area del piano di riferimento (500 x 500 metri);

A_{eff} = area efficace del compito visivo;

E_{meff} = illuminamento medio sul piano efficace;

E_{mdis} = illuminamento medio disperso calcolato come la somma dell'illuminamento verso l'alto (E_{hC}) più 6 volte il valore massimo dell'illuminamento nelle quattro direzioni laterali del piano di riferimento E_{vN} , E_{vE} , E_{vS} , E_{vW} secondo la relazione:

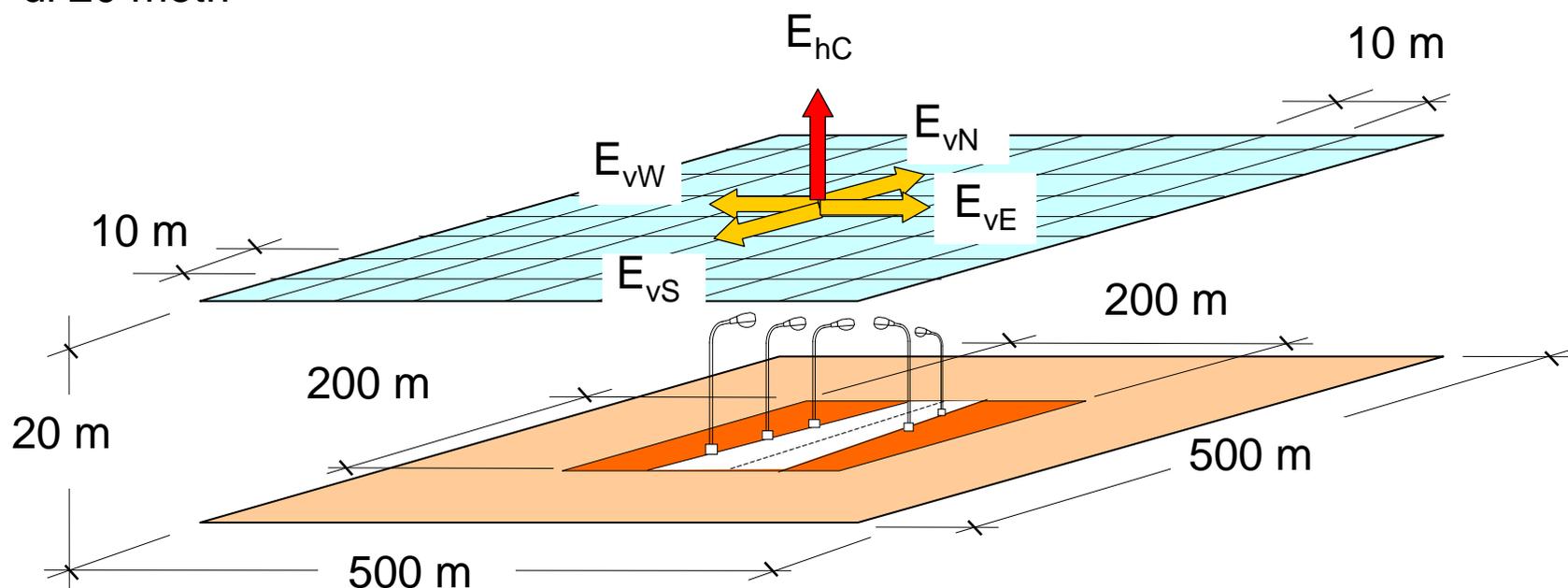
$$E_{mdis} = E_{hC} + 6 \times \max[E_{vN}; E_{vE}; E_{vS}; E_{vW}]$$





Indice di illuminamento disperso (K_{ill})

- Il calcolo illuminotecnico va eseguito per ogni configurazione tipologica, creando un modello software semplificato con dimensioni massime di (200 x 200) metri
- Il modello va inserito al centro di una base di riferimento con superficie (500 x 500) metri, sopra alla quale è posto un piano corrispondente ad altezza di 20 metri





Indice di illuminamento disperso (K_{ill})

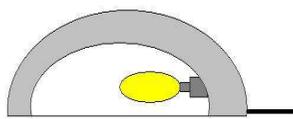
L'indice dell'illuminamento medio disperso K_{ILL} deve essere sempre inferiore a:

- **2,50** per le zone protette, in qualsiasi condizione
- **3,00** per le aree extraurbane con traffico veicolare (autostrade, tangenziali, circonvallazioni, ecc.)
- **3,00** per le aree di notevole estensione (parcheggi, piazzali, piazze ed altre superfici simili)
- **3,00** per i centri storici e le vie commerciali
- **3,00** per l'illuminazione esterna di edifici industriali realizzata per garantire la sicurezza ed il controllo delle zone perimetrali
- **3,00** per le installazioni sportive nel caso di nuove realizzazioni e rifacimenti, altrimenti 4,00 per adeguamenti con sistemi meccanici (visiere, alette) o per impianti ad elevato coefficiente di riflessione (piste da sci con ghiaccio o neve)



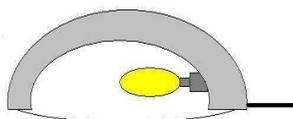
Indice di illuminamento disperso (K_{ill})

- Non serve calcolare il valore dell'indice di illuminamento disperso K_{ILL} per corpi illuminanti in classe A (verificato automaticamente $K_{ILL} < 3,00$)



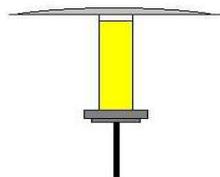
Apparecchi di classe A - Conformi e ammessi in ogni caso (Soluzione conforme)

Apparecchi con distribuzione dell'intensità luminosa massima compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso, per angoli gamma maggiori o uguali a 90°



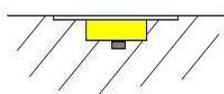
Apparecchi di classe B - Ammessi solo previa verifica di conformità (Soluzione calcolata)

Apparecchi con una distribuzione dell'intensità luminosa massima superiore a 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore all' 1%, per angoli gamma maggiori o uguali a 90°



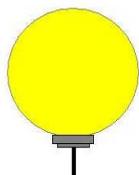
Apparecchi di classe C - Sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata)

Apparecchi con flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell'1% e minore del 30%, per angoli gamma maggiori o uguali a 90°



Apparecchi di classe D - Ammessi solo per alcuni impianti particolari

Apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.)



Apparecchi di classe E - Vietati

Apparecchi che hanno un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%, per angoli gamma maggiori o uguali a 90° . L'utilizzo di questi apparecchi è vietato nel caso di nuovi impianti o di rifacimenti



P.R.I.C. (Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale)

La l.p. n. 16/2007 impone che le Amministrazioni comunali si dotino, entro tre anni, di un Piano Regolatore di Illuminazione Comunale (P.R.I.C.)

I PRIC hanno la valenza di piani regolatori con validità pluriennale e vanno obbligatoriamente redatti e strutturati su supporto informatico per essere facilmente modificati ed aggiornati nel tempo

Se le Amministrazioni comunali non provvedono all'adozione dei relativi PRIC, entro il suddetto termine, sono esclusi dai contributi provinciali per la realizzazione di interventi e di misure finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso mediante impianti ad alto rendimento energetico per i successivi 24 mesi





Finalità dei P.R.I.C.

La l.p. n.16/2007 della Provincia Autonoma di Trento impone a tutte le Amministrazioni Comunali di dotarsi di un Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (P.R.I.C.) finalizzato a:

- fornire uno strumento di pianificazione ambientale ed energetica per evidenziare gli interventi pubblici e privati per risanare gli impianti di illuminazione esterna, con identificazione delle priorità di intervento
- rispettare le norme per il conseguimento della sicurezza del traffico e dei cittadini, non solo per gli aspetti illuminotecnici ma anche elettrici e meccanici
- conseguire il risparmio energetico migliorando l'efficienza globale degli impianti
- contenere la dispersione del flusso luminoso ed i fenomeni di abbagliamento
- ottimizzare i costi di servizio e di manutenzione in relazione alle tipologie degli impianti





Fasi operative dei P.R.I.C.

La redazione dei P.R.I.C. va effettuata in due distinte fasi operative

1. Nella **prima fase** occorre eseguire una ricognizione della situazione esistente mediante individuazione delle aree omogenee, da un punto di vista illuminotecnico e realizzare un censimento dei punti luce in base alla composizione (sorgenti luminose, apparecchi, sostegni, ecc.) ed allo stato di funzionamento, con particolare attenzione al grado di sicurezza ed alla rispondenza normativa
2. Nella **seconda fase** va predisposto un piano di adeguamento e di risanamento





Prima fase del PRIC (Rilievo dell'esistente)

In dettaglio, la prima fase della stesura del PRIC prevede:

- l'analisi del territorio comunale o sovracomunale con individuazione di aree illuminotecnicamente omogenee ed eventuale ricerca dell'evoluzione storico-ambientale dell'illuminazione
- il censimento dei punti luce (sorgenti luminose, apparecchi e sostegni) con valutazione della rispondenza normativa e del grado di sicurezza illuminotecnico, elettrico e meccanico
- l'analisi illuminotecnica di ogni area omogenea, con misura:
 - dei parametri illuminotecnici (illuminamento e/o luminanza) ed elettrici;
 - della potenza installata (kW),
 - delle perdite elettriche (%),
 - del profilo di funzionamento (h) in modo da ricavare il parametro di efficienza η .
- la determinazione del parametro K_{ILL} per ciascuna area omogenea individuata





Prima fase del PRIC (Schema delle operazioni di rilievo)

Le attività per il rilievo dello stato di fatto si possono riassumere in:

1. Rilievo in campo degli apparecchi di illuminazione pubblici e privati (se significativi)
2. Rilievo geometrico di massima delle aree illuminate
3. Misura delle cadute di tensione nei punti più sfavorevoli (fine linea) ed eventuale misura di isolamento verso terra in presenza di anomalie rilevate a vista o segnalate
4. Stesura della semina in scala adeguata (1:1000) con caratteristiche degli apparecchi e sostegni
5. Incontro con personale tecnico comunale o “manutentore” per l’averifica e la determinazione della tipologia e della potenza delle sorgenti luminose
6. Identificazione delle aree illuminotecnicamente omogenee mediante un “tipologico illuminotecnico” che tiene conto della composizione (apparecchio o apparecchi più sostegno) e geometria illuminata
7. Analisi illuminotecnica mediante misura e/o calcolo per ogni tipologico e per ogni elemento singolare (facciate degne di interesse, monumenti ...)
8. Compilazione dei modelli A e/o B (secondo allegato A e B del piano provinciale) per ogni tipologico
9. Stesura di planimetrie con:
 - le linee elettriche
 - la statistica per tipologia di sorgente luminosa
 - la statistica per tipologia di apparecchio
 - la statistica per tipologico illuminotecnico





Prima fase del PRIC (Programma per il rilievo dell'esistente)

Software interface showing a table of measurements (Misurazioni) for a building. The table includes columns for station numbers (00-08), coordinates (100,0, 09, 100,0, 0,0, -100,0), and various data points. The interface also features a vertical sidebar labeled 'Riquadro di spostamento' and a status bar at the bottom indicating 'Record: 1 di 9'.

Station	Code	Value	Letter	1,00	3,00	3,00	1,00	Letter
08	01	100,0	I	1,00	3,00	3,00	1,00	I
	01	10,0						
07	01	90,0		1,00	3,00	3,00	1,00	x
	01	20,0						
06	01	70,0	x	1,00	3,00	3,00	3,00	
	01	20,0						
05	01	50,0	F		3,00	3,00	3,00	
	01	5,0						
04	01	45,0	C		3,00	3,00	3,00	x
	01							
03	01	40,0	I		3,00	3,00	3,00	
	01	10,0						
02	01	30,0			3,00	3,00	1,00	
	01	20,0						
01	01	10,0			3,00	3,00	1,00	x
	01	5,0						
00		0,0	F		3,00	3,00		F
	01	0,0						

L'Agenzia per l'Energia della Provincia Autonoma di Trento (APE) ha predisposto un programma, distribuito gratuitamente, per archiviare su database il considerevole numero di informazioni raccolte durante la fase di rilievo



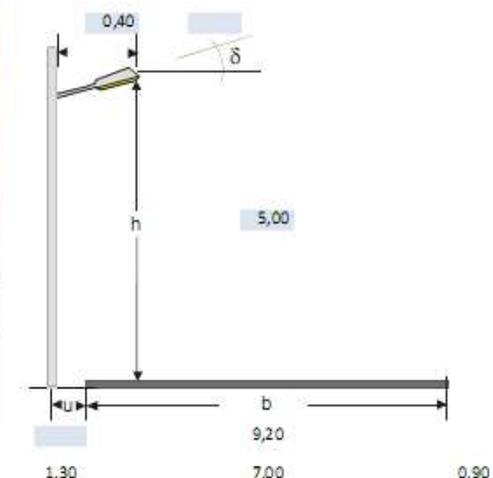
Prima fase del PRIC

(Aree illuminotecnicamente omogenee)

La valutazione del flusso luminoso disperso va effettuata suddividendo l'impianto in più configurazioni tipologiche, illuminotecnicamente omogenee, composte dallo stesso genere di punti luce

Ogni configurazione illuminotecnica tipologica riassume i dati sensibili della composizione (tipo e classe dell'apparecchio, sorgente luminosa, potenza, altezza di installazione, disposizione, interasse, ecc.), del compito visivo (larghezza delle sezioni stradali, categoria della strada con valori di riferimento, ecc.) e analisi di conformità

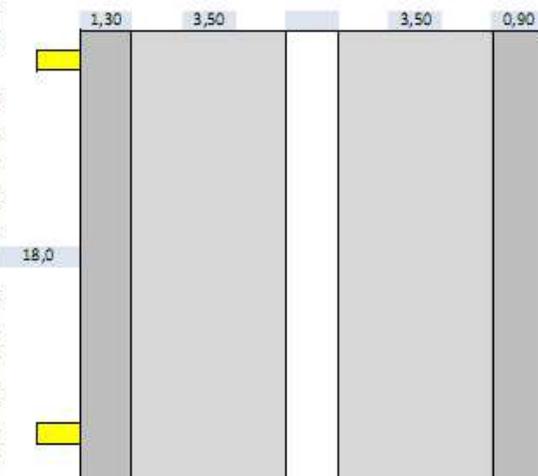
SCHEMA TIPOLOGICO	STRADA PRINCIPALE	A03
	Svincolo SS 47	



STRADA		
Classificazione	E Urbana	ME3b

PARAMETRI ILLUMINOTECNICI	
Luminanza	1,00
Illuminamento	
h	15,00
Uo	0,40
UI	0,80
TI	15,00

APPARECCHIO	
Tipo	Stradale AEC
Classe Illumin.	C
Lampada	SAP
Potenza (W)	100
Colore	gialla
Mezza Cromatica	20
Disposizione	unilaterale
Fotometrica	si
Regolazione	si

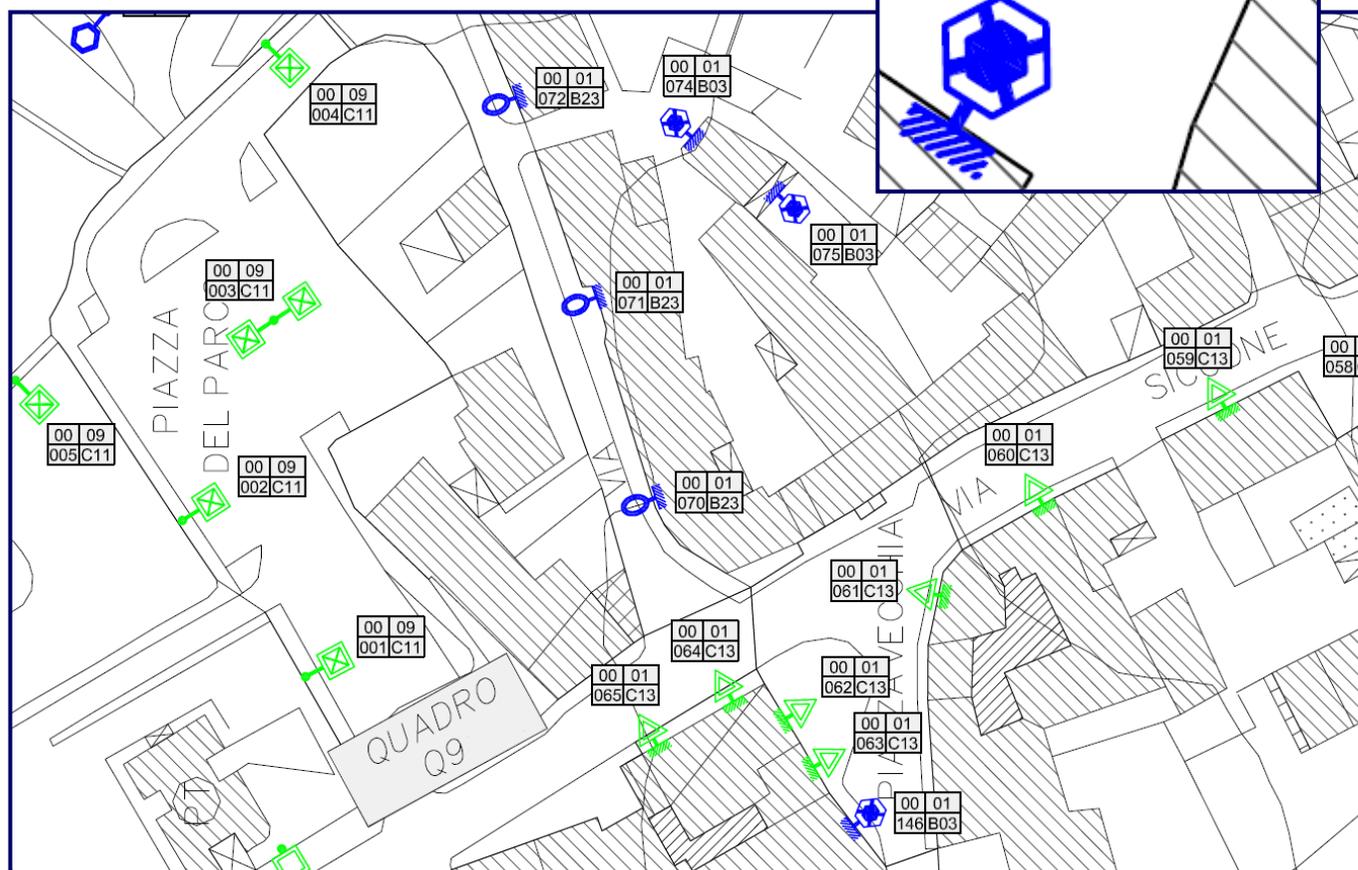
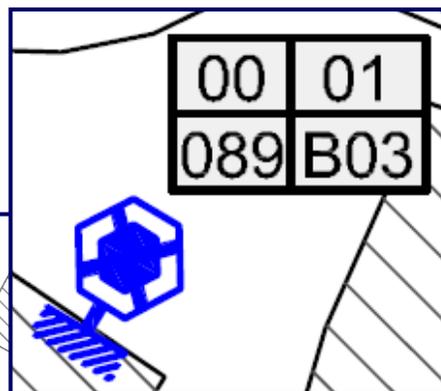


ANALISI	Illuminazione		Energia		Inquinamento		Priorità
	Lm	1,0 OK	n	12,4 OK	K111	2,5 OK	
	Em						
	U	0,2 NO					
TI	23 NO						

Prima fase del PRIC (Rilievo dei punti luce)

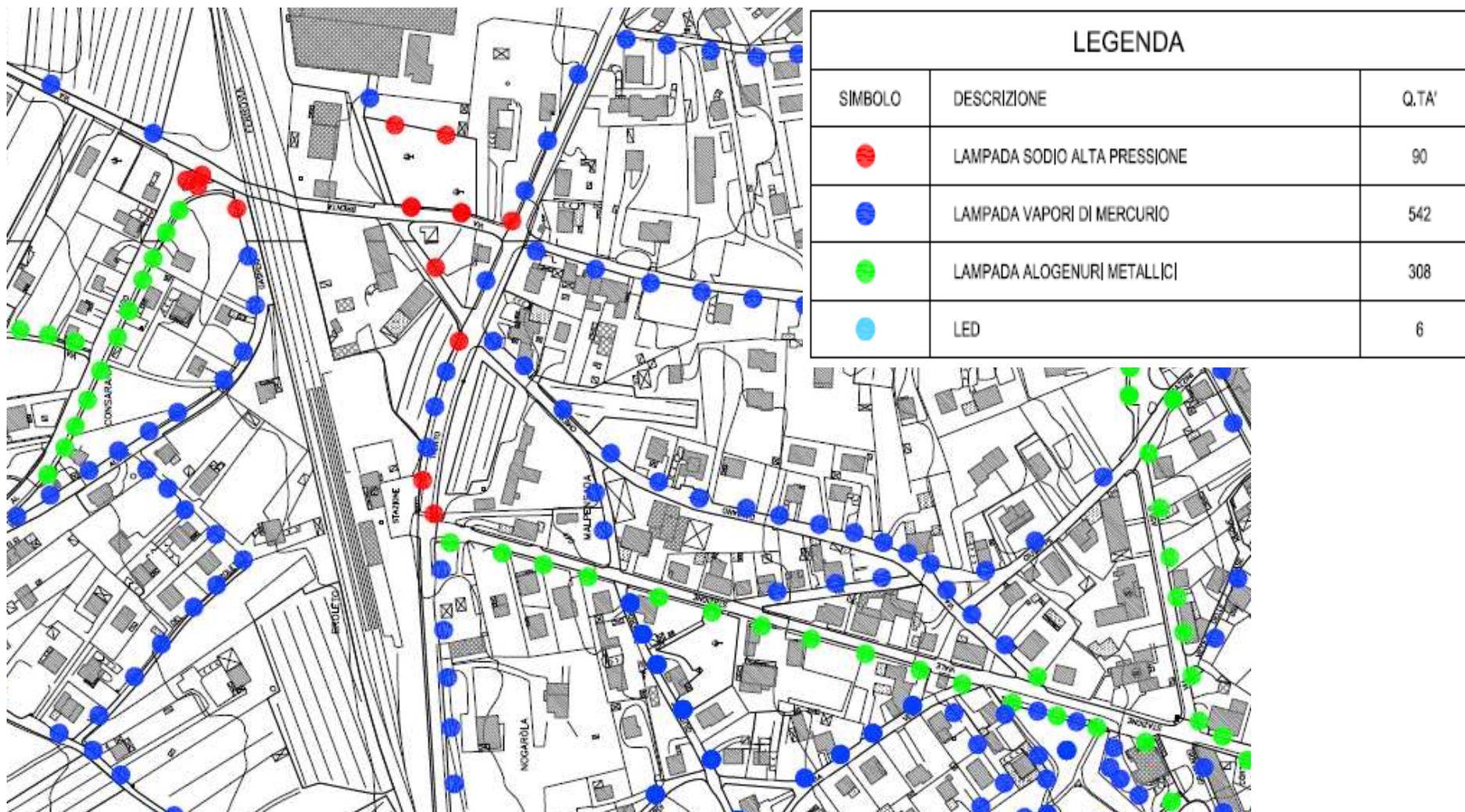
Le planimetrie grafiche con la semina degli apparecchi di illuminazione dovranno riportare le seguenti informazioni:

- codice identificativo
- quadro di riferimento
- tipologico illuminotecnico



LEGENDA		
	Lanterna (01) a vapori di mercurio (B 125 W)	n. 141
	Lanterna (01) al sodio alta pressione (A 70 W)	n. 03
	Lanterna (01) al sodio alta pressione (A 100 W)	n. 06
	Tecnico testa palo (02) a vapori di mercurio (B 80 W)	n. 10
	Tecnico testa palo (02) a vapori di mercurio (B 125 W)	n. 09
	Tecnico testa palo (02) al sodio alta pressione (A 70 W)	n. 01
	Tecnico testa palo (02) al sodio alta pressione (A 100 W)	n. 40
	Tecnico con tirante (03) al vapori di mercurio (B 125 W)	n. 30
	Tecnico con tirante (03) al sodio alta pressione (A 70 W)	n. 08
	Tecnico con tirante (03) al sodio alta pressione (A 150 W)	n. 01
	Tecnico ad "L" (06) al vapori di mercurio (B 125 W)	n. 03
	Tecnico a riflessione (04) al vapori di mercurio (B 125 W)	n. 03
	Tecnico triangolare (05) al vapori di mercurio (B 125 W)	n. 34
	Globo (13) al vapori di mercurio (B 125 W)	n. 12
	Globo (13) fluorescente (E 26 W)	n. 03
	Stradale alto (10) a vapori di mercurio (B 125 W)	n. 02
	Stradale alto (10) a vapori di mercurio (B 250 W)	n. 03
	Proiettore a torre (08) a lodi metallici (C 150 W)	n. 28
	Proiettore testa palo (09) a lodi metallici (C 150 W)	n. 01
	Altro: attraversamento pedonale (99) a fluorescenza (E 26 W)	n. 02
FRAZIONE →  ← TIPO CORPO/LAMPADA POTENZA →  ← N. PROGRESSIVO		

Prima fase del PRIC (Planimetria delle sorgenti luminose)





Prima fase del PRIC (Modello A)

MODELLO A																
Descrizione	Descrizione Intervento: PRIC di XXXXXX - Strada Principale - viale XXXX - Tipologico A01															
	Inquinamento Ambientale (basso, medio, alto): medio															
	Intervallo di manutenzione prevista (anni): 2,00															
	Superficie efficace (mq): 2.700															
Norme	Classificazione compito visivo secondo norme vigenti; indicare norma seguita:									UNI 11248						
	Valori Numerici									Indici qualitativi						
Parametri di riferimento per elementi (strada, ciclabile, mardapiede)	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR				
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,0	3,0										
	Passaggio	S4	300,0		5,0	1,0										
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,0	3,0										
Parametri di progetto	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR				
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,0	3,0										
	Passaggio	S4	300,0		5,0	1,0										
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,0	3,0										
Eventuale spiegazione per parametri di progetto diversi da quelli minimi di riferimento	Si confermano i valori di norma															
Valori di Verifica	Parametri di verifica maggiori e max +15% dei valori di progetto	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR			
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,00	0,60										
	Passaggio	S4	300,0		0,90	0,50										
	Parcheggio	S2	1.200,0		10,00	0,60										
	VERIFICA Illuminotecnica	Descrizione	Categoria	Em x S	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR			
		Parcheggio	S2	12.000	OK	OK	NO	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
		Passaggio	S4	270	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
Parcheggio	S2	12.000	OK	OK	NO	OK	OK	OK	OK	OK	OK					
Impianto	Fattore di manutenzione; indicare la norma seguita:															
	Parametri di riferimento in base all'utilizzo di vari sistemi di illuminazione	Descrizione	Lampada	Flusso	Watt	IP	h/anno	Nr.	FM	kW	kWh/anno					
		Sistema Tecnico Salaria 1x150W	SAP	14500	170	54	4.000	4	0,80	0,68	2.720,00					
										-	-					
										-	-					
										-	-					
	Totale		58.000,00		16.000,00		4		0,68	2.720,00						
	Indici Verifica	Regolatore	NO	100,00%		0,90	0,20	Verificata								
		Emh (piano efficace)	8,99													
		Zona Protetta	NO													
Kill(limite)				3,0												
$\eta(100lx,r)$		11,2	1,01	η (limite)		15,0										

Il modello A si compila solo nel caso di apparecchi in classe A.

In caso contrario si deve utilizzare il modello B





Prima fase del PRIC (Modello B)

Nell'esempio si definisce un apparecchio di classe B con armatura stradale a doppia lampada al sodio alta pressione. Nel modello si riportano i dati di rilievo ed i valori illuminotecnici ottenuti da misura e/o calcolo.

MODELLO B													
Descrizione	Descrizione Intervento: PRIC di XXXXXX - Strada Principale - viale XXXXX - Tipologico A01												
	Inquinamento Ambientale (basso, medio, alto): medio												
	Intervallo di manutenzione prevista (anni): 2,00												
	Superficie efficace (mq): 1.020												
Norme	Classificazione compito visivo secondo norme vigenti; indicare norma seguita: UNI 11248												
	Valori Numerici											Indici qualitativi	
	Parametri di riferimento per elementi (strada, ciclabile, marciapiede)	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR
	Strada	ME3b	840,0	1,00	15,0				0,40	0,6	15%	0,5	
	Marciapiede Dx	CE3	180,0		15,0				0,40				
Valori di Progetto	Parametri di progetto	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR
		Strada	ME3b	840,0	1,20	18,0				0,40	0,6	15%	0,5
		Marciapiede Dx	CE3	180,0		18,0				0,40			
	Eventuale spiegazione per parametri di progetto diversi da quelli minimi di riferimento Si considera un aumento del valore di base vista l'importanza della viabilità												
Valori di Verifica	Parametri di verifica maggiori e max +15% dei valori di progetto	Descrizione	Categoria	Superficie	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR
		Strada	ME3b	840,0	0,90	13,5				0,39	0,7	16%	0,6
		Marciapiede Dx	CE3	180,0		12,0				0,38			
	VERIFICA Illuminotecnica	Descrizione	Categoria	Em x S	Lm	Em	Emin	Esc,min	Ev,min	U0	UI	TI	SR
		Strada	ME3b	11.340	NO	NO	OK	OK	OK	NO	OK	NO	OK
		Marciapiede Dx	CE3	2.160	OK	NO	OK	OK	OK	NO	OK	OK	OK
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Impianto	Fattore di manutenzione; indicare la norma seguita:												
	Parametri di riferimento in base all'utilizzo di vari sistemi di illuminazione	Descrizione	Lampada	Flusso	Watt	IP	h/anno	Nr.	FM	kW	kWh/anno		
		Armature stradali 2x70W CP	SAP	11200	166	54	4.000	4	0,80	0,66	2.656,00		
	Totale			44.800,00		16.000,00	4		0,66	2.656,00			
Indici Verifica	Regolatore NO 100,00% 0,90 0,20												
	Emh (piano efficace) 13,24												
	Zona Protetta NO Ehc EvN EvE EvS EvW												
	Emdis 0,16 0,033 0,016 0,017 0,018 0,016												
	Kill 2,9 1,2% Kill(limite) 3,0												
η(100lx,r) 19,7 2,60 η(limite) 15,0													
Non Verificata													





Seconda fase del PRIC (Piano di adeguamento e risanamento)

In dettaglio, nella seconda fase della stesura del PRIC va predisposto un piano di adeguamento e di risanamento che individui:

- gli impianti e le aree con valori elevati di emissione di flusso luminoso disperso, di abbagliamento molesto, di illuminazione intrusiva, di disuniformità, di sovrabbondanza di illuminazione, ecc.
- le aree non sufficientemente illuminate, con particolare riferimento alla normativa in materia di sicurezza
- le possibili azioni correttive di adeguamento o di risanamento, individuando le priorità d'intervento per quanto concerne la sicurezza (illuminotecnica, elettrica e meccanica), il consumo energetico e l'inquinamento luminoso
- un piano di intervento a medio o lungo termine per l'adeguamento degli impianti;
- la valutazione dei costi per definire, da parte delle Amministrazioni, la programmazione economica degli interventi

