

**REGIONE VENETO
PROVINCIA DI VICENZA**



COMUNE DI VILLAGA

Via G. Verdi, 32
36021 Villaga (VI)

**PIANO DELL'ILLUMINAZIONE PER IL CONTENIMENTO
DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO (P.I.C.I.L.)**

Dicembre 2015

Autori

arch. Luigi Boso
ing. Matteo Poletti

Collaboratori

Michel Gaier
Mattia Zagonel

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Finalità del PICIL	4
1.2	Normativa di riferimento	6
1.3	Legislazione regionale	8
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
2.1	Demografia	10
2.2	Storia dell'illuminazione	10
2.3	Inquinamento luminoso	11
2.4	Osservatori astronomici	13
2.5	Integrazione con altri piani territoriali	16
2.6	Aree con sviluppo omogeneo	16
3	STATO DI FATTO DELL'ILLUMINAZIONE	21
3.1	Metodologia di lavoro	21
3.2	Stato di fatto dell'illuminazione pubblica	22
3.3	Analisi delle situazioni critiche	31
3.4	Conformità alla L.R. Veneto 7 agosto 2009, n. 17	31
3.5	Consumi di energia elettrica per l'illuminazione pubblica	32
	illuminazione privata	36
4	CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA DELLE STRADE	40
4.1	Metodologia di lavoro	40
4.2	Analisi della viabilità	40
4.3	Classificazione degli ambiti urbani ed extraurbani	41
4.4	Requisiti illuminotecnici	43
4.5	Analisi e verifiche illuminotecniche	45
5	PIANO DI INTERVENTO	49
5.1	Metodologia di lavoro	49
5.2	Priorità di intervento	50
5.3	Individuazione delle sorgenti luminose	51
5.4	Azioni sulla alimentazione dei circuiti	55
5.5	Tipologie di intervento sui quadri elettrici	56
5.6	Tipologie di intervento sui corpi illuminanti	57
5.7	Analisi economica e risparmio energetico	59
6	PIANIFICAZIONE DI NUOVI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE	66

6.1	Quota annuale di incremento (IA)	66
6.2	Documentazione di progetto	67
6.3	Indicazioni per la verifica della conformità di progetto ai sensi della L.R. 17/09	70
7	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI	73
7.1	Organizzazione della manutenzione	73
7.2	Riferimenti normativi e legislativi	76
8	CONCLUSIONI	81

1 INTRODUZIONE

1.1 Finalità del PICIL

In generale, il settore dell'illuminazione pubblica presenta caratteristiche tali da consentire la realizzazione di interventi di efficienza energetica, finalizzati alla riduzione dei consumi e dei costi energetici, al contenimento dell'inquinamento luminoso attraverso la limitazione del flusso disperso e al miglioramento del comfort e della sicurezza dei cittadini.

Per conseguire questi risultati nel Comune di Villaga, il presente studio ha analizzato gli impianti di illuminazione pubblica con le seguenti finalità:

- valutazione del livello attuale di efficienza energetica degli impianti tramite il calcolo di indicatori di prestazione ed il loro confronto con adeguati valori statistici di riferimento;
- definizione degli interventi prioritari per il risparmio energetico, con particolare riferimento sia alla sostituzione degli apparecchi illuminanti esistenti dotati di lampade ai vapori di mercurio con nuovi apparecchi cut-off dotati di lampade ad alta efficienza, sia alla regolazione degli impianti attraverso la riduzione del flusso luminoso;
- quantificazione dei costi di investimento, dei risparmi energetici ed economici e dei benefici ambientali derivanti dalla realizzazione delle misure di efficienza proposte.

La presente relazione illustra la metodologia di lavoro seguita nelle diverse fasi di svolgimento del Piano dell'Illuminazione per il Contenimento dell'Inquinamento Luminoso (P.I.C.I.L.) del Comune di Villaga, nonché i principali risultati conseguiti. Ai sensi dell'articolo 1 della Legge Regionale Veneto 7 agosto 2009, n. 17, il P.I.C.I.L. intende promuovere:

- la riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico, nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivanti;
- l'uniformità dei criteri di progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti per la sicurezza della circolazione stradale;
- la protezione dall'inquinamento luminoso dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici;
- la protezione dall'inquinamento luminoso dell'ambiente naturale, inteso anche come territorio, dei ritmi naturali delle specie animali e vegetali, nonché degli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno delle aree naturali protette;
- la protezione dall'inquinamento luminoso dei beni paesistici, così come definiti dall'articolo 134 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e successive modificazioni;
- la salvaguardia della visione del cielo stellato, nell'interesse della popolazione regionale.

1.2 **Normativa di riferimento**

A tale complesso normativo si rimanda per la verifica dei parametri utilizzati nella classificazione delle strade e nella valutazione dello stato di fatto. Esso sarà inoltre la base per la definizione progettuale dei singoli interventi di adeguamento e di nuova realizzazione di impianti di illuminazione pubblica e privata.

Normativa Tecnica:

- UNI 11248:2012: Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2:2004: Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3:2004: Illuminazione stradale - Parte 3: Calcolo delle prestazioni;
- UNI EN 13201-4:2004: Illuminazione stradale - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- UNI EN 12464-2:2008: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno UNI EN 12464-2;
- UNI EN 12899-1:2008: Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 1: Segnali permanenti;
- UNI EN 12899-2:2008: Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 2: Delineatori di ostacolo transilluminati (TTB);
- CEI 64-7 - Impianti elettrici di illuminazione pubblica;

- UNI EN 12193:2008: Luce e illuminazione - Illuminazione di installazioni sportive.

Normativa legislativa:

- Decreto Legislativo 30/04/1992, n. 285 - "Nuovo codice della strada", pubblicato sulla "Gazzetta Ufficiale - Serie generale" n. 114 del 18 maggio 1992 (Supplemento ordinario n. 74);
- Comunicato Ministeriale LL. PP. del 12/04/1995 - "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 146 del 24 giugno 1995 (Suppl. ordinario n. 77). Direttive emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici in attuazione dell'art.36 del D. Lgs. 30 aprile 1992, n.285;
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5/11/2001 n. 6792 - "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale - Serie Generale del 04/01/2002 n. 3 (Suppl. Ordinario n. 5);
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 22/04/2004 "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale 25/06/2004 n. 147;
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 19/04/2006 - "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 170 del 24/07/2006;

- Legge Regione Veneto 7 agosto 2009, n. 17 - "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici".

1.3 **Legislazione regionale**

In Veneto il settore dell'illuminazione stradale pubblica e privata è regolamentato dalla legge regionale n. 17 del 7.08.2009 (BUR del 11/08/09 n.65) "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici". Si sottolineano due aspetti importanti all'art. 5, comma 1, lettera a:

- *I Comuni entro tre anni dalla data di entrata in vigore della presente legge si dotano del Piano dell'illuminazione per il contenimento dell'inquinamento luminoso (PICIL), che è l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale alla data di entrata in vigore della presente legge;*
- *Il PICIL risponde al fine del contenimento dell'inquinamento luminoso, per la valorizzazione del territorio, il miglioramento della qualità della vita, la sicurezza del traffico e delle persone, il risparmio energetico ed individua i finanziamenti disposti per gli interventi programmati e le relative previsioni di spesa.*

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Villaga è un comune di 1.928 abitanti della Provincia di Vicenza posizionato sulla conca al limitare dei Monti Berici. Il Comune confina con i comuni vicentini di Albettone, Barbarano Vicentino, Grancona, San Germano dei Berici, Sossano, Zovencedo. Il territorio si estende per 23,23 chilometri quadrati con una densità di 83 abitanti per chilometro quadrato. Il territorio è diviso in diverse frazioni: Belvedere, Ponte Alto, Pozzolo e Toara.

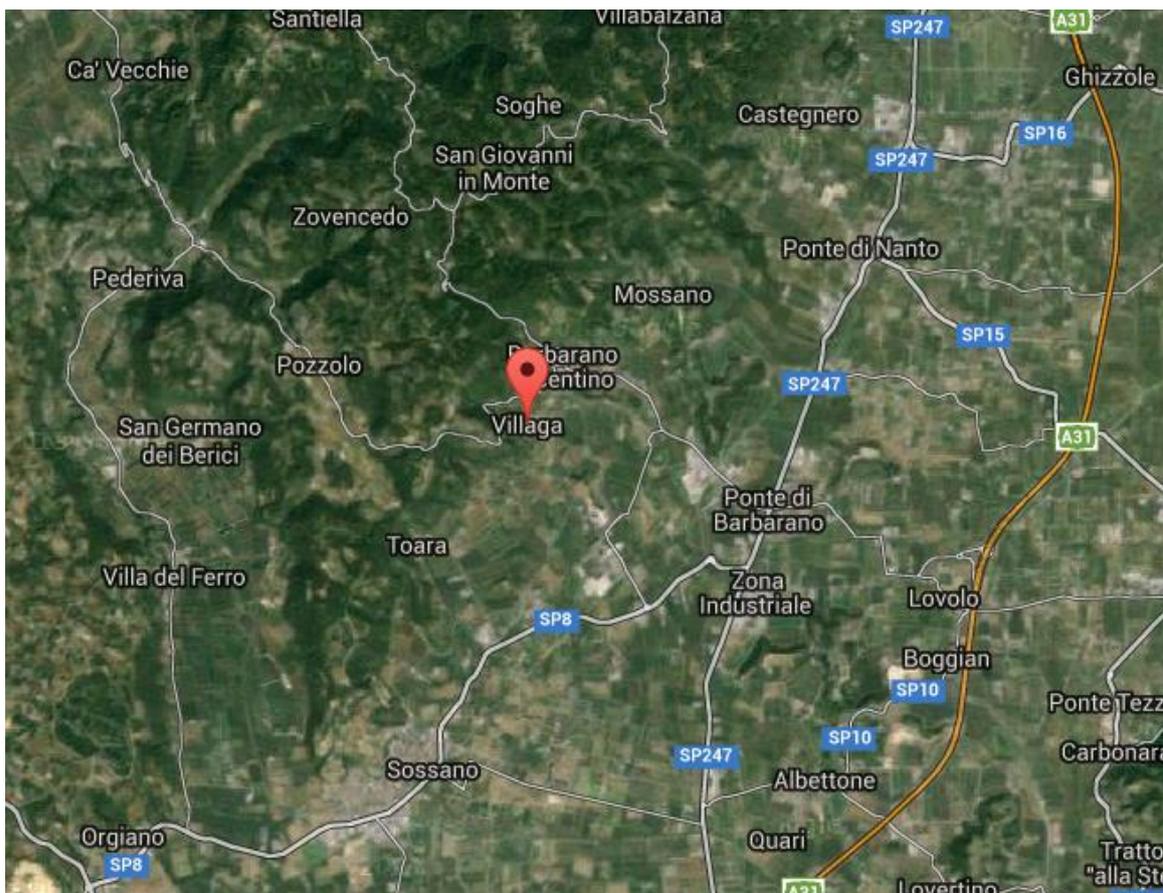


Figura 1 - Inquadramento generale (fonte: Google Maps)

2.1 Demografia

Dal 2001 ad oggi il Comune è passato da 1.865 residenti agli attuali 1.928. La variazione demografica % media annua (2007/2013) si attesta su un **-0,12 %**. Vi sono 734 famiglie con un numero di componenti medi di 2,66 e un'età media di 42,55. Nella distribuzione della popolazione il 50,0% sono maschi e il 50,0% sono femmine¹.

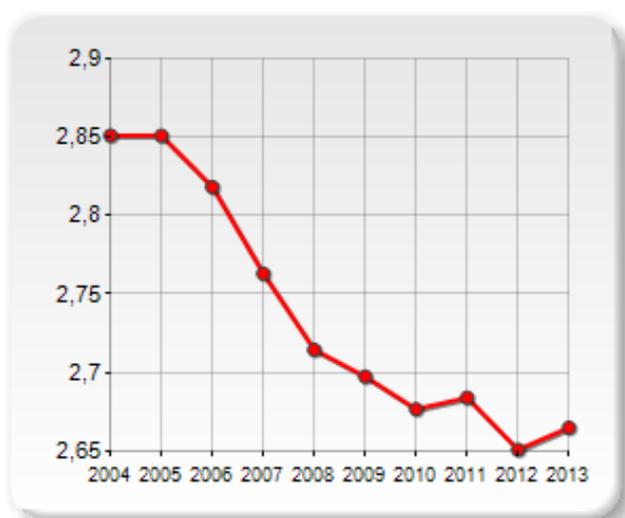


Figura 2 - Andamento della popolazione (fonte Urbistat)

2.2 Storia dell'illuminazione

Il Comune di Villaga ha una media di 220 punti luce ogni 1000 abitanti; questa densità di punti luce, maggiore rispetto alla media nazionale (120-150 p.l.), trova riscontro nel territorio viste le numerose frazioni da illuminare. L'illuminazione pubblica è andata espandendosi nel territorio secondo le esigenze della popolazione. Tale situazione rende fondamentale la riduzione dell'inquinamento luminoso prevista dal presente piano. I corpi illuminanti del comune

¹ Fonte Urbistat

di Villaga risultato per quasi tutta la totalità apparecchi installati nell'ultimo trentennio.

2.3 Inquinamento luminoso

L'inquinamento luminoso porta ad un aumento della brillantezza del cielo notturno con una perdita di percezione dell'Universo attorno a noi. In particolare si definisce Brillanza (o Luminanza) la grandezza che esprime il rapporto tra l'intensità luminosa di una superficie irraggiante e l'unità della superficie stessa. La perdita della qualità del cielo notturno costituisce un'alterazione di molteplici equilibri culturali, artistici, scientifici, sanitari, economici. La figura 3 mostra la brillantezza artificiale del cielo notturno allo zenith in notti limpide normali nella banda fotometrica V, ottenute per integrazione dei contributi prodotti da ogni area di superficie circostante per un raggio di 200 chilometri da ogni sito.²

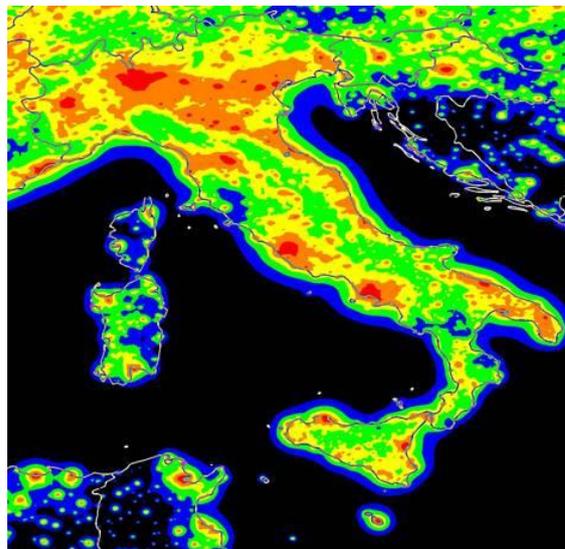


Figura 3 - Brillanza artificiale del cielo notturno a livello del mare

² The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurements P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge, Baugh K., Dipartimento di Astronomia Padova, Italy

Nel territorio del Comune di Villaga, in relazione ai dati dell'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso diffusi dall'ARPAV (figura 4), l'aumento della Luminanza totale rispetto la naturale si attesta tra il 300% ed il 900%.

Si sottolinea come almeno il 25-30% del flusso luminoso degli impianti di illuminazione pubblica viene diffusa verso il cielo. La riduzione di questi consumi contribuirebbe alla diminuzione delle relative emissioni producendo anche un notevole risparmio energetico.

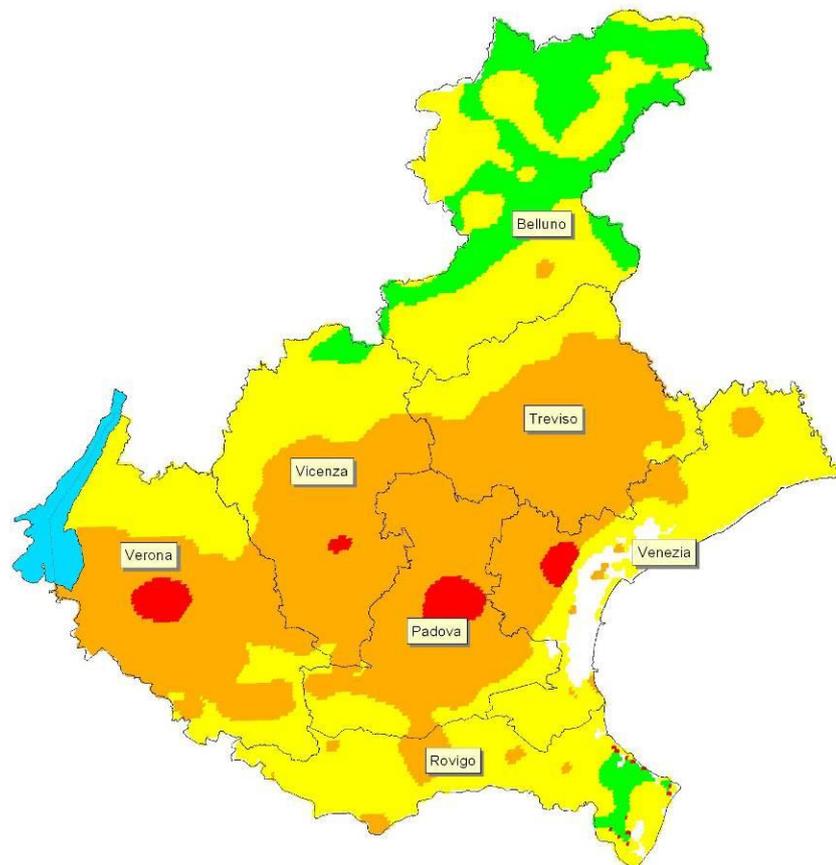


Figura 4 - Mappa della brillantezza relativa del cielo notturno

2.4 **Osservatori astronomici**

La L.R. 17/2009 rimanda, per la definizione delle fasce di rispetto, alla L.R. 27 giugno 1997, n. 22, "Norme per la prevenzione dell'inquinamento luminoso". Quest'ultima norma, abrogata con l'entrata in vigore della n. 17/2009, non indica alcun vincolo per il comune di Villaga. Tuttavia, dalla lista contenuta nell'allegato B della L.R. 17/2009, il territorio di Villaga ricade nelle fasce di rispetto (10km) dei seguenti osservatori astronomici non professionali e siti di osservazione:

- 1) Osservatorio Astronomico G. Beltrame, Gruppo Astrofili Vicentini Giorgio Abetti, in comune di Arcugnano (Vicenza);
- 2) Sito astronomico Monte Croce, in comune di Sossano (Vicenza);
- 3) Sito astronomico, Monte Baiamonte, sito in comune di Teolo (Padova).

All'interno di fasce di rispetto gli impianti di illuminazione pubblica e privata esistenti, che alla data in vigore della legge risultino non ancora conformi alle suddette prescrizioni, devono adeguarsi ai requisiti entro due anni dalla data della L.R. n. 17/2009. In base a tali osservazione è doveroso attivare in tempi rapidi misure che possano ridurre l'inquinamento luminoso.

All'interno delle fasce di rispetto e delle zone di protezione, gli impianti d'illuminazione pubblica e privata nuovi debbono essere progettati e realizzati secondo i principi di contenimento

dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico gli impianti che rispondono ai seguenti requisiti:

a) sono costituiti di apparecchi illuminanti aventi un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso a novanta gradi ed oltre;

b) sono equipaggiati di lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, in luogo di quelle ad efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a $Ra=65$, ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w esclusivamente per l'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e zone pedonalizzate dei centri storici.

I nuovi apparecchi d'illuminazione a led possono essere impiegati anche in ambito stradale, a condizione siano conformi alle precedenti disposizioni e l'efficienza delle sorgenti sia maggiore di 90lm/W;

c) sono realizzati in modo che le superfici illuminate non superino il livello minimo di luminanza media mantenuta o di illuminamento medio mantenuto previsto dalle norme di sicurezza specifiche; in assenza di norme di sicurezza specifiche la luminanza media sulle superfici non deve superare 1 cd/mq;

d) sono provvisti di appositi dispositivi che abbassano i costi energetici e manutentivi, agiscono puntualmente su ciascuna lampada o in generale sull'intero impianto e riducono il flusso luminoso in misura superiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro. La riduzione di

luminanza, in funzione dei livelli di traffico, è obbligatoria per i nuovi impianti d'illuminazione stradale.

Per tali impianti non è ammessa alcun tipo di deroga.

Su richiesta degli osservatori astronomici, in coincidenza con particolari fenomeni e comunque per non più di tre giornate all'anno, i sindaci dei comuni ricadenti all'interno delle fasce di rispetto dispongono, compatibilmente con le esigenze di sicurezza della circolazione veicolare, lo spegnimento integrale ovvero la riduzione del flusso luminoso degli impianti pubblici di illuminazione esterna.

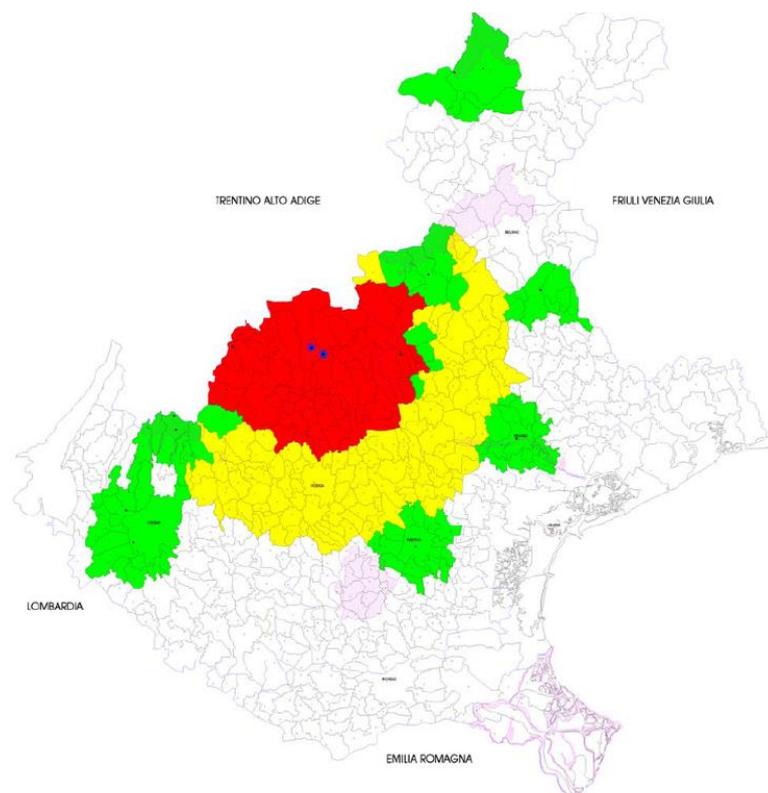


Figura 5 - Cartografia tematica delle zone di protezione per gli osservatori astronomici della Regione Veneto

2.5 **Integrazione con altri piani territoriali**

L'art. 5 della Legge Regionale n.17 del 2009 prevede che il Comune adegui il Regolamento Edilizio alle disposizioni della presente legge. Nell'Allegato A - Linee Guida per l'attuazione del P.I.C.I.L. sono contenute le specifiche per l'integrazione del Piano negli strumenti urbanistici comunali. Il presente piano persegue l'obiettivo di riduzione della brillantezza del cielo. Le indicazioni contenute dovranno essere armonizzate con il contenuto del P.A.T. - Piano di Assetto del Territorio di Villaga.

2.6 **Aree con sviluppo omogeneo**

Il Piano dell'illuminazione per il contenimento luminoso (PICIL) è l'atto di programmazione per la realizzazione, la modifica, l'adeguamento e la manutenzione di ogni impianto d'illuminazione; tale strumento, come previsto dalla L.R. 17 del 07 agosto 2009, art.5 comma b), integrerà il Regolamento edilizio comunale (Allegato A). Per definire gli ambiti di progettazione degli impianti d'illuminazione si utilizzeranno le aree omogenee contenute nel Piano Regolatore Generale.

In particolare si definisce un quadro specifico di riferimento degli ambienti urbani come di seguito riportato:

- Centri storici e aree pedonali;
- Aree agricole e boschive;
- Aree commerciali;

- Aree residenziali;
- Aree rurali;
- Aree verdi;
- Aree industriali ed artigianali;
- Aree extraurbane;
- Aree a parcheggio;
- Aree sportive.

Per ogni area omogenea si riportano le seguenti osservazioni e considerazioni preliminari sulla tipologia di illuminazione.

Centri storici e aree pedonali

Particolare attenzione va riposta nel progetto di illuminazione dei centri storici. Risulta importante differenziare gli spazi considerando il rapporto tra spazi pubblici di intensa frequentazione e spazi a carattere vicinale. Questi tipi di ambienti necessitano di una ricerca illuminotecnica allo scopo di valorizzare l'estetica e l'ambientazione. Per i monumenti si predilige un'illuminazione dall'alto verso il basso mantenendo il flusso il più possibile sulla sagoma.

Aree agricole e boschive

L'illuminazione di queste aree deve risultare meno invasiva possibile, limitata alle effettive necessità dei tracciati viari principali e secondari.

Aree commerciali

In tali zone vanno comunque mantenute le prescrizioni minime di legge con particolare attenzione all'illuminazione delle insegne

pubblicitarie. Vanno preferibilmente spente entro le ore 24 tutte quelle insegne di non specifico e necessario uso notturno pubblico. Per uso pubblico si intendono quelle delle forze dell'ordine, degli ospedali, di medici. Per quanto riguarda le insegne di esercizi in genere con apertura notturna (come ad esempio quelle di alberghi, distributori di carburanti, ecc.) è consigliato l'uso di sistemi per la riduzione del flusso luminoso emesso. Se le insegne vengono illuminate con fari è vietato illuminarle dal basso verso l'alto.

Aree residenziali

Le principali aree residenziali si sviluppano nelle zone limitrofe al centro storico. Tali aree sono il risultato dell'espansione urbana nel territorio. In questi punti l'illuminazione deve essere prettamente funzionale dal punto di vista dell'efficienza energetica e dell'inquinamento luminoso. In ambiti prevalentemente residenziali si eviti il confronto diretto tra la luce e le facciate delle case, dirigendolo verso il basso o adoperando proiettori fascio asimmetrico, in particolare quando si è costretti a posizionare l'apparecchio illuminante vicino all'edificio.

Aree rurali

In questi tipi di zone va preso in considerazione, soprattutto in assenza di un consolidato sistema tradizionale di illuminazione pubblica, la necessità di minimizzare l'impatto architettonico del nuovo impianto.

Aree verdi

L'illuminazione di queste limitate aree deve assolvere a una funzione di valorizzazione e sicurezza per i fruitori.

Aree industriali ed artigianali

L'illuminazione di queste aree deve essere realizzata privilegiando aspetti di efficienza e funzionalità e ridotto impatto manutentivo evitando sovra illuminamenti. Va verificato il posizionamento di eventuali proiettori notturni per l'illuminazione dei piazzali.

Aree extraurbane

In ambiti extraurbani si deve limitare l'illuminazione alla sede stradale e valutare la reale percezione dei luoghi. Dovrà porsi attenzione per evitare fenomeni di abbagliamento a chi percorre la strada.

Aree a parcheggio

L'illuminazione dei parcheggi deve essere distinta secondo i contesti da illuminare. Se i parcheggi di piccole/medie dimensioni che si trovano lungo strade a traffico veicolare motorizzato, l'illuminazione deve integrarsi con continuità con quella della strada. Per impianti di grandi dimensioni utilizzare sistemi illuminanti posti su sostegni di altezza sino a 10-12 metri con corpi illuminanti tipo stradale o proiettori asimmetrici disposti con vetro piano orizzontale. Valutare l'utilizzo di torri faro con proiettori asimmetrici ad elevata asimmetria trasversale per ridurre le altezze.

Aree sportive

Questi tipi di impianti possono costituire una delle principali forme di inquinamento luminoso e ottico; verrà quindi verificata l'inclinazione dei corpi illuminanti esistenti e, se necessario, predisposto l'inserimento di appositi schermi che indirizzino il flusso

luminoso sul campo sportivo, per evitare abbagliamenti e di
dispersione di flusso luminoso anche verso l'alto.

3 STATO DI FATTO DELL'ILLUMINAZIONE

3.1 Metodologia di lavoro

Il lavoro ha preso avvio dal censimento dei punti luce attualmente presenti nel Comune. Il censimento ha riguardato:

- le sorgenti luminose (tipologia e potenza delle lampade);
- gli apparecchi illuminanti, classificati in base ad uno schema adottato e descritto;
- i sostegni (pali o mensole a parete) con misura delle altezze, degli eventuali sbracci e delle interdistanze;
- i quadri di alimentazione e le relative linee;
- le strade (tipologia e geometria) con misura della larghezza delle corsie, dei marciapiedi, delle piste ciclabili, ecc.

Il rilievo è stato esteso a qualsiasi tipologia di strada o di zona: dal centro storico alle frazioni, le strade urbane locali, le strade urbane di scorrimento, le strade extraurbane di scorrimento veloce, le zone periferiche isolate, i parcheggi e le aree ricreativo-sportive.

L'analisi delle condizioni attuali degli impianti di illuminazione pubblica è stata effettuata distinguendo le strade a traffico motorizzato, le strade ciclo-pedonali e quelle esclusivamente pedonali. La distinzione si è resa necessaria per tener conto dei diversi e specifici requisiti illuminotecnici raccomandati dalla normativa di settore.

Le informazioni tecniche acquisite nel corso dei sopralluoghi sono state riportate sulle tavole grafiche allegate alla presente relazione.

Tutti i punti luce oggetto del rilievo sono stati fotografati e le fotografie sono state ordinate per quadro di competenza e strada.

I dati relativi alla tipologia e potenza delle lampade installate, nonché alla regolazione delle singole linee, sono stati forniti dall'Ufficio Tecnico e dal Manutentore degli impianti.

3.2 **Stato di fatto dell'illuminazione pubblica**

3.2.1 *Parco lampade*

Attualmente gli impianti di illuminazione presenti nel territorio comunale si compongono di **426** lampade, di cui 372 per la pubblica illuminazione a carico del comune. Le restanti 54 lampade sono a servizio di impianti sportivi. La Tabella 1 riepiloga in quantità e tipologia la composizione attuale del parco lampade presenti sul territorio comunale.

Le sorgenti luminose installate sono principalmente lampade al sodio alta pressione (luce gialla), con potenze di 70, 100, 150, 250W (37% del totale) e vapori di mercurio (luce bianca), con potenze di 125 W (37% del totale). In misura molto inferiore sono presenti lampade agli ioduri metallici, LED, alogene e fluorescenti.

Si fa notare che i punti luce a vapori di mercurio dovranno essere progressivamente eliminati anche alla luce della Direttiva Europea 2002/95/CE visto il loro potere inquinante. La presenza di un 37% di lampade al sodio alta pressione denota come il processo di riconversione degli impianti con lampade al sodio alta pressione sia già partito.

Tipologia di lampada	Potenza (W)	Num. lampade	Potenza totale (kW)
Vapori di mercurio (MBF)	125	156	19,50
Sodio alta pressione (SAP)	70	76	5,32
	100	67	6,70
	150	11	1,65
	250	4	1,00
Fluorescenti (FLU)	26	3	0,08
Ioduri metallici (JM)	70	6	0,42
	400	71	28,40
LED	4	9	0,04
	6	9	0,05
	20	2	0,04
	25	2	0,05
	30	3	0,09
	40	3	0,12
	50	4	0,20
Totali	--	426	63,66

Tabella 1 - Attuale parco lampade con potenza nominale delle sorgenti luminose

La Figura 6 illustra la ripartizione percentuale del numero delle lampade in funzione della loro tipologia: come già evidenziato, il 74% dell'intero parco lampade è composto da sorgenti luminose a vapori di mercurio e al sodio alta pressione.

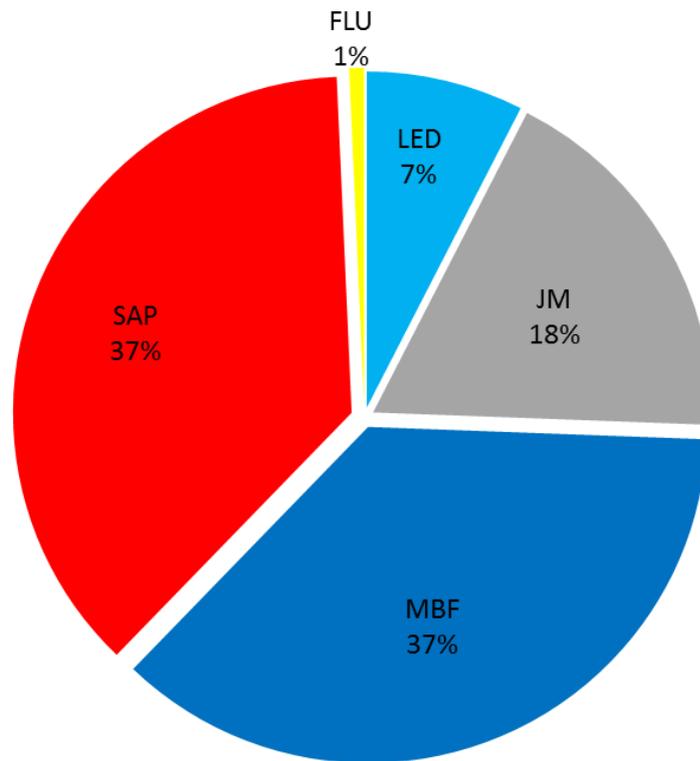


Figura 6 - Ripartizione del numero di lampade per tipologia

La Tabella 2 sintetizza ulteriormente il parco lampade tenendo conto del fatto che le lampade a scarica non sono in grado di funzionare senza ausiliari elettrici, responsabili in media di perdite nell'ordine del 15% della potenza delle lampade stesse.

Tipologia di lampada	Num. lampade	Potenza tot. lampade (kW)	Potenza tot. lampade e ausiliari (kW)
Vapori di mercurio (MBF)	156	19,50	22,43
Sodio alta pressione (SAP)	158	14,67	16,87
Fluorescenti (FLU)	3	0,08	0,09
LED	32	0,59	0,68
Ioduri metallici (JM)	77	28,82	33,14
Totali	426	63,66	73,21

Tabella 2 - Attuale parco lampade con potenza nominale delle sorgenti luminose e maggiorazione dovuta alle perdite elettriche degli alimentatori

Le **potenze medie impiegate** (esclusi i campi sportivi) sono di circa 113 W che è un valore piuttosto elevato anche a causa della presenza di numerose sorgenti ad elevata potenza. Le proposte di adeguamento saranno quindi mirate ad interventi che, sfruttando le nuove tecnologie, permettano di ridurre tale media a valori attorno a 60-70 W a fronte comunque di un incremento del flusso luminoso.

L'**efficienza media** (esclusi i campi sportivi) è di 77 lm/W. Tale valore non risulta particolarmente elevato e ciò è dovuto alla presenza di un notevole numero di punti luce ai vapori di mercurio di ridotta efficienza che abbassa il valore medio globale. La presenza di sorgenti ad elevata efficienza quali possono essere quelle al sodio alta pressione tende invece ad incrementare questo valore medio

3.2.2 *Tipologie di applicazione*

La Tabella 3 riepiloga in quantità le tipologie di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione pubblica, mentre la Figura 7 riporta le rispettive percentuali.

Si nota come l'illuminazione stradale rappresenti, se comprensiva dell'illuminazione per gli incroci, delle rotatorie, dei parcheggi e dei piazzali, la gran parte del parco lampade con il 73% del totale.

Si riscontra un impegno minore di illuminazione di tipo aggregativo (Parchi, Pedonali, Piazza, ecc.) che, con il 7% del totale, denota un uso quasi prettamente funzionale dell'illuminazione sul territorio comunale.

Utilizzo Corpo illuminante	N. Corpi ill.
Edifici / Monumento	30
Stradale	313
Impianti sportivi	54
Pedonale	29
Totali	426

Tabella 3 - Tipologia di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione

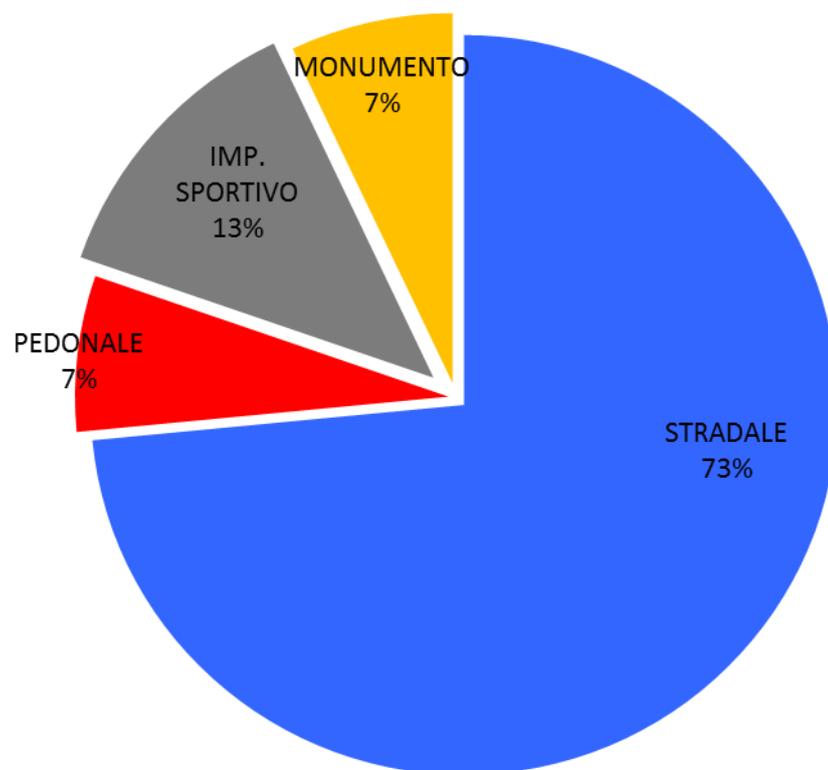


Figura 7 - Ripartizione dei Corpi Illuminanti secondo l'applicazione

3.2.3 *Corpi illuminanti*

Gli impianti di illuminazione presenti nel territorio comunale si compongono di **426** corpi illuminanti (punti luce), di cui 372 per la pubblica illuminazione a carico del comune. I restanti 52 punti luce sono a servizio di impianti sportivi o di utenze private. Si individuano due principali tipologie di corpi illuminanti: armatura

stradale e globi. La Tabella 4 riepiloga in quantità le tipologie di apparecchi, mentre la Figura 8 riporta le rispettive percentuali.

Tipologia dei Corpi illuminanti	Num. Corpi ill.
Armatura Stradale	130
Tecnico	80
Globo	85
Proiettore	75
Artistico	20
Residenziali	11
Incasso a parete o pavimento	25
Totali	426

Tabella 4 - Tipologia di apparecchi per l'illuminazione pubblica

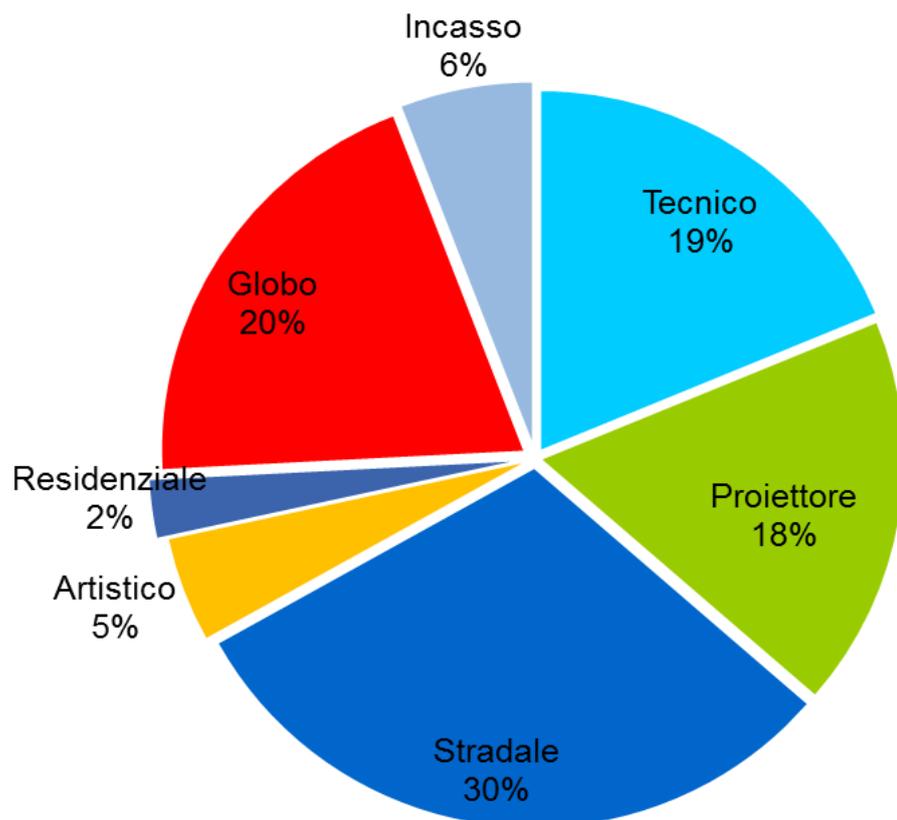


Figura 8 - Ripartizione delle tipologie di Corpi Illuminanti

Si rileva che:

il **30%** dei punti luce totali sono **armature stradali**; solo un quarto di queste sono di recente installazione e hanno vetro piano. I rimanenti apparecchi sono ad ottica aperta o con vetro curvo e risultano abbastanza obsoleti. Nell'ipotesi di una progressiva sostituzione delle armature stradali non conformi e obsolete con nuove tipologie (a vetro piano trasparente) si consiglia di mantenere un'uniformità nel modello in modo tale da favorire l'economia di scala nelle operazioni di manutenzione e rendere omogenea e gradevole l'immagine del territorio dal punto di vista dell'illuminazione. Si fa notare che, dal punto di vista della normativa, risultano preferibili corpi senz'ottica come quelli riportati in Figura 9 (con lampada interna all'apparecchio) rispetto a corpi con vetro curvo (seppur più recenti) sicuramente più inquinanti. Ovviamente, come verrà meglio specificato nei successivi capitoli, gioca un ruolo fondamentale l'inclinazione dell'apparecchio che rende inquinante anche un corpo con ottica efficiente.



Figura 9 - Corpi illuminanti con armatura stradale

Il **20%** dei punti luce totali è di tipo a **globo**. Questa tipologia di corpo è particolarmente inquinante, infatti, lo stesso determina la dispersione di ingenti quantità di flusso luminoso verso l'alto e ai lati della sede stradale. Si rileva che parte dei corpi è stata provvista una

schermatura per deviare il flusso luminoso; questi accorgimenti limitano l'inquinamento luminoso ma sicuramente non lo eliminano. Si ritiene che i globi presenti sul territorio debbano essere sostituiti.



Figura 10 - Corpi illuminanti tipologia globo

Il **19%** dei punti luce presenti sono di **tipo tecnico**; di questi circa il 92% sono corpi con coppa prismatica. Tali corpi caratterizzano più frequentemente l'illuminazione delle zone periferiche. Come si può notare dalle foto i corpi illuminanti con coppa prismatica risultano più vetusti rispetto a quelli a cut-off e saranno sicuramente oggetto delle proposte di intervento mirate alla loro sostituzione con apparecchi più moderni full cut-off.



Figura 11 - Corpi illuminanti tecnici

Il **18%** dei punti luce totali sono **proiettori**. Di questi solamente un numero ridotto hanno un'ottica asimmetrica. I proiettori sono prevalentemente usati per l'illuminazione degli impianti sportivi, mentre la restante parte è utilizzata per l'illuminazione d'accentuo

degli edifici. Tali corpi spesso sono posizionati ruotati rispetto all'orizzonte e favoriscono la dispersione del flusso luminoso verso l'alto. Preferibilmente si dovrebbero utilizzare torri-faro con proiettori con ottiche asimmetriche ed inclinazione 0° (vetro piano orizzontale) verso terra o torri-faro provviste di copertura che impedisca adeguatamente l'emissione di luce nell'emisfero superiore.

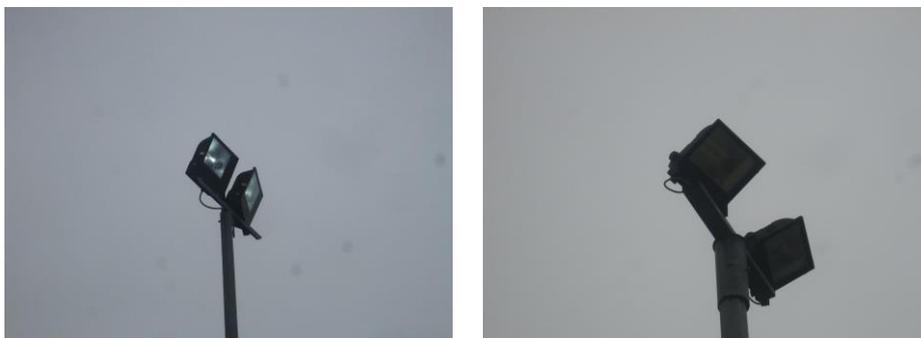


Figura 12 - Corpi illuminanti tipo proiettore

Il **5%** dei punti luce totali sono di tipo **artistico**. Tali corpi solitamente caratterizzano l'illuminazione dei centri urbano e sono tutti di tipo a lanterna con coppa prismatica. La maggior parte di tali corpi ha lampada emergente dall'ottica che contribuisce significativamente all'inquinamento luminoso rispetto a lanterne con lampada recessa.



Figura 13 - Corpi illuminanti tipo artistico

3.3 **Analisi delle situazioni critiche**

Il rilievo notturno dell'illuminazione ha evidenziato i seguenti elementi:

- non sono presenti nel territorio comunale impianti di grosse dimensioni ed estensivi di particolare impatto (ad es. porti, aeroporti, svincoli autostradali...);

- la località di Pozzolo, le vie Dante, Visentin, Conti Barbarano, Palladio, Carlotto, dell'Artigianato e via Villa a Toara sono illuminate tramite apparecchiature del tipo a globo o con corpi illuminanti a lampada emergente, particolarmente inquinanti;

- l'illuminazione dei campi sportivi avviene mediante proiettori che, sebbene restino accesi solo per poche ore, presentano una consistente dispersione di luce oltre l'area di gioco;

- il sistema di illuminazione della viabilità generale del territorio presenta ancora numerose apparecchiature di tipo vetusto e lampade ai vapori di mercurio scarsamente efficienti; inoltre alcune apparecchiature relativamente recenti con lampada ai vapori di sodio, sebbene efficienti dal punto di vista energetico, presentano schermo non piano e quindi non conformi alla Legge Regionale.

3.4 **Conformità alla L.R. Veneto 7 agosto 2009, n. 17**

La normativa promuove *in primis* la riduzione dell'inquinamento luminoso nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivanti, la protezione dell'ambiente naturale e dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici. Altro aspetto non trascurabile è l'uniformità dei criteri di

progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti e per la sicurezza della circolazione stradale. Proprio per tali motivi il piano prevede sia azioni sufficienti a garantire la riduzione dell'inquinamento luminoso che interventi per garantire i requisiti illuminotecnici delle strade; si ritiene che questa struttura possa garantire un approccio semplificato alla pianificazione degli interventi. La fattibilità di tali interventi sarà valutata dall'Amministrazione in base alle disponibilità economiche e ai risultati che si vogliono perseguire.

Dall'analisi dei punti luce si evince quanto segue:

- 35 corpi illuminanti (8% del totale) su 426 sono senz'altro conformi alla L. R. n. 17 del 2009;
- 68 (16%) sono facilmente adeguabili, mediante diverso orientamento dell'armatura;
- 126 (30%) abbisognano della sostituzione dell'apparecchio illuminante con nuovi corpi full cut-off mantenendo la posizione attuale.
- i rimanenti 197 corpi illuminanti (46%) andrebbero opportunamente sostituiti modificando l'altezza o la posizione d'installazione o predisponendo opportuna illuminazione.

3.5 **Consumi di energia elettrica per l'illuminazione pubblica**

Gli impianti sono suddivisi in 28 punti di consegna dell'energia elettrica per ciascuno dei quali si riportano, nell'Allegato C – Quadri elettrici, i dati e le informazioni principali. Delle 28 utenze rilevate,

22 sono per l'illuminazione delle strade, mentre le restanti 6 sono a servizio di aree sportive. Delle utenze di illuminazione stradale 16 hanno funzionamento continuo e 7 sono regolate con regime di spegnimento alternato dopo la mezzanotte. I punti di consegna delle aree sportive presentano un funzionamento discontinuo legato non tanto alla presenza di regolazioni, ma piuttosto allo specifico utilizzo delle strutture o ambiti che tali linee vanno ad illuminare.

Il consumo di energia elettrica complessivo degli impianti di illuminazione stradale a carico del Comune di Villaga è di circa 134.226 kWh/anno e il costo in bolletta ammonta a 35.167 €/anno (IVA inclusa), per un prezzo medio di acquisto dell'energia elettrica pari a 0,262 €/kWh.

Il consumo energetico annuo per illuminazione pubblica è riassumibile nei seguenti parametri:

Parametro	Indice	
Consumo energetico annuo per illuminazione pubblica esterna per abitante	1.928 ab.	69,6 kWh/ab.
Consumo energetico annuo per illuminazione pubblica esterna per superficie comune	23,2 km ²	5.785 kWh/km ²
Consumo energetico annuo per illuminazione pubblica esterna per km stradale illuminato	9,2 km	14.590 kWh/km

Tabella 5 - Statistiche dell'illuminazione pubblica

Le utenze in Tabella 6 riportano valori di consumo e costo indicativi degli impianti rilevati. La verifica effettuata ai quadri elettrici aveva lo scopo di individuare eventuali carenze normative e lo stato di degrado. Le specifiche relative ai quadri rilevati sono

contenute nell'allegato C – Quadri elettrici. Le verifiche si sono limitate ad un esame a vista per accertare se l'impianto elettrico ha i requisiti necessari per ridurre il rischio elettrico al di sotto del limite accettabile facendo riferimento alle Norme CEI e alle disposizioni di legge.

Un impianto elettrico costituito a regola d'arte deve assicurare la protezione contro i contatti diretti e indiretti. La protezione contro i contatti diretti, secondo la Norma CEI 64-8, deve essere effettuata mediante l'isolamento delle parti attive (art. 412.1) e mediante involucri o barriere (art. 412.2). La protezione contro i contatti indiretti, secondo la Norma CEI 64-8, deve essere assicurata mediante interruzione automatica dell'alimentazione (art. 413.1) e l'utilizzo di componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente (art. 413.2).

QUADRO	Indirizzo di fornitura dell'energia elettrica	Codice POD	Potenza kW	Consumo di energia elettrica kWh/anno	Importo (IVA inclusa) €/anno
Q001	Villaga	373 899 992	9,2	41.019	€ 10.747
Q002	Cimitero	375 068 711	0,3	--	--
Q003	Campo Calcio Villaga	--	1,8	--	--
Q004	Via Commenda 1	--	0,1	479	€ 125
Q005	Via Commenda 2	--	0,1	454	€ 119
Q006	Via Noseo	375 070 154	0,1	458	€ 120
Q007	Via Castello	--	0,1	352	€ 92
Q008	Via Pigiavento	--	0,1	369	€ 97
Q009	Belvedere	373 900 141	11,0	29.286	€ 7.673
Q010	Ponte Alto	304 214 171	4,2	8.801	€ 2.306
Q011	Quargente 1	375 069 776	1,0	3.694	€ 968
Q012	Quargente 2	--	0,8	3.568	€ 935
Q013	Via Calto	--	0,3	1.657	€ 434
Q014	Via Fagnini	302 352 771	0,2	817	€ 214
Q015	Pozzolo	375 070 740	6,4	16.971	€ 4.446
Q016	Via Giacomuzzi 1	351 626 259	0,3	1.162	€ 304
Q017	Via Giacomuzzi 2	Forfait	0,2	--	--
Q018	Via Boccadorno 1	Forfait	0,2	--	--
Q019	Via Boccadorno 2	303 707 506	0,3	1.013	€ 265
Q020	Toara	375 067 561	3,1	14.025	€ 3.675
Q021	Via Dante	375 072 025	5,3	8.125	€ 2.129
Q022	Via Fornace 1	--	0,1	427	€ 112
Q023	Via Fornace 2	375 071 025	0,4	1.549	€ 406
Q024	Campo Calcetto Belvedere	--	4,1	--	--
Q025	Campo Sportivo Pozzolo	--	1,8	--	--
Q026	Campo Calcio Pozzolo	--	7,4	--	--
Q027	Campo Calcio Toara	--	9,7	--	--
Q028	Manifestazioni Toara	--	3,7	--	--
Totale				134.226,00	€ 35.167

Tabella 6 - Dati identificativi dei punti di consegna degli impianti di illuminazione pubblica a carico del comune, consumi energetici e costi in bolletta

Illuminazione privata

Nel territorio sono stati rilevati diversi punti luce di illuminazione di competenza di altri enti o privati. Tali corpi sono perlopiù apparecchi residenziali più o meno inquinanti e proiettori per l'illuminazione dei piazzali. Nella maggior parte dei casi l'utilizzo di tali apparecchi risulta ridotto. In accordo con l'Amministrazione per tali corpi illuminanti non sono previste ulteriori misure restrittive rispetto a quanto già previsto nel presente piano.

L'ammodernamento dell'illuminazione privata avverrà con il coinvolgimento della cittadinanza attraverso incontri pubblici, seminari tecnici, la creazione di materiale promozionale e articoli di giornale. La sensibilizzazione ai temi di riduzione dell'inquinamento luminoso, le politiche di risparmio energetico, oltre all'entrata in vigore delle norme del piano provvederanno, nei prossimi anni, a realizzare il processo di rinnovamento dell'illuminazione del settore privato.

La L.R. 17/2009 persegue il contenimento dell'inquinamento luminoso e il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e tutela l'ambiente e l'attività svolta dagli osservatori astronomici. Tutti gli impianti di illuminazione esterna, sia pubblici che privati, sono sottoposti al regime di **autorizzazione comunale**, anche se a scopo pubblicitario.

Secondo quanto contenuto nella suddetta norma i comuni provvedono ad imporre la bonifica ai soggetti privati applicando, previa diffida a provvedere all'adeguamento entro 60 giorni, le

sanzioni amministrative previste, fermo restando l'obbligo all'adeguamento entro 90 giorni dall'irrogazione della sanzione. I proventi derivanti dalle sanzioni saranno destinati alle finalità del presente piano.

L'installazione di nuovi impianti di illuminazione esterna è assoggettata alla redazione di progetto illuminotecnico, sviluppato nel rispetto delle norme tecniche vigenti del Comitato elettrotecnico italiano (CEI) e dell'ente nazionale di unificazione (UNI). Il progetto è accompagnato da una certificazione del progettista di rispondenza dell'impianto ai requisiti della presente legge.

Sono esclusi dal progetto illuminotecnico gli impianti di modesta entità o temporanei e gli altri impianti per i quali è sufficiente il deposito in comune della dichiarazione di conformità ai requisiti di legge rilasciata dall'impresa installatrice. Per ulteriori specifiche relative ai nuovi impianti si veda il capitolo 6 "Pianificazione di nuovi impianti di illuminazione" della presente relazione.

Di seguito si riportano le immagini di alcuni punti luce privati rilevati nel comune di Villaga.



Armatura stradale su palo curvo
Correggere inclinazione



Proiettori su palo dritto
Correggere inclinazione



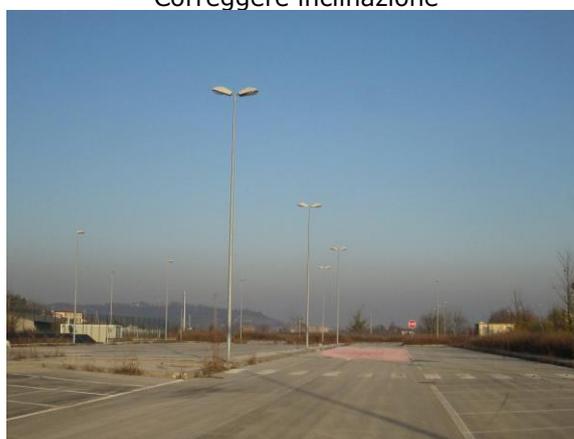
Globo testa palo - Non conforme
Sostituire punto luce



Proiettori sottogronda
Correggere inclinazione



Armatura stradale su palo dritto
Verifica conformità alla legge del prodotto



Armatura stradale su palo dritto
Verifica conformità alla legge del prodotto



Proiettori su palo dritto.
Correggere inclinazione



Apparecchio ad incasso per l'illuminazione di monumenti e ambiti storico-paesaggistici.
Verificare che il flusso luminoso sia contenuto nella sagoma dell'edificio/monumento



Proiettore su edificio
Correggere inclinazione



Corpo tecnico e proiettore su palo dritto
Sostituire punto luce e corregge inclinazione

Figura 14 - Apparecchi di illuminazione privati

4 CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA DELLE STRADE

4.1 Metodologia di lavoro

In mancanza di un Piano Urbano del Traffico, si è proceduto alla classificazione delle strade in sintonia con quanto riportato nei provvedimenti di legge e ss.mm.ii. indicati nello specifico paragrafo.

I risultati delle analisi effettuate si possono riassumere per compiti visivi:

- illuminazione delle strade di scorrimento veloce (extraurbane);
- illuminazione delle strade di scorrimento;
- illuminazione delle strade locali;
- illuminazione delle strade e delle aree pedonali e ciclabili.

In base alla normativa per ciascuna di queste categorie, valutandone le caratteristiche di viabilità nelle varie situazioni, è stata attribuita una categoria illuminotecnica.

4.2 Analisi della viabilità

Nel territorio comunale le vie di comunicazioni principali sono la S.P. 8, che con il suo tracciato collega le frazioni di Belvedere e Ponte Alto alla Zona industriale di Via Dante, e la S.P. 13 che collega Barbarano Vicentino a Villaga.

Il passaggio per i centri abitati comporta la riduzione dei limiti di velocità del flusso veicolare. Un altro aspetto da tenere in considerazione è la presenza di numerosi incroci a raso e di diversi attraversamenti pedonali; tali punti di connessione generano zone di conflitto dovute alle diverse velocità di percorrenza dei veicoli. Il

traffico pendolare si registra principalmente verso i centri di Vicenza e Padova. Le vie maggiormente trafficate quotidianamente, oltre alla S.P. 8, sono quelle di accesso e di transito al centro di Villaga e quelle delle zone industriali.

4.3 **Classificazione degli ambiti urbani ed extraurbani**

Il "Nuovo Codice della Strada" (D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e s.m.i.) ha previsto la seguente classificazione delle strade sulla base delle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali:

- *tipo A*: autostrade;
- *tipo B*: strade extraurbane principali;
- *tipo C*: strade extraurbane secondarie;
- *tipo D*: strade urbane di scorrimento;
- *tipo E*: strade urbane di quartiere;
- *tipo F*: strade locali.

Sulla base delle indicazioni delle norme UNI 11248 e UNI EN 13201, ad ogni tipo di strada è assegnata una categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi consultabile nell'Allegato D - Classificazione delle strade. Nella stesura del piano di intervento, considerando parametri di influenza, è stata associata, a ciascuna strada, una categoria illuminotecnica di progetto. Si sono successivamente valutate le condizioni di esercizio per procedere alla riduzione del flusso luminoso nelle diverse fasce orarie.

Si riporta nel seguito una breve descrizione delle categorie:

- *categorie ME*: riguardano i conducenti di veicoli motorizzati su strade che consentono velocità di marcia medio-alte;

- *categorie CE*: riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e si riferiscono a zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde e zone con presenza di coda;
- *categoria S*: riguarda pedoni e ciclisti su zone pedonali e piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, strade urbane con un limite di velocità molto basso (minore di 30 km/h), strade pedonali, aree di parcheggio, cortili scolastici, ecc.

Come detto in precedenza la classificazione delle strade in funzione del tipo di traffico e il corrispondente indice della categoria illuminotecnica viene definita dalla norma UNI 11248:2012.

La norma in particolare individua le prestazioni illuminotecniche degli impianti di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti delle strade. Fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione in una data zona della strada, identificate e definite in modo esaustivo, nella UNI EN 13201-2, mediante l'indicazione di una categoria illuminotecnica.

Le categorie illuminotecniche individuate per il Comune di Villaga in base ai vari tipi di strade classificate sono rappresentate negli elaborati grafici T007 – Classificazione strade.

Le categorie illuminotecniche del presente piano sono da ritenersi categoria di riferimento funzionali al PICIL, in quanto la progettazione effettiva di ogni intervento dovrà avvenire comunque

previa obbligatoria verifica e analisi dei rischi da parte del progettista.

4.4 **Requisiti illuminotecnici**

Come già evidenziato, a ciascuna categoria sono associati determinati requisiti illuminotecnici in funzione delle esigenze visive degli utenti. Con riferimento alle strade di categoria ME, la tabella 7 indica i requisiti stabiliti dalla normativa vigente in termini di luminanza L minima, uniformità generale U_0 minima, uniformità longitudinale U_l minima e abbagliamento TI massimo:

- *luminanza L (cd/m^2):* rappresenta il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente verso una superficie normale alla direzione del flusso e l'area della superficie stessa. La luminanza è legata alla quantità di luce riflessa dalla strada e fornisce un'indicazione di come può apparire una superficie stradale agli occhi degli utenti;
- *uniformità generale U_0 della luminanza:* è il rapporto tra i valori minimo e medio della luminanza della carreggiata destinata al traffico veicolare;
- *uniformità longitudinale U_l della luminanza:* è il rapporto tra i valori minimo e massimo della luminanza rilevati lungo l'asse della corsia dove tale rapporto è minimo;
- *abbagliamento fisiologico TI (%):* è un indice percentuale che esprime l'impossibilità di percepire un ostacolo generata da un fastidio visivo proprio dei corpi illuminanti. Tale incapacità dipende dal "velo" creato all'interno dell'occhio da una

eccessiva luminanza emessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante
	L in cd/m ² [minima mantenuta]	U _o [minima]	U _I [minima]	TI in %a [massimo]
ME1	2,0	0,4	0,7	10
ME2	1,5	0,4	0,7	10
ME3a	1,0	0,4	0,7	15
ME3b	1,0	0,4	0,6	15
ME3c	1,0	0,4	0,5	15
ME4a	0,75	0,4	0,6	15
ME4b	0,75	0,4	0,5	15
ME5	0,5	0,35	0,4	15
ME6	0,3	0,35	0,4	15

Tabella 7 - Requisiti illuminotecnici delle strade di categoria ME

Si fa notare che un'adeguata e uniforme luminanza della carreggiata e una sufficiente limitazione dell'abbagliamento costituiscono requisiti fondamentali affinché la strada sia chiaramente riconoscibile e si costituisca uno sfondo luminoso sul quale eventuali ostacoli risaltino per contrasto.

Per gli ambiti diversi dalle strade di categoria ME i parametri illuminotecnici da rispettare sono rappresentati dall'illuminamento medio E_m (lx) e dall'uniformità U_o (l'illuminamento rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso irradiato e la superficie illuminata).

Per le zone adiacenti si utilizzeranno le categorie illuminotecniche S:

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx [minimo mantenuto]	E_{min} in lx [mantenuto]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

Tabella 8 - Requisiti illuminotecnici delle categorie S

Per le zone di conflitto si utilizzeranno le categorie illuminotecniche

CE:

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx [minimo mantenuto]	U_o [minima]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Tabella 9 - Requisiti illuminotecnici delle categorie CE

4.5 **Analisi e verifiche illuminotecniche**

Sulla scorta del rilievo effettuato dello stato di fatto e delle non conformità emerse rispetto alla Legge Regionale, si è proceduto ad una verifica illuminotecnica mirata.

Tale analisi ha lo scopo di evidenziare situazioni particolarmente anomale dal punto di vista delle prestazioni illuminotecniche e/o inefficienti dal punto di vista energetico. Questo consente di adottare criteri di priorità per gli interventi di adeguamento che si intendono proporre.

Le analisi illuminotecniche hanno preso avvio dall'individuazione delle cosiddette "composizioni": ciascuna composizione è ricorrente sul territorio e fa riferimento ad una specifica combinazione di corpo illuminante, lampada, sostegno e geometria del compito visivo.

Le composizioni sono state raggruppate per ovvie ragioni di sintesi, individuando le situazioni limite di soddisfacimento dei compiti visivi delle apparecchiature presenti sul territorio comunale;

sulla base dei risultati quantitativi evidenziati sono state svolte le considerazioni per la verifica della conformità o meno dal punto di vista visivo e per la determinazione della priorità di intervento per le situazioni particolarmente difformi; il criterio utilizzato è di tipo qualitativo. Nel Comune sono state individuate 67 composizioni distinte.

Le caratteristiche delle composizioni rilevate sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (Allegato B - Schede Composizioni). La loro posizione è mostrata nelle Tavole T001-T004 (Rilievo punti luce - stato di fatto - disposizione punti luce). Le composizioni sono identificate con una lettera seguita da un numero progressivo (ad esempio A01): la lettera fa riferimento alla classificazione degli apparecchi illuminanti indicata nella normativa specifica comune anche in altre regioni (Figura 15). Di seguito la classificazione degli apparecchi utilizzata:

- *classe A*: apparecchi con lampade recesses nel vano ottico superiore e vetro piano;
- *classe B*: apparecchi con lampade recesses nel vano ottico superiore e vetro curvo o coppa prismatica;
- *classe C*: apparecchi con schermatura superiore, ottica secondaria o frangiluce;
- *classe D*: apparecchi destinati all'illuminazione d'accento o effetti localizzati decorativi (tipicamente incassati);
- *classe E*: globi fortemente inquinanti.

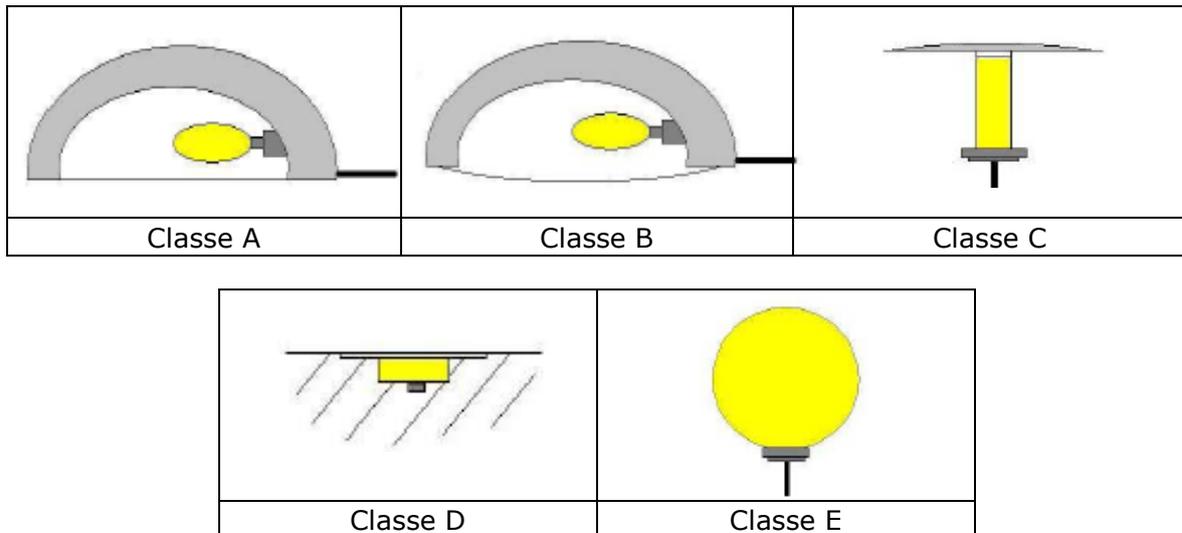


Figura 15 - Classificazione degli apparecchi illuminanti

Si fa notare che la codifica assegnata ai corpi illuminanti di Villaga tiene conto delle caratteristiche proprie degli apparecchi; non vengono valutati i tipi di sostegno (palo curvo, palo con sbraccio, testa-palo, mensola a parete, ecc.), le condizioni di installazione (che possono risultare più o meno corrette in relazione all'altezza, all'angolo di inclinazione, ecc.) e il tipo di lampada impiegata (che può essere più o meno efficiente). I risultati delle analisi contenute nel Piano di intervento considerando anche le condizioni di installazione degli apparecchi illuminanti.

Su tutte le composizioni sono state condotte specifiche analisi per il calcolo e la verifica dei principali parametri illuminotecnici. Per ogni composizione è stata acquisita la curva fotometrica del corpo illuminante (essa rappresenta in forma grafica i valori dell'intensità luminosa emessa in tutte le direzioni). Nel caso degli apparecchi di provenienza non certificata perché molto vecchi (ad esempio alcune armature stradali), sono state utilizzate curve fotometriche di corpi illuminanti simili. I parametri illuminotecnici sono stati calcolati con

un software professionale (Dialux), assumendo l'interesse fra i punti luce, l'altezza di installazione e la geometria del compito visivo in modo tale da ricostruire un modello rappresentativo della situazione reale limite esistente.

I parametri illuminotecnici calcolati sono stati confrontati con i requisiti prestazionali minimi richiesti dalla normativa tecnica di settore.

5 PIANO DI INTERVENTO

5.1 Metodologia di lavoro

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare il piano operativo di intervento suddiviso per applicazione e per aree omogenee, con particolare riferimento ai nuovi impianti privati residenziali e al riassetto dell'illuminazione delle evidenze delle evidenze artistiche e storiche. L'obiettivo principale di tale documento è quello di individuare dei criteri guida comunali minimi per la futura illuminazione, per tipologie di impianti e per aree di applicazione.

L'integrazione dell'illuminazione pubblica e privata deve consentire di gestire al meglio il territorio, con una copertura graduale e misurata, evitando l'utilizzo di fonti che alterino e mettano in pericolo la percezione dell'ambiente.

Come indicato nella citata Legge Regionale sono state valutate le priorità di intervento in funzione di:

- conformità degli apparecchi ai valori di inquinamento luminoso emesso verso l'alto;
- conformità degli apparecchi ai valori di efficienza energetica perseguiti;
- conformità degli apparecchi ai compiti del campo visivo richiesto;
- conformità degli impianti ai livelli di efficienza energetica perseguiti;
- conformità degli impianti ai requisiti di sicurezza elettrica.

5.2 Priorità di intervento

Il piano di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Villaga individua quattro livelli di priorità degli interventi, più un livello 0 attribuito alle situazioni conformi alla L.R. 17/09 che non richiedono azioni correttive. Di seguito un breve descrizione dei livelli di intervento:

- *Livello 1:* interventi che riguardano la sostituzione di impianti molto inquinanti (globi) o che evidenziano prestazioni illuminotecniche carenti per la sicurezza del campo visivo (anche se non particolarmente inquinanti). Gli interventi pertanto hanno una **priorità alta** e devono essere previsti nel breve periodo;
- *Livello 2:* interventi che riguardano principalmente la sostituzione degli impianti inquinanti e a bassa efficienza lungo le strade urbane locali e nelle aree pedonali: essi hanno una **priorità media** e possono essere previsti nel medio periodo;
- *Livello 3:* le situazioni riscontrate non sono particolarmente critiche. Gli interventi riguardano soprattutto l'adeguamento alla L.R. 17/09 di impianti di recente installazione e in buono stato: essi hanno una **priorità bassa** e possono essere programmati nel lungo periodo.
- *Livello 4:* le situazioni riscontrate sono punti luce di recente installazione non conformi alla L.R. 17/09. I corpi illuminanti, dotati di lampade efficienti, evidenziano prestazioni illuminotecniche carenti per la sicurezza del campo visivo.

L'intervento non risulta prioritario e può essere programmato nel lungo periodo.

5.3 **Individuazione delle sorgenti luminose**

Dall'analisi effettuata sono state evidenziate le situazioni di non conformità e a ciascuna situazione è stata attribuita una priorità. In base a tale priorità sono stati individuati gli interventi, suggerendo una proposta tecnica volta ad individuare la componente economica indispensabile per una corretta programmazione.

E' evidente che le ipotesi di intervento sono determinate da alcuni elementi essenziali:

- disponibilità economica dell'Amministrazione;
- lavori di messa a norma indispensabili per la sicurezza o un corretto funzionamento;
- grado di intervento che si vuole realizzare, se basato essenzialmente su una valutazione tecnica di tipo illuminotecnico ed energetico o riqualificando l'insieme con elementi di arredo urbano;
- tecnologie disponibili in fase di intervento e loro economicità.

Per la scelta della tipologia delle sorgenti luminose dovranno essere valutati diversi aspetti che si differenziano per:

- la resa luminosa a parità di potenza elettrica assorbita;
- colore della luce emessa (ad esempio: bianco, giallo, ecc.);
- resa cromatica, che indica le caratteristiche di una lampada per consentire l'apprezzamento delle sfumature di colore;

- vita media di funzionamento (ad es.: 1.000 ore, 6.000 ore, 12.000 ore, ecc.);
- valori di potenza unitaria che il mercato offre (50 W, 70W, 100 W, 125W, 150 W, 250 W, ecc.).

La scelta idonea delle lampade da utilizzare incide in modo considerevole sull'efficienza dell'intero sistema in senso energetico e funzionale.

Gli apparecchi a **LED** attualmente disponibili sul mercato non presentano più le problematiche del passato, legate al controllo delle correnti e delle tensioni di alimentazione e delle temperature di lavoro. Si evidenzia che i LED rappresentano sorgenti luminose molto efficienti (100÷120 lm/W) e fortemente regolabili. La durata di vita pari a circa 50.000 ore permette di ridurre i costi di manutenzione. Ciò assicura un sensibile abbattimento degli interventi di manutenzione (comunque necessari per la periodica pulizia dei corpi illuminanti) e dei relativi costi. Un aspetto tecnico da non trascurare è rappresentato dalla temperatura di colore dei LED: sono oggi disponibili LED ad alta efficienza e bassa temperatura di colore (3.000 K), che emettono una gradevole luce bianco-calda.

Le sorgenti al **sodio alta pressione** rappresentano uno standard della pubblica illuminazione e sono ormai una tecnologia consolidata e diffusa. I principali vantaggi di tali lampade sono costituiti dal basso costo e dall'elevata efficienza (80÷90 lm/W); per contro, esse hanno un basso indice di resa cromatica ed emettono una luce gialla. La regolazione può avvenire installando un alimentatore elettronico dimmerizzabile.

Le lampade agli **ioduri metallici** di ultima generazione, con bruciatore ceramico, sono caratterizzate da un'ottima resa cromatica, da una temperatura di colore intorno ai 2.800 K (luce bianca confortevolmente calda) e da un'efficienza energetica elevata, in linea con quella delle lampade al sodio alta pressione. Queste lampade, però, hanno una durata di vita ridotta e costi elevati. Tali lampade sono indicate per l'illuminazione di ambiti specifici; il loro uso diffuso e generalizzato sul territorio, pur valido dal punto di vista dell'efficienza energetica e della qualità della luce, non trova giustificazione economica.

Con riferimento al flusso emesso dagli apparecchi e all'inquinamento luminoso, si precisa che i LED costituiscono per loro natura sorgenti di luce unidirezionali (naturalmente verso il basso): dal punto di vista fotometrico, gli apparecchi sono classificati cut-off (schermati verso l'alto) e sono compatibili con la norma UNI 10819 "Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della luminanza del cielo da luce artificiale". Una potenza installata nettamente inferiore a quella attuale garantisce un flusso efficace a terra pari o superiore (inteso come flusso nominale delle sorgenti meno la frazione del flusso che non esce dagli apparecchi, quella che esce ma è dispersa verso l'alto e/o ai lati e quella che, pur essendo diretta verso il basso, illumina inutilmente zone non appartenenti al compito visivo).

All'abbattimento della potenza installata si affianca la parzializzazione del flusso, estremamente agevole ed efficace con la tecnologia LED, secondo il profilo giornaliero ed annuale di

funzionamento degli impianti. Il profilo di funzionamento prevede una parzializzazione degli impianti nelle ore di minor traffico (dal 100% al 50% della potenza elettrica assorbita) in particolare dopo la mezzanotte.

Non volendo entrare nel merito di possibili interventi che saranno oggetto di progettazione specifica da parte di progettista, in accordo con l'Amministrazione, il piano di intervento prevede uno scenario di intervento con l'utilizzo di corpi illuminanti LED.

A puro titolo esemplificativo, gli apparecchi a LED presi in considerazione nel presente piano di intervento sono illustrati nella Figura 16 e nella Figura 17.



Figura 16 - Possibili armature stradali a LED adatte alla sostituzione di punti luce non conformi (modelli puramente indicativi)



Figura 17 - Possibili corpi tecnici a LED adatti alla sostituzione di punti luce non conformi (modelli puramente indicativi)

5.4 **Azioni sulla alimentazione dei circuiti**

Per tutti gli apparecchi di nuova installazione si intende prevedere una parzializzazione del flusso di tipo punto-punto secondo il profilo giornaliero ed annuale di funzionamento degli impianti. La tipologia di gestione di tale parzializzazione potrà essere individuata in fase esecutiva in un sistema di telecontrollo, sulla base di valutazioni economiche che lo giustifichino.

In fase esecutiva andrà valutata l'opportunità alternativa di installare dei controllori di flusso in sostituzione dei quadri esistenti, in grado di agire sulla tensione di alimentazione di tutti i circuiti collegati. Tale diversa soluzione, pur essendo molto interessante dal punto di vista energetico, presenta delle incognite di tipo tecnico: affinché essa sia vantaggiosa, tutte le lampade devono essere già ad alta efficienza (quelle al mercurio hanno problemi di accensione, salvo inserire un dispositivo su ogni apparecchio, ma ciò fa aumentare di molto i costi) e possibilmente tutte al sodio alta pressione per poter regolare la tensione a livelli più bassi (gli ioduri sopportano riduzioni minori). Inoltre, affinché il regolatore funzioni nella maniera ottimale, le cadute di tensione sulle parti terminali delle linee devono essere limitate, altrimenti vi sono problemi di spegnimento delle lampade in coda alla linea. Tuttavia l'installazione del regolatore di flusso oltre al risparmio energetico e alla riduzione dell'inquinamento luminoso consente di stabilizzare la tensione di alimentazione ed evitare così le sollecitazioni indesiderate alle lampade, aumentandone la vita media e riducendo gli interventi di manutenzione.

La valutazione va fatta nel quadro complessivo dell'intervento che si vuole realizzare e pertanto in questa fase viene privilegiata la soluzione con la parzializzazione punto-punto valutandone le implicazioni economiche che consentiranno altre scelte.

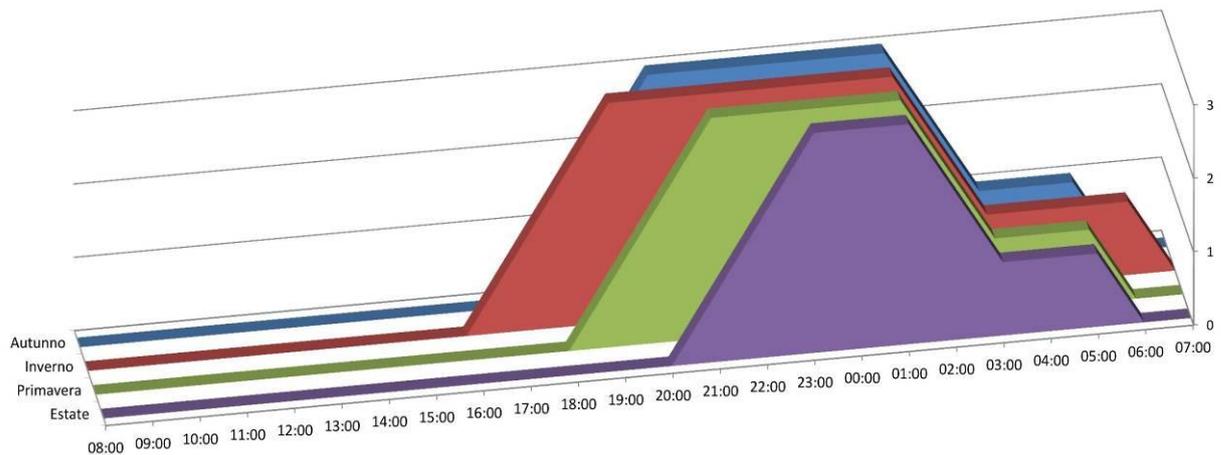


Figura 18 - Tipologia di profilo di funzionamento degli impianti

5.5 Tipologie di intervento sui quadri elettrici

Le specifiche relative ai quadri rilevati sono contenute nell'allegato C – Quadri elettrici. La verifica effettuata ai quadri elettrici aveva lo scopo di individuare eventuali carenze normative e lo stato di degrado. Come detto in precedenza le verifiche si sono limitate ad un esame a vista per accertare se l'impianto elettrico ha i requisiti necessari per ridurre il rischio elettrico al di sotto del limite accettabile facendo riferimento alle Norme CEI e alle disposizioni di legge. Nell'allegato E – Piano di intervento sono descritti gli interventi necessari alla messa a norma degli impianti.

5.6 Tipologie di intervento sui corpi illuminanti

Gli interventi proposti riguardano principalmente la sostituzione delle tipologie di corpi illuminanti considerati inquinanti dal punto di vista luminoso. L'intervento prevede nella messa a norma di garantire anche i requisiti illuminotecnici di sicurezza. Il dettaglio dei singoli interventi è contenuto negli Allegati *E – Piano di intervento* mentre la distribuzione planimetrica è riportata nelle tavole *T008 Conformità alla legge e Piano di intervento* allegate alla presente relazione.

In linea generale il piano prevede di installare i nuovi apparecchi nelle stesse posizioni occupate dai punti luce esistenti, mantenendo gli interassi attuali. Nei casi in cui gli interassi attuali risultino eccessivamente elevati in rapporto alla geometria delle strade, si prevede la loro riduzione con conseguente aumento del numero di punti luce. Nel caso in cui le linee degli impianti risultassero obsolete è stato previsto il rifacimento delle stesse con una nuova distribuzione dei punti luce.

Di seguito sono descritte le tipologie di intervento adottate nel piano:

Predisporre opportuna illuminazione

L'intervento riguarda la predisposizione di una diversa tipologia di illuminazione (sostegni, corpi illuminanti e lampade) in sostituzione degli attuali corpi non conformi. Per questo tipo di intervento il piano rimanda ad un progetto illuminotecnico di dettaglio.

Sostituzione apparecchio

L'intervento di adeguamento di questi punti luce rappresentato dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti con nuovi corpi mantenendo invariata sia la posizione che l'altezza di installazione.

Sostituzione apparecchio, palo e plinto

L'intervento di adeguamento di questi punti luce è rappresentato dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti e dei sostegni con nuovi apparecchi. Nella fase progettuale si dovrà verificare che i punti luce così modificati garantiscano il rispetto dei requisiti illuminotecnici delle strade al variare delle altezze di installazione.

Ridurre inclinazione o predisporre proiettori asimmetrici

L'intervento prevede di verificare la possibilità di ridurre l'inclinazione dei proiettori mantenendo costante l'illuminazione; in caso contrario prevedere adozione di proiettori asimmetrici correttamente installati.

Ridurre inclinazione

L'intervento prevede la rotazione degli attuali corpi installati per garantire la riduzione dell'inquinamento luminoso. In fase realizzativa è necessario verificare la corretta illuminazione del compito visivo.

Rifacimento linea

L'intervento prevede il rifacimento della linea con il riposizionamento dei nuovi apparecchi illuminanti garantendo una corretta illuminazione del compito visivo.

Sostituzione apparecchio e infittimento

L'intervento riguarda la sostituzione degli attuali corpi illuminanti mantenendo il sostegno esistente; si prevede inoltre l'installazione di nuovi punti luce (pozzetto, sostegno, corpo illuminante, lampada) per integrare la linea esistente.

Sostituzione apparecchio, palo, plinto e infittimento

L'intervento riguarda la sostituzione integrale degli attuali corpi illuminanti (pozzetto, sostegno, corpo illuminante, lampada) e l'inserimento di nuovi punti luce allacciati alla linea.

5.7 Analisi economica e risparmio energetico

Il piano di intervento è uno strumento preliminare che permette valutazioni di ordine tecnico-economico sulla fattibilità della messa a norma degli impianti attuali. In accordo con l'Amministrazione comunale si è scelto, ove fosse necessario, che la sostituzione dei corpi illuminanti avvenga prevedendo uno scenario con tecnologia a LED. Tali soluzioni prefigurano delle azioni di progetto possibili, che vanno armonizzate con la reale messa a norma degli impianti, da svilupparsi in fase definitiva ed esecutiva. I contenuti del piano di intervento sono puramente indicativi e non vincolanti.

A fronte di un adeguamento dei livelli di illuminazione sulle strade, aree pedonali, parcheggi, ecc., con conseguente aumento della sicurezza, l'utilizzo dei nuovi apparecchi a LED riduce la potenza installata e i consumi energetici.

Nell'Allegato E – Piano di Intervento sono riportati i costi relativi alla messa a norma degli impianti secondo le specifiche della L.R. n. 17/09 garantendo i requisiti illuminotecnici dei compiti visivi.

I costi di investimento riportati nell'allegato comprendono la rimozione e lo smaltimento dei punti luce esistenti e la fornitura e posa in opera di quelli nuovi (sostegni, apparecchi illuminanti, lampade e ausiliari elettrici). I costi includono inoltre la regolazione di tipo stand-alone dei nuovi apparecchi (programmabile secondo il profilo di funzionamento desiderato) ed escludono un eventuale sistema di telecontrollo. Nei casi di riduzione degli interessi attuali troppo elevati con conseguente aumento dei punti luce, i costi di investimento comprendono le opere civili ed elettriche relative all'allaccio dei nuovi apparecchi e la formazione della linea.

5.7.1 *Risultati attesi*

L'adeguamento proposto comporta la messa a norma di tutti gli impianti di illuminazione.

Lo scenario LED prevede una riduzione dei consumi di energia elettrica della pubblica illuminazione (esclusi impianti sportivi) pari a circa 71.990 kWh/anno, circa il **54%** del consumo attuale. Il risparmio annuale in termini economici è quantificabile in circa 18.860 euro.

Nella tabella 10 è riportato un confronto relativo ai consumi e ai costi di esercizio tra lo stato attuale e l'intervento proposto. Dal calcolo degli indici di efficienza energetica rimangono esclusi l'illuminazione degli impianti sportivi in quanto inficerebbero la

validità degli indici calcolati a causa del loro ridotto utilizzo e delle elevate potenze installate.

	Stato attuale	Stato di progetto
Numero di punti luce	372	395
Potenza installata lampade e alimentatori (kW)	46,53	22,61
Consumo di energia elettrica (kWh/anno)	134.226	62.235
Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)	0,262	0,262
Costo in bolletta (€/anno)	35.167	16.306
Ore equivalenti di accensione delle lampade (ore anno)	2.983	2.753
Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)	125	57
Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)	361	158
Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.)	95	41

Tabella 10 - Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguardale utenze comunali di illuminazione pubblica

La valutazione avviene attraverso il confronto degli indici calcolati con valori statistici di riferimento, caratteristici di realtà simili al Comune di Villaga in termini di dimensioni territoriali e numero di abitanti.

Le ore equivalenti di accensione delle lampade misurano il livello di regolazione degli impianti. Esse rappresentano il rapporto fra il consumo annuo di energia elettrica degli impianti e la potenza totale installata: all'aumentare del grado di regolazione, le ore equivalenti si riducono, in quanto diminuisce il consumo a parità di potenza installata. Per gli impianti non soggetti ad alcuna regolazione le ore equivalenti coincidono con quelle effettive di accensione delle lampade e sono pari a circa 4.200 ore/anno. Nel caso specifico del Comune di Villaga le ore equivalenti sono molto più basse in conseguenza dello spegnimento alternato dei punti luce nelle ore notturne. A questo proposito si fa notare che lo spegnimento

alternato, pur rappresentando un'efficace misura di risparmio, non costituisce una soluzione di efficienza energetica, in quanto determina un'illuminazione stradale disuniforme a discapito del comfort visivo e della sicurezza degli utenti. La corretta regolazione degli impianti deve essere affidata ai dispositivi di riduzione del flusso luminoso, sia centralizzati che puntuali, in grado di attenuare il flusso emesso dalle lampade nelle ore centrali della notte, riducendo i consumi di energia senza compromettere l'uniformità dell'illuminazione stradale e senza penalizzare la qualità del servizio offerto ai cittadini.

La potenza installata media per punto luce è un indice dell'efficienza energetica del parco apparecchi-lampade: a parità di flusso diretto sulla sede stradale, maggiori sono l'efficienza ottica degli apparecchi e l'efficienza luminosa delle lampade e minore è la potenza installata delle lampade medesime. Valori nell'intorno di 80 W/p.l. (incluse le perdite degli alimentatori) sono tipici di una buona efficienza. L'obiettivo del piano è diminuire il costo annuo di ogni punto luce.

I rimanenti due indici in Tabella 10 (consumo e costo annuo medio per punto luce) sono una diretta conseguenza di quelli già analizzati: un impianto avente un parco di apparecchi e lampade efficiente con un buon grado di regolazione registra un basso consumo energetico e una bolletta "leggera". Gli indici del Comune di Villaga sono stati ridotti operando prioritariamente sulla sostituzione degli apparecchi inquinanti con nuovi apparecchi cut-off e sorgenti luminose ad alta efficienza.

5.7.2 Costi di investimento

Il piano prevede interventi di efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica e la messa a norma dei corpi illuminanti ai sensi della L.R. 17/2009 con l'adeguamento dell'illuminazione alle normative della sicurezza stradale. Tali interventi interessano sia gli impianti economicamente efficienti che quelli più dispendiosi. Questo comporta investimenti per l'adeguamento degli impianti a cui non corrisponde una riduzione significativa dei costi in bolletta. I tempi di rientro di tale operazione risultano particolarmente lunghi. I costi per garantire la riduzione dell'inquinamento luminoso degli impianti di illuminazione pubblica (esclusi i proiettori di impianti sportivi) del comune sono stimati in circa 513.550 euro. In alcuni tratti di strada si è dovuto intervenire riducendo il passo tra i punti luce. Il piano di intervento prevede l'installazione di 23 nuovi punti luce. La tabella 11 riepiloga il costo dei singoli interventi.

Tipologia di intervento	Numero corpi ill.	Costo IVA incl. (€)
Sostituzione apparecchio	126	102.201
Sostituzione apparecchio, palo e plinto	114	163.031
Sostituzione apparecchio e infittimento	10	12.518
Sostituzione apparecchio, palo, plinto e infittimento	9	14.669
Rifacimento linea	62	218.361
Ridurre inclinazione o predisporre proiettori asimmetrici	67	13.266
Ridurre inclinazione	1	198
Predisporre opportuna illuminazione	3	-
Verifica orario di spegnimento	22	-
Totali	414	524.244

Tabella 11 - Valutazione dei costi per tipologia di intervento

Gli interventi proposti prevedono una riduzione dei consumi a carico del comune (circa 72.247 kWh/anno) e generano un risparmio in bolletta pari a circa 18.930 euro/anno (IVA inclusa). Tali interventi permettono di garantire la riduzione dell'inquinamento luminoso e di realizzare l'efficiamento energetico. Il tempo di rientro medio di tali impianti è pari a 28 anni.

La tabella 12 riepiloga i costi di intervento rispetto alle priorità. Si fa notare che per gli apparecchi non conformi alla L.R. 17/09 con priorità medio-alta (i livelli 1 e 2 sono rappresentativi degli interventi da pianificare nel medio-breve periodo) sono previsti investimenti pari a circa 400.650 euro, di cui circa il 54% per sostituire corpi altamente inquinanti.

Priorità di intervento	Numero corpi ill.	Costo IVA incl. (€)
Priorità 0 – Conformi alla L.R. 17/09	35	--
Priorità 1 – Non conforme	138	193.310
Priorità 2 – Non conforme	116	207.338
Priorità 3 – Non conforme	121	86.570
Priorità 4 – Non conferme	39	37.026
Totali	449	524.244

Tabella 12 - Valutazione dei costi di intervento per priorità

Oltre ai costi per la messa a norma sui corpi illuminanti, il piano prevede di intervenire con la messa a norma dei seguenti quadri elettrici:

Quadro elettrico	Intervento	Costo IVA incl. (€)
Q002 – Cimitero	Si prevede la pulizia interna del quadro e la riorganizzazione dei componenti	€ 300,00

	installando un nuovo contenitore con coperchio per apparecchi elettrici.	
Q004 – Via Commenda 1	Si prevede la pulizia interna del quadro e la sostituzione dell'involucro esterno.	€ 600,00
Q005 – Via Commenda 2	Verificare presenza protezione differenziale. Si prevede la sostituzione dell'involucro esterno.	€ 600,00
Q006 – Via Noseo	Si prevede la pulizia interna del quadro e la sostituzione dell'involucro esterno.	€ 600,00
Q012 – Quargente 2	Verificare presenza protezione differenziale. Si prevede la posa di un involucro esterno.	€ 600,00
Q015 - Pozzolo	Si prevede la riorganizzazione dei componenti.	€ 200,00
Q019 – Via Boccadorno 2	Si prevede la pulizia interna del quadro e sistemazione della chiusura involucro esterno.	€ 300,00
Q021 – Via Dante	Si prevede la pulizia interna del quadro e la riorganizzazione dei componenti installando un nuovo coperchio.	€ 300,00
Q023 – Via Fornace 2	Si prevede la pulizia interna del quadro e la sostituzione dell'involucro esterno.	€ 600,00
Totale		€ 4.100,00

Tabella 13 - Quadri elettrici oggetto di intervento

5.7.3 *Riduzione dei costi di manutenzione*

L'installazione della tecnologia LED di ultima generazione permette una sensibile riduzione ai costi di manutenzione degli impianti. Considerando la lunga durata di vita dei LED, almeno pari a 50.000 ore (12 anni), si può considerare una significativa riduzione dei costi manutentivi.

Come comunicato dall'Ufficio Tecnico, attualmente il Comune di Villaga ha una spesa di circa 12.000 euro/anno. L'abbattimento degli interventi di manutenzione (comunque necessari per la periodica pulizia dei corpi illuminanti) considerando l'adozione di tecnologia LED per almeno 298 corpi illuminanti e la realizzazione di circa 23 nuovi punti luce è stimabile in circa 3.000 euro/anno.

6 **PIANIFICAZIONE DI NUOVI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE**

I requisiti minimi di progetto formano lo strumento con il quale l'Amministrazione Comunale pone dei limiti a chiunque si troverà ad operare nel suo territorio, sia per realizzare impianti di illuminazione pubblica, sia privati nell'ambito di aree residenziali, lottizzazioni, artigianali, ecc. Tale paragrafo è stato realizzato in accordo con le prescrizioni con la Legge Regionale 7.08.2009 n. 17 "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici". Il P.I.C.I.L. costituisce l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale.

6.1 **Quota annuale di incremento (IA)**

In armonia con i principi del Protocollo di Kyoto, come previsto dalla L.R. 17/09 art. 5 comma 3, i comuni devono verificare che la **quota annuale di incremento massima (IA)** sia minore dell'1% del consumo effettivo. Tale quota per il Comune di Villaga è pari a circa **1.342 kWh/anno**. Solo in caso di interventi di efficientamento, previa adeguata e dettagliata contabilizzazione, la quota annuale di incremento (IA) potrà essere aumentata con l'effettivo risparmio di energia elettrica conseguito. La quota di incremento massima è

influenzata dalla tipologia di regolazione delle linee, che in molti casi presenta spegnimento alternato nelle ore notturne. Come detto in precedenza tale tipologia di regolazione, che genera sicuramente benefici economici, non consente di garantire l'uniformità d'illuminazione del compito visivo.

6.2 Documentazione di progetto

L'illuminazione esterna pubblica e privata di edifici, giardini, strade, piazze è soggetta alle disposizioni della L.R. 17/09 e s.m.i. che dispongono in materia di contenimento di tutti i fenomeni di inquinamento luminoso e di risparmio energetico.

In particolare, come previsto nell'Allegato A – Linee guida per l'attuazione del P.I.C.I.L., i professionisti incaricati della realizzazione dei progetti d'illuminazione, dovranno corredare la relazione illustrativa, della seguente documentazione:

- **dichiarazione di conformità del prodotto** alla L.R. 17/09 e s.m.i. (Allegato A4);
- **dichiarazione di conformità del progetto** alla L.R. 17/09 e s.m.i. (Allegato A2).

A fine lavori gli installatori rilasceranno **una dichiarazione di conformità dell'installazione** rispetto al progetto illuminotecnico ed ai criteri della L.R. 17/09 e s.m.i. (Allegato A3).

Secondo quanto definito dalla L.R. 17/09 e s.m.i. sono esclusi dal progetto illuminotecnico e quindi soggetti al solo deposito in comune della dichiarazione di conformità ai requisiti di legge rilasciata

dall'impresa installatrice gli impianti di modesta entità o temporanei
quali:

a) sorgenti di luce internalizzate e quindi non inquinanti, quali gli impianti di illuminazione sotto tettoie, portici, sottopassi, gallerie e strutture similari, con effetto totalmente schermante verso l'alto (L.R. 17/09 articolo 9, comma 4, lettera a);

- sorgenti di luce facenti parte di installazione temporanea, che vengano rimosse entro un mese dalla messa in opera, o che vengano spente entro le ore ventuno nel periodo di ora solare ed entro le ore ventidue nel periodo di ora legale (L.R. 17/09 articolo 9, comma 4, lettera b);
- impianti che vengono accesi per meno di dieci minuti da un sensore di presenza o movimento, dotati di proiettori ad alogeni o lampadine a fluorescenza compatte o altre sorgenti di immediata accensione (L.R. 17/09 articolo 9, comma 4, lettera c);
- per i porti, gli aeroporti e le altre strutture non di competenza statale, limitatamente agli impianti e ai dispositivi di segnalazione strettamente necessari a garantire la sicurezza della navigazione marittima e aerea (L.R. 17/09 articolo 9, comma 4, lettera d);
- per le installazioni e per gli impianti di strutture, la cui progettazione, realizzazione e gestione sia regolata da specifica normativa statale (L.R. 17/09 articolo 9, comma 4, lettera e);

- per gli impianti dotati di piccole sorgenti tipo fluorescenza, gruppi di led o di sorgenti simili, caratterizzati dai seguenti requisiti:

1. in ciascun apparecchio, il flusso totale emesso dalle sorgenti non sia superiore a 1800 lumen;
2. ogni apparecchio emetta meno di 150 lumen verso l'alto;
3. gli apparecchi dell'impianto d'illuminazione non emettano, complessivamente, più di 2.250 lumen verso l'alto;

b) impianti di rifacimento, ampliamento e manutenzione ordinaria di impianti esistenti con un numero di sostegni inferiore a cinque;

c) insegne pubblicitarie di esercizio non dotate di illuminazione propria, come indicate all'articolo 23 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, "Nuovo codice della strada" e successive modificazioni e al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" e successive modificazioni, e quelle con superfici comunque non superiori a sei metri quadrati, installate con flusso luminoso in ogni caso diretto dall'alto verso il basso, realizzate secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a) della L.R. 17/09;

d) apparecchi di illuminazione esterna delle superfici vetrate, in numero non superiore a tre per singola vetrina, installati secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a);

e) insegne a illuminazione propria, anche se costituite da tubi fluorescenti nudi;

f) installazioni temporanee per l'illuminazione di cantieri comunque realizzate secondo le prescrizioni di cui all'articolo 9, comma 2, lettera a).

Per chiunque realizzi impianti di illuminazione pubblica e privata in difformità alle disposizioni della L.R. 17/09 e s.m.i. è prevista una sanzione amministrativa come riportato all'art. 11 della medesima legge.

6.3 **Indicazioni per la verifica della conformità di progetto ai sensi della L.R. 17/09**

I progetti illuminotecnici che saranno presentati verranno valutati, dall'ufficio tecnico, sulla base delle indicazioni contenute in tabella.

Oggetto	Ambito	Cosa verificare	Limite
Apparecchi illuminanti	Generico	Intensità luminosa	< 0.49 cd per 1000 lumen a 90° e oltre
Lampade	Generico	Efficienza	> 90 lm/W
	Monumenti/Edifici Zone pedonalizzate	Indice di resa cromatica (Ra)	Ra > 65
Superficie illuminata	Stradale	Luminanza media	< 1 cd/mq
Impianti	Generico	Presenza dispositivi di riduzione del flusso luminoso	Riduzione in misura superiore al 30% rispetto al pieno regime di operatività, entro le ore ventiquattro
Alimentazione con pannelli fotovoltaici	Generico	Rendimento pannelli	≥ al 10%
Insegne	Generico	Tipo Illuminazione	Dall'alto verso il basso
		Flusso luminoso	< 4.500 lumen
	Non preposte alla sicurezza e ai servizi di pubblica utilità	Spegnimento	Alla chiusura dell'esercizio e entro le ore 24

Fari, Torri-faro e riflettori	Parcheggi, piazzali, cantieri, svincoli ferroviari e stradali, complessi industriali e grandi aree	Intensità luminosa	= 0 cd per 1000 lumen a 90° e oltre
		Tipo di proiettori	Asimmetrici
Edifici di interesse storico, architettonico, monumentale	Generico	Intensità luminosa	< 0.49 cd per 1000 lumen a 90° e oltre
		Potenza illuminazione	Spegnimento o riduzione almeno del 30% entro le ventiquattro
		Tipo illuminazione	Dall'alto verso il basso oppure se non realizzabile verificare: <ul style="list-style-type: none"> - luminanza media massima sulla superficie da illuminare 1 cd/m² - illuminamento fino 15 lux - fasci di luce contenuti all'interno della sagoma

Tabella 14 - Indicazioni per la verifica della conformità di progetto

Allo scopo di predisporre impianti ad alta efficienza, fatte salve le indicazioni della tabella 13, impiegare, a parità di luminanza, apparecchi con:

- minor potenza elettrica;
- massimo interasse di punti luce;
- minor costo;
- minor interventi di manutenzione;
- rendimento superiore al 60%.

Per gli impianti di nuova realizzazione:

- il rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non deve essere inferiore al valore di 3,7 (sono consentite soluzioni alternative in presenza di ostacoli o in quanto migliorativi per l'efficienza dell'impianto);

- utilizzare apparecchi lungo entrambi i lati della strada per luminanze di progetto superiori a 1,5 cd/m² o per carreggiate maggiori a 9 metri.

7

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

Il P.I.C.I.L. (Piano dell'Illuminazione per il Contenimento dell'Inquinamento Luminoso) costituisce l'atto di programmazione per la realizzazione dei nuovi impianti di illuminazione e per ogni intervento di modifica, adeguamento, manutenzione, sostituzione ed integrazione sulle installazioni di illuminazione esistenti nel territorio comunale. Esso è stabilito dall'art. 5 della Legge Regionale 7.08.2009 n. 17 "Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici".

Il P.I.C.I.L. deve perseguire il contenimento dell'inquinamento luminoso, la valorizzazione del territorio, il miglioramento della qualità della vita, la sicurezza del traffico e delle persone, il risparmio energetico.

Il piano di manutenzione è necessario per prevenire avarie, guasti e disservizi. Viene redatto per programmare le operazioni di controllo, sostituzione o manutenzione di tutti i dispositivi che concorrono a formare il sistema di illuminazione pubblica.

7.1 Organizzazione della manutenzione

I controlli sulle apparecchiature e sui componenti vengono stabiliti pianificati in base alle indicazioni fornite dal progettista dell'impianto, da chi gestisce l'impianto, dai costruttori delle apparecchiature e da

obblighi di legge o normative. Tale attività consente di conservare gli impianti di illuminazione in perfetta condizione.

Gli interventi manutentivi possono essere costituiti da:

- operazioni di manutenzione programmata: finalizzati a prevenire guasti o degrado;
- operazioni di manutenzione predittiva o secondo condizione: interventi nel momento di effettiva necessità;
- operazioni di manutenzione a guasto: interventi dopo che si è verificata la rottura del componente;
- operazioni di manutenzione di opportunità: sfruttando altre fasi di intervento.

Le operazioni di manutenzione, eseguite sulle apparecchiature non in tensione, sono regolamentate dalle vigenti normative di legge in materia e devono essere effettuate esclusivamente da personale autorizzato dotato di tutti i dispositivi di protezione personale previsti per legge, e della strumentazione minima prevista per tali tipi di interventi.

Gli interventi più comuni legati ad un uso normale e ordinario degli impianti di illuminazione sono i seguenti:

- sostituzione delle lampade;
- pulizia degli apparecchi di illuminazione;
- stato di conservazione dell'impianto;
- verniciatura e protezione della corrosione dei sostegni.

Gli interventi manutentivi devono essere coordinati in modo da minimizzare i costi d'intervento e massimizzare l'efficacia. Le modalità operative minime sono le seguenti:

- far corrispondere il cambio lampada con la pulizia dei vetri di protezione e chiusura;
- i quadri elettrici vanno puliti periodicamente, ogni anno, assicurando che i contrassegni conservino la loro leggibilità. Dovranno essere controllate le linee nei pozzetti e l'efficienza dei relè crepuscolari;
- manutenzione degli impianti elettrici mantenendo inalterate le caratteristiche;
- i sostegni metallici vanno tenuti sotto osservazione al fine di provvedere alla loro verniciatura quando necessaria. La verniciatura può essere prevista intorno ai cinque anni limitatamente per sostegni verniciati e periodi molto più lunghi, inferiore a 10 anni, per i pali in acciaio zincato.

Un particolare chiarimento è necessario nei confronti delle operazioni di cambio lampada:

- calcolare i tempi di accensione media annua dei singoli circuiti e confrontarli con le tabelle fornite dai produttori della vita media delle lampade installate;
- calcolare il costo dell'intervento di manutenzione come somma del costo della sorgente e del tempo medio di sostituzione della medesima;

- le sorgenti luminose mal sopportano sbalzi di tensione e frequenti cicli di accensione e spegnimento;
- non maneggiare le sorgenti luminose con le dita;
- non utilizzare le apparecchiature in condizioni differenti da quelli suggeriti dalla ditta costruttrice;
- l'utilizzo di sistemi di stabilizzazione della tensione migliora le performance, riduce i costi energetici ed aumenta la vita media delle sorgenti luminose.

Le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria possono essere svolte direttamente dalla Amministrazione Comunale, tramite proprio personale adeguatamente preparato o tramite servizio di ditta esterna; in ogni caso le attività devono essere programmate tramite un piano di intervento e adeguatamente registrate per le dovute analisi.

A tale scopo, esiste la possibilità di integrare la mappatura dello stato dell'impianto di illuminazione così come restituito dal presente piano su piattaforma digitale, implementando il database per una lettura immediata dei dati necessari a tale scopo.

7.2 **Riferimenti normativi e legislativi**

La sicurezza relativa alle attività di esercizio e conduzione di impianti elettrici, sono oggetto di norme tecniche UNI e CEI e sono anche disciplinate da leggi dello Stato (D.Lgs. 81/2008).

I principali provvedimenti legislativi e norme tecniche nazionali in vigore, di diretto interesse in materia di sicurezza degli impianti elettrici e che risultano più importanti ai fini della manutenzione degli stessi sono i seguenti:

- DPR 27 aprile 1955, n. 547 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro";
- D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 62 "Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro";
- D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 494 "Attuazione della direttiva 92/57 concernente le prescrizioni minime da attuare nei cantieri temporanei e mobili";
- D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- Legge 18 ottobre 1977, n. 791 "Attuazione della direttiva del Consiglio della comunità europea (72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione";
- Legge 11 febbraio 1994 n. 109 "Legge Quadro in materia di lavori pubblici";

- DPR 21 dicembre 1999 n. 554 "Regolamento di attuazione della Legge Quadro in materia di lavori pubblici del 11/02/94 n. 109";
- Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";
- Norma CEI 11-15 "Esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici di categoria II e III in corrente alternata";
- Norma CEI 11-15 "Esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici di categoria II e III in corrente alternata";
- Norma CEI 11-24 "Terminologia per gli attrezzi e gli equipaggiamenti usati per lavori sotto tensione";
- Norma CEI 11-27 "Esecuzione dei lavori su impianti elettrici a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Norma CEI 11-27/1 "Esecuzione dei lavori elettrici. Parte 1: requisiti minimi di formazione per lavori non sotto tensione su sistemi di categoria 0, I, II e III e lavori sotto tensione su sistemi di categoria 0 e I";
- Norma CEI 11-48 "Esercizio degli impianti elettrici";
- Norma CEI 11-49 "Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali)";
- Norma CEI 64-8/7 "Impianti elettrici di illuminazione pubblica";
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";

- Norma CEI 64-12 "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario";
- Norma CEI 64-14 "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";
- Norma CEI 64-17 "Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici sui cantieri";
- Norma CEI 64-50 "Edilizia residenziale. Guida per l'esecuzione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali";
- Norma UNI 9910 "Manutenzione – terminologia sulla fidejussione e sulla qualità del servizio";
- Norma UNI 10144 "Manutenzione – classificazione dei servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10145 "Manutenzione – definizione dei fattori di valutazione delle imprese fornitrici di servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10146 "Manutenzione – criteri per la formulazione di un contratto per la fornitura di servizi di manutenzione";
- Norma UNI 10147 "Manutenzione – terminologia";
- Norma UNI 10148 "Manutenzione – gestione di un contratto di manutenzione";
- Norma UNI 10224 "Manutenzione – principi fondamentali della funzione manutenzione";

- Norma UNI 10366 "Manutenzione – criteri di progettazione della manutenzione";
- Norma UNI 10388 "Manutenzione – indici di manutenzione";
- Norma UNI 10449 "Manutenzione – criteri per la formulazione e gestione del processo di lavoro";
- Norma UNI 10584 "Manutenzione – Sistema informativo di manutenzione";
- Norma UNI 10685 "Criteri per la formulazione di contratti global service";
- Norma UNI 10874 "Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione".

8 CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha evidenziato le caratteristiche dell'illuminazione pubblica del Comune di Villaga. Le tipologie di sorgenti luminose più diffuse sono lampade al sodio ad alta pressione e ai vapori di mercurio. Si è ipotizzato uno scenario di intervento a LED per la sostituzione di tutti i corpi illuminanti non a norma con nuovi apparecchi full cut-off. Si prevede un costo di circa 528.344 € (IVA inclusa) per la sostituzione dei corpi non conformi e la messa a norma dei quadri elettrici. Tali interventi comprendono il rifacimento di alcuni tratti di linea con l'aumento dei punti luce per il rispetto dei parametri previsti dalla legge. Più in generale il piano prevede interventi che consentono:

- l'incremento dei livelli di illuminazione sul compito visivo;
- l'abbattimento dell'inquinamento luminoso;
- l'abbandono del regime di spegnimento alternato nelle ore notturne.

Le tecnologie installate nello scenario LED consentono:

- un risparmio energetico circa di 72.247 kWh/anno (pari a circa il 52% del consumo attuale);
 - un risparmio economico in bolletta pari a 18.930 €/anno;
 - un risparmio economico sulle spese di manutenzione pari a 3.000 €/anno;
- un beneficio ambientale in termini di emissioni evitate di CO₂ pari a 35 ton/anno.