

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



Comune di Bresimo

Via Fontana Nuova, 1
38020 Bresimo

**PIANO REGOLATORE DELL'ILLUMINAZIONE
PUBBLICA COMUNALE (P.R.I.C.)**

Dicembre 2014

Autori

arch. Luigi Boso
ing. Matteo Poletti

Collaboratori

Michel Gaier
Mattia Zagonel

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Introduzione	3
2	INQUADRAMENTO	5
2.1	Viabilità	6
2.2	Demografia	6
2.3	Inquinamento luminoso	6
2.4	Osservatori astronomici	8
2.5	Aree omogenee	8
3	DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO	12
3.1	Metodologia di lavoro	12
3.2	Parco lampade	13
3.3	Tipologie di applicazione	16
3.4	Corpi illuminanti	17
3.5	Analisi delle situazioni critiche	20
3.6	Conformità alla L.P. 3 ottobre 2007, n. 16	21
3.7	Linee elettriche e quadri	22
4	VERIFICA DELLO STATO DI FATTO	24
4.1	Classificazione delle strade	26
4.2	Categorie illuminotecniche delle strade	27
4.3	Classificazione corpi illuminanti	29
4.4	Analisi dei tipologici	30
5	PIANO DI INTERVENTO	35
5.1	Linee guida per l'attuazione del piano d'intervento	35
5.2	Priorità di intervento	37
5.3	Tipologie di intervento	38
5.4	Valutazioni economiche	39
6	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI	48
6.1	Organizzazione della manutenzione	48
6.2	Riferimenti normativi e legislativi	51
7	CONCLUSIONI	55

1 PREMESSA

1.1 Introduzione

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.

La presente relazione illustra la metodologia di lavoro seguita nelle diverse fasi di svolgimento del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC) di Bresimo, nonché i principali risultati conseguiti.

Il PRIC di Bresimo è stato realizzato in accordo alle prescrizioni del *"Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso"* e del *"Regolamento di attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso)"*.

Il lavoro è finalizzato a fornire all'Amministrazione le indicazioni per riqualificare gli impianti di illuminazione pubblica e perseguire il risparmio energetico, mantenendo e/o migliorando le condizioni illuminotecniche in termini di quantità di luce e di comfort degli utenti della strada. In particolare il lavoro intende:

- a) mettere a disposizione dell'Amministrazione uno strumento aggiornabile di pianificazione e di programmazione ambientale ed energetica, nel quale siano evidenziati gli interventi pubblici per risanare il territorio;

- b) rispettare le norme per il conseguimento della sicurezza del traffico veicolare e pedonale (parametri illuminotecnici);
- c) conseguire il risparmio energetico migliorando l'efficienza globale degli impianti;
- d) contenere l'inquinamento luminoso e i fenomeni di abbagliamento;
- e) ottimizzare i costi di esercizio e di manutenzione degli impianti;
- f) migliorare la qualità della vita sociale e la fruibilità degli spazi urbani, adeguando l'illuminazione alle esigenze architettoniche e ambientali.

2 INQUADRAMENTO

Bresimo è un comune di circa 254 abitanti della Provincia Autonoma di Trento e si trova all'estremità nord occidentale della Val di Non. Il territorio si estende per 41 chilometri quadrati con una densità di 6,19 abitanti per chilometro quadrato. Il clima è di tipologia alpina e subalpina, con inverni freddi e secchi ed estati moderatamente calde con frequenti brezze. Il centro del paese sorge ad un'altitudine di 1.036 m s.l.m.. Il comune è formato dalle frazioni di Baselga, Bevia, Fontana e Fontana Nuova. I punti luce analizzati nel presente documento si trovano nei centri urbani e lungo le strade di accesso al paese (Strada Provinciale 68).

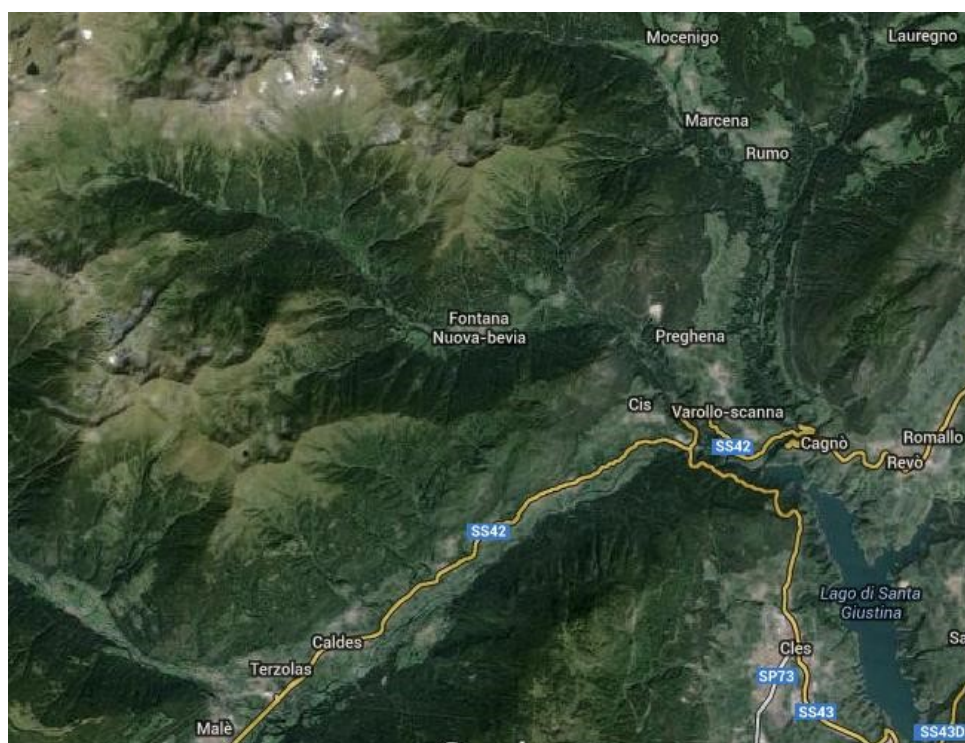


Figura 1 – Inquadramento da Google Maps

2.1 Viabilità

In base ai dati ACI il parco veicolare di Bresimo nel 2011 era pari a circa 266 veicoli, di cui 178 erano Automobili. Le varie frazioni sono attraversate dalla S.P. 68. Il traffico pendolare maggiore si registra soprattutto in direzione del vicino centro di Malè. Si registra un ridotto traffico di mezzi pubblici in tratte extraurbane, servizio gestito da Trentino Trasporti.

2.2 Demografia

Dal 2001 ad oggi il Comune è passato da un saldo di 289 residenti agli attuali 254 abitanti. La variazione percentuale demografica media annua dal 2008 ad oggi è in crescita e si attesta su un +0,4 %. Attualmente vi sono circa 119 famiglie con un numero di componenti medi di 2,13 e un'età media di 46,6 anni. La distribuzione della popolazione presenta un equilibrio tra maschi e femmine. Lo 0,4% sono stranieri.

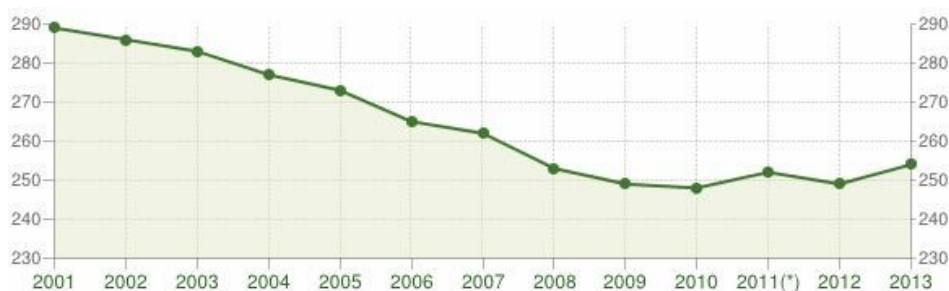


Figura 2 – Andamento della popolazione (fonte Urbistat)

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.¹

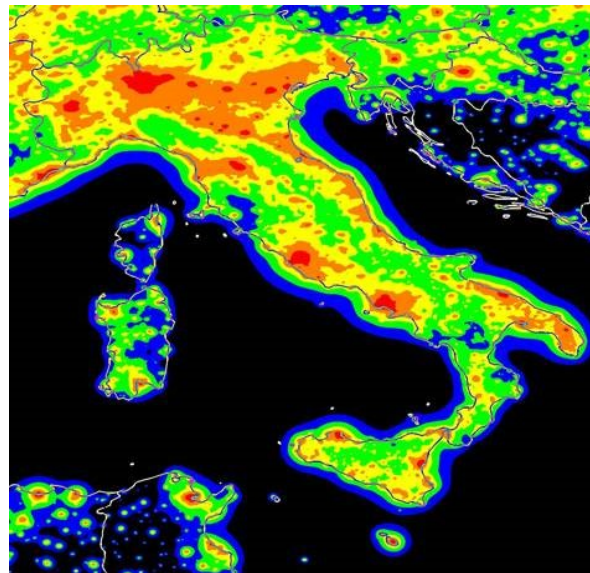


Figura 3 - **Brillantezza artificiale del cielo notturno a livello del mare**

Rispetto ai valori nazionali il Trentino Alto-Adige risulta tra le Regioni nelle quali la Via Lattea risulta visibile a circa il 90% della popolazione. 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

¹ 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

relative emissioni producendo anche un notevole risparmio energetico.

2.4 **Osservatori astronomici**

Secondo i criteri tecnici contenuti nella L.P. n. 16 del 3 ottobre 2007 il territorio di Bresimo non ricade all'interno delle fasce di rispetto degli osservatori astronomici presenti in Provincia di Trento. Anche se non sono previste particolari prescrizioni in merito alle fasce di rispetto degli osservatori astronomici, si suggerisce comunque di considerare prioritaria la messa a norma degli impianti di illuminazione dal punto di vista dell'inquinamento luminoso.

2.5 **Aree omogenee**

Il Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (P.R.I.C.) è l'atto di programmazione per la realizzazione, la modifica, l'adeguamento e la manutenzione di ogni impianto d'illuminazione. 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 residenziali;
- Aree rurali;

- Aree verdi;
- 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 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, dirigendo 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 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 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 DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO

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 allo schema adottato dal "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso";
- 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 con misura delle tensioni a fine linea per quantificare le cadute di tensione;
- 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: il centro storico, le strade urbane locali, le strade urbane di scorrimento, le strade extraurbane di scorrimento veloce, le zone periferiche isolate, i parcheggi, le aree artigianali e industriali e quelle 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:

- norma UNI 11248: Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- norma UNI EN 13201-1: Illuminazione stradale - Parte 1: selezione delle classi di illuminazione;
- norma UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale - Parte 2: requisiti prestazionali;
- norma UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale - Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- norma UNI EN 13201-4: Illuminazione stradale - Parte 4: metodi di misura delle prestazioni illuminotecniche degli impianti.

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.

3.2 **Parco lampade**

Attualmente gli impianti di illuminazione presenti nel territorio di Bresimo si compongono di 195 punti luce (per punto luce si intende il singolo corpo illuminante), di cui 170 sono utenze comunali di illuminazione pubblica e 25 sono gestiti da altri enti o illuminazione degli impianti sportivi.

La Tabella 1 riepiloga in quantità e tipologia la composizione attuale del parco lampade. Le sorgenti luminose installate (195) sono principalmente lampade al sodio alta pressione (luce gialla), con potenze di 70 e 100 W (79% del totale). In misura inferiore sono presenti lampade fluorescenti (9%), lampade agli ioduri metallici per

l'illuminazione degli impianti sportivi (4%), LED (4%) e lampade alogene (2%). In numero ridotto sono presenti corpi illuminanti con lampade a vapori di mercurio a bassa efficienza (luce bianca) con potenza di 125 W (2% del totale). Si fa notare che le lampade a vapori di mercurio dovranno essere progressivamente eliminate visto il loro potere inquinante, anche alla luce della Direttiva Europea 2002/95/CE.

Tipologia di lampada	Potenza (W)	Num. lampade	Potenza totale (kW)	Potenza tot. lampade e ausiliari (kW)
Vapori di mercurio (MBF)	125	4	0,50	0,58
Sodio alta pressione (SAP)	70	17	14,99	17,24
	100	138		
Ioduri metallici (JM)	150	4	2,20	2,53
	400	4		
LED	28,8	8	0,23	0,26
Fluorescenti compatte (FLU)	18	10	0,43	0,50
	36	7		
Alogene (ALO)	50	3	0,15	0,15
Totali	---	195	18,50	21,26

Tabella 1 – Attuale parco lampade con potenza nominale delle sorgenti luminose e maggiorazione dovuta alle perdite elettriche degli alimentatori

La Figura 4 illustra la ripartizione percentuale del numero delle lampade in funzione della loro tipologia: come già evidenziato, il 79% dell'intero parco lampade è composto da sorgenti luminose al sodio ad alta pressione.

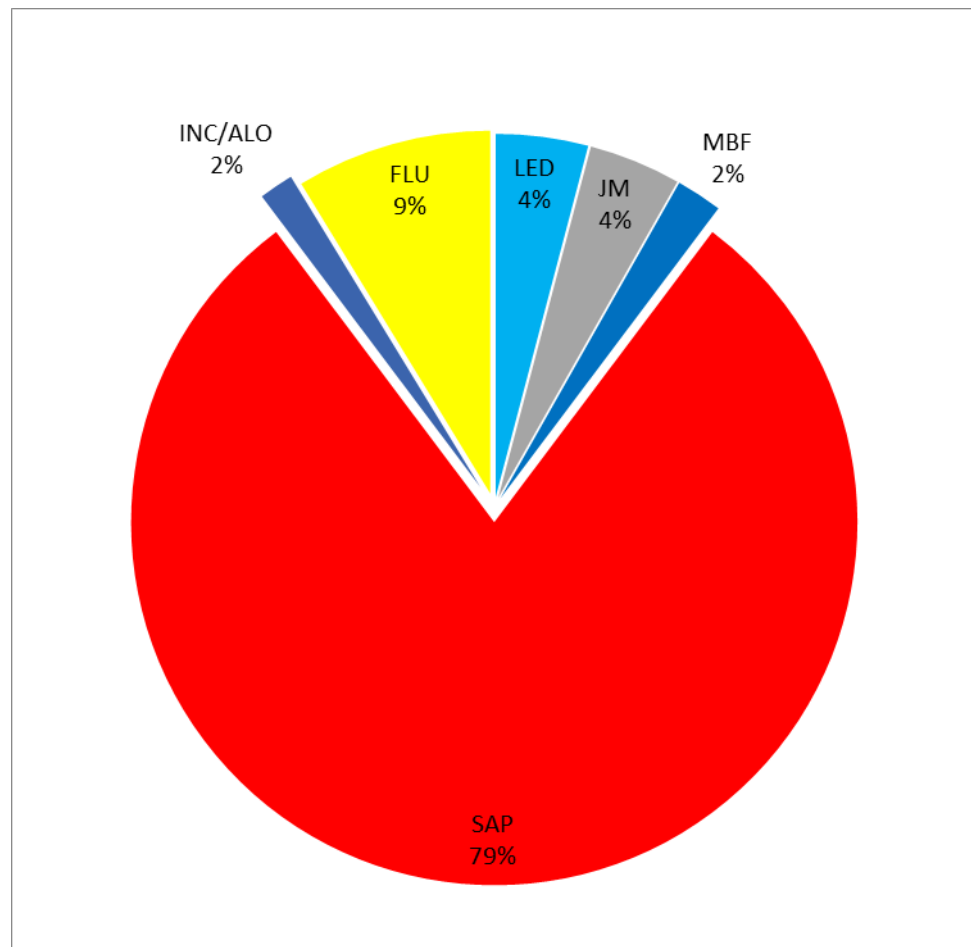


Figura 4 - Ripartizione del numero di lampade per tipologia

La Tabella 1 tiene 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.

La **potenza media impiegata** (esclusi gli impianti sportivi) è circa 92 W. Tale valore è ridotto grazie al numero elevato di lampade al Sodio ad alta pressione.

L'**efficienza media** (esclusi gli impianti sportivi e i corpi per la segnaletica stradale) è di 91 lm/W. La presenza di sorgenti ad ele-

vata efficienza quali possono essere quelle al sodio alta pressione tende ad incrementare questo valore medio.

3.3 Tipologie di applicazione

La Tabella 2 riepiloga in quantità le tipologie di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione pubblica, mentre la Figura 5 riporta le rispettive percentuali.

Si nota come l'illuminazione stradale rappresenti, comprensiva dell'illuminazione per gli incroci e dei parcheggi, la gran parte del parco lampade con il 91% del totale. Tale valore denota un uso quasi prettamente funzionale dell'illuminazione sul territorio comunale.

Applicazione	Num. Corpi illuminanti
Stradale	178
Pedonale	10
Sportivo	4
Decorativo	3
	195

Tabella 2 – Tipologia di applicazioni degli apparecchi d'illuminazione pubblica

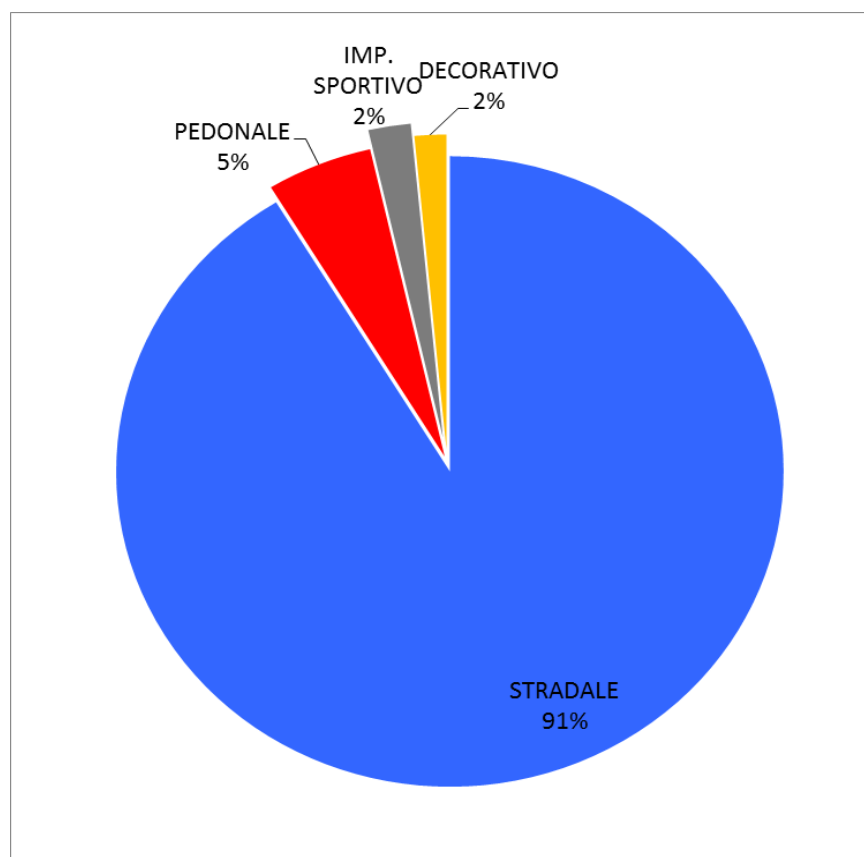


Figura 5 – Ripartizione dei Corpi Illuminanti secondo l'applicazione

3.4 Corpi illuminanti

Sul territorio comunale si individua una tipologia principale di corpo illuminante: tipo tecnico. La Tabella 3 riepiloga in quantità le tipologie di apparecchi per l'illuminazione pubblica, mentre la Figura 6 riporta le rispettive percentuali.

Tipologia dei Corpi illuminanti	Num. Corpi ill.
Tecnico	171
Proiettore	13
Stradale	4
Altro	7
Totali	195

Tabella 3 – Tipologia di apparecchi

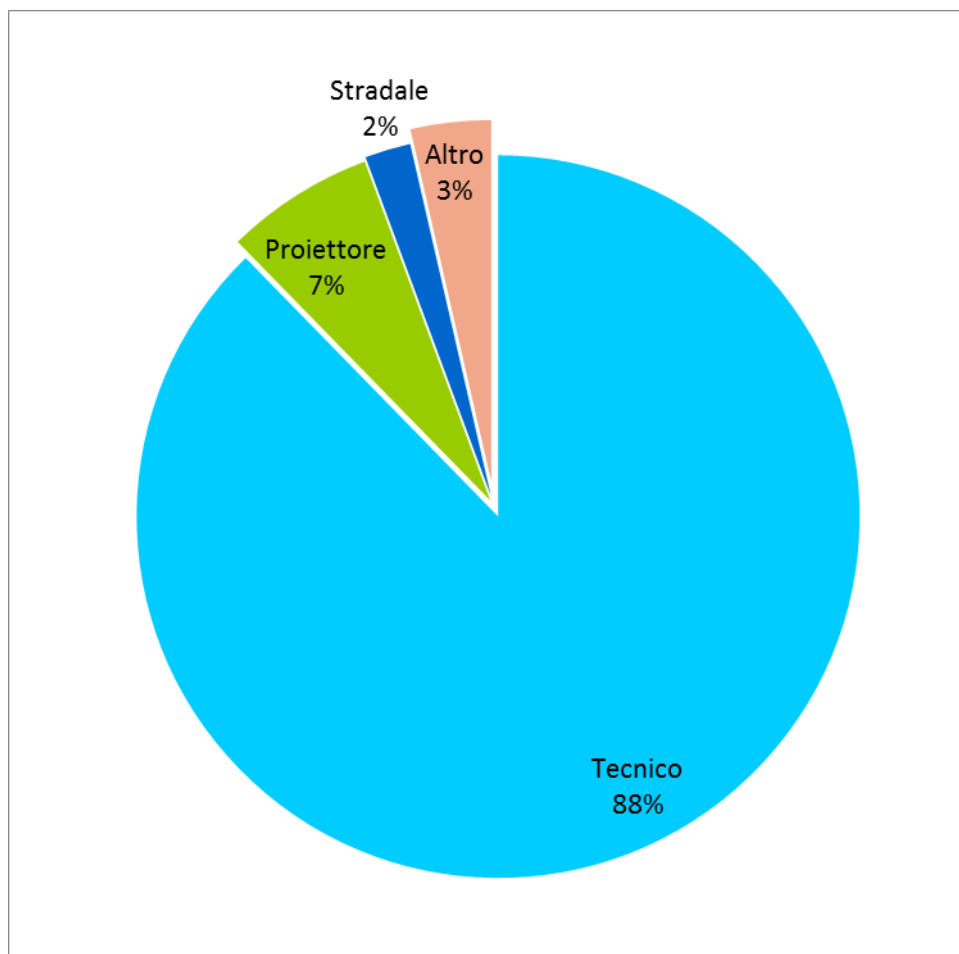


Figura 6 - Ripartizione delle tipologie di Corpi Illuminanti

Si rileva che l'**88%** dei punti luce totali è di tipo **tecnico** e sono distribuiti lungo le vie del centro. I corpi illuminanti in classe A risultano conformi ed efficienti. Per gli altri apparecchi la presenza del vetro curvo e/o di lampade emergenti dall'ottica sono caratteristiche che favoriscono l'emissione di luce oltre i 90°, aumentando l'inquinamento luminoso. Questi corpi illuminanti sono stati classificati in classe B o C e sono ammessi solamente previa verifica di conformità (Modello B).

		
A04 – Vetro piano – Palo con sbraccio	C03 – Coppa prismatica - Palo con sbraccio	C05 - vetro curvo – Palo con sbraccio

Figura 7 – Corpi illuminanti tipo tecnico

Il **7%** dei punti luce è di tipo a **proiettore** e sono prevalentemente usati per gli impianti sportivi o per l'illuminazione di monumenti. Tali corpi risultano conformi alla normativa nel caso in cui siano posizionati con vetro orizzontale. Per tali corpi si suggerisce di ridurre l'angolo di rotazione oppure di predisposizione opportuna illuminazione.

	
A02 – vetro piano – Torrefaro	A03 – vetro piano – Esterno generico

Figura 8 – Corpi illuminanti tipo proiettore

Il **2%** dei punti luce è di tipo **stradale** con ottica aperta e lampada a bassa efficienza.



Figura 9 – **Corpi illuminanti tipo stradale**

Il rimanente **3%** sono corpi utilizzati per l'illuminazione di spazi coperti. Tali corpi risultano conformi.



Figura 10 – **Altri tipi di corpi illuminanti**

3.5 **Analisi delle situazioni critiche**

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

- non sono presenti nel territorio comunale impianti di grosse dimensioni di particolare impatto (ad es. porti, aeroporti, grandi parcheggi di centri commerciali, svincoli autostradali...);
- nel sistema di illuminazione si riscontra la presenza di apparecchi del tipo a campana con vetro curvo e/o con lampada emergente.

Sebbene esteticamente piacevoli nella loro dislocazione, tali apparecchiature presentano un discreto livello di dispersione verso l'alto;

- 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;

3.6 **Conformità alla L.P. 3 ottobre 2007, n. 16**

La normativa promuove 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.

Dall'analisi delle armature si evince quanto segue:

- 27 corpi illuminanti (14% del totale) su 195 sono senz'altro conformi alla L.P. n. 16 del 2007;
- 11 (5%) sono facilmente adeguabili, mediante diverso orientamento dell'armatura e/o spegnimento entro le ore 24:00;
- 155 (80%) abbisognano della sostituzione dell'apparecchio illuminante con nuovi corpi full cut-off senza variare posizione ed altezza;
- 2 corpi illuminanti (1%) andrebbero opportunamente sostituiti modificando l'altezza d'installazione o predisponendo opportuna illuminazione.

3.7 **Linee elettriche e quadri**

L'alimentazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Bresimo prende origine dai quadri elettrici dedicati, installati nei vari punti del territorio, alimentati dalla rete del distributore.

Gli impianti presenti nel territorio sono suddivisi in 7 punti di consegna dell'energia elettrica. Tra questi un impianto risulta a servizio delle strutture sportive e uno per l'illuminazione dell'Ecocentro. Quasi la totalità degli impianti utilizzati per l'illuminazione pubblica hanno un dispositivo per ridurre la tensione durante le ore notturne. Nella Tabella 4 sono riportati i dati e le informazioni principali mentre nell'allegato A – Quadri elettrici è riportato il dettaglio di ogni singola utenza.

La verifica effettuata ai quadri elettrici aveva lo scopo di individuare eventuali carenze normative e lo stato di degrado; non sono state effettuate verifiche relative alle protezioni contro il cortocircuito e contro i contatti indiretti per mancanza di documentazione relativa ai circuiti (sezione dei cavi, lunghezza delle linee, potenza installata, ...).

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 costruito 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 invo-

lucri 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).

id_Quadro	Descrizione	POD	Potenza kW
Q001	Fontana	IT221E00599981	15,5
Q002	Campo Calcetto	--	1,8
Q003	Baselga	--	1,5
Q004	Bagni	IT221E00599952	1,0
Q005	Cooperativa	--	0,2
Q006	Ecocentro	--	1,0
Q007	Magazzino comunale	--	0,1

Tabella 4 – Quadri elettrici presenti nel Comune

4

VERIFICA DELLO STATO DI FATTO

La Tabella 5 riepiloga i principali dati di consumo e costo energetico della pubblica illuminazione del Comune di Bresimo e riporta una serie di indici di efficienza energetica ed economica, utili al fine di valutare l'attuale livello di efficienza degli impianti. Si precisa che gli indici di efficienza riportati in tabella 5 sono relativi all'intero parco lampade del Comune esclusa l'illuminazione degli impianti sportivi, la segnaletica stradale e i corpi decorativi.

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

Consumi e costi di esercizio	
Numero di punti luce	167
Potenza installata (lampade e alimentatori)	17,98 kW
Consumo di energia elettrica	60.500 kWh/anno
Prezzo di acquisto dell'energia (IVA incl.)	0,23 €/kWh
Costo in bolletta	13.920 €/anno
Indici di efficienza energetica ed economica	
Ore equivalenti di accensione delle lampade	3.365 ore/anno
Potenza installata media per punto luce	108 W/p.l.
Consumo annuo medio per punto luce	362 kWh/p.l.
Costo in bolletta annuo medio per punto luce	83 €/p.l.

Tabella 5 – Sintesi dei dati di consumo e costo energetico e indici di efficienza

Le ore equivalenti di accensione delle lampade misurano il livello di regolazione degli impianti. Esse rappresentano il rapporto fra il con-

sumo 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 Bresimo le ore equivalenti sono più basse per la presenza di regolatori di flusso che riducono 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 100 W/p.l. (incluse le perdite degli alimentatori) sono tipici di una buona efficienza.

I rimanenti due indici in Tabella 5 (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". Consumi inferiori ai 400 kWh/p.l. e costi in bolletta minori di 60 €/p.l. sono caratteristici di una buona efficienza.

4.1

Classificazione delle strade

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.

Assunto che le caratteristiche delle autostrade (tipo A) siano note, si riportano nel seguito i più importanti elementi che contraddistinguono gli altri tipi di strada. Le strade extraurbane principali (tipo B) hanno carreggiate indipendenti o separate da uno spartitraffico invalicabile e sono prive di intersezioni a raso; ciascuna carreggiata dispone di almeno due corsie di marcia. Le strade extraurbane secondarie (tipo C) hanno una carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia (tipicamente S.P., S.R. o S.S.). Le strade urbane di scorrimento (tipo D) hanno carreggiate indipendenti o separate da uno spartitraffico, ognuna con almeno due corsie di marcia, ma possono avere intersezioni a raso semaforizzate. Le strade urbane di quartiere (tipo E) hanno una carreggiata con almeno due corsie, ma, a differenza delle precedenti, sono strade di penetrazione nel centro urbano verso la rete locale. Le strade locali (tipo F) compongono la rete viaria locale interna all’abitato. Sul territorio comunale di Bresi-

mo si trovano strade extraurbane secondarie (tipo C) e strade locali urbane (tipo F).

4.2 **Categorie illuminotecniche delle strade**

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 E – Classificazione delle strade. A ciascuna categoria sono associati determinati requisiti fotometrici che tengono conto delle esigenze visive degli utenti di quel tipo di strada.

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 S3*: 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.

Per quanto concerne le strade di Bresimo, si osserva che:

- alle strade extraurbane secondarie di tipo C è assegnata la categoria di ingresso per l'analisi dei rischi ME2;

- alle strade locali urbane di tipo F è assegnata la categoria di ingresso per l'analisi dei rischi ME3b;

La stessa norma consente di variare la categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi (assegnata solo in base al tipo di strada) in relazione ad un'analisi dei rischi specifici. Nel caso del Comune di Bresimo le strade extraurbane secondarie (tipo C) si possono declassare alla ME4b, mentre le strade locali urbane (tipo F) si possono declassare alla ME5, in quanto:

- i compiti visivi sono normali (non sono resi complessi dalla presenza di elementi ai lati delle strade o nelle direzioni di marcia in grado di confondere o distrarre gli utenti);
- non vi sono particolari condizioni conflittuali;
- i flussi di traffico sono ridotti.

Alla luce di queste considerazioni si può concludere che:

- alle strade extraurbane secondarie di tipo C è assegnata la categoria di progetto ME4b;
- alle strade locali urbane di tipo F è assegnata la categoria di progetto ME5;
- alle aree di parcheggio è assegnata la categoria CE5;
- alle aree pedonali è assegnata la categoria S3.

Le categorie illuminotecniche del presente piano sono da ritenersi categorie di riferimento. Qualsiasi intervento di progettazione dovrà definire dei nuovi valori alla luce di un'analisi dei rischi.

4.3

Classificazione corpi illuminanti

I corpi illuminanti sono identificati con una lettera seguita da un numero progressivo (ad esempio A01): la lettera fa riferimento alla classificazione degli apparecchi illuminanti adottata dalla Provincia di Trento e riportata nel "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso" (Tabella 6).

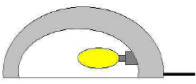
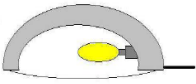
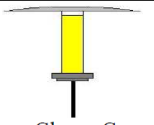
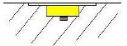

<p>1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso; tipicamente armature stradali con lampada recessa nel vano ottico superiore dell'apparecchio, proiettori asimmetrici.</p>	 <p>Classe A</p>
	<p>Apparecchi conformi e ammessi in ogni caso (Soluzione conforme – Allegato A)</p>
<p>2. <u>Apparecchi di classe B</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa per angoli gamma maggiori o uguali a 90°, maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%; tipicamente le armature stradali con vetro ricurvo e coppa prismatica.</p>	 <p>Classe B</p>
	<p>Apparecchi ammessi solo previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>3. <u>Apparecchi di classe C</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a 90° un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell'1% e minore del 30%; tipicamente armature da arredo urbano con schermatura superiore, ottiche secondarie, frangiluce.</p>	 <p>Classe C</p>
	<p>Apparecchi sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>4. <u>Apparecchi di classe D</u>: comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.).</p>	 <p>Classe D</p>
	<p>Apparecchi ammessi solo per gli impianti non soggetti di cui al punto VIII o per alcuni impianti particolari (numeri 1 e 2 del punto VI)</p>
<p>5. <u>Apparecchi di classe E</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a 90° un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%.</p>	 <p>Classe E</p>
	<p>Apparecchi vietati</p>

Tabella 6 - **Classificazione degli apparecchi illuminanti nella Provincia di Trento**

Si fa notare che la codifica assegnata ai corpi illuminanti (Composizione) di Bresimo tiene conto delle caratteristiche proprie degli apparecchi; vengono valutati i tipi di sostegno (palo curvo, palo con sbraccio, testa-palo, mensola a parete, ecc.), lo sbraccio e l'altezza del corpo e il tipo di lampada installata. Solo nel successivo capitolo "Piano di intervento" verranno condotte le analisi considerando anche le condizioni di installazione come per esempio l'angolo di inclinazione. Le caratteristiche di ciascuna composizione sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (**Allegato B**).

4.4 **Analisi dei tipologici**

Le analisi illuminotecniche hanno preso avvio dall'individuazione delle composizioni ricorrenti sul territorio: ciascuna composizione fa riferimento ad una specifica combinazione di corpo illuminante, lampada, sostegno. La creazione dei tipologici da analizzare avviene partendo proprio dalle composizioni individuate, considerando la geometria del compito visivo. Ogni tipologico è quindi definito dal codice identificativo della composizione (esempio A01) e dalla sezione geometrica che caratterizza il compito visivo (numero progressivo): A01.1. I tipologici non oggetto di verifica illuminotecnica del compito visivo riportano 0 come numero progressivo. Nel Comune sono stati individuati in totale 23 tipologici distinti. Escludendo gli impianti sportivi per i quali sono state fatte considerazioni specifiche, sono state condotte verifiche illuminotecniche su un campione di 12 tipologici che rappresentano il 90% dei punti luce di classe A, B e C. I punti luce non oggetto di verifica ricadenti nelle classi B e C sono stati assimilati ad analoghe tipologie. Le caratteristiche di ciascun ti-

pologico sono riportate nelle schede allegate alla presente relazione (**Allegato C**). La posizione dei tipologici è mostrata nella **Tavola T001** – Disposizione punti luce.

Tipologici oggetto di analisi illum.	Num. punti luce
A04.1	5
A04.2	2
A05.1	4
C01.1	24
C01.2	2
C01.3	5
C01.4	4
C02.1	2
C03.1	52
C03.2	39
C04.1	8
C05.1	15
Totale tipologici	162

Tabella 7 – **Tipologici oggetto di analisi illuminotecniche**

Per ogni tipologico è stata acquisita la curva fotometrica del corpo illuminante (essa rappresenta in forma grafica i valori dell'intensità luminosa emessa in tutte le direzioni).

I parametri illuminotecnici sono stati calcolati con un software professionale (Dialux), assumendo l'interasse 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 esistente.

I principali parametri illuminotecnici calcolati sono i seguenti:

- *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;
- *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;
- *illuminamento E (lx)*: rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso irradiato e la superficie illuminata;
- *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" di luminanza creato all'interno dell'occhio da una eccessiva luminanza emessa dalla successione di apparecchi presenti nel campo visivo del conduttore.

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.

I parametri illuminotecnici calcolati, riportati nelle schede dei tipologie (**Allegato C**) sono stati confrontati con i requisiti prestazionali minimi richiesti dalla normativa tecnica di settore (Tabella 8).

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L in cd/m2 [minima mantenuta]	U _o [minima]	U _I [minima]	TI in %a) [massimo]	SR 2b) [minima]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	nessun requisito
a) Un aumento del 5% del TI può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).					
b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.					

Tabella 8 - **Requisiti illuminotecnici delle strade stabilite dalla norma UNI EN 13201-2**

Oltre alla misura e alla valutazione dei parametri illuminotecnici predetti sono stati calcolati e verificati i parametri η e K_{ill} previsti dal "Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso" (**Allegato C-D**). Il parametro η determina il grado di efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica e il parametro K_{ill} qualifica gli impianti sotto il profilo dell'inquinamento luminoso causato.

In particolare l'indice η (normalizzato a 100 lux) è rappresentato dal rapporto tra il consumo annuo di energia elettrica di un impianto per garantire un illuminamento di 100 lux su una determinata area (area efficace) e l'area medesima. L'indice è espresso in kWh/m² e si calcola con il seguente algoritmo:

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

dove:

- kWh_{anno} : è il consumo energetico annuo, dipendente dal periodo di funzionamento dell'impianto e dalle eventuali modalità di regolazione implementate;

- A_{eff} : è l'area efficace del compito visivo, espressa in m^2 , che può comprendere, a seconda dei casi, le superfici interessate dal traffico veicolare, i percorsi pedonali ed eventuali altre aree da illuminare per motivi di sicurezza;
- E_{eff} : è l'illuminamento medio sul piano efficace, espresso in lux.

Il valore di questo indice caratterizza gli impianti di illuminazione pubblica sotto il profilo dell'efficienza energetica, nell'ottica di limitarne i consumi di energia tramite l'installazione di lampade ad alta efficienza, il contenimento delle potenze installate e dei tempi di accensione e la parzializzazione dei flussi. La valutazione dell'efficienza energetica degli impianti richiede il calcolo dell'indice ed il suo confronto con un prefissato valore limite massimo pari a 15 kWh/m^2 .

5 PIANO DI INTERVENTO

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare il piano operativo di intervento con particolare riferimento ai nuovi impianti dell'illuminazione pubblica. 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.

Il P.R.I.C. indica come 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.

5.1 Linee guida per l'attuazione del piano d'intervento

Si ricorda che la L.P. n.16/2007 prescrive, per tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati, per gli adeguamenti o rifacimenti, eccetto per i casi previsti nel punto VIII, la redazione di progetto illuminotecnico che rispetti i limiti riportati nell'allegato D della stessa legge. Per i nuovi corpi si dovrà predisporre il modello A (allegato A) in caso di soluzione conforme o il modello B (allegato B) in caso soluzione calcolata.

5.1.1 Illuminazione degli edifici storici e dei monumenti

Gli impianti destinati all'illuminazione di edifici storici e monumenti non sono soggetti alle indicazioni contenute nell'allegato A (soluzione conforme) e B (soluzione calcolata) della L.P. n. 16 del 2007, ma sono ammessi solo in caso in cui la luminanza media sia inferiore a $0,8 \text{ cd/m}^2$ sulla superficie illuminata, ovvero sul rettangolo circoscritto alla figura stessa. Si consiglia di illuminare tali manufatti dall'alto verso il basso installando ottiche asimmetriche a vetro piano orizzontale, montate sotto gronda o su appositi pali. Nei casi in cui non sia possibile illuminare dall'alto è consentito l'utilizzo di proiettori a fascio concentrato, purché la luce rimanga all'interno della sagoma dell'edificio. Si consiglia di utilizzare lampade ad alta efficienza con potenze ridotte e, qualora le condizioni di sicurezza lo permettano, di spegnere gli impianti dopo le ore 24.

5.1.2 Illuminazione degli impianti sportivi

L'illuminazione di tali spazi, se non conforme, dà un contributo notevole all'aumento dell'inquinamento luminoso. Si consiglia di verificare l'orizzontalità dei proiettori e prevedere, per quanto possibile, la variazione dell'inclinazione o l'inserimento di appositi schermi, contenendo il flusso luminoso all'interno dell'area dedicata, evitando fenomeni di abbagliamento e di dispersione di flusso luminoso verso l'alto. In caso in cui la rotazione degli apparecchi non sia possibile è necessario redigere un progetto illuminotecnico di dettaglio con l'utilizzo di proiettori asimmetrici. Gli impianti devono essere dotati di appositi sistemi di variazione dell'illuminamento con conseguente

parzializzazione del flusso luminoso in relazione alle attività/avvenimenti, quali allenamenti, gare, riprese televisive od altro. È richiesto lo spegnimento degli impianti all'ultimazione dell'attività sportiva e comunque entro le ore 24, salvo eventi sportivi od altro.

5.2 **Priorità di intervento**

Il piano di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune di Bresimo individua tre livelli di priorità degli interventi, più un livello attribuito alle situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 che non richiedono azioni correttive. Il dettaglio dei singoli interventi è contenuto nell'Allegato G – *Piano di intervento* mentre la distribuzione planimetrica è riportata nella tavola T005 – *Conformità alla legge e Piano di intervento* allegate alla presente relazione.

Livello 0 - Nessun intervento previsto

I corpi analizzati sono situazioni conformi alla L.P. n. 16/2007 e non richiedono nessun intervento (livello 0). Fanno parte di questo livello i seguenti punti luce:

- gli apparecchi di classe A correttamente installati, con vetro piano orizzontale e flussi luminosi dall'alto verso il basso generati da lampade ad alta efficienza (sodio alta pressione, ioduri metallici e LED);

I corpi illuminanti conformi alla L.P. n. 16/2007 nel territorio comunale sono 27.

Livello 1 –Alta priorità di intervento

Gli interventi riguardano la sostituzione degli impianti molto inquinanti e a bassa efficienza lungo le strade extraurbane e locali urbane. Gli interventi hanno una priorità alta e devono essere previsti nel breve periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento alta sono 62.

Livello 2 – Media priorità di intervento

Gli interventi riguardano principalmente la sostituzione degli impianti mediamente inquinanti e a bassa efficienza dove l'area efficace risulta alta: essi hanno una priorità media e possono essere previsti nel medio periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento media sono 96.

Livello 3 – Bassa priorità di intervento

Le situazioni riscontrate non sono particolarmente critiche. Gli interventi riguardano soprattutto l'adeguamento alla L.P. n. 16/2007 di impianti di recente installazione e in buono stato: essi hanno una priorità bassa e possono essere programmati nel lungo periodo.

I corpi illuminanti non conformi alla L.P. n. 16/2007 con priorità di intervento bassa sono 10.

5.3 Tipologie di intervento

Ridurre inclinazione o predisporre opportuna illuminazione

L'intervento prevede di verificare la possibilità di ridurre l'inclinazione dei proiettori mantenendo costante l'illuminazione; in caso contrario si prevede 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, nel rispetto della L.P. 16/07, è rappresentato dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti con nuovi apparecchi, mantenendo costante sia la posizione che l'altezza di installazione. Nella fase progettuale si dovrà verificare che i punti luce così modificati garantiscano il rispetto dei requisiti illuminotecnici delle strade.

Sostituzione apparecchio, palo e plinto. 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.

5.4 Valutazioni economiche

I risultati illuminotecnici ed energetici del piano di intervento sono riportati negli allegati F - Stato di rilievo, da confrontare con gli allegati H - Stato di progetto. Entrambe le tabelle riepilogano il numero e la tipologia delle lampade e illustrano i dati relativi ai consumi di energia elettrica e ai costi in bolletta. In accordo con l'Amministrazione negli allegati non si è applicata la divisione per zo-

ne omogenee ma si è preferito, per maggiore chiarezza, raggruppare i dati in base al quadro di appartenenza.

Nel piano sono contenute le misure per l'adeguamento dei livelli di illuminazione sulle strade, aree pedonali, parcheggi, ecc., con conseguente aumento della sicurezza. Il piano di adeguamento prevede l'utilizzo di luce bianca (LED). In generale, per tutti i nuovi punti luce si suggerisce l'utilizzo di regolazione puntuale programmabile secondo il profilo di funzionamento desiderato, ai fini della riduzione dei consumi energetici.

I costi di investimento sono riportati negli allegati G - Piano di intervento e 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).

Nei casi di modifica degli interassi attuali, con conseguente diminuzione dei punti luce, i costi di investimento comprendono le opere civili ed elettriche relative all'allaccio dei nuovi apparecchi.

5.4.1 *Sorgenti luminose*

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

- la resa luminosa a parità di potenza elettrica assorbita;
- il colore della luce emessa (ad esempio: bianco, giallo, ecc.);
- la resa cromatica, che indica le caratteristiche di una lampada per consentire l'apprezzamento delle sfumature di colore;
- la vita media di funzionamento (ad es.: 1.000 ore, 6.000 ore, 12.000 ore, ecc.);

- i 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 ($100\div 120$ lm/W) e fortemente regolabili. La durata di vita pari a circa 50.000 ore permette di ridurre i costi di manutenzione.

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". La nuova configurazione è caratterizzata da una potenza installata nettamente inferiore a quella attuale e 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).

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 il ricorso ad apparecchiature con lampade di tipo LED.

A puro titolo esemplificativo, gli apparecchi a LED presi in considerazione nel presente piano di intervento sono illustrati nella Figura 11 e nella Figura 12.

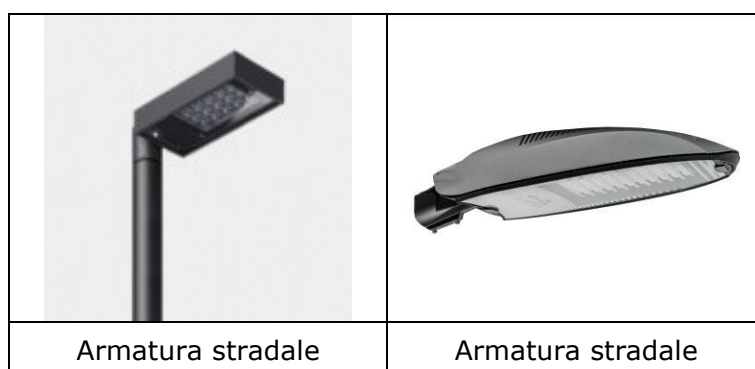


Figura 11 – Possibili armature stradali a LED adatte alla sostituzione di punti luce non conformi (modelli puramente indicativi)



Figura 12 – Possibili corpi tecnici a LED adatti alla sostituzione di punti luce non conformi (modelli puramente indicativi)

All'abbattimento della potenza installata si affianca la parzializzazione del flusso secondo il profilo giornaliero ed annuale di funzionamento degli impianti, illustrato nella figura 13. Il profilo di funzionamento prevede una parzializzazione degli impianti nelle ore di minor traffico (dal 100% al 50% della potenza elettrica assorbita) in parti-

colare dopo la mezzanotte. L'utilizzo di corpi LED dotati di regolazione puntuale rende la riduzione del flusso luminoso indipendente dal funzionamento degli attuali controllori di flusso installati nei quadri.

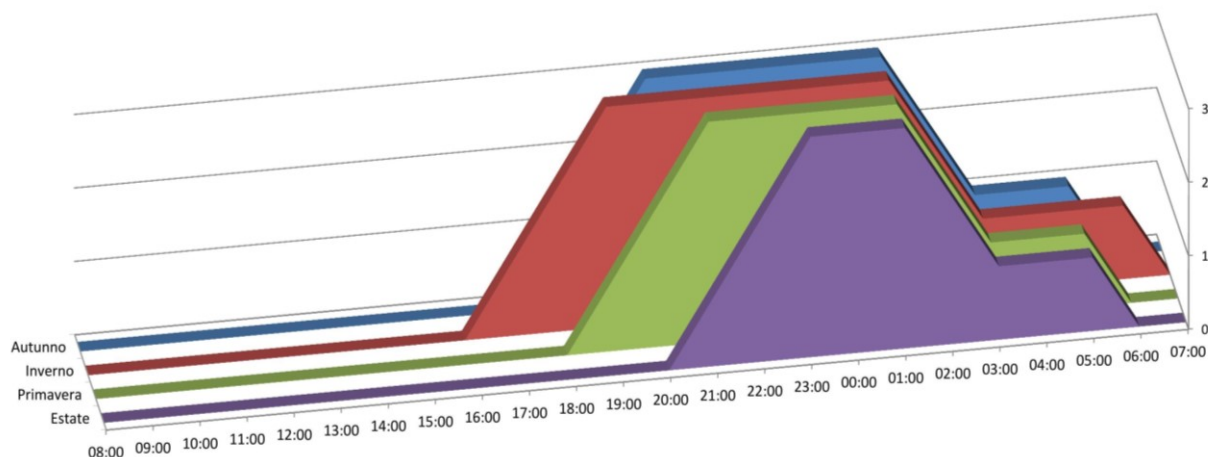


Figura 13 – Tipologia di profilo di funzionamento degli impianti previsti

5.4.2 Risultati attesi

Il presente paragrafo presenta gli esiti della proposta di intervento relativamente ai punti luce dell'illuminazione stradale comunale. Rimangono esclusi i corpi illuminanti degli impianti sportivi e l'illuminazione stradale a carico dell'ente provinciale.

L'adeguamento proposto comporta una riduzione dei consumi di energia elettrica pari a circa 37.110 kWh/anno, circa il 61% del consumo attuale. Il risparmio annuale in termini economici è quantificabile in circa 8.540 euro.

Nella tabella 9 è riportato un confronto relativo ai consumi e ai costi di esercizio tra lo stato attuale e lo scenario di intervento proposto.

	Stato attuale	Post intervento
Consumi e costi di esercizio		
Numero di punti luce	167	169
Potenza installata lampade e alimentatori (kW)	17,98	7,26
Consumo di energia elettrica (kWh/anno)	60.500	23.390
Prezzo di acquisto dell'energia IVA incl. (€/kWh)	0,23	0,23
Costo in bolletta (€/anno)	13.920	5.380
Indici di efficienza energetica ed economica		
Ore equivalenti di accensione delle lampade (ore anno)	3.365	3.220
Potenza installata media per punto luce (W/p.l.)	108	43
Consumo annuo medio per punto luce (kWh/p.l.)	362	138
Costo in bolletta annuo medio per punto luce (€/p.l.)	83	32

Tabella 9 – **Variazione degli indici di efficienza a seguito dell'intervento proposto per quanto riguardale utenze comunali**

La valutazione avviene attraverso il confronto degli indici calcolati con valori statistici di riferimento, caratteristici di realtà simili al Comune di Bresimo 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.

Gli indici del Comune di Bresimo sono stati ridotti operando prioritariamente sulla sostituzione degli apparecchi inquinanti con nuovi apparecchi cut-off e sorgenti luminose ad alta efficienza.

5.4.3 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.P. 16/2009.

Adeguamento dell'illuminazione pubblica di competenza comunale

La normativa richiede, al fine di garantire la sicurezza nell'ambito stradale, di rispettare i requisiti illuminotecnici minimi. Proprio per tale motivo è stato predisposto uno scenario di messa a norma di tutti i tratti stradali del comune. Il costo totale di tali interventi ammonta a 104.346. La tabella 10 riepiloga il costo dei singoli interventi.

Tipologia di intervento	Numero corpi ill.	Costo totale IVA escl. (€)
Ridurre inclinazione	4	748
Sostituzione apparecchio	155	100.771
Sostituzione apparecchio, palo e plinto. Infittimento	4	2.827
Totali	163	104.346

Tabella 10 – Valutazione dei costi interventi per l'adeguamento ai requisiti illuminotecnici

La riduzione dei consumi a carico del comune è circa 37.110 kWh/anno, e un risparmio in bolletta pari a 8.540 euro/anno. Il tempo di rientro medio di tali impianti è 12 anni.

Adeguamento dell'illuminazione di competenza di altri enti o privati

Degli 11 corpi illuminanti rilevati nell'Ecocentro, 4 proiettori necessitano di una riduzione dell'angolo di installazione per essere conformi alla L.P. 16/2007. I 10 punti luce utilizzati per l'illuminazione della Cooperativa risultano conformi.

Adeguamento aree sportive

Gli impianti sportivi sono dotati di 4 proiettori con potenze elevate non correttamente installati. Anche se il funzionamento di tali impianti è ridotto si ritiene prioritario verificare la possibilità di ridurre l'inclinazione dei corpi mantenendo costante l'illuminazione; in caso contrario è necessario prevedere adozione di proiettori asimmetrici correttamente installati.

5.4.4 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 riduzione del 50% dei costi manutentivi.

Attualmente per il Comune di Bresimo si stima una spesa di circa 4.000 euro/anno solo per la parte di illuminazione pubblica. L'abbattimento degli interventi di manutenzione (comunque necessari per la periodica pulizia dei corpi illuminanti) considerando l'adozione di tecnologia LED per almeno 159 nuovi corpi illuminanti è stimabile in circa 1.600 euro/anno.

6 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

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.

6.1 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 ma-

teria 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 limitatamen-

te 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.

6.2 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 si-

stemi 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 fidatezza 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".

7 CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha evidenziato le caratteristiche dell'illuminazione pubblica del Comune di Bresimo.

L'intervento prioritario proposto per la messa a norma degli impianti di illuminazione pubblica riguarda la sostituzione degli attuali corpi non a norma con nuovi apparecchi cut-off a LED. Tale scenario prevede un costo di circa 104.346 € (IVA esclusa). Le tecnologie installate consentono:

- l'incremento dei livelli di illuminazione sul compito visivo;
- l'abbattimento dell'inquinamento luminoso;
- un risparmio energetico di 37.110 kWh/anno;
- un risparmio economico in bolletta pari a 8.540 €/anno;
- un risparmio economico sulle spese di manutenzione pari a 1.600 €/anno;
- un beneficio ambientale in termini di emissioni evitate di CO₂ pari a 18 ton/anno.