



## COMUNE DI CILAVEGNA (PV)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ RELATIVO ALLA PROPOSTA DI FINANZA DI PROGETTO REDATTA AI SENSI DELL'ART. 183 COMMA 15-19 E SS. E ART.179 COMMA 3, DEL D.LGS. N.50/2016 (EX ART. 278 D.P.R. N°207/2010) AVENTE OGGETTO LA "CONCESSIONE PER LO SVOLGIMENTO DEL SERVIZIO DI GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE COMPENSIVO DI FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA E DI REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO NORMATIVO ED EFFICIENZA ENERGETICA"



	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ</b>
<b>1</b>	Relazione Illustrativa Generale

Stato / Codice progetto: <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ PdF 0183_0</b>	Codice di classif. elaborato <b>RI PF-0183_0</b>	<b>Pag. 1 di 47</b>
---	---	---------------------

<u>Progettista Responsabile:</u> Esperto Gestione Energia Reg. Numero EGE_0053 rilasciato da KIWA <b>Dott.Ing. Luca Moscatello</b>
--

UNITÀ RESPONSABILE: ENGINEERING & OPERATIONS - PROGETTAZIONE				
<b>0</b> Prima Emissione	L'evidenza di verifica e approvazione come da procedura di progettazione secondo ISO 9001 sono registrate a sistema informativo aziendale Salesforce			<b>22/06/2018</b>
	<b>C.F. Fiorenti</b>	<b>R. Piddiu</b>	<b>L. Moscatello</b>	
<b>Revisione</b>	<b>Incaricato</b>	<b>Verifica Responsabile PRG</b>	<b>Approvazione Responsabile IOP</b>	<b>Data</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>PRESENTAZIONE ENEL SOLE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBIETTIVI DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>STRUMENTI URBANISTICI E VINCOLI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, O DI ALTRO TIPO .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>STATO ANTE OPERAM .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E RELATIVI ACCESSORI.....</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>SORGENTI LUMINOSE.....</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>QUADRI DI ALIMENTAZIONE.....</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>LINEE ELETTRICHE .....</b>	<b>28</b>
<b>11</b>	<b>SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....</b>	<b>31</b>
<b>12</b>	<b>SOSTEGNI.....</b>	<b>33</b>
<b>13</b>	<b>CORRETTO DIMENSIONAMENTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI, IN RELAZIONE ALLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DELLA STRADA .....</b>	<b>36</b>
<b>14</b>	<b>ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI.....</b>	<b>38</b>

## 1 PREMESSA

Il presente Progetto di Fattibilità è redatto ai sensi dell'art. 23 commi 1, 5 e 6 del D.Lgs 50/2016.

In particolare, in attesa della pubblicazione degli atti aggiuntivi e decreti ministeriali che fisseranno i contenuti della progettazione nei livelli progettuali previsti dal Codice (come definito nel comma 3 del suddetto art. 23) rispetto ai contenuti del Progetto di fattibilità, vengono inclusi nel presente progetto i seguenti elaborati:

		PROGETTO DI FATTIBILITÀ
1		Relazione Illustrativa Generale
2		Database di Censimento: Impianti Ante Operam
3		Relazione Tecnica
4		Cronoprogramma
5		Stima sommaria dell'intervento
6		Relazione Tecnico-Economica

		ALTRI DOCUMENTI
		Specificazione delle Caratteristiche del Servizio

I suddetti elaborati sono atti ad individuare tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire.

Il progetto di fattibilità comprende tutte le indagini e gli studi necessari per la definizione degli aspetti di cui al comma 1 dell'art. 23 del D.Lgs 50/2016, nonché l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare e le relative stime economiche.


Il Progetto di Fattibilità potrà essere integrato, a valle della pubblicazione dei DM o Linee Guida, dei documenti che si riterranno necessari.

Nella presente relazione illustrativa sono riportate anche le informazioni circa lo stato di fatto degli impianti esistenti di pubblica illuminazione (ante operam).

### 1.1 PRESENTAZIONE ENEL SOLE

#### AZIENDA

Enel Sole è la società del Gruppo Enel che opera nel settore dell'illuminazione. E' una delle principali aziende a livello europeo e vanta una grande esperienza e competenza nello sviluppo e nella gestione della pubblica illuminazione nonché nella valorizzazione del patrimonio culturale, attraverso la luce.

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 4 di 47

Con una quota di mercato pari al 23 % è presente su tutto il territorio nazionale. Gestisce, in Italia e all'estero, il servizio di illuminazione pubblica in 3.750 comuni per un totale di oltre 2.150.000 di punti luce. Vanta la realizzazione di circa 1.200 progetti di illuminazione artistica, sia temporanea che permanente, in ambito nazionale e internazionale. È accreditata come "Società di Servizi Energetici" (ESCO - Energy Service Company, certificata UNI CEI 11352:2014) con attestazione SOA ai massimi livelli (categorie OG10 impianti di illuminazione con importo illimitato e OS30 impianti elettrici con categoria I).

Realizza attività di illuminazione con tecnologie e prodotti innovativi al fine di diffondere un uso più razionale dell'energia che ottimizzi il consumo energetico e tuteli l'ambiente riducendo le emissioni di CO2 e l'inquinamento luminoso.

#### CERTIFICAZIONI

Enel Sole ha adottato un modello gestionale conforme al D.Lgs 231/01. Tutti i servizi proposti rispettano i criteri di Qualità e Sicurezza, Rispetto e Tutela dell'Ambiente con particolare riferimento all'efficientamento energetico sia nella realizzazione dei nuovi impianti che nella gestione degli impianti esistenti (ISO 9001, ISO 50001, ISO 14001, OHSAS 18001).

#### MODELLO ORGANIZZATIVO


Vanta un'ampia presenza sul territorio nazionale con una sede centrale a Roma, per il coordinamento strategico e operativo delle aree territoriali e per il controllo degli standard di qualità, e quattro dipartimenti di Illuminazione Pubblica Territoriale con sedi a Milano, Bologna, Roma e Palermo che gestiscono le attività tecnico-commerciali per l'assistenza personalizzata dei Clienti.

Enel Sole ha un approccio Global Service, è in grado di proporre ai propri clienti la gestione integrata degli impianti di illuminazione, dalla fase di progettazione all'installazione e manutenzione, fino alla gestione del contratto di energia.

Per quanto riguarda le attività di gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria, riqualifica degli impianti, efficientamento energetico e nuovi lavori sugli impianti di illuminazione pubblica, Enel Sole si avvale di circa 200 aziende qualificate al comparto LEIL08 (Lavori da eseguire per l'attività di illuminazione pubblica ed artistica).

#### COMPETENZE

- Elevata capacità progettuale, tecnica e costante impegno di risorse nella ricerca e nello sviluppo di soluzioni tecniche all'avanguardia;
- Esperienza consolidata nella progettazione, realizzazione e gestione di sistemi intelligenti di illuminazione, "Smart Lighting", integrati in logica "Smart City" con altri servizi di valore aggiunto per le Amministrazioni;
- Risultati certificati in tema di efficienza energetica:
  - Enel Sole è accreditata presso l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas come società di servizi energetici (ESCO) inoltre, in qualità di "Endorser", ha eseguito consistenti interventi di risparmio energetico che hanno ottenuto la certificazione europea nell'ambito del programma "GreenLight", consentendo ai comuni clienti di ottenere il riconoscimento di "partner" del programma GreenLight (sito [www.eu-greenlight.org](http://www.eu-greenlight.org));

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 5 di 47

- A partire dal 2009, grazie all'installazione di oltre 342.600 apparecchi della gamma Archilede® in più di 1.600 comuni, Enel Sole ha permesso ~ 189,3 GWh di saving energetico complessivo (~ 71.690 tonnellate di CO2 non immesse in atmosfera, stessa quantità che si otterrebbe piantando ~ 2.389.457 alberi, e pari al consumo medio annuo di ~ 70.111 famiglie).
- Competenze specifiche ed esperienza consolidata nella redazione e aggiornamento di Piani regolatori dell'Illuminazione Comunale (PRIC) coerenti con Piani Urbani del Traffico, di Piani della Luce e di altri strumenti di pianificazione urbanistica. Si ricordano, tra gli studi realizzati per i comuni di Monza, Piacenza, Alessandria, Sesto San Giovanni (MI), Segrate (MI), Scandicci (FI), Caltanissetta e Pomezia (RM).
- Capacità di realizzare progetti gestionali e manutentivi, in grado di assicurare il raggiungimento degli obiettivi di contenimento della spesa per le pubbliche amministrazioni, di riduzione dell'impatto ambientale e di aumento della qualità del servizio in termini di comfort e sicurezza nonché di innovazione tecnologica.

## 2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Con il presente progetto di fattibilità Enel Sole intende valutare la possibilità raggiungere i seguenti obiettivi sugli impianti di pubblica illuminazione:


- Rendere conformi gli impianti esistenti alle norme CEI/UNI
- Rendere conformi gli impianti esistenti alla Legge della Regione Lombardia n. 17 del 27/03/2000 "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso" e successive modifiche o integrazioni, per la limitazione della luce dispersa e dell'inquinamento luminoso.
- Favorire il miglioramento della qualità del servizio di illuminazione pubblica, in termini di affidabilità e continuità del servizio
- Favorire il miglioramento della qualità del servizio di illuminazione pubblica, in termini di potenziamento della sicurezza del traffico motorizzato, pedonale, ciclabile, ecc., prevenzione delle attività criminose, promozione del commercio e del turismo
- Conseguire un significativo risparmio energetico, rispetto agli attuali consumi di energia elettrica
- Conseguire un significativo risparmio gestionale, rispetto al servizio attuale
- Salvaguardia dell'ambiente attraverso una significativa riduzione delle emissioni di CO2 dovute ad un minore assorbimento energetico;
- Salvaguardia dell'ambiente attraverso l'utilizzo di sistemi a lunga durata di vita e di elevata affidabilità che, riducendo gli interventi di manutenzione degli impianti, minimizzino le necessità di smaltimento dei rifiuti;

- Uniformare le installazioni esistenti mediante utilizzo di materiali identici in impianti contigui
- Utilizzo di tecnologie di ultima generazione, basate su sistemi elettronici che assicurano risparmio energetico, elevata continuità di servizio delle apparecchiature e notevole riduzione dei guasti
- Rendere gli impianti conformi al Decreto del Ministero dell'ambiente 27 settembre 2017 (in G.U. n.244 del 18 ottobre 2017) in materia di "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per l'illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica."
- Eliminare la promiscuità elettrica degli impianti e i relativi pagamenti a forfait della spesa energetica (con l'Ente Distributore di energia elettrica) mediante la realizzazione di accorpamenti, nuove linee elettriche e nuovi punti di fornitura dotati di gruppo di misura (contatore e quadro elettrico)
- Valorizzare ambiti urbani di pregio
- Efficientare il campo sportivo
- Uniformare la qualità dell'illuminazione pubblica sia in termini qualità che di quantità di luce.

Il settore dell'illuminazione pubblica è stato per molto tempo poco considerato, non solo in ambito industriale ma anche in ambito civile e nel terziario; la progettazione degli impianti era spesso una progettazione base, funzionale, mirata semplicemente ad ottenere l'illuminazione e rimanendo molto trascurata in termini energetici, di sicurezza, dei costi di gestione e dal punto di vista della valorizzazione architettuale e paesaggista.

Spesso e volentieri l'unica linea seguita è stata quella di illuminare, trascurando che una accurata progettazione dell'impianto d'illuminazione ha implicazioni molto rilevanti per una città. La pubblica illuminazione è un elemento essenziale del paesaggio cittadino: la sua presenza è determinante non solo per la qualità e la sicurezza della vita degli abitanti durante le ore notturne (circa 14-15 ore al giorno in inverno, 8-9 in estate) ma influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti. Negli ultimi anni il cittadino medio ha manifestato un sempre maggiore interesse per l'illuminazione del contesto in cui vive. Sicuramente però, il fattore principale che richiama l'interesse del cittadino nei confronti dell'illuminazione pubblica, è la sicurezza, e non intesa solamente come "sicurezza stradale"; zone scarsamente illuminate sia in termini qualitativi che quantitativi, sono fertili territori per episodi di microcriminalità e degrado sociale, problematiche di grande attenzione e sensibilità nella popolazione. L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 7 di 47

E' intuibile, ed i relativi sondaggi di opinione lo hanno accertato, che nei centri urbani strade ben illuminate e l'intelligente valorizzazione mediante la luce artificiale delle aree di particolare interesse storico, artistico o paesaggistico, promuovono il commercio, facilitano l'inserimento di nuove famiglie e attirano il turismo favorendo lo sviluppo economico del territorio.

Nelle vie centrali, oltre all'esigenza di una illuminazione stradale efficiente, si somma oggi anche l'esigenza di un ambiente luminoso gradevole, tale che, oltre alle carreggiate ed ai marciapiedi, si possano percepire ed apprezzare anche le facciate degli edifici, i monumenti, il verde pubblico, ecc. (ma senza disperdere luce verso il cielo) e tale che ci si possa soffermare piacevolmente, senza provare disturbo per l'abbagliamento o per lo sgradevole colore della luce.

### 3 LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Di seguito i principali riferimenti legislativi e normativi utilizzati per la definizione del presente progetto di fattibilità:

- Legge della Regione Lombardia n. 17 del 27/03/2000  
"Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso" e successive modifiche o integrazioni.
- Delibera della Giunta Regionale n. 2611 del 11/12/2000  
"Aggiornamento dell'elenco degli Osservatori Astronomici in Lombardia e determinazione delle relative fasce di rispetto".
- Decreto legislativo 285/1992  
"Nuovo Codice della Strada".
- DPR 495/1992  
"Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada".
- Decreto legislativo 360/1993  
"Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada".
- DM 5/11/2001 In attuazione dell'art. 13 del D. L.vo 30 aprile 1992, n. 285  
"Nuovo Codice della Strada" e successive modificazioni, il Ministro dei Lavori Pubblici emana le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi".
- DPR 503/96  
"Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche".
- Norma UNI EN 12464-2  
"Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places".
- Norma UNI EN 13201/1  
"Road lighting — Part 1: Selection of lighting classes"
- Norma UNI 11248  
"Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche".
- Norma UNI EN 13201/2:



- “Road lighting - Part 2: Performance requirements”.
- Norma UNI EN 13201/3:  
“Road lighting - Part 3: Calculation of performance”.
  - Norma UNI EN 13201/4:  
“Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance”.
  - Norma UNI EN 13201/5:  
“Road lighting — Part 1: Selection of lighting classes”.
  - Norma UNI 10819:  
“Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso”.
- Norma UNI EN 40: “Pali per illuminazione pubblica”.
- Norma CEI EN 60598 : “Apparecchi di illuminazione”.
- Norma CEI 34-33: “Apparecchi di illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per l’illuminazione stradale”.
- Norme CEI 34 relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi di illuminazione in generale.
- Norma CEI 11-4: “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”.
- Norma CEI 11-17: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”.
- Norma CEI 64-19: “Guida agli impianti di illuminazione esterna”.
- Norma CEI 64-8: “Esecuzione degli impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V”.
- DM 27/09/2017 “Criteri Ambientali Minimi per l’acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per l’illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”.

Enel Sole, direttamente o indirettamente, offre tutte le attività previste per le ESCO, ed è certificata da IMQ ad operare in conformità alla norma UNI CEI 11352 per l’esecuzione di diagnosi energetiche, progettazione e realizzazione di interventi di miglioramento dell’efficienza energetica per impianti di illuminazione pubblica, artistica ed interni e per l’esecuzione di diagnosi energetiche su strutture ed impianti nel settore civile e terziario.

Inoltre Enel Sole dispone all’interno della unità tecnica centrale di Ingegneria e Operation n° 8 tecnici formati ai sensi della UNI CEI 11339:2009 che possono operare in qualità di esperti EGE per offrire i migliori servizi energetici ai propri clienti.





N° ENEL.1813

# CERTIFICATO NORMA UNI CEI 11352:2014

Si certifica che  
l'organizzazione:

**ENEL SOLE SRL**

VIALE TOR DI QUINTO 45/47 - 00191 ROMA

Unità operativa:

**VIALE TOR DI QUINTO 45/47 - 00191  
ROMA**

È stata verificata e  
risultata conforme alla  
norma UNI CEI EN  
11352:2014 per le  
seguenti attività:

**Erogazione di servizi energetici**, incluse l'attività di  
finanziamento dell'intervento di miglioramento e  
l'acquisto di vettori energetici necessari per  
l'erogazione del servizio di efficienza energetica

*Schema di certificazione elaborato secondo l'art.12 comma 1 del  
D.Lgs. 4.7.2014, n. 102 approvato con Decreto Dirigenziale  
Interministeriale (MISE e MATTM) del 12 maggio 2015*

*La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza annuale e al riesame completo con periodicità  
triennale secondo le procedure di IMQ*

05 | 11 | 2013

Prima emissione

04 | 11 | 2016

Emissione corrente

04 | 11 | 2019

Data scadenza




Flavio Ornago

Management Systems Division Director



SGQ N° 005 A ENAS N° 003 P  
SCA N° 005 SI PRO N° 005 B  
SGE N° 006 M PRES N° 080 C  
SCR N° 005 P SP N° 043 E  
SSI N° 003 G LAB N° 0121  
FSM N° 007 I LAT N° 021

Member degli Accordi di Mutuo  
Riconoscimento EA, IAF e ILAC  
Signatory of EA, IAF and ILAC  
Mutual Recognition Agreements

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina <b>10</b> di 47

La proposta in oggetto ed il successivo progetto definitivo sono quindi redatti in conformità alla norma UNI CEI 11352.

## **4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

Cilavegna, comune della Lombardia, appartiene alla provincia di Pavia, in Lomellina, occupando l'estremo lembo della pianura lombarda ai confini con la provincia di Novara. Ben collegata per mezzo di linee automobilistiche con le città di Vigevano, Mortara, Novara, Vercelli, Milano e Torino, dista dal capoluogo Pavia 44,5 Km. Tra i comuni confinanti troviamo a nord tornaco, a est Gravellona Lomellina e Vigevano, a sud Parona e ad ovest Borgolavezzaro.

Cilavegna vera e propria oasi naturale a pochi passi dalle grandi città, è sita in posizione pianeggiante a 115 m.s.l.m., fatta eccezione per alcuni dossi sabbiosi sparsi qua e là elevati di pochi metri dalla campagna. La fitta rete di canali e fossi, alimentati dai fontanili, i filari dei pioppi, le cascine, i campi e le risaie caratterizzano il paesaggio della pianura. La popolazione consta oggi di 5352 abitanti circa e fino alla metà del 1900 si dedicava prevalentemente all'agricoltura. L'insediamento di numerosi e moderni impianti industriali ha modificato quasi completamente l'assetto economico del paese e molte sono state le energie e la creatività impiegate per riuscire ad acquisire il giusto valore della tradizione agricola scandito dai ritmi di una natura generosa che vede nella produzione dell'asparago la sua punta di diamante. Famoso è l'Asparago di Cilavegna, ortaggio nobile coltivato che si distingue per la peculiare tenerezza e per il suo delicato sapore. Nella seconda domenica di maggio si svolge a Cilavegna la Sagra dell'Asparago dove, da oltre 30 anni, viene proposto ai numerosi visitatori il pregiato ortaggio nella sua ineguagliabile bontà e qualità, il tutto accompagnato da momenti di folklore locale, carri allegorici e coloratissimi costumi. La superficie del comune si estende per 18,05 km<sup>2</sup> ed una densità pari a circa 307,53 abitanti/km<sup>2</sup>

## **5 STRUMENTI URBANISTICI E VINCOLI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, O DI ALTRO TIPO**

Di seguito si intende richiamare l'attenzione su alcuni aspetti generali inerenti gli impianti di pubblica illuminazione del Comune di Cilavegna, evidenziando la presenza di eventuali vincoli ambientali, paesaggistici, ecc., prescritti in strumenti urbanistici ufficiali di pianificazione (quali ad esempio, Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale, classificazione stradale e/o illuminotecnica, censimento, ecc..).

Presso l'amministrazione comunale non sono attualmente disponibili adeguati ed aggiornati strumenti ufficiali riportanti i dati di censimento del parco impiantistico attuale (censimento, pric, put, classificazione stradale, classificazione illuminotecnica, ecc.).

Si è reso quindi necessario ricostruire, rivedere e correggere i dati di censimento dell'impianto ante operam: è stata operata una campagna di sopralluoghi finalizzata ad una valutazione visiva della consistenza e delle criticità esistenti.

La valutazione e l'analisi dell'insieme di dati così ricavati ha permesso di definire la base dati, in modo da fotografare la consistenza del parco impiantistico attuale oggetto del presente studio e di determinare gli interventi necessari a sanare le criticità individuate in termini di sicurezza, consumo energetico, inquinamento luminoso, promiscuità elettrica, impianti fatiscenti, ed ottenere di conseguenza gli obiettivi prefissati esposti all'inizio del presente paragrafo.

**Tuttavia si sottolinea la natura del presente progetto di fattibilità che in quanto tale aggrega ed elabora dati indicativi che possono contenere un certo margine di genericità ed approssimazione, demandando ai successivi livelli di approfondimento progettuale il compito di sanare eventuali imprecisioni e di trattare gli stessi in maniera più accurata e puntuale.**

Con riferimento esclusivamente agli interventi che tipicamente si realizzano sugli impianti di pubblica illuminazione, attualmente non esistono vincoli ambientali e paesaggistici o altra tipologia previsti dall'Amministrazione Comunale.

Visti i requisiti dell'opera da progettare e la natura degli interventi che tipicamente si realizzano sugli impianti di pubblica illuminazione, e date le caratteristiche dell'area comunale ove sono installati gli impianti stessi oggetto degli interventi, viste inoltre le indagini geologiche e/o geognostiche preliminari, le verifiche preventive dell'interesse archeologico, gli studi preliminari sull'impatto ambientale ai fini di una valutazione preventiva della sostenibilità ambientale e della compatibilità paesaggistica dell'intervento, tutto ciò considerato, conseguentemente nel presente progetto di fattibilità non si ritiene necessario prevedere specifiche misure di salvaguardia, di compensazione e di mitigazione dell'impatto ambientale e sociale.

Nel presente progetto di fattibilità si prevede di utilizzare prevalentemente le postazioni esistenti degli impianti di pubblica illuminazione. Pertanto non sono contemplate interferenze di tipo meccanico, che non siano già state verificate e approvate in precedenza.

Per quanto riguarda l'aspetto storico, archeologico e paesaggistico, gli interventi saranno rispettosi delle aree di esercizio attraverso l'uso di componenti tecniche e tecnologiche in grado di valorizzare le peculiarità dei luoghi, dell'edificato e del territorio, grazie all'elevata qualità formale ed estetica (impatto diurno) e del colore della luce (impatto notturno).

I vincoli ambientali, per l'ambito specifico dell'illuminazione pubblica, sono indicati nella Legge Regionale Lombardia n. 17 del 27/03/2000 e successive modifiche o integrazioni oltre che Delibera della Giunta Regionale n. 2611 del 11/12/2000

In ogni caso si prevede l'abbattimento del 100% del flusso luminoso disperso verso la volta celeste, ovvero l'abbattimento completo del così detto "inquinamento luminoso", attraverso l'uso di apparecchi di illuminazione con ottiche di ultima generazione, completamente schermate (total cut-off).

## 6 STATO ANTE OPERAM

Costituiscono parte integrante dei documenti dedicati alla definizione dello stato ante operam, oltre alla presente relazione, anche il database di censimento.

I dati di censimento sono stati infatti riassunti in un foglio di calcolo excel che elenca tutte le caratteristiche tecniche di ciascun centro luminoso presente sul territorio (riportato nel documento 2, Database di Censimento: Impianti Ante Operam)

codice documento	elaborati grafici del documento	titolo documento
		<b>DOCUMENTI INERENTI LO STATO DI FATTO DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ</b>
1		Relazione Illustrativa Generale
2		Database di Censimento: Impianti Ante Operam

Gli impianti ante operam, sulla base dei quali è stato redatto il presente progetto di fattibilità, sono costituiti da n° **744 punti luce**, alimentati da **40 Quadri Elettrici**, in parte di proprietà dell'amministrazione Comunale, ed in parte di Enel Sole che saranno riscattati dal Comune.

Gli impianti di illuminazione pubblica sono generalmente costituiti da impianti elettrici alimentati in derivazione, in classe di isolamento I o II. La distribuzione elettrica per l'alimentazione degli impianti è prevalentemente trifase 400/230V (FFF+N) ad esclusione di alcuni impianti che hanno distribuzione monofase.

Alcuni degli impianti esistenti (in particolare quelli di proprietà **Enel Sole**) **non hanno un punto di fornitura** dedicato equipaggiato con gruppo di misura (contatore) ma sono derivati direttamente dalle linee di Enel Distribuzione mediante un piccolo quadro elettrico comandato tramite interruttore crepuscolare ed alimentati con una linea elettrica dedicata; in alcuni casi inoltre, tali impianti non hanno neppure una linea elettrica dedicata ma sono derivati singolarmente dalla linea di Enel Distribuzione e

comandati da una sonda crepuscolare installata puntualmente su ogni singolo apparecchio di illuminazione.

Nelle situazioni suddette si parla di **promiscuità elettrica** (vedere figura seguente, riportante un esempio di impianti con promiscuità elettrica presenti nel comune).



Per i punti luce **promiscui elettricamente** quindi, non esistendo un punto di fornitura dedicato equipaggiato con gruppo di misura, per la spesa inerente al consumo energetico degli stessi l'Amministrazione Comunale paga all'Ente Distributore di energia elettrica un **canone annuo a forfait** commisurato al tipo e potenza di lampada installato sull'apparecchio ma **indipendente dal reale funzionamento e consumo dell'apparecchio stesso**; ad esempio non viene riconosciuto se l'apparecchio ha dei cicli di funzionamento a regime ridotto in caso di regolazione del flusso, oppure se il totale di ore annue di funzionamento viene modificato in funzione di una diversa taratura del crepuscolare o semplicemente perché la lampada è spenta in quanto guasta.

In alcuni degli impianti esistenti possono quindi essere riscontrate 3 criticità impiantistiche correlate:

- Assenza di un punto di fornitura dedicato all'alimentazione dei punti luce e conseguente pagamento a forfait della spesa energetica (**promiscuità elettrica**).
- Assenza di linea elettrica dedicata all'alimentazione dei punti luce, che sono singolarmente derivati dalle linee di Enel Distribuzione (**promiscuità elettrica**).

- **Promiscuità meccanica**, ovvero l'impianto di pubblica illuminazione utilizza alcuni elementi meccanici (sostegni, cavidotti, ecc.) degli impianti di Enel Distribuzione.

Gli altri punti luce invece (**non promiscui elettricamente**) come usualmente accade, sono **provvisi di punto di fornitura dedicato** equipaggiato con gruppo di misura e quadro elettrico comandato tramite interruttore crepuscolare/orario ed alimentati con una linea elettrica dedicata; in tal caso per la spesa inerente al consumo energetico degli stessi l'Amministrazione Comunale paga all'Ente Distributore di energia elettrica **il reale consumo dell'utenza misurato dal contatore** e quindi **commisurato al reale funzionamento dell'apparecchio stesso** (inclusa regolazione del flusso, variazione del periodo di accensione, ecc.).

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche principali delle diverse tipologie impiantistiche.

<b>Caratteristiche elettriche del sistema di alimentazione degli impianti IP</b>	
Alimentazione Elettrica	400/230V – 50Hz
Categoria del Sistema (norma CEI 64-8)	I in c.a.
Alimentazione delle Sorgenti Luminose	In derivazione
Tipo di Impianto	Alcuni indipendenti, altri promiscui
Classe di Isolamento	I e II
Sistema di Distribuzione	TT
Sistema di Regolazione del Flusso Luminoso	Non presente

Nella tabella seguente vengono evidenziati alcuni indicatori inerenti il parco impiantistico di pubblica illuminazione del comune di Cilavegna, in riferimento ad alcune caratteristiche fisiche e demografiche del comune stesso.

	<b>ANTE OPERAM</b>	<b>GIUDIZIO</b>	<b>OBIETTIVO</b>
q.tà punti luce / 1000 abitanti	139,01	OK	141,44
q.tà punti luce / km <sup>2</sup>	40,22	OK	40,92
potenza media installata (W tot / PL tot)	128,64	DA RIDURRE	72,21

	ANTE OPERAM	GIUDIZIO	OBIETTIVO
Energia assorbita per abitante (kWh tot / abitanti)	78,88	DA RIDURRE	35,96

La media nazionale è pari a circa 150 punti luce ogni 1000 abitanti

L'analisi delle consistenze e delle criticità impiantistiche può essere operata mediante lo studio dei singoli componenti dell'impianto, come riportato nei seguenti paragrafi:

- apparecchi di illuminazione e relativi accessori [*capitolo 6*]
- sorgenti luminose [*capitolo 7*]
- quadri di alimentazione [*capitolo 8*]
- linee elettriche [*capitolo 9*]
- sistemi di protezione contro i contatti indiretti, impianti di terra ecc. [*capitolo 10*]
- sostegni [*capitolo 11*]
- corretto dimensionamento illuminotecnico degli impianti, in relazione alla categoria illuminotecnica della strada [*capitolo 12*].

Si sottolinea che quanto richiamato in questo documento e negli altri costituenti il progetto di fattibilità, costituisce un elenco indicativo di criticità e quantità, realizzato a valle di un rilievo dello stato generale di conservazione degli impianti di illuminazione pubblica del Comune. Resta inteso che, al fine di approfondire lo stato di conservazione degli impianti e di eventuali ulteriori interventi da realizzare, dovranno essere condotte nei successivi livelli di progettazione ispezioni più accurate, finalizzate alla verifica puntuale dello stato dei componenti installati.

Gli interventi di adeguamento, riqualificazione, sostituzione o altro miglioramento che si rendessero necessari in seguito agli approfondimenti in occasione dei predetti successivi livelli progettuali, costituiscono rischio di impresa tipico del contratto di concessione, sono effettuati dal concessionario secondo gli standard tecnico-prestazionali previsti per tutti gli interventi progettati e secondo la best practice, senza che questo comporti un riequilibrio del Piano economico finanziario o incida sull'onerosità rispetto al concedente.

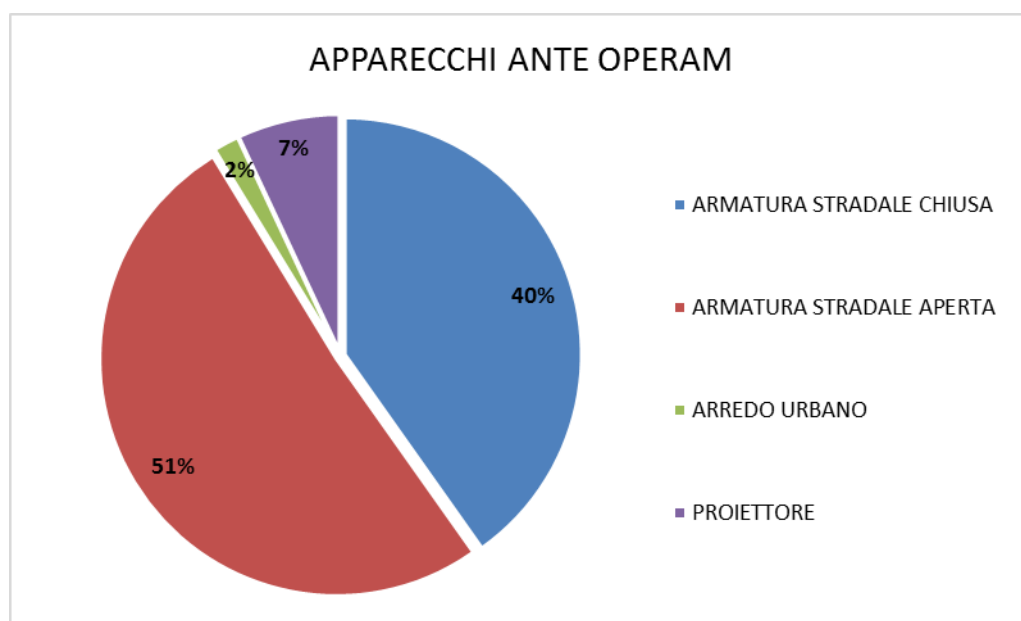
## 7 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE E RELATIVI ACCESSORI

Nel territorio Comunale sono presenti, in generale, differenti e non omogenee tipologie di apparecchi, determinando un antiestetico impatto visivo, oltre che uno squilibrio nelle prestazioni illuminotecniche, ed un aggravio dei costi di gestione per la maggiore necessità di magazzino.

Sono presenti complessivamente 744 apparecchi illuminanti in tutto il territorio comunale. Le seguenti tabella e grafico evidenziano il parco apparecchi ante operam:

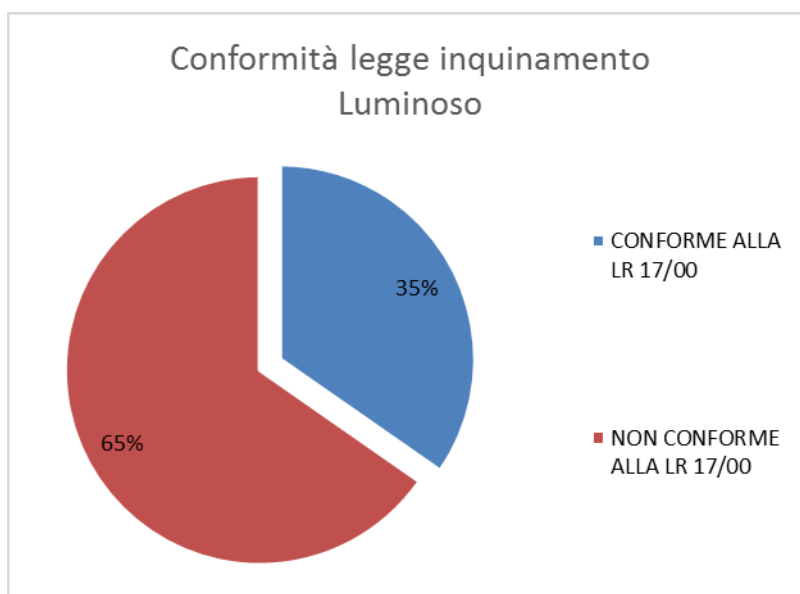


APPARECCHIO ANTE OPERAM	Q.TA'
STRADALE CHIUSA	299
STRADALE APERTA	380
ARREDO URBANO	13
PROIETTORI	52
TOTALE	744



Gli apparecchi presenti in maggior quantità sono gli apparecchi stradali, che da soli coprono il 91% della quantità totale. Sono presenti poi una alcune tipologie, come arredo urbano e proiettori presenti ciascuna con esigue quantità.

Per quanto concerne l'inquinamento luminoso nei grafico e tabella seguente si può evidenziare la rispondenza degli apparecchi esistenti alla legge regionale in materia di inquinamento luminoso.



APPARECCHIO ANTE OPERAM	CONFORME ALLA LR 17/00	NON CONFORME ALLA LR 17/00
TOTALE	258	486

Quindi, solo il 35% degli apparecchi esistenti presentano il vetro di chiusura di tipo piano con ottica cut-off ed installazione con inclinazione nulla, conforme alle norme e leggi regionali in materia di inquinamento luminoso.

Un indicativo repertorio fotografico delle differenti tipologie di apparecchi e del loro stato di conservazione è riportata di seguito (Abaco Degli Apparecchi).



01) Stradale non conforme LR 17/00



02) Stradale non conforme LR 17/00



03) Stradale non conforme LR 17/00



04) Stradale conforme LR 17/00



05) Arredo non conforme LR 17/00



06) Arredo non conforme LR 17/00



07) Stradale conforme LR 17/00



08) Stradale non conforme LR 17/00





09) Stradale non conforme LR 17/00



10) Stradale conforme LR 17/00



11) Stradale conforme LR 17/00



12) Stradale non conforme LR 17/00



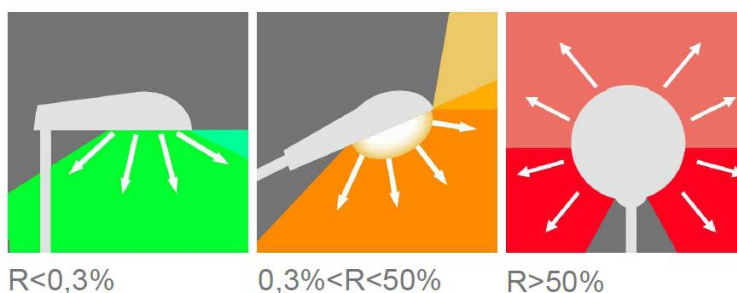
13) Stradale non conforme LR 17/00



14) Stradale conforme LR 17/00

Le seguenti indicazioni relative all'inquinamento luminoso si riferiscono alla quantità di flusso disperso nella volta celeste dall'apparecchio (verde = nullo, arancione = medio, rosso = alto) schematizzato nella seguente immagine:

#### INQUINAMENTO LUMINOSO



NOTA:

$R\%$  = RAPPORTO MEDIO DI EMISSIONE

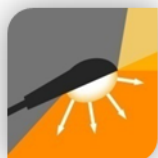
(Rapporto tra Flusso emesso verso il cielo e Flusso totale emesso)

Le principali criticità relative all'inquinamento luminoso riscontrate sono le seguenti:



**Apparecchi stradali aperti**, privi di schermo di chiusura, tecnologicamente vetusti. Sono apparecchi che presentano un basso rendimento ottico a causa della tecnologia di realizzazione o per il decadimento dell'ottica legata all'assenza di uno schermo di protezione contro gli agenti atmosferici. Analogamente, la stessa situazione si verifica anche con apparecchi dotati di ottica cut-off e vetro piano, ma

installati con inclinazione superiore ai 5°. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è in genere compreso tra il 30% ed il 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalla Legge Regionale;



**Apparecchi stradali a coppa**, dotati di schermo di chiusura non piano e fortemente degradato (a causa dall'invecchiamento del materiale plastico) o danneggiato. Sono apparecchi che presentano un basso rendimento ottico a causa della tecnologia di realizzazione e del decadimento dell'ottica. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è in genere compreso tra il 30% ed il 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalla Legge Regionale;



**Apparecchi da arredo, con emissione diretta verso l'alto**. Per questi apparecchi il rapporto medio di emissione - rapporto fra il flusso emesso verso il cielo ed il flusso totale emesso delle sorgenti illuminanti - è maggiore del 50%. Tali apparecchi, quindi, non sono rispondenti a quanto prescritto dalla Legge Regionale;



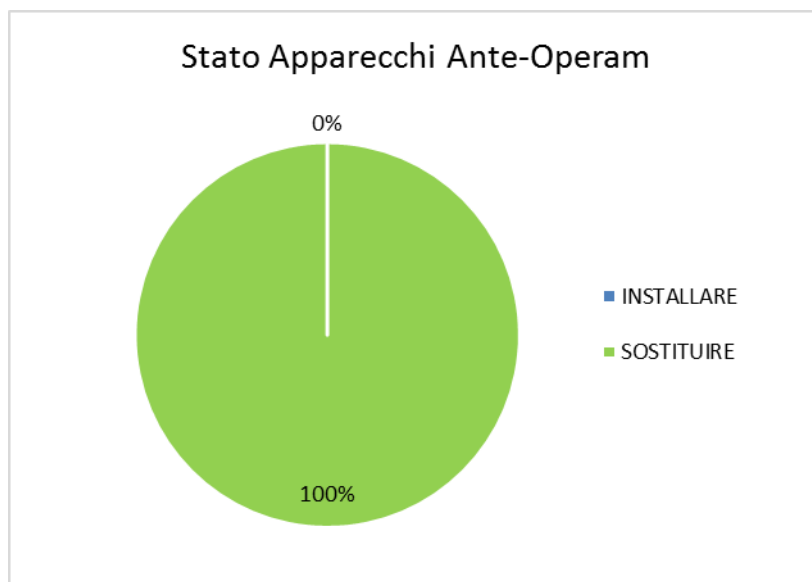
Una parte degli apparecchi di illuminazione esistenti (tutti quelli di arredo urbano ed una parte di quelli stradali) di installazione più recente, sono invece risultati adeguati, presentando buone condizioni di conservazione, schermo di chiusura piano (ottica cut-off) ed elevati rendimenti ottici (ottiche di recente costruzione) ed installati correttamente (inclinazione nulla rispetto al piano stradale).

Inoltre, più in generale, molti degli apparecchi di illuminazione esistenti presentano le seguenti criticità energetiche:

- basso "rendimento globale (ottico e utilizzazione)" (inteso come rapporto tra il flusso luminoso utile sulla carreggiata ed il flusso emesso dalla sorgente, ovvero come prodotto del rendimento ottico e del fattore di utilizzazione,  $R_o \times U$ ) dovuto essenzialmente ad una vetustà tecnologica degli stessi
- bassi valori del coefficiente di manutenzione, dovuta all'elevata durata di vita degli apparecchi esistenti, alla sporcizia, ed ai materiali degli schermi di chiusura degradati
- elevate perdite negli accessori elettrici degli apparecchi di illuminazione, dovuto alla tecnologia vetusta con la quale sono realizzati
- assenza di sistemi per la regolazione del flusso luminoso
- assenza di sistemi per il telecontrollo e la telegestione



La totalità degli apparecchi necessita quindi di sostituzione: il seguente grafico illustra la distribuzione percentuale degli apparecchi previsti in sostituzione perché vetusti o inadeguati e di quelli ritenuti idonei o da ricablare.



Il 100% degli apparecchi necessita di sostituzione, in quanto gli apparecchi si trovano in uno stato di conservazione precario, vetusti o inadeguati, oppure perché pur presentando buone condizioni di conservazione saranno comunque sostituiti onde garantire una corretta uniformità di installazione nei punti luce contigui, soprattutto in relazione alla proposta progettuale di realizzare una illuminazione pubblica equipaggiata totalmente con sorgenti LED.

## 8 SORGENTI LUMINOSE

In totale il parco lampade del comune risulta essere costituito da 744 sorgenti luminose così composte:

Tipologia sorgente	Potenza in Watt	Q.TA'
Ioduri Metallici	70	8
LED	24	1
LED	48	2
LED	66	1
Sodio alta pressione	70	63
Sodio alta pressione	100	41
Sodio alta pressione	150	108
Sodio alta pressione	250	67
Sodio alta pressione	400	6
Vapori di mercurio	50	7
Vapori di mercurio	80	340
Vapori di mercurio	125	100
TOTALE	-	744

Che possono essere riassunte nella seguente tabella:

LAMPADA ANTE OPERAM	Q.TA'	%
Vapori di Sodio Alta Pressione	285	38%
Vapori di Mercurio	447	60%
Ioduri Metallici	8	1%
LED	4	1%
TOTALE	744	100%

L'analisi della consistenza delle lampade evidenzia che il 60% delle sorgenti sono ai vapori di mercurio vetuste e con efficienza energetica inadeguata.

Le sorgenti ai vapori di Sodio Alta Pressione (38%) presentano invece una efficienza energetica migliore, ma comunque migliorabile in termini di resa ed efficienza del sistema illuminante.

Trascurabile la presenza di led ad elevata efficienza energetica (1%) e di sorgenti di ioduri (1%).

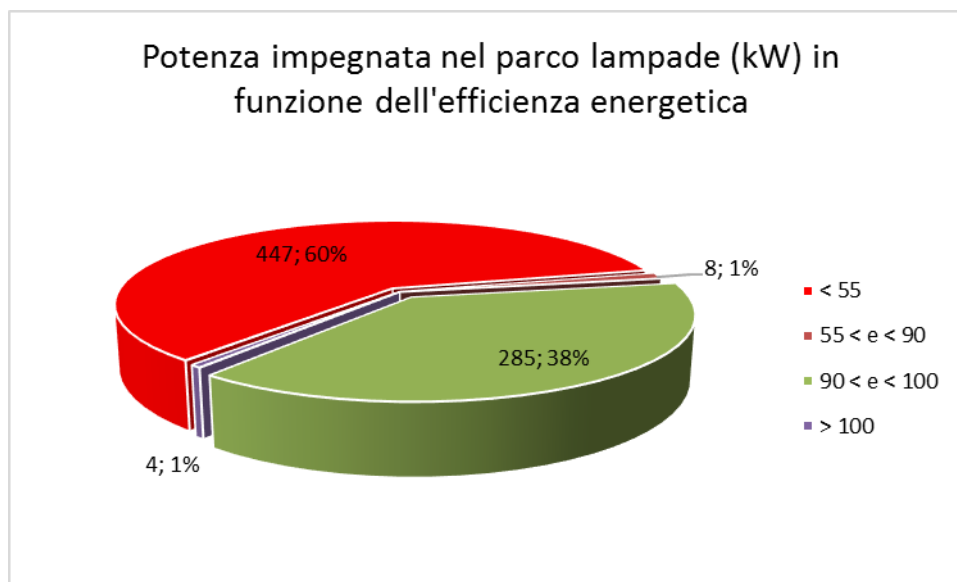
Per quanto concerne la presenza di sorgenti ai vapori di mercurio, occorre far presente che **le lampade a vapori di mercurio hanno perso la Certificazione CE a partire dal 2015 e sono state conseguentemente ritirate dal mercato.**

Dalla potenza impegnata in ciascuna tipologia di sorgente luminosa deriva una parte consistente del grado di efficienza dell'impianto, che è possibile suddividere nelle seguenti classi:

- $e < 55$  sorgenti con efficienza luminosa molto bassa (HG)
- $55 < e < 90$  sorgenti con efficienza luminosa media (JM)
- $90 < e < 100$  sorgenti ad alta efficienza energetica (SAP)

- $e > 100$  sorgenti ad elevata efficienza energetica (LED)

Nel grafico seguente si riporta la potenza impegnata del parco lampade, suddivisa in base all'efficienza energetica.



Per quanto attiene l'analisi delle sorgenti luminose dal punto di vista energetico le criticità rilevate sono inerenti essenzialmente alla loro efficienza; in particolare si mette in evidenza che:

- circa il 60% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa bassa ( $e < 55$  lm/W);
- circa il 1% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa media ( $55 < e < 90$  lm/W);
- circa il 38% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa alta ( $90 < e < 100$  lm/W).
- solo il 1% della potenza complessivamente installata è utilizzata per alimentare lampade con efficienza luminosa elevata ( $e > 100$  lm/W).

Per quanto attiene le sorgenti luminose, dal punto di vista prettamente tecnologico le criticità rilevate sono inerenti essenzialmente alla durata di vita delle lampade ed alla riduzione del flusso luminoso correlato alle ore di accensione delle lampade stesse. In particolare si mette in evidenza:

- la presenza di lampade ai vapori di mercurio, con durata media del ciclo di ricambio inferiore di circa 4.000 ore a quella di lampade ai vapori di Sodio Alta Pressione di potenza equivalente;
- la presenza di lampade agli ioduri metallici con durata media del ciclo di ricambio inferiore di circa 4.000 ore a quella di lampade ai vapori di Sodio Alta Pressione di potenza equivalente;

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 26 di 47

- la presenza di lampade ai vapori di Sodio Alta Pressione vetuste, con decadimento del valore del flusso emesso a causa dell'elevato numero di ore di accensione;
- la presenza di impianti erroneamente dimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di un consumo energetico ingiustificato oltre che del mancato rispetto dei criteri illuminotecnici prescritti dalle normative.

## 9 QUADRI DI ALIMENTAZIONE

Attualmente gli impianti di illuminazione pubblica del comune sono alimentati a partire da 40 quadri di alimentazione/protezione/comando, ubicati all'esterno.

I quadri elettrici sono essenzialmente soggetti a criticità di tipo elettrico, illuminotecnico ed estetico/tecnologico. I controlli visivi posti in atto al fine di accertare lo stato di conservazione generale dei quadri elettrici hanno permesso di verificare le criticità di seguito elencate. Dai rilievi in sito, sono state riscontrate situazioni molto diversificate, sia relativamente alla tecnologia usata sia relativamente alla componentistica usata.

**I quadri elettrici degli impianti non promiscui elettricamente** si trovano in generale in buone condizioni e correttamente mantenuti, ad eccezione di alcuni impianti più vetusti che risultano invece obsoleti (tali differenze dipendono probabilmente dal fatto che gli impianti sono stati realizzati in diversi periodi e da diversi installatori, oppure dal fatto che taluni quadri elettrici sono stati fatti oggetto di revisione o sostituzione).

**I quadri elettrici degli impianti promiscui elettricamente non hanno un punto di fornitura dedicato** equipaggiato con gruppo di misura (contatore) ma sono derivati direttamente dalle linee di Enel Distribuzione mediante un piccolo quadro elettrico (installato a terra o direttamente sui sostegni di Enel Distribuzione) comandato tramite interruttore crepuscolare ed alimentati con una linea elettrica dedicata; in alcuni casi inoltre i punti luce **promiscui elettricamente** non hanno né quadro elettrico né una linea elettrica dedicata ma sono derivati singolarmente dalla linea di Enel Distribuzione e comandati da una sonda crepuscolare installata puntualmente su ogni singolo apparecchio di illuminazione. In entrambe i casi comunque (impianti **promiscui elettricamente**) manca sempre il gruppo di misura (contatore) per la contabilizzazione dell'energia elettrica consumata.

Per i punti luce **promiscui elettricamente** quindi, non esistendo un punto di fornitura dedicato equipaggiato con gruppo di misura, per la spesa inerente al consumo energetico degli stessi l'Amministrazione Comunale paga all'Ente Distributore di energia elettrica un **canone annuo a forfait** commisurato al tipo e potenza di lampada installato sull'apparecchio ma **indipendente dal reale funzionamento e consumo dell'apparecchio stesso**; ad esempio non viene riconosciuto se l'apparecchio ha dei cicli di funzionamento a regime ridotto in caso di regolazione del flusso, oppure se il totale di ore annue di funzionamento viene modificato in funzione

di una diversa taratura del crepuscolare o semplicemente perché la lampada è spenta in quanto guasta.

In tali casi sarà necessario richiedere un nuovo punto di fornitura dedicato con relativo gruppo di misura, sostituire il quadro elettrico esistente ed eventualmente, se necessario, raggiungere i punti luce con una nuova linea elettrica; oppure, ove tecnicamente possibile, accorpare tali punti luce ad impianti esistenti non promiscui.

Le principali criticità sono state riscontrate nei quadri elettrici degli impianti esistenti più vetusti. Tali criticità sono le seguenti:

- assenza del gruppo di misura
- eccessivo frazionamento delle forniture, causa di inefficienza di utilizzazione dei Quadri di alimentazione/protezione/controllo.
- vetustà della componentistica. L'eventuale assenza o il malfunzionamento di protezioni differenziali in presenza di impianti in classe I non consente la protezione delle persone da eventuali contatti indiretti;
- involucri di contenimento con elevato grado di obsolescenza ed usura, sportelli di chiusura degradati e/o non serrabili, con conseguente inadeguata salvaguardia da atti vandalici ed insufficiente sicurezza, in quanto gli sportelli difettosi e/o non serrabili rappresentano un potenziale pericolo per i contatti diretti e/o indiretti (in caso di contenitori metallici);
- armadio non conforme alla classe II di isolamento dell'impianto elettrico
- con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali imputabili a varie cause, ad esempio causati da elevata vita installativa e manutenzione inefficiente, incidenti stradali, eventi atmosferici, atti vandalici
- mancanza del collegamento per la messa a terra
- dotati di interruttore crepuscolare (fotocellula) causa di accensioni e spegnimenti asincroni particolarmente evidenti in impianti con punti luce contigui, oltre che ad accensioni/spegnimenti intempestivi, rispetto all'effettiva durata del periodo di buio, con conseguente possibile incremento del consumo energetico, rispetto alla precisione offerta dagli interruttori orari astronomici;
- dotati di interruttore orario, causa di accensioni e spegnimenti asincroni particolarmente evidenti in impianti con punti luce contigui, rispetto alla precisione offerta dagli interruttori orari astronomici, con conseguente possibile incremento del consumo energetico. L' interruttore orario inoltre obbliga nel corso dell'anno ad una continua regolazione manuale degli orari di accensione e spegnimento per adeguarli al ciclo naturale dell'illuminazione solare
- dotati di interruttore crepuscolare (fotocellula) abbinato ad un interruttore orario e doppio contattore, al fine di parzializzare l'impianto (tutta notte / mezza notte) con conseguente risparmio energetico; tale sistema TN/MN è però vietato dalla Normativa vigente in quanto genera illuminazione non rispondente ai requisiti di uniformità (2 lampade accese, 1 lampada spenta, che determinano alternanza di tratti illuminati e tratti pericolosamente bui)
- in alcuni quadri sono installati interruttori del tipo "scatolato" con corrente nominale molto elevata, fino a 100A. L'adozione di questo tipo di protezione con

taglie così elevate, se da un lato consente di proteggere le linee di dorsale, dall'altro non consente la protezione dei cavi derivati di alimentazione ai singoli apparecchi di illuminazione (cavi con sezione di fase di 2,5 mmq)

- con un elevato impatto antiestetico a causa delle elevate dimensioni, dei materiali impiegati scadenti e vetusti, e/o a causa dell'usura degli stessi
- privi di sistemi di regolazione del flusso luminoso. L'assenza di questi dispositivi non permette di ridurre il flusso luminoso (e conseguentemente la potenza assorbita) nelle ore di minor traffico, compatibilmente con le esigenze di sicurezza.

## 10 LINEE ELETTRICHE

Per quanto riguarda le linee elettriche di alimentazione degli impianti, durante la fase di sopralluogo sono state riscontrate le seguenti principali tipologie realizzative:

- linee interrate, i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, ed i cui punti di derivazione sono accessibili in quanto eseguiti all'interno di pozzetti. Le derivazioni sono in genere realizzate con giunti in resina o giunti isolati in gel;
- linee interrate, i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, con derivazioni realizzate all'interno del palo tramite entra/esci dalla morsettiera;
- linee elettriche i cui cavi di dorsale risultano posati all'interno di cavidotti interrati, ma i cui punti di derivazione non sono accessibili in quanto realizzati all'interno di pozzetti interamente ricoperti dal manto stradale.
- linee interrate, i cui cavi di dorsale risultano posati direttamente interrati o all'interno di cavidotti interrati inaccessibili;
- Linee aeree, installate a parete o in sospensione tra pali, tramite cavo precordato, con giunzioni prive di scatola di derivazione, spesso isolate con semplice nastro isolante;
- Linee aeree, installate a parete o in sospensione tra pali, su fune d'acciaio, con giunzioni prive di scatola di derivazione, spesso isolate con semplice nastro isolante
- Campate aeree installate provvisoriamente per sopperire alla presenza di guasti presenti nelle linee interrate.

Calcolando una interdistanza media di 30m tra i sostegni e considerando quelli alimentati in linea aerea e quelli alimentati in linea interrata, possiamo stimare la totalità di linee elettriche installate ante operam:

TIPO	N°	INTERDISTANZA MEDIA	TOT METRI DI LINEA
------	----	------------------------	-----------------------

TIPO	N°	INTERDISTANZA MEDIA	TOT METRI DI LINEA
SOSTEGNI ALIMENTATI IN LINEA INTERRATA	509	30	15270
SOSTEGNI ALIMENTATI IN LINEA AEREA	235	30	7050

Le linee elettriche esistenti presentano una percentuale modesta di tratti di condutture non adeguate dal punto di vista della messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza degli impianti in quanto i cavi sono nella quasi totalità di tipo FG7OR o precordato RE4E4X, entrambe con isolamento 0,6/1kV, adeguati anche agli impianti in doppio isolamento per illuminazione pubblica.

I problemi maggiori si sono riscontrati nei punti di derivazione agli apparecchi delle linee aeree, con derivazioni spesso realizzate con solo nastro isolante e prive di scatola di derivazione con evidente facilità di accesso alle stesse.

Inoltre, come già accennato nei paragrafi precedenti, negli impianti **promiscui elettricamente**, in alcuni casi i punti luce non hanno una linea elettrica dedicata ma sono derivati singolarmente dalla linea di Enel Distribuzione e comandati da una sonda crepuscolare installata puntualmente su ogni singolo apparecchio di illuminazione; per tali punti luce occorrerà ricostruire ex-novo la linea di alimentazione e collegare la stessa ad un impianto di illuminazione pubblica esistente oppure ad un nuovo punto di fornitura dedicato.

Le principali criticità relative alla messa a norma che di solito si possono riscontrare nelle linee elettriche degli impianti esistenti più vetusti sono le seguenti:

- in alcuni degli impianti più vetusti, in classe I di isolamento, è stata riscontrata l'assenza dei conduttori di protezione (PE) e/o dei dispersori di terra: l'assenza o il malfunzionamento dell'impianto di terra in presenza di impianti in classe I non consente la protezione delle persone da eventuali contatti indiretti
- presenza di cavi usurati e danneggiati, con livello di isolamento al disotto dei valori minimi prescritti dalle norme.
- in alcuni degli impianti è stata riscontrata la realizzazione degli stessi in classe II di isolamento, ma con cavi elettrici di tipo non adatto a tale scopo. Per essere idoneo alla classe II di isolamento, un cavo deve essere dotato di guaina che lo protegge dalle sollecitazioni meccaniche e deve essere dotato di un isolamento doppio o rinforzato (tensioni di isolamento > 300/500 V, nel caso di sistemi elettrici 230/400 V). Negli impianti di illuminazione esterna però (come l'illuminazione pubblica) è richiesta una tensione di isolamento di almeno 0.6/1 kV. L'utilizzo di cavi non idonei alla classe II comporta che l'impianto elettrico venga declassato alla classe I con conseguente necessità di dotare l'impianto elettrico dell'impianto di terra per l'adeguata protezione delle persone dai contatti indiretti.



- presenza di vari tratti di linea danneggiati, in precarie condizioni meccaniche, con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali imputabili a varie cause, ad esempio causati da elevata vita installativa e manutenzione inefficiente, incidenti stradali, eventi atmosferici, atti vandalici.
- presenza di vari tratti di linea aerea con un elevato impatto antiestetico a causa di tratti non correttamente fascettati alle corde di acciaio, a causa di materiali impiegati scadenti e vetusti, e/o a causa dell'usura degli stessi
- presenza di varie linee di sezione inadeguata e non uniformemente distribuita, con conseguenti eccessive cadute di tensione nei tratti terminali. La sezione inadeguata delle linee elettriche è anche causa di ingenti perdite energetiche per effetto Joule; le perdite sulle linee infatti sono proporzionali al quadrato della corrente che percorre il cavo ed alla resistenza elettrica del cavo stesso, che a sua volta è proporzionale alla sezione del cavo.
- presenza di linee con utenze caricate in modo non equilibrato sulle tre fasi, con conseguente squilibrio nei carichi.
- Punti di giunzione e derivazione (cassette di derivazione, giunti, collegamenti e morsettiere) usurati ed in precarie condizioni di isolamento, con possibilità di accesso a parti in tensione e conseguente elevato rischio di contatti diretti e/o indiretti.
- relativamente ai punti di derivazione realizzati all'interno di pozzetti con cassette di derivazione da palo o da parete, non adeguatezza del componente per l'applicazione interrata.
- relativamente ai punti di derivazione isolati in resina (sia se accessibili che non accessibili) impossibilità di accedere alla giunzione se non attraverso la rottura del materiale isolante.
- difficoltà di accesso ai cavi, nel caso di linee direttamente interrate o con cavidotti inaccessibili.
- presenza di linee in promiscuità con gli impianti di Enel Distribuzione. Nel caso di promiscuità meccanica e/o elettrica è opportuno separare gli impianti dedicati alla illuminazione pubblica da quelli di proprietà di Enel Distribuzione per ovviare a problemi di gestione. Ogni volta che si modificano le condizioni di posa o ogni volta che sono necessari interventi su tali impianti promiscui infatti occorre coinvolgere il proprietario del sostegno o delle linee.

Per le linee elettriche le principali criticità relative al risparmio energetico, sono riconducibili alle perdite di potenza per effetto Joule.

La perdita di potenza per effetto Joule sulle linee di alimentazione degli impianti di IP è proporzionale alla resistenza del cavo ed al quadrato della corrente che percorre il cavo stesso, secondo la seguente relazione:


$$P = R I^2$$

essendo:

R la resistenza del cavo;

I la corrente di fase che percorre il cavo.

Tale perdite sono mediamente valutabili attorno al 5% della potenza installata.

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 31 di 47

Per quanto concerne la proporzionalità delle perdite rispetto alla resistenza del cavo, occorre precisare che la presenza negli impianti esistenti di cavi sottodimensionati, o comunque con piccole sezioni di fase, comporta un aumento della resistenza stessa. Per quanto concerne la proporzionalità delle perdite rispetto al quadrato della corrente che percorre il cavo, occorre precisare che la presenza negli impianti esistenti di sorgenti a scarsa efficienza luminosa (mercurio, incandescenza, ecc.) insieme ad un inadeguato dimensionamento illuminotecnico determina una eccessiva potenza di lampada installata e quindi una elevata corrente di fase che percorre i cavi di alimentazione.

## **11 SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

Ai fini della protezione contro i contatti indiretti, gli impianti di IP possono essere generalmente classificabili in:

- Impianti con componenti elettrici aventi classe di isolamento I
- Impianti con componenti elettrici aventi classe di isolamento II

Per definire la classe dell'impianto occorre esaminare tutti i componenti elettrici facenti parte dell'impianto elettrico, ovvero nel caso di impianti di IP:

- Il quadro elettrico;
- altre apparecchiature esterne al quadro elettrico (fotocellula, ecc.);
- la tipologia del cavo/i di alimentazione di dorsale (se entra o può entrare in contatto con il sostegno metallico);
- le morsettiere;
- la tipologia del cavo/i di alimentazione dell'apparecchio di illuminazione;
- gli apparecchi di illuminazione;

Nel caso di impianti in classe II, tutti i componenti elettrici devono avere classe di isolamento II; i cavi di alimentazione (se entrano o possono entrare in contatto con i sostegni) devono presentare un isolamento equivalente alla classe II (tensione di isolamento 0,6/1kV nel caso di illuminazione pubblica).

Nel caso di impianti "misti", c'è contemporanea presenza nello stesso impianto di componenti elettrici in classe I e componenti elettrici in classe II. Un impianto misto deve essere degradato alla classe di isolamento più bassa tra quelle dei suoi componenti, ovvero alla classe I; dal punto di vista della sicurezza elettrica deve essere trattato in tutto e per tutto come un impianto in classe I di isolamento. Per degradare alla classe I di isolamento un impianto con componenti elettrici di classe II è sufficiente la presenza di cavi (nel caso in cui questi entrano o possono entrare in contatto con i sostegni) con classe di isolamento non equivalente alla classe II (ovvero cavi con tensione di isolamento minore di 0,6/1kV).

La protezione contro i contatti indiretti, negli impianti di illuminazione pubblica è generalmente garantita:

- Negli impianti in classe II, utilizzando tutti componenti in classe II. Questa misura è destinata ad impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle

parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale. Le parti conduttrici accessibili e le parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò sia previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente elettrico.

- Negli impianti in classe I, mediante interruzione automatica del circuito di alimentazione, coordinata con l'impianto di terra. Un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito od al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione, non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale (i valori delle tensioni di contatto limite convenzionali UL sono 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata). Le masse devono essere collegate ad un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra. Le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra. Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Quindi a meno che gli impianti di illuminazione pubblica non siano in classe II di isolamento, è necessaria l'installazione di un impianto di terra coordinato con i dispositivi di interruzione automatica dell'alimentazione (salvo l'utilizzo di diverse misure di protezione dai contatti indiretti, come previsto nella CEI 64/8-413).

Qualora in impianti in classe I, protetti dai contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione coordinata con l'impianto di terra, il collegamento a terra delle masse sia assente o non correttamente funzionante, in caso di cedimento dell'isolamento elettrico si presenta un elevato rischio di contatti indiretti causato dal persistere sulle masse di una tensione di contatto.

Qualora in impianti protetti dai contatti indiretti mediante l'utilizzo di componenti in classe II, ci sia presenza di componenti elettrici non adeguati alla classe II che entrano o possono entrare in contatto con masse, in caso di cedimento dell'isolamento elettrico di tali componenti non adeguati si presenta un elevato rischio di contatti indiretti causato dal persistere sulle masse di una tensione di contatto.

Gli impianti **non promiscui elettricamente** si trovano in generale in buone condizioni e correttamente mantenuti, con adeguata protezione dai contatti indiretti.

Gli impianti **promiscui elettricamente** essendo derivati dalle linee di Enel Distribuzione risultano privi di impianto di terra e quindi per poterli separare (eliminare la promiscuità elettrica) occorrerà anche garantire la protezione dai contatti indiretti mediante realizzazione dell'impianto di terra oppure riconducendo gli stessi alla classe II di isolamento.

I controlli visivi, posti in atto sui complessi luminosi esistenti al fine di accertare la corretta protezione contro i contatti indiretti, hanno permesso di verificare le criticità di seguito elencate.

- complessi in classe I di isolamento, con apparecchi caratterizzati da un elevata vita installativa, ma privi della messa a terra, pur essendo installati in impianti di illuminazione pubblica protetti dai contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione coordinata con l'impianto di terra. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.
- complessi luminosi in classe I di isolamento o comunque non idonei alla classe II, pur essendo installati in impianti di illuminazione pubblica protetti dai contatti indiretti mediante la classe II di isolamento. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.
- complessi in classe I di isolamento, ma in presenza di impianti di terra usurati e danneggiati o con collegamento interrotto, tali da non garantire i requisiti minimi prescritti dalle norme e/o il corretto coordinamento con l'interruzione automatica dell'alimentazione. Ciò determina un conseguente elevato rischio di contatti indiretti.

Tutto ciò determina conseguenti criticità di tipo elettrico legate ad un elevato rischio di contatti indiretti.

## 12 SOSTEGNI

Nel territorio Comunale sono presenti, in generale, differenti e non omogenee tipologie di sostegni, determinando un antiestetico impatto visivo, oltre che uno squilibrio nelle prestazioni illuminotecniche, ed un aggravio dei costi di gestione per la maggiore necessità di magazzino.

Nella seguente tabella è rappresentato il parco sostegni degli impianti di IP ante operam:

TIPO SOSTEGNO ANTE OPERAM	Q.TA'
Palo dritto + Sbraccio o Palo curvo	524
Sbraccio /staffa a parete	220
<b>TOTALE</b>	<b>744</b>

Un indicativo repertorio fotografico delle differenti tipologie di sostegni e del loro stato di conservazione è riportata di seguito (Abaco dei Sostegni).



01) Palo CAC con sbraccio



02) Palo stradale dritto in AC Zn



03) Palo stradale curvo in AC Zn



04) Palo stradale dritto in Ferro Vernic.





05) Palo stradale dritto in Ferro Vernic.



06) Palo Arredo Urbano e doppio appar.




07) Braccio stradale a parete



08) Braccio stradale a parete

Il parco sostegni del Comune presenta una percentuale modesta di sostegni non adeguati dal punto di vista della messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza degli impianti.

	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 36 di 47

La maggioranza dei sostegni non presenta criticità statiche, elettriche o illuminotecniche.

La criticità di maggiore impatto è legata alla presenza di vetusti pali in ferro verniciato e dalla massiccia presenza di pali CAC (antiestetici a causa dell'imponente presenza e del materiale utilizzato, ma adeguati dal punto di vista meccanico).

Alcuni sostegni peraltro presentano **promiscuità meccanica** con le linee di Enel Distribuzione.

È presente poi una piccola quantità di sostegni progettati con altezze ed interdistanze inadeguate alla tipologia di strada, causa di inefficienza di tipo illuminotecnico.

Negli impianti più vetusti, i pali risultano generalmente affetti dalle seguenti criticità:


- elevato grado di obsolescenza ed usura dei materiali
- evidenti stati di fenomeni di ossidazione/corrosione a diversi livelli di penetrazione
- con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali causati dal tiro delle linee aeree (soprattutto per pali d'angolo, di testa o di coda, che subiscono i tiri maggiori e necessitano di spessori adeguati)
- con pericolo di cedimento in quanto hanno subito danni strutturali imputabili a varie cause, ad esempio causati da incidenti stradali o da altri fenomeni quali eventi atmosferici ed atti vandalici
- progettati con altezze ed interdistanze inadeguate alla tipologia di strada
- impatto antiestetico a causa dei materiali impiegati scadenti e vetusti, e/o a causa dell'usura degli stessi (pali CAC, pali in ferro verniciato, ecc.)
- impatto antiestetico a causa delle maggiori dimensioni della sezione rispetto a sostegni in acciaio di pari altezza
- impatto antiestetico in quanto determinano un eccessivo frazionamento delle tipologie di sostegni esistenti.

### **13CORRETTO    DIMENSIONAMENTO    ILLUMINOTECNICO    DEGLI IMPIANTI, IN RELAZIONE ALLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DELLA STRADA**

La presenza di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di un consumo energetico ingiustificato. Un sostanziale risparmio energetico si può ottenere realizzando impianti che consentano di conferire a ciascuna strada i giusti valori di illuminamento (in termini qualitativi e quantitativi) così come prescritto dalle norme di riferimento.

Al contrario, la presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.



	Relazione Illustrativa Generale	PdF 0183_0
		Elaborato 1
		Pagina 37 di 47

Un corretto dimensionamento illuminotecnico degli impianti deve essere realizzato conformemente alle Normative vigenti attenendosi, tra le altre, alle prescrizioni della Norma UNI EN 13201 e della Norma UNI 11248, che prescrivono, in funzione della Categoria Illuminotecnica assegnata a ciascuna strada, i requisiti illuminotecnici che gli impianti IP devono garantire; la Categoria Illuminotecnica è a sua volta funzione della classificazione stradale assegnata alla strada stessa.

Al fine di assegnare una Categoria Illuminotecnica di Riferimento ad una determinata strada, è quindi necessario avere a disposizione la classificazione stradale della stessa, conformemente al Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n° 285 - "Nuovo Codice della Strada" e successive integrazioni e modifiche.

Come indicato nella Norma UNI 11248 (articolo 7.1) la classificazione della strada non è di responsabilità del progettista illuminotecnico; la classificazione della strada deve essere comunicata al progettista dal committente o dal gestore della strada.

L'Amministrazione Comunale non ha messo a disposizione una Classificazione Stradale; il progettista dovrà procedere con delle proprie valutazioni, ai fini dell'attribuzione di una categoria illuminotecnica di progetto alle varie strade oggetto di calcolo illuminotecnico.

Dalle verifiche illuminotecniche realizzate negli impianti esistenti, risulta evidente che l'attuale dimensionamento illuminotecnico degli impianti di pubblica illuminazione del comune presenta ampi margini di miglioramento, con molti casi di non rispondenza ai requisiti previsti.

Numerosi infatti sono i casi di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di un consumo energetico ingiustificato, soprattutto negli impianti realizzati più recentemente.

Evidenti anche i casi di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade, causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico; tale situazione risulta particolarmente presente nel caso degli impianti più vetusti, equipaggiati con sorgenti ai vapori di mercurio aventi un'efficienza luminosa molto bassa.

Una riqualificazione degli impianti di pubblica illuminazione del comune quindi non può prescindere da un buon progetto illuminotecnico (con adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) che, rispetto alla situazione attuale, migliorando la visibilità è in grado di produrre comunque un risparmio energetico.

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti stradali e riduce la presenza di zone scarsamente illuminate fertili territori per episodi di microcriminalità e degrado sociale, problematiche di grande attenzione e sensibilità nella popolazione. L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

## 14 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Il presente paragrafo ha per scopo quello di illustrare i criteri fondamentali che sono alla base delle possibili alternative soluzioni progettuali volte sia alla messa a norma, ammodernamento tecnologico, riqualificazione e messa in sicurezza, sia alla riduzione dei consumi energetici e dei costi di gestione:

- soluzioni per l'incremento dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione, ottenibile attraverso:
  - incremento del rendimento delle sorgenti luminose;
  - incremento del rendimento dell'apparecchio di illuminazione;
  - incremento del rendimento degli accessori elettrici installati all'interno degli apparecchi di illuminazione;
  - incremento del rendimento dell'impianto di alimentazione funzione dalle perdite joule che si hanno in corrispondenza dei cavi di alimentazione.
- soluzioni per la riduzione della potenza degli apparecchi di illuminazione in corrispondenza di impianti sovradimensionati;
- soluzioni per la regolazione dell'orario di accensione e spegnimento degli impianti;
- soluzioni per la regolazione degli impianti in funzione del traffico veicolare;
- soluzioni per la messa a norma e messa in sicurezza degli impianti
- soluzioni per l'ammodernamento tecnologico degli impianti
- soluzioni per la riqualificazione illuminotecnica delle strade
- soluzioni per il contenimento dell'inquinamento luminoso
- soluzioni per la riqualificazione degli spazi e la fruibilità degli stessi
- soluzioni per la razionalizzazione degli impianti.

### Incremento del rendimento delle sorgenti luminose

La sostituzione delle sorgenti di vecchia tecnologia con sorgenti ad alta efficienza e tecnologicamente avanzate rappresenta il tipo di intervento sicuramente più immediato ai fini dell'ottenimento di risparmi energetici ed economie gestionali.

In caso di non omogenea distribuzione delle sorgenti inoltre, si ha una conseguente irregolare distribuzione delle grandezze illuminotecniche (illuminamento, luminanza, colore della luce, ecc.). Tale situazione comporta una sgradevole e fastidiosa

alternanza di diverse macchie di colore, oltre ad un aumento dei costi di gestione e manutenzione, poiché è necessario disporre di scorte di magazzino con un numero elevato e poco funzionale di ricambi.

Le sorgenti a LED rispetto alle lampade SAP paragonabili per flusso emesso presentano una migliore efficienza in quanto, a parità di flusso luminoso, richiedono potenze elettriche inferiori, ovvero hanno una maggiore efficienza luminosa.

Le lampade SAP garantiscono un risparmio energetico con l'installazione di regolatori di flusso centralizzato o alimentatori dimmerabili; tale risparmio è superiore rispetto a quello garantito dalle lampade Hg, in quanto le sorgenti SAP consentono un maggiore range di regolazione in tensione rispetto alle Hg.

Anche le sorgenti led di moderna concezione permettono la regolazione del flusso, grazie all'alimentatore elettronico installato in ogni apparecchio, che può essere regolato punto-punto a diversi regimi di funzionamento.

La scelta dei LED presenta inoltre il vantaggio di una maggior durata, fino ad oltre 100000 ore (corrispondenti a circa 23 anni, considerando 4200 ore/anno di funzionamento) mentre le lampade ai vapori di sodio non superano le 16000 ore (circa 4 anni).

L'elevata resa cromatica dei LED,  $IRC > 80$ , garantisce un ottimale percezione dei colori, garantendo una visione qualitativamente migliore (notare che la resa cromatica delle lampade SAP è pari a  $IRC = 20$ ).

L'utilizzo di apparecchi led, permette di ottenere contemporaneamente benefici sia in termini di efficienza della sorgente luminosa, sia in termini di rendimento dell'apparecchio, come di seguito riportato.

#### Incremento del rendimento dell'apparecchio di illuminazione

Ogni apparecchio di illuminazione è caratterizzato da un rendimento ottico ( $R_o$ ) rapporto tra il flusso totale emesso dall'apparecchio, misurato in condizioni specificate, ed il flusso luminoso emesso dalla sorgente luminosa funzionante senza apparecchio e nelle stesse condizioni specificate;  $R_o$  esprime quindi la quota parte di flusso luminoso emesso dalla sorgente che esce dall'apparecchio.

Le perdite sul flusso uscente dall'apparecchio di illuminazione che si hanno invece "nello spazio" vengono normalmente quantificate mediante un fattore "U" detto di Utilizzazione che tiene conto della curva fotometrica dell'apparecchio, della posizione della sorgente, della posizione e geometria della superficie utile, dei fattori di

riflessione dell'ambiente e della geometria di quest'ultimo; il fattore di utilizzazione (U) è rappresentato dal rapporto tra il flusso utile (flusso luminoso ricevuto dalla superficie di riferimento) ed il flusso luminoso uscente dall'apparecchio.

Un altro elemento che incide sul rendimento complessivo dell'apparecchio è "il tempo"; il fattore di manutenzione (M) tiene conto dell'invecchiamento dei componenti dell'apparecchio di illuminazione, del deposito della sporcizia sullo stesso, ecc., che determinano con il passare del tempo una riduzione del flusso luminoso utile ricevuto dalla superficie utile.

Rendimento ottico "Ro", fattore di Utilizzazione "U", e fattore di manutenzione "M" determinano la percentuale utile del flusso generato che concorre, in condizioni ordinarie, a creare il richiesto illuminamento sul compito visivo. Il loro prodotto definisce quello che può essere chiamato il rendimento complessivo (Rc) di un apparecchio  **$Rc = Ro \times U \times M$**  e sarà tanto più elevato quanto più elevati sono Ro ed U ed M.

L'utilizzo di armature ad elevato Rendimento Ottico Ro ed elevato fattore di utilizzazione U permette quindi di operare una consistente riduzione delle potenze installate, pur rispettando quanto la normativa esistente prevede in termini di requisiti illuminotecnici minimi (UNI 13201, UNI 11248). In tal senso occorre precisare che gli apparecchi led, avendo una maggiore facilità di indirizzare il flusso luminoso rispetto alle ottiche con parabole riflettenti degli apparecchi sap, presentano un coefficiente di utilizzazione molto più elevato (U = 80% circa negli apparecchi led, mentre U = 50% circa negli apparecchi sap).

#### Incremento del rendimento degli accessori elettrici installati all'interno degli apparecchi di illuminazione

Gli alimentatori installati sugli apparecchi di illuminazione esistenti sono generalmente caratterizzati da reattori elettromagnetici che assorbono una potenza circa pari al 15÷20% della potenza della sorgente. Gli alimentatori elettronici assorbono una potenza leggermente inferiore.

Inoltre la riduzione della potenza nominale dei complessi luminosi a seguito di un accurato progetto illuminotecnico con una corretta valutazione dei livelli di illuminamento da conseguire sulle diverse strade, si traduce in una riduzione della potenza assorbita dagli accessori elettrici (pari appunto a circa il 15÷20% della potenza nominale della sorgente).

Incremento del rendimento dell'impianto di alimentazione funzione dalle perdite joule che si hanno in corrispondenza dei cavi di alimentazione

La perdita di potenza per effetto Joule sono mediamente valutabili attorno al 5% della potenza installata.

Anche in questo caso, la riduzione della potenza nominale dei complessi luminosi si traduce in una riduzione della corrente assorbita e quindi una conseguente riduzione delle perdite sulle linee per effetto Joule.

L'accurata progettazione di nuove linee interrate peraltro determina la scelta di adeguate sezioni di cavo onde contenere la caduta di tensione; ciò comporta quindi una riduzione della resistenza del cavo di linea rispetto alle esistenti linee sottodimensionate, con conseguente riduzione delle perdite sulle linee per effetto Joule.

Soluzioni per la riduzione della potenza degli apparecchi di illuminazione in corrispondenza di impianti sovradimensionati

La presenza di impianti sovradimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di un consumo energetico ingiustificato. Un sostanziale risparmio energetico si può ottenere realizzando impianti che consentano di conferire a ciascuna strada i giusti valori di illuminamento (in termini qualitativi e quantitativi) così come prescritto dalle norme di riferimento.

Al contrario, la presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

È quindi necessario sviluppare un progetto illuminotecnico nel quale, partendo da un'analisi del tessuto viario del Comune, siano attribuiti alle singole strade i livelli di illuminamento prescritti dalle normative.

Si mette in evidenza che altre valutazioni, che prescindano da un preliminare studio illuminotecnico, possono comportare errori di valutazione. Gli errori possono derivare da:

- mancato intervento sugli impianti esistenti, realizzati con apparecchi equipaggiati con lampade aventi flusso sovradimensionamento o sottodimensionato rispetto alle effettive esigenze di traffico (valori attuali superiori o inferiori a quelli prescritti dalle norme);

- mantenimento delle interdistanze tra i sostegni esistenti (sostituzione puntuale dei complessi luminosi) a prescindere da una preliminare valutazione dei valori di uniformità dell'illuminamento/luminanza prescritti.
- non corretto dimensionamento nel caso di sostituzione puntuale dell'apparecchio su sostegno esistente: in particolare gli interventi di questo tipo si esauriscono spesso nella sostituzione delle lampade esistenti, ad esempio al mercurio, con lampade ai vapori di sodio a.p. a parità di flusso emesso, a prescindere dalla preliminare definizione dei valori di illuminamento/luminanza che gli impianti devono per Norma garantire. Accade spesso che vengano ipotizzati senza alcuno studio illuminotecnico preventivo ad esempio interventi di sostituzione di lampade 125 W mercurio (6 200 lm) con lampade 70W sodio (6 600 lm). Può accadere però che l'illuminazione esistente realizzata con lampade ai vapori di mercurio sia insufficiente, e che quindi tale risulti anche la nuova illuminazione (che invece richiederebbe un incremento dei valori illuminotecnici con passaggio ad esempio a lampada 100W sodio (9 000 lm); in questo caso, di fatto si sovrastima il risparmio energetico e non si rispettano i valori normativi. Stesso discorso per quanto concerne l'altro usuale cambio tra lampada Hg 250W (13 000 lm) e SAP 150W (15 000 lm). Ovviamente (ma più raramente) può accadere anche l'opposto, ovvero che l'illuminazione esistente realizzata con lampade ai vapori di mercurio sia sovradimensionata, e che quindi tale risulti anche la nuova illuminazione (che invece richiederebbe un decremento dei valori illuminotecnici con passaggio a lampade sodio di taglia inferiore); in quest'ultimo caso, di fatto si sottostima il risparmio energetico e non si rispettano i valori normativi.

#### Soluzioni per la regolazione dell'orario di accensione e spegnimento degli impianti

Un altro importante parametro che influisce sul risparmio energetico è la durata del periodo di accensione degli impianti.

Nel corso dell'anno gli orari di alba e tramonto del sole variano. Ovviamente, tali orari variano anche a secondo del luogo di riferimento in cui si osservano alba e tramonto, ovvero in funzione delle coordinate geografiche.

La tempestiva accensione degli impianti rappresenta una fonte di risparmio spesso trascurata. Sfruttando tutto il crepuscolo (sia all'alba che al tramonto) e posizionando l'accensione/spegnimento alla fine dello stesso, si può ottenere un risparmio di una o



due decine di minuti di accensione al giorno, quantificabile in circa il 2/3% delle ore totali di funzionamento (rispetto alle 4200 h/anno, dato medio presente in letteratura).

Al fine di ottimizzare i periodi di accensione, evitando che l'impianto risulti acceso quando l'illuminazione naturale è sufficiente, è possibile utilizzare interruttori astronomici in grado di calcolare in modo preciso l'ora in cui sorge e tramonta il sole in funzione delle coordinate (latitudine e longitudine) del luogo dove è collocato l'impianto da comandare, ed in funzione della data corrente.

Gli interruttori astronomici possono essere opportunamente tarati in modo che provochino un ritardo nello spegnimento degli impianti rispetto all'ora di effettiva alba ed un anticipo nell'accensione degli impianti rispetto all'ora di effettivo tramonto. Le su scritte tarature hanno il fine di evitare intempestivi interventi in condizioni atmosferiche sfavorevoli (esempio cielo nuvoloso) o particolari orografie.

#### Soluzioni per la regolazione degli impianti in funzione del traffico veicolare

Esistono diverse possibilità in merito all'opportunità di realizzare la regolazione del flusso luminoso nelle ore di minor traffico veicolare, le principali sono:

- **REGOLAZIONE PUNTUALE MEDIANTE ALIMENTATORE ELETTRONICO DIMMERABILE STAND-ALONE:** Apparecchi di illuminazione equipaggiati con alimentatore elettronico dimmerabile, eventualmente telecomandato, che permette la regolazione puntuale del flusso luminoso mediante commutazione automatica con profilo tarabile.
- **REGOLAZIONE PUNTUALE MEDIANTE ALIMENTATORE FERROMAGNETICO BIREGIME STAND-ALONE:** Apparecchi di illuminazione per lampade a scarica equipaggiati con alimentatore ferromagnetico biregime, che permette la regolazione puntuale del flusso luminoso mediante commutazione automatica tra 2 diversi regimi di funzionamento, con profilo fisso in ampiezza e tarabile in modo discreto in durata.
- **REGOLAZIONE AD ISOLA DA REGOLATORE DI FLUSSO CENTRALIZZATO NEL QUADRO ELETTRICO DI COMANDO:** Quadri elettrici di protezione e comando dotati di Regolatore di flusso luminoso (eventualmente telecomandati). Trattasi di impianti con apparecchi di illuminazione tradizionale, per lampade a scarica, alimentati da quadri elettrici di comando dotati di Regolatore di Flusso, che permette la regolazione centralizzata del flusso luminoso mediante commutazione automatica con profilo tarabile in modo continuo sia in ampiezza che in durata.

### Soluzioni per la messa a norma e messa in sicurezza degli impianti

Gli interventi relativi alla messa in sicurezza sono finalizzati ad ottenere

- la sicurezza delle persone e dei beni
- la sicurezza ed il corretto ed efficace funzionamento di tutte le apparecchiature installate.

Le scelte progettuali dovranno tenere conto di tutti i requisiti tecnici prescritti dalla normativa vigente, con particolare attenzione a:

- protezione e sezionamento dei circuiti di alimentazione degli impianti, con quadri elettrici equipaggiati con idonei dispositivi di sezionamento e protezione, e cavi di sezione adeguata;
- protezione delle persone contro i contatti diretti, mediante sostituzione di componenti con grado di protezione non adeguato
- protezione delle persone contro i contatti indiretti, mediante la realizzazione/adequamento di impianti alla classe II di isolamento oppure mediante la verifica/adequamento del coordinamento tra gli impianti di terra esistenti e l'interruzione automatica dei circuiti di alimentazione. L'eventuale scelta della realizzazione di impianti in classe II consente di evitare di effettuare le denunce iniziali degli impianti di terra e le verifiche periodiche degli stessi e consente di evitare interventi conseguenti a scatti intempestivi degli interruttori differenziali (la cui installazione è necessaria negli impianti in classe I)
- l'isolamento verso terra e tra le fasi dei diversi componenti dell'impianto con eventuale sostituzione dei cavi vetusti ed usurati, con livello di isolamento al disotto dei valori minimi prescritti dalle norme
- la sicurezza meccanica dei complessi di illuminazione (sostegni e apparecchi) e delle linee, mediante sostituzione dei componenti vetusti dichiaratamente a rischio che non garantiscono più la stabilità meccanica

### Soluzioni per l'ammodernamento tecnologico degli impianti

L'ammodernamento tecnologico degli impianti si realizza sostituendo i componenti vetusti e tecnologicamente obsoleti dell'impianto di illuminazione pubblica con nuovi componenti, di nuova generazione, realizzati con le più moderne tecniche, ed introducendo ulteriori tecnologie attualmente non presenti: in tal senso oggi le principali innovazioni possono essere ottenute mediante l'installazione di apparecchi led e sistemi di telecontrollo.

Con gli apparecchi led è possibile ottenere il massimo risparmio energetico ed economico insieme ad un eccellente comfort visivo, grazie alle più evolute performance illuminotecniche a fronte di una forte riduzione dei costi energetici, una luce uniforme, priva di zone d'ombra, senza alcuna dispersione del flusso verso l'alto, contribuendo efficacemente alle politiche di riduzione dell'inquinamento luminoso al fine di creare un ambiente ecosostenibile.

Inoltre, l'attuale panorama della pubblica illuminazione vede l'introduzione sempre più massiccia di sistemi innovativi e tecnologici per il telecontrollo e la telegestione degli impianti, attivati per avere un controllo da remoto di alcune funzionalità e di alcuni parametri dell'impianti di illuminazione al fine di garantire economie gestionali ed un migliore servizio alla cittadinanza ed all'amministrazione comunale. Le possibilità diagnostiche e di controllo offerte dal telecontrollo, si configurano come strumenti con grandi potenzialità, anche al fine di verifiche più dettagliate: dalla semplice lettura di dati, all'impostazione dei parametri di lavoro, alla taratura/attivazione dei profili di regolazione del flusso luminoso, al rilievo degli impianti e alla gestione della manutenzione: tutte le funzioni lavorano in sinergia per offrire un servizio completo, preciso e veloce.

Il Telecontrollo si configura potenzialmente come uno strumento strategico, non comporta continui spostamenti di mezzi e personale, effettua misure significative, rappresentative ed affidabili ed offre l'intrinseca possibilità di diagnosticare le cause non evidenti di eventuali guasti o malfunzionamenti degli impianti.

Inoltre alcune attività come ad esempio quella di rilevazione delle lampade spente che normalmente vengono eseguite attraverso le ronde notturne con automobile di squadre operative dedicate, potranno essere coadiuvate dal sistema di telecontrollo, e quindi direttamente da remoto dalla sede operativa.

#### Soluzioni per la riqualificazione illuminotecnica delle strade

La presenza di impianti sottodimensionati rispetto alle effettive esigenze di illuminazione delle strade è causa di problematiche di vario tipo sia in termini di sicurezza che in termini di aggregazione sociale e sviluppo economico.

È quindi necessario sviluppare un progetto illuminotecnico nel quale, partendo da un'analisi del tessuto viario del Comune, siano attribuiti alle singole strade i livelli di illuminamento prescritti dalle normative.

### Soluzioni per il contenimento dell'inquinamento luminoso

Con riferimento al contenimento dell'inquinamento luminoso, la Regione Lombardia ha emanato la Legge n. 17 del 27/03/2000 "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso" e successive modifiche o integrazioni, per la limitazione della luce dispersa e dell'inquinamento luminoso.

Gli apparecchi previsti in progetto dovranno avere dunque ottica di tipo Cut-Off, realizzata al fine di ottenere i migliori risultati illuminotecnici senza necessità di inclinare l'armatura, nel rispetto dei più restrittivi criteri di contenimento della dispersione di flusso luminoso verso l'alto.

Per alcuni apparecchi esistenti potrebbe anche essere valutata l'opportunità di realizzare una sostituzione dell'ottica e/o delle schermature al fine di eliminare la luce dispersa verso la volta celeste, senza dover sostenere l'onere dell'intera sostituzione dell'apparecchio.

### Soluzioni per la riqualificazione degli spazi e la fruibilità degli stessi

Una buona illuminazione (cioè di adeguati livelli, gradi di uniformità e controllo dell'abbagliamento) migliorando la visibilità riduce considerevolmente il numero di incidenti.

L'illuminazione inoltre è un elemento importante del paesaggio urbano e parte integrante della qualità della vita nelle ore serali e notturne ed influisce direttamente anche nel favorire l'aggregazione sociale e turistica con il conseguente sviluppo culturale e commerciale.

Gli interventi dovranno tenere conto quindi di:

- percezione del colore negli ambienti urbani illuminati
- comfort visivo
- Individuazione delle emergenze storiche, architettoniche e ambientali

### Soluzioni per la razionalizzazione degli impianti

Contemporaneamente al risparmio energetico, all'ammodernamento tecnologico e alla messa a norma degli impianti è opportuno valutare anche:

- la razionalizzazione degli impianti, attraverso un accorpamento degli impianti esistenti, onde ridurre il numero di forniture, oggi eccessivamente frazionate, al minimo indispensabile. Tali accorpamenti possono essere resi possibili dal fatto

che per moltissimi degli impianti esistenti sarà previsto una riduzione della potenza installata ed una sostituzione delle linee elettriche esistenti, opportunamente dimensionati. La razionalizzazione dei punti di alimentazione/fornitura elettrica determina vantaggi ed economie di gestione quali riduzione dei contratti di fornitura dell'energia elettrica, minori costi fissi di fornitura elettrica, ottimizzazione della tariffa elettrica di approvvigionamento sul mercato, ecc..

- l'omogeneità dei componenti e dei criteri costruttivi degli impianti rappresenta un aspetto progettuale particolarmente importante ai fini dei risparmi gestionali. In particolare, già la normalizzazione dei materiali riduce i problemi di progettazione, posa, manutenzione, approvvigionamento dei ricambi e di gestione delle scorte; l'unificazione dei criteri impiantistici migliora la funzionalità, l'affidabilità e quindi la sicurezza: il tutto si traduce in una sostanziale riduzione dei costi sostenuti dalla collettività.