

# COMUNE DI BONORVA

## PROVINCIA DI SASSARI



**POR FESR 2007-2013 – ASSE III – LINEA DI ATTIVITÀ 3.1.2a**  
*"BANDO PER IL COFINANZIAMENTO DI INIZIATIVE NEL CAMPO DEL RISPARMIO  
ENERGETICO DELL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA E DEL CONTENIMENTO  
DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO"*

### **LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

#### **PROGETTO ESECUTIVO**

#### RELAZIONE TECNICO – ILLUSTRATIVA

##### **1 PREMESSA**

Nel quadro degli interventi finalizzati alla riduzione del consumo energetico del sistema di illuminazione pubblica e all'adeguamento alle linee guida regionali per la riduzione dell'inquinamento luminoso, l'Amministrazione Comunale di Bonorva ha predisposto uno studio per la riqualificazione dell'impianto di illuminazione pubblica con soluzioni atte al conseguimento di sensibili risparmi energetici e al contenimento dell'inquinamento luminoso. Il presente lavoro è stato redatto dal sottoscritto professionista a seguito di formale incarico conferitogli in data 14/04/2011, con determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica n. 89, relativamente alla progettazione esecutiva, alla direzione lavori e ai servizi di cui al T.U. 81/2008 relativi alle opere finanziate col bando RAS di cui al POR FESR 2007-2013 – ASSE III – LINEA DI ATTIVITÀ 3.1.2a, *"bando per il cofinanziamento di iniziative nel campo del risparmio energetico dell'illuminazione pubblica e del contenimento dell'inquinamento luminoso"*.

In data 19/01/2010, con determinazione n. 1614/11 del Direttore del Servizio S.A.V.I. della R.A.S., è stata approvata la graduatoria delle proposte presentate dagli enti locali, da cui risulta che al Comune di Bonorva è stato assegnato un finanziamento di € 220.026,31 che sommato alla quota di cofinanziamento pari a € 94.296,99 determina l'importo totale da destinare all'intervento pari a € 314.323,30.

## 2 NORME DI RIFERIMENTO

- Linee guida per la riduzione dell'inquinamento luminoso e relativo risparmio energetico (art. 19, comma 1, L.R. 29 Maggio 2007 n. 2)
- Norma UNI 10819 inquinamento luminoso.
- Norma UNI 10439 che viene sostituita dalla UNI 11248 (strada a traffico motorizzato).
- Norma UNI 13201 per strade commerciali, incroci, rotatorie, parcheggi, parchi e piste ciclabili.

## 3 CARATTERISTICHE IMPIANTO ESISTENTE

L'impianto del centro abitato di Bonorva è servito da n. 12 quadri di distribuzione per un totale di 823 corpi illuminanti. I suddetti quadri sono privi di regolatore di flusso e interruttore orario. La consistenza dell'impianto, in base alle informazioni ricevute dall'Ufficio Tecnico comunale, risulta in dettaglio costituita da:

- n. 811 lampade al sodio alta pressione;
- n. 12 di altre tipologie (alogene e ioduri metallici);

Degli 823 corpi illuminanti, 734 sono costituiti da armature chiuse, 11 da lanterne, 9 da proiettori, mentre i rimanenti 69 sono costituiti da globi.

Il presente intervento riguarderà la sostituzione di 450 corpi illuminanti ad armatura chiusa, mentre i rimanenti punti luce verranno coinvolti negli interventi successivi di completamento, compatibilmente con le disponibilità finanziarie.

La situazione attuale, per la quasi totalità dei corpi illuminanti, non rispetta le norme sull'inquinamento luminoso e i valori minimi di luminanza forniti dalla Norma UNI 11248 (*per strade con traffico motorizzato tipo **F** indice della categoria illuminotecnica **2**, classe di illuminazione **ME5***).

Le norme prevedono:

- valore minimo di luminanza:  $L_m \geq 0,5 \text{ cd/m}^2$
- uniformità minima  $U_0 L_{\min}/L_{\text{med}} \geq 0,6$
- uniformità minima  $U_i L_{\min}/L_{\max} \geq 0,4$

### **Norma UNI 10819 inquinamento luminoso**

Valori massimi dell'intensità luminosa per  $90^\circ = 0$

#### **4 INTERVENTI PREVISTI NELLA PRIMA SOLUZIONE PROGETTUALE**

L'attuale intervento propone una soluzione progettuale differente da quella inizialmente prevista nella progettazione definitiva.

Inizialmente, l'intervento consisteva nella sostituzione di 774 corpi illuminanti, con armature di tipo *cut-off* e lampade SAP da 70-100-150 W, dotate di schermatura efficace contro l'inquinamento luminoso prodotta dalla luce dispersa direttamente nel cielo dagli apparecchi stradali.

Parte integrante dell'intervento era il posizionamento degli alimentatori dimmerabili (tipo Dibawatt), da posizionare punto a punto, atti a ridurre l'assorbimento dei corpi illuminanti di almeno del 30%. Tali dispositivi avrebbero sostituito gli attuali gruppi ausiliari (accenditore, reattore e condensatore) svolgendone le funzioni caratteristiche con un solo componente, riducendo la potenza assorbita, eliminando le perdite del reattore ferromagnetico, che corrispondono a circa il 15% dell'energia assorbita da ogni lampada.

Successivamente, a finanziamento acquisito, l'amministrazione ha disposto uno studio finalizzato alla sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con dispositivi a LED, aventi caratteristiche tecnologiche notevolmente differenti, ma capaci di garantire da subito un risparmio energetico complessivamente maggiore: circa il 52% sui consumi standard, più la quota relativa alla riduzione derivante dalla regolazione del flusso luminoso (grazie alla sezione dedicata costituita da un circuito integrato in ogni singolo apparecchio, e funzionante autonomamente) e alla minore manutenzione, **con un abbattimento complessivo dei costi annui di oltre il 70%.**

#### **5 CONFRONTO TRA ARMATURE STRADALI SAP E QUELLE A LED**

Attraverso alcune innovazioni illuminotecniche applicate alla tecnologia LED, brevettate su scala mondiale, sono state messe a punto le prime armature stradali (corpi illuminanti per i lampioni) sempre a LED con risultati entusiasmanti in termini di diffusione luminosa, che non fanno rimpiangere la luminosità delle fonti luminose tradizionali.

La tecnologia a LED si basa sull'utilizzo di particolari diffusori prismatici nella lastra di policarbonato posta sopra i corpi illuminanti che riescono ad ampliare e allargare la luce. La luce viene allargata anche attraverso una particolare angolazione dei LED stessi all'interno dei corpi illuminanti, e grazie all'ottimizzazione dell'elettronica

I prodotti attuali sono progettati per adattarsi ai sistemi illuminanti preesistenti (plafoniere, armatura stradale con attacco standard). La loro posa in opera necessita

di ridotti investimenti economici sugli impianti elettrici preesistenti o di nuova realizzazione. Le plafoniere proposte sono disponibili nelle versioni da 24, 36, 48, 60 e 72 LED.

Aspetto molto importante, soprattutto per alcuni settori come quello della grande distribuzione, la temperatura di esercizio di queste lampade dopo 24 ore di esercizio è di appena +10° superiore alla temperatura ambientale.

I consumi elettrici di queste plafoniere vanno dai 37W per il modello a 24 LED, ai 110W per quello più potente a 72 LED.

Il confronto tra un'armatura stradale a LED e un'armatura SAP con lampada al sodio ad alta pressione mostra un flusso luminoso quasi simile contro però tutta una lunga serie di vantaggi a favore della tecnologia LED. Innanzitutto, il consumo di energia elettrica che è di quasi un terzo inferiore per la lampada a LED. Aspetto non trascurabile è quello legato alla durata della lampada: l'armatura stradale a LED ha una vita compresa tra le 50.000/100.000 ore contro le 6.000/12.000 ore appena di una lampada SAP. Nel primo caso, il tempo di accensione è istantaneo, mentre con la tecnologia più tradizionale ci vogliono fino a 5 minuti per raggiungere la massima intensità di luce.

L'indice di caduta del flusso luminoso dopo 3.000 ore è nullo con i LED (anzi si incrementa leggermente nelle prime 5.000 ore), mentre una lampada sodio dopo 3.000 ore di esercizio ha un calo del flusso luminoso fino al 40%. Un altro parametro importante che spiega la più elevata qualità della luce prodotta dai LED è la resa cromatica: un'armatura stradale a LED ha una resa cromatica del > 65%, fino al 95%, la luce è quasi pura, mentre le lampade al sodio ad alta pressione arrivano al massimo al 60% (come si dice in gergo: si vede giallo).

Tra le tecnologie disponibili, quella a LED si distingue per molteplici vantaggi: i bassi consumi, la lunga durata di vita e la pressoché assenza di manutenzione. Trattandosi di dispositivi installati perlopiù su strade, va anche considerato lo standard di sicurezza offerto. Una frequenza spettrometrica molto vicina alle caratteristiche di percezione dell'occhio umano, un'immediata accensione priva di tempi di latenza, l'omogeneità luminosa sul manto stradale e una costanza di rendimento luminoso nel tempo, rendono la luce a LED molto più efficace e adeguata delle tecnologie tradizionali ad illuminare le aree di transito di mezzi e persone.

I LED proposti emettono luce bianca "*neutral white*" con una temperatura di colore di 4.000 K, molto efficace per una percezione nitida di forme e colori.

## **6 NUOVI INTERVENTI CON CORPI ILLUMINANTI A LED**

Il costo dell'illuminazione pubblica rappresenta per l'Ente una voce considerevole di spesa. Le riduzioni dei consumi di elettricità che si possono ottenere mediante interventi di razionalizzazione degli impianti possono essere consistenti e vanno pertanto perseguite. Le recenti politiche di risparmio energetico, adottate dall'Unione Europea, mirano con decisione a ridurre gli sprechi e a contenere i consumi di corrente elettrica. A questo scopo, la direttiva EuP tende a rimuovere progressivamente dal mercato i dispositivi luminosi ritenuti scarsamente efficienti e/o con tecnologie e caratteristiche che comportano consumi ritenuti eccessivi. Dispone inoltre che le amministrazioni pubbliche configurino le loro reti di illuminazione adottando dispositivi che riducano i consumi energetici.

Nell'ambito di tali finalità, l'Amministrazione Comunale di Bonorva ha ritenuto necessario provvedere all'adeguamento tecnologico dell'impianto d'illuminazione. La situazione dell'impianto di illuminazione pubblica è riportata nella Tav. 1 allegata, relativa allo stato attuale dell'impianto. In essa sono evidenziati: la localizzazione dei contatori e le linee asservite da ciascuno di essi, la tipologia di lampade installata con la relativa potenza e l'indicazione della linea, il tipo plafoniera chiusa o aperta e informazioni sulle altre tipologie di corpi illuminanti.

Nell'intervento, per ogni singola linea la potenza della lampada è stata definita in base al calcolo illuminotecnico, considerando anche la potenza delle lampade SAP attualmente installate. Da considerare che l'intervento migliora anche la situazione funzionale del cablaggio delle singole linee in quanto la riduzione di potenza installata riduce intensità di corrente sui singoli cavi e quindi non è necessario intervenire su questi.

L'intervento di manutenzione straordinaria sull'impianto di illuminazione pubblica ha lo scopo di ottenere un risparmio sul consumo di energia ottimizzando al tempo stesso la qualità dell'illuminazione. Inoltre, si prevede di regolare il flusso luminoso riducendo l'illuminamento durante le ore notturne, ricorrendo ad un dispositivo che richiama il principio della mezzanotte virtuale. Ogni armatura, infatti, è dotata di una scheda che consente di programmare elettronicamente i vari flussi luminosi durante il periodo di utilizzo, permettendo così l'ottimizzazione dei consumi energetici.

L'impianto di ammodernamento della rete di Pubblica Illuminazione verrà messo in atto attraverso la sostituzione delle armature già esistenti con l'obiettivo di conseguire un risparmio globale di oltre il 70%.

In sintesi attualmente l'impianto di illuminazione pubblica è composto da n. 823 corpi illuminanti dei quali:

- n. 811 lampade SAP, sodio ad alta pressione, di varia potenza con accenditore ferromagnetico;
- n. 12 di altre tipologie (alogene e ioduri metallici);
- n. 12 contatori;

Degli 823 corpi illuminanti, 734 sono costituiti da armature chiuse, 11 da lanterne, 9 da proiettori, mentre i rimanenti 69 sono costituiti da globi.

L'intervento di manutenzione straordinaria consisterà in:

- sostituzione di n. 450 corpi illuminanti con nuovi dispositivi a LED, posizionati sui pali già presenti sull'intera viabilità, posizionati ad interasse di 25-30 m, a seconda della via, che consentono a parità di flusso luminoso un consistente risparmio energetico;
- installazione di dispositivi elettronici integrati che consentiranno la regolazione del flusso luminoso tramite un "ciclo luce" tale da poter gestire l'illuminazione minima negli orari notturni. I dispositivi atti ad ottenere la regolazione del flusso luminoso saranno di tipo elettronico (schede) da installarsi all'interno del corpo illuminante.

Il corpo illuminante previsto in progetto è costituito da:

- *ARMATURE STRADALI tipo First Light e Street-LED o similari, a 24, 36, 48, 60 o 72 LED, della CITY DESIGN, efficienza luminosa 130 lm/W, con un flusso da 2800 lm (24 LED) a 8400 lm (72 LED) con un consumo totale (circuito LED più alimentatore) da 37W (24 LED) a 110W (72 LED). La temperatura di colore tipica è pari a 4000 K (luce bianco neutra), grado di protezione IP65. Corpo lampada realizzato in pressofusione di alluminio dalla caratteristica forma ellittica, isolamento classe II; componenti (apparecchi, cavi e morsettiere) a doppio isolamento a corredo dei quali l'impianto di terra non è necessario.*

Attualmente l'intervento, in questa fase riguarderà la sostituzione di una parte dei punti luce, e solo successivamente, con ulteriori finanziamenti, potrà essere esteso alla totalità dei corpi illuminanti.

Infatti, nell'attuale intervento, per esigenze di natura economica, **non potranno** essere inseriti 234 punti luce tra quelli previsti nella progettazione definitiva. Saranno esclusi dall'intervento i punti luce (globi) presenti nel corso Umberto I°, in corso Vitt. Em. II° e in piazza S. Antonio in quanto le relative armature in ghisa non sono compatibili con la tipologia di dispositivi elettronici

adottati. In queste zone, l'intervento dovrà prevedere l'integrale sostituzione dell'intero corpo illuminante, palo incluso, anche per andare incontro alle problematiche relative all'inquinamento luminoso, di cui le armature con calotta a sfera sono le principali cause, nel campo dell'illuminazione pubblica.

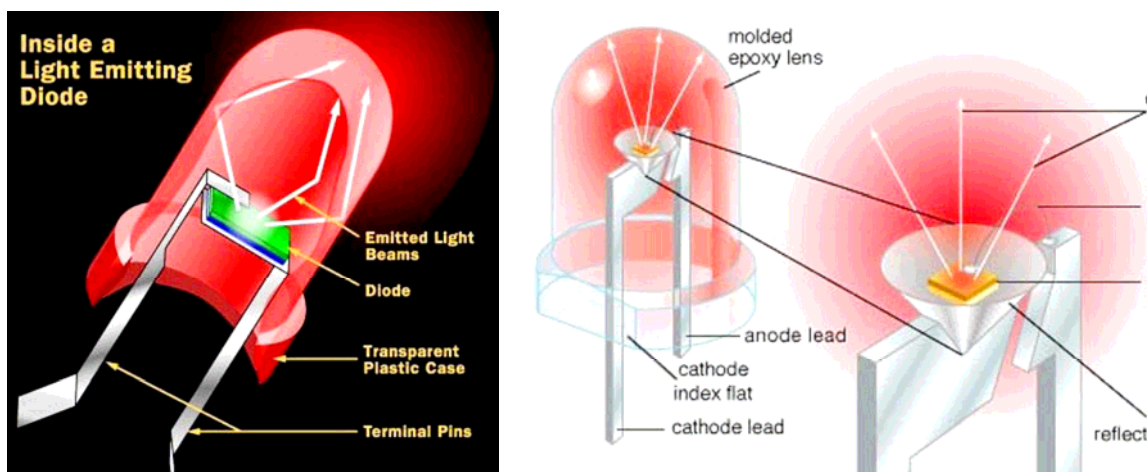
In sintesi, gli interventi attualmente attuabili per l'adeguamento dell'impianto di illuminazione pubblica prevedono:

- smaltimento delle vecchie armature e delle vecchie lampade, pari a 450 pezzi. Si prevede una spesa di circa € 45.000,00;
- fornitura e messa in opera di nuove armature stradali a LED, *tipo First Light e Street LED o similari della CITY DESIGN*, con corpo lampada realizzato in pressofusione di alluminio dalla caratteristica forma ellittica, grado di protezione IP65, isolamento classe II, componenti (apparecchi, cavi e morsettiere) a doppio isolamento a corredo dei quali l'impianto di terra non è necessario, da 24-36-48-60-72 LED. Si prevede una spesa pari a € 205.680,00 circa;

Gli interventi proposti consentiranno di raggiungere una doppia finalità in quanto, oltre a venire incontro alle esigenze derivanti dalla nuova normativa regionale in materia di riduzione del consumo energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso del sistema di illuminazione pubblica, soddisfano le esigenze dell'Amministrazione Comunale di Bonorva derivanti dalle carenze di un impianto di illuminazione pubblica che aveva necessità di essere rinnovato

## 7 CENNI SULLA TECNOLOGIA A LED

Il termine "LED" è un acronimo che sta per "*Light Emitting Diode*", ovvero "*diodo che emette luce*". Si tratta di un dispositivo elettronico che emette luce se eccitato elettricamente. L'emissione di luce avviene al passaggio della corrente elettrica attraverso una giunzione di silicio, opportunamente trattata o *drogata*, realizzata con *arseniuro di gallio* o con *fosfuro di gallio*, entrambi materiali in grado di emettere radiazioni luminose quando siano attraversati da una corrente elettrica; il valore di tale corrente è compreso fra 10 e 30 mA. Il funzionamento si basa sul fenomeno detto "elettroluminescenza", dovuto alla emissione di fotoni (nella banda del visibile o dell'infrarosso) prodotti dalla ricombinazione degli elettroni e delle lacune allorché la giunzione è polarizzata in senso diretto.



Tecnicamente il LED è formato da un catodo e un anodo, che sono i terminali del diodo. Quando viene applicata una tensione ai terminali, gli elettroni si accumulano sul catodo e se la tensione è sufficiente (in genere 0.8 V) gli elettroni vengono attratti dall'anodo (carico positivamente). Se la tensione è troppo alta (normalmente non dovrebbe superare i 6 V), la corrente può essere talmente intensa da bruciare il diodo. Per ogni elettrone che passa dal catodo all'anodo, si verifica, di fatto, una miniscintilla (di potenza minuscola poiché la carica dell'elettrone è infinitesima). Per ogni piccola scintilla, si trasforma una certa quantità di energia (elettrica), in forma di calore (il diodo si riscalda) e di campo elettromagnetico. La luce è un'onda elettromagnetica avente una frequenza variabile in un determinato campo, per cui progettando adeguatamente il diodo si può ottenere che l'onda elettromagnetica provocata dalla scintilla abbia frequenze che coprano il visibile, e quindi emettano luce.

Se il diodo viene eccitato in maniera inversa al suo normale funzionamento (normalmente il catodo va collegato al polo negativo) non funziona, e potrebbe

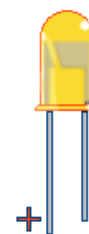


eventualmente essere danneggiato se la tensione è troppo alta. Se il diodo viene eccitato con una corrente alternata (per esempio 50 Hz) e con una tensione di picco tra i 0.8 e i 6 V, esso emette una luce intermittente ma ai nostri occhi appare come continua. Il diodo consuma normalmente pochissima energia. La dimensione tipica di un LED è di poche centinaia di micron. Esso è montato in un package nel quale è realizzato il collegamento elettrico. Il package provvede anche a proteggere il chip dall'ambiente circostante.

Un diodo ad emissione luminosa è composto da diversi strati di materiale semiconduttore. Quando il LED è polarizzato direttamente, uno strato particolarmente sottile, chiamato strato attivo, genera luce. Diversamente da quanto avviene nelle lampade ad incandescenza che irradiano uno spettro continuo, un LED emette luce praticamente monocromatica di un particolare colore. Il colore della luce dipende dal materiale utilizzato. L'efficienza dei LED è notevolmente migliorata negli ultimi anni e ha già raggiunto livelli di oltre 100 lm/W a seconda del colore. Questo è il risultato di una produzione di alta qualità e dell'impiego di tecnologie sofisticate.

La tipica luce bianca viene generata partendo dall'emissione di un diodo a luce blu. Tale emissione viene sfruttata per stimolare una specifica polvere fluorescente ed ottenere in risposta un'emissione secondaria gialla. In presenza della giusta concentrazione di materiale fluorescente, la luce primaria blu si combina con quella secondaria gialla in modo da creare una distribuzione spettrale percepita come colore bianco dall'occhio umano. L'indice di resa cromatica ottenuto è di circa 80.

I LED, come detto, hanno un terminale positivo ed uno negativo, e per funzionare devono essere inseriti in circuito rispettando tale polarità; in genere il terminale positivo è quello più lungo, ma lo si può individuare con certezza osservando l'interno del LED in controluce: come si vede in figura, l'elettrodo positivo è sottile, a forma di lancia, mentre il negativo ha l'aspetto di una bandierina.



Quando si utilizza un LED, è necessario disporre sempre una resistenza in serie ad esso, allo scopo di limitare la corrente che passa ed evitare che possa distruggersi; la caduta di tensione ai capi di un LED può variare da 1,1 a 1,6 V, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione emessa (a lunghezze d'onda minori corrisponde una caduta di tensione più alta). Diversamente dalle comuni lampadine, il cui filamento funziona a temperature elevatissime ed è caratterizzato da notevole inerzia termica, i LED emettono luce fredda, e possono lampeggiare a frequenze molto alte, superiori al Mhz; se si considera anche che la luce emessa è direttamente proporzionale alla corrente che li attraversa, i LED risultano particolarmente adatti alla trasmissione di segnali tramite modulazione dell'intensità luminosa.

## **8 VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA A LED**

La riduzione dei costi per l'illuminazione pubblica è diventata una esigenza primaria, basti pensare al continuo aumento del prezzo dell'energia elettrica e la difficoltà legata al reperimento di nuove fonti energetiche. I dispositivi con luce a LED vantano bassissimi consumi energetici e altissimo rendimento. Per poter funzionare hanno necessità di essere attraversati da una ridotta quantità di potenza elettrica. La ricerca scientifica di settore ha permesso oggi risultati incredibili fino a ieri: un corpo illuminante da 3 LED, con un consumo di 3W è paragonabile a quello di una lampadina tradizionale da 50W.

Al contrario delle normali lampade esso è assolutamente privo di filamento interno, e questa sua peculiarità gli permette di avere una durata e un'affidabilità molto maggiori rispetto alle vecchie tecnologie. Un sistema alternativo di illuminazione che oggi più che mai, con la continua sensibilizzazione nei confronti del risparmio energetico, risulta la scelta del futuro. La potenza assorbita è bassissima rispetto ai sistemi di illuminazione convenzionali, di conseguenza il risparmio energetico ed economico è notevolmente maggiore rispetto a quello conseguibile con un tradizionale impianto. Le luci a LED hanno una durata superiore rispetto alle tecnologie tradizionali: si stima che la durata di un prodotto a LED, ultima tecnologia, si aggiri intorno alle 50.000/100.000 ore. Incredibile se si pensa alle 6.000/12.000 ore di una tradizionale lampadina a fluorescenza. Le lampade a LED si prestano dunque ad essere impiegate in tutte quelle situazioni in cui la frequente sostituzione del cablaggio, della lampadina o del prodotto risulterebbe problematico e/o costoso. Contrariamente alle classiche lampadine, i LED non avendo filamenti né fragili bulbi in vetro sono praticamente infrangibili e riescono a ridurre gli sprechi energetici e ad aumentare sensibilmente la durata del prodotto. Le sorgenti a LED non producono calore, se non in minima parte, e sono alimentate a bassissimo voltaggio, inoltre non emanano raggi ultravioletti e, a differenza di altre tecnologie illuminanti, non hanno problemi di smaltimento perché non contengono materiali inquinanti, quali mercurio e alogenuri metallici, inoltre non alterano i colori e non attirano gli insetti, per cui i materiali che ne risultano irradiati non potranno mai essere danneggiati o tantomeno alterati nella struttura. Le lampade a LED al contrario delle lampade tradizionali non contengono sostanze dannose per l'ambiente come il piombo, l'azoto o il mercurio. Le piccole dimensioni rendono questi prodotti facilmente collocabili ed installabili. Sarà naturalmente importante scegliere prodotti di qualità e di prima scelta per poter essere sicuri di vedere garantiti i livelli di affidabilità ed efficienza sopra citati.

In sintesi, i vantaggi della tecnologia a LED possono essere così riassunti:

**Durata:**

- La vita utile dei sistemi a LED è stimata in 50.000 ore (10-12 anni, 12 ore al giorno) contro le 6000-12000 ore (12-36 mesi) delle lampade al sodio ad alta pressione.
- Secondo stime, dopo 50.000-100.000 ore la luminosità dei sistemi a LED scende al 70% rispetto al valore iniziale e questo può essere considerato il termine della vita utile del LED.
- L'indice di caduta del flusso luminoso dei LED è nullo dopo 3000 ore di funzionamento, anzi nelle prime 5000 ore aumenta leggermente.
- I fari al sodio, invece, dopo 3000 ore presentano una riduzione del flusso fino al 40%.

**Manutenzione:**

- i costi di manutenzione degli apparati di illuminazione a LED sono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti al sodio attualmente in uso.

**Costi:**

- i sistemi a LED hanno un costo iniziale maggiore rispetto alle soluzioni tradizionali. Considerando però la maggiore durata, il risparmio energetico e la manutenzione quasi assente, si ha un risparmio netto dal 50% al 80%.
- Inoltre la produzione di semiconduttori diventa sempre più economica con l'aumentare dei volumi di produzione e quindi, con il diffondersi della tecnologia LED, i prezzi tenderanno al ribasso.
- La tecnologia LED è in rapido sviluppo e l'efficacia luminosa dei LED aumenta rapidamente, mentre la ricerca per gli altri tipi di illuminazione è terminata.

**Risparmio energetico:**

a parità di illuminazione, con la tecnologia LED si ha un risparmio energetico dal 50 al 70%.

**Qualità della luce:**

- la luce emessa dalle lampade al sodio è gialla, non corrispondente al picco della sensibilità dell'occhio umano: i colori non sono riprodotti fedelmente ed è quindi necessaria più luce per garantire una visione sicura.
- i LED invece, emettono luce bianca fredda, che permette di raggiungere un'illuminazione sicura per gli utenti della strada (abbassa i tempi di reazione all'imprevisto), con minor consumo di energia. La luce bianca attraversa molto

meglio la nebbia, rendendo i veicoli più visibili. Inoltre i LED aumentano anche la qualità delle immagini catturate dalle telecamere di sicurezza.

- l'indice di resa colorimetrica (CRI) indica la fedeltà di riproduzione dei colori: vale mediamente 20 per le lampade al sodio e 80 per le lampade LED.
- l'idea di legare la tecnologia LED all'illuminazione stradale deriva anche dalle ultime scoperte scientifiche in campo percettivo: gli studi sulla visibilità con luce bianca si basano sul fatto che a seconda della luminanza utilizziamo o meno tutti gli apparati percettivi del nostro occhio (coni e bastoncelli). I risultati indicano che sono da preferire le sorgenti luminose con spettro prevalente nella banda del blu, come i LED, senza richiedere elevati valori di luminanza. Le lampade al sodio ad alta pressione presentano uno spettro centrato nella banda del rosso, molto al di fuori del picco di sensibilità dell'occhio umano.
- si può quindi affermare che con le lampade al sodio occorre aumentare la potenza luminosa del 50% per garantire una visione sicura.

#### **Inquinamento luminoso:**

- le lampade al sodio, essendo omnidirezionali, diffondono la luce in tutte le direzioni ed è necessario dotare il lampione di parabola per recuperarne metà: l'efficienza luminosa finale è il 50% di quella emessa.
- Il LED è direzionale per costruzione ed emette un fascio luminoso definito a 90° e quindi riduce al minimo l'inquinamento luminoso. Il LED può essere interfacciato con delle ottiche secondarie per restringere il fascio luminoso.
- la lampada al sodio, per qualità della luce, efficacia della proiezione e inquinamento luminoso, risulta essere inferiore alla lampada LED.
- i dispositivi di nuova generazione sono ormai largamente applicati nell'illuminotecnica, soprattutto quando serve illuminare in modo direzionale. L'applicazione dei LED nell'illuminazione stradale si basa sulle recenti ricerche sulla luce diffusa, una caratteristica che è stata finora anche il più grosso limite dei LED: utilizzati per evidenziare, per dare luce a un punto o una striscia ma non per illuminare un ambiente. Le lampade a LED a luce diffusa consumano tra il 50 e il 70% di energia elettrica in meno dei migliori prodotti esistenti basati sulle tecnologie tradizionali.

## 9 CRONOPROGRAMMA INTERVENTO

Considerata l'entità dei lavori, è ipotizzabile una successione delle varie fasi secondo il seguente schema:

Predisposizione bando di gara	Espletamento operazioni di gara Individuazione impresa aggiudicataria	Affidamento lavori	sostituzione di n. 450 corpi illuminanti <b><u>DURATA LAVORI</u></b>	Collaudo finale
5 gg	30 gg	25 gg	<b>120 gg</b>	30 gg

## 10 ANALISI SOMMARIA DEI COSTI

### 10.1 – Costi della sicurezza

Le opere in riferimento presentano particolari rilievi sotto l'aspetto della sicurezza, che dovrà essere valutata con attenzione durante tutte le fasi trattandosi di lavorazioni in quota, su apparecchiature sottoposte a tensione elettrica.

Con tali premesse, i costi della sicurezza ammontano al 3% dell'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta, così come quantificato nell'ambito della redazione degli elaborati relativi alla sicurezza, ai sensi del T.U. di cui al D.Lgs 81/08

### 10.2 – Costi dell'intervento

Complessivamente, la spesa prevista per la realizzazione delle opere ammonta a **euro 314.323,30**, come evidenziato nel quadro economico, comprensiva di lavori, oneri per la sicurezza, IVA ed altre spese, così ripartita:

- smaltimento vecchie armature e sistemazione pali:	€	45.000,00
- fornitura e posa in opera nuove armature:	€	205.680,00
- oneri per la sicurezza - 3%:	€	7.520,40
		_____
- <b>TOTALE LAVORAZIONI (A):</b>	<b>€</b>	<b>258.200,40</b>
- spese varie:	€	30.302,86
- IVA sui lavori - 10%:	€	25.820,04
		_____
- <b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE (B):</b>	<b>€</b>	<b>56.122,90</b>
		_____
<b>SOMMANO (A+B):</b>	<b>€</b>	<b>314.323.30</b>

## 11 QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

Sulla base delle scelte progettuali sono stati analizzati e definite lavorazioni per un importo a base d'asta di **euro 250.680,00**.

Le somme a disposizione ammontano a euro 56.122,90, la quota relativa agli oneri per la sicurezza (3%) a euro 7.520,40.

Sinteticamente il quadro economico è riportato nella seguente tabella:

### **Importo lavori:**

- |   |      |            |  |
|---|------|------------|--|
| - Smaltimento vecchi corpi illuminanti e sistemazione pali: | euro | 45.000,00  |  |
| - Messa in opera dei nuovi corpi illuminanti:               | euro | 205.680,00 |  |

**Importo lavori, soggetto a ribasso d'asta:** **euro 250.680,00**

- |   |      |          |  |
|---|------|----------|--|
| - Oneri per la Sicurezza, non soggetti al ribasso d'asta (3%) | euro | 7.520,40 |  |
|---|------|----------|--|

**Importo complessivo lavori (A): euro 258.200,40**

### **Somme a disposizione:**

- |   |      |           |  |
|---|------|-----------|--|
| - IVA su forniture e lavori – 10% su (A):   | euro | 25.820,04 |  |
| - Spese tecniche, IVA e ogni onere incluso: | euro | 24.960,00 |  |
| - Incentivo RP (ex art. 18) – 2% su (A):    | euro | 5.164,01  |  |
| - Arrotondamenti:                           | euro | 178,85    |  |

**Totale somme a disposizione (B): euro 56.122,90 euro 56.122,90**

**TOTALE APPALTO (A+B): euro 314.323,30**

## **12 ELENCO ELABORATI**

- **All. A.1** – relazione tecnico-descrittiva e quadro economico;
- **All. A.2** – relazione specialistica: calcolo illuminotecnico;
- **All. A.3** – quadro di raffronto dei consumi energetici;
- **All. B** – computo metrico estimativo;
- **All. C** – elenco dei prezzi;
- **All. D** – analisi dei prezzi;
- **All. E** – incidenza della manodopera;
- **All. F.1** – piano di sicurezza e coordinamento;
- **All. F.2** – cronoprogramma dei lavori;
- **All. F.3** – stima dei costi della sicurezza;
- **All. G** – piano di manutenzione dell'opera;
- **All. H** – capitolato speciale d'appalto;
- **All. I** – schema di contratto;

### **ELABORATI GRAFICI**

- **Tav. 1** – STATO ATTUALE: stato di consistenza impianto I.P.;
- **Tav. 2.1** – PROGETTO: descrizione delle tipologie di intervento – settore blu;
- **Tav. 2.2** – PROGETTO: descrizione delle tipologie di intervento – settore giallo;
- **Tav. 2.3** – PROGETTO: descrizione delle tipologie di intervento – settore verde;
- **Tav. 2.4** – PROGETTO: descrizione delle tipologie di intervento – settore rosso;
- **Tav. 3** – PROGETTO: particolari costruttivi;